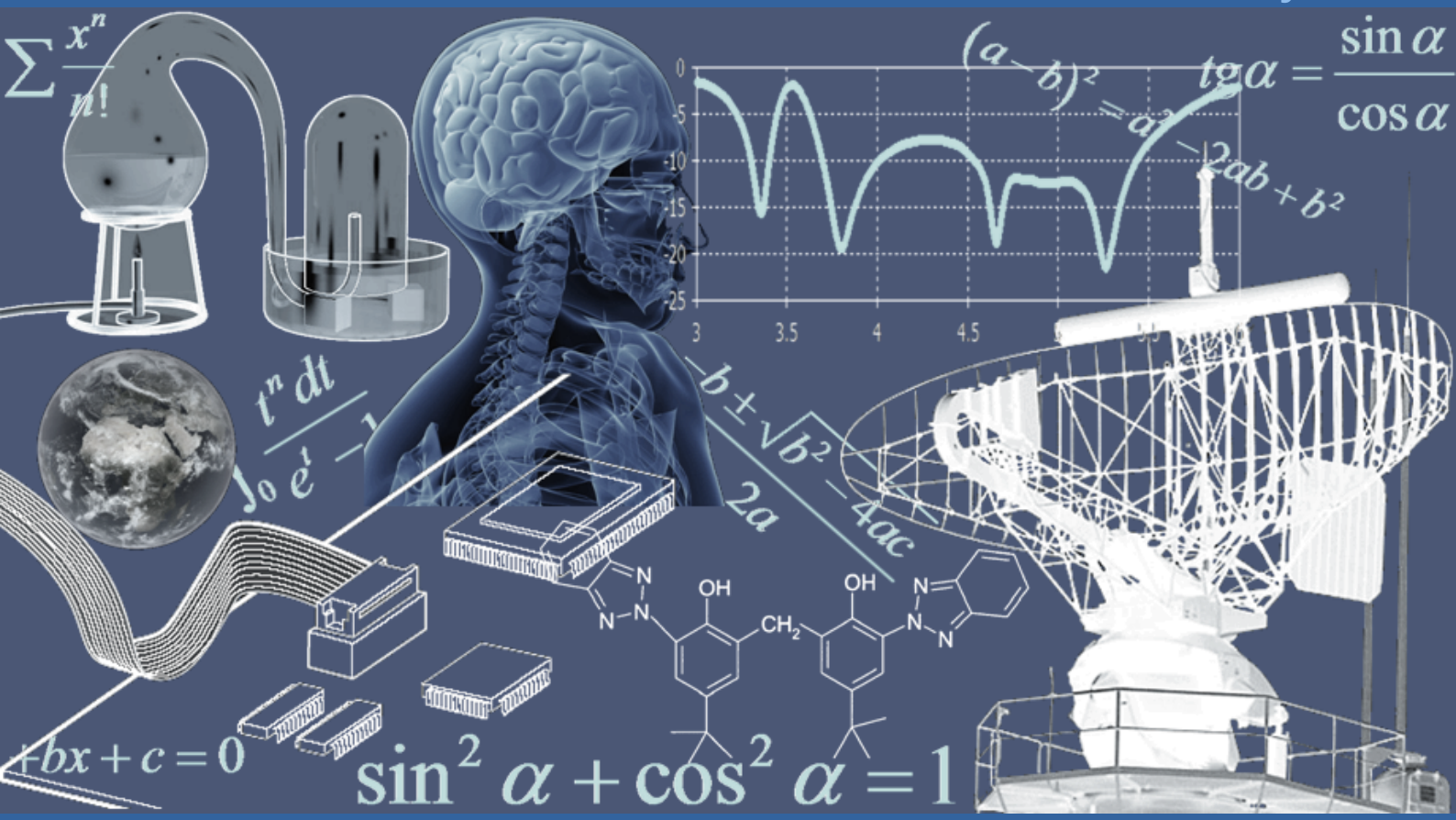
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 4.279

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 26 N. 2 May 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal

ISSR Journals

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Islamic Azad University, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Jula, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt
Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

Análisis de carga de puntos georeferenciados utilizando OpenStreetMap, Php y Ajax 307-316

Jimmy Sornoza Moreira, Christopher Crespo León, and Gary Reyes Zambrano

Governance in family SME: A theoretical contribution based on the social capital approach 317-328

Lamia LARIOUI and Abdelouahed ALAOUI MDAGHRI

EVALUATION QUANTITATIVE DE L'EFFICACITE DU SYSTEME D'ENSEIGNEMENT A L'INSTITUT MARANATHA 2012-2016 329-344

Uzamukunda Sebiyorero Dine

Analyse des connaissances, attitudes et pratiques des maraîchers de la Ville de Kinshasa en rapport avec l'utilisation des pesticides et l'impact sur la santé humaine et sur l'environnement 345-356

Georgette Ngweme Ngakiama, Guillaume Kiyombo Mbela, Celine Sikulisimwa Pole, Crispin Mulaji Kyela, and Jules ALONI KOMANDA

L'amélioration à la gestion durable des déchets ménagers dans la ville de Yamoussoukro 357-368

BECHI Grah Félix, N'DRI Kouamé Sylvain, and KOFFI Kouassi

Performances des élèves de 5ème et 6ème bio-chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique par la Démarche d'Investigation « DI » 369-379

Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO

LA SECURISATION DE LA PROVINCE DU NORD-KIVU PAR L'ETAT CONGOLAIS ET LA MISSION DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LA STABILISATION DU CONGO 380-390

KAMBALE KAWANZA Christian

Impact des ressources documentaires scientifiques et du laboratoire sur l'intérêt des élèves de 6ème bio-chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées par la Démarche d'Investigation « DI » 391-399

Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO

CALIBRAGE D'UN SYSTÈME BONUS-MALUS ALGÉRIEN POUR L'ASSURANCE AUTOMOBILE : UNE APPROCHE AVEC CHAINES DE MARKOV 400-415

Riadh RIMI, Mohammed TOUITOU, and Zakaria DEMDOUM

Pétrographie et géochimie des formations Lukoshiennes de Kisenge, Lualaba, RD Congo 416-425

Elie TSHINGULI, Albert KALAU, and Alphonse TSHIMANGA

Contrôle dimensionnel des pièces mécaniques sans contact basé sur la transformation Hough dans le traitement d'image 426-432

Jean Claude Mukaz Ilunga and Dany Katamba Mpoyi

Analyse socioculturelle des propos et philosophies attribués aux animaux chez les Moose du Burkina Faso 433-444

Patrice KOURAOGO

Les effets de la Mosaïque Africaine du Manioc à Kindu et ses environs (RD Congo) 445-456

Martin MUTUZA BAKUZEZIA

La communication persuasive : Remède pour une régulation plus optimale de la circulation routière - Cas de la ville de Kolwezi 457-466

John MUZEMBE KANDAL

Carbon stock assessment in the woody biomass of cocoa and rubber farms: Case of Indénié-Djuablin region in eastern Côte d'Ivoire 467-476

Ménéké Distel KOUGBO, Djah Francois MALAN, Yao Lambert KOUADIO, Danho Fursy Rodelec NEUBA, and Moussa KONE

Reproduction et mortalité naturelle des poissons capitaines: Polydactylus quadrifilis (Cuvier, 1829), Galeoides decadactylus (Bloch, 1795) et Pentanemus quinquarius (Linné, 1758) de la pêcherie artisanale maritime de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) 477-485

KOUASSI SYLVAIN KONAN, YAO LAURENT ALLA, MOUSTAPHA DIABY, and KONAN N'DA

Étude des facteurs de risque des états de stress post-traumatique (ESPT) chez les casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour (Soudan) 486-497

JEAN AUGUSTIN DIÉGANE TINE, TINE Youssouf, BA El-Hadji Makhtar, SECK Mame Cheikh, SINE Babacar, DIENG Amadou Cambel, SECK Ibrahima, and NDIAYE Papa

PRODUCTION OF BBTV-FREE PLANTS BY MICROPROPAGATION AND MACROPROPAGATION IN KISANGANI, DR CONGO 498-502

Jacques N. Tchatchambe, Francine B. Kirongozi, Joseph G. Adheka, Didy O. Onautshu, R. Swennen, and Benoit D. Dhed'a

Analyse de la situation de la sécurité alimentaire au sein des ménages du Sud-Kivu montagneux en République Démocratique du Congo 503-525

Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI, Sylvain RAMANANARIVO, Augustin Ngaboyeka MUTABAZI, Bahananga MUHIGWA, Espoir Basengere BISIMWA, Romaine RAMANANARIVO, and Jules RAZAFIARIJAONA

Changement climatique et production agricole dans la région du Sud-Kivu montagneux à l'Est de la RD Congo 526-544

Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI, Sylvain RAMANANARIVO, Augustin Ngaboyeka MUTABAZI, Bahananga MUHIGWA, Espoir Basengere BISIMWA, Romaine RAMANANARIVO, and Jules RAZAFIARIJAONA

Chlordecone dechlorination under aerobic conditions by Bacillus sp 545-555

AMBA ESEGNI Victoria, KOFA Guillaume Patrice, NDI KOUNGOU Sylvere, and Joseph Kayem

In-vitro Comparative Dissolution Study of Different Brands of Levocetirizine 556-561

Samiha Tamanna, Tirtha Nandi, Rafar Shahriar, Md. Abdul Barek, and Mohammad Zamsad

EVALUATING INTERMEDIATE ENGLISH TEXT BOOK ONE (PROSE) PUBLISHED BY SINDH TEXTBOOK BOARD JAMSHORO, THROUGH TEACHERS' PERCEPTION 562-568

SYED MASOOD ALI and SHOKAT ALI LOHAR

Involvement of controlled Corrosion of Steel and Aluminum in the Treatment of Industrial Wastewater: Case of the Removal of Evans Blue in Aqueous Solution 569-581

F. Adjie BAH, G. KENNE DEDZO, E. FOTO, and C. P. NANSEU - NJIKI

Impacts psychologique, physiologique, somatique et socioprofessionnel du travail de nuit chez le personnel du centre hospitalier régional de Kolda (Sud Sénégal) 582-588

BOCAR BAILA DIEDHIOU, El Hadji Makhtar BA, OMAR COLY, Fatoumata BA, JEAN AUGUSTIN DIEGANE TINE, and BAMBY SANKHARE

Principes moteurs de responsabilité des contractants envers les tiers, victimes par ricochet en droit congolais 589-616

BANZA ILUNGA Aimé

Prioritization of Construction and Assembly Based on Commissioning Systems on FPSO Platforms 617-632

Marques Marcel, Duailibe Paulo, Morano Cássia, Matsumoto Roger, and Machado Cíntia

CHLOROPHYCEAE (CHLOROPHYTA) DU FLEUVE BANDAMA (CÔTE D'IVOIRE) 633-651

LOZO Roméo N., BERTÉ Siaka, KOUASSI BLÉ A.T., Allassane OUATTARA, and KOUAMÉLAN Essetchi P.

Contribution des modèles hydrologiques et des SIG à l'étude de l'impact de la variabilité climatique et du changement de l'occupation du sol sur les ressources en eau du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire 652-667

Germain Miessan ADJA, Jacques Edoukou DJEMIN, Franck-Armstrong Okon N'DRI, Fernand Koffi KOUAME, and Jean Biemi

Profil épidémiologique, clinique et thérapeutique des fractures du bassin en ville de Butembo à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC) 668-674

Amos KAGHOMA SIVULYAMWENGE, Joël KAMBALE KETHA, Florence SIVYAVUGHA KISOKERO, Claude KASEREKA MASUMBUKO, Moise MUHINDO VALIMUNGIGHE, Michel KALONGO ILUMBULUMBU, and Franck KATEMBO SIKAKULYA

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 307-316
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Análisis de carga de puntos georeferenciados utilizando OpenStreetMap, Php y Ajax

[Load analysis of georeferenced points using OpenStreetMap, Php and Ajax]

M. Jimmy Sornoza, L. Christipher Crespo, and Z. Gary Reyes

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Ecuador

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The SIG allows us to make an exhaustive analysis of the territory in the most diverse areas.
The SIG allows us to make an exhaustive analysis of the territory in the most diverse areas. They are versatile tools, with a wide field of application in any activity that entails a spatial component.
The objective of this scientific resource is to perform an analysis of the use of technology for the data collection of geo-referenced points the effect that causes load and visualization time indexes for users under the comparison of two specific technologies, one of them Php and Ajax resulting in the recognition of the best technology and possible failure causes that make the processes much faster and when this does not happen.

KEYWORDS: SIG, php, ajax, technologies, scientific.

RESUMEN: Los SIG nos permiten hacer un análisis exhaustivo del territorio en los ámbitos más diversos. Son herramientas versátiles, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que conlleve un componente espacial.
El objetivo de este recurso científico es realizar un análisis del uso de la tecnología para la recolección de datos de puntos georeferenciados el efecto que causa los índices de tiempo de carga y visualización para los usuarios bajo la comparación de dos tecnologías específicas, una de ellas Php y Ajax dando como resultado el reconocimiento de la mejor tecnología y posibles fallas causas que hacen que los procesos sean mucho más rápidos y cuando esto no pasa.

PALABRAS-CLAVES: SIG, php, ajax, tecnología, científico.

1 INTRODUCCIÓN

La tecnología usada para trabajar con puntos georeferénciales utilizando SIG, nos permite el uso de coordenadas de un mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos en el mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas en la superficie de la Tierra o cerca de ella, que nos permite referenciarlos. El poder localizar de forma precisa los elementos geográficos es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG. (ArcGis, s.f.)

La perfecta descripción de la ubicación de las entidades sugiere un marco para especificar ubicaciones del mundo real. Un sistema de coordenadas geográficas se usa para asignar ubicaciones geográficas a los objetos. Un sistema de coordenadas de latitud-longitud global es uno de esos escenarios. Otro escenario es un sistema de coordenadas cartesianas que surge a partir del marco global. (ArcGIS, s.f.)

Corresponding Author: M. Jimmy Sornoza

Los mapas especifican ubicaciones en la superficie de la tierra por medio de marcas y cuadrículas, de graduación con referencias de ubicaciones terrestres. Los elementos geográficos que intervienen en diversas capas del mapa se forman en un orden específico uno sobre otro para la extensión del mapa determinada.

Los datasets SIG contienen ubicaciones de coordenadas dentro de un sistema de coordenadas cartesianas para registrar formas geográficas. Por lo que el objetivo de esta investigación es analizar tiempo de representación de puntos georeferenciados utilizando programación estructurada en este caso hablamos de Php, relacionando el uso de esta técnica con el uso de la tecnología AJAX y a su vez del impacto que genera la representación de grandes volúmenes de puntos basándonos en la comparación de estas dos tecnologías diferentes dentro de los procesos de desarrollo del proyecto. (ArcGis, s.f.)

2 HERRAMIENTAS

2.1 OPENSTREETMAP

Es una tecnología que nos facilita crear, editar y compartir mapas totalmente libres por medio de la colaboración de muchos usuarios que invierten su tiempo en este proyecto. Todas las personas pueden colaborar con este proyecto donde son miles ya las personas se suman al programa cada día. Los colaboradores dibujan mapas en sus equipos, en base al enfoque que le den cada uno de ellos tales como, líneas para representar los caminos, escuelas, campos y hospitales con símbolos. Lo relevante es que los mapas de OSM se guardan en Internet, y cualquiera puede acceder a ellos en cualquier momento de forma libre. (Osgeo Live, s.f.)

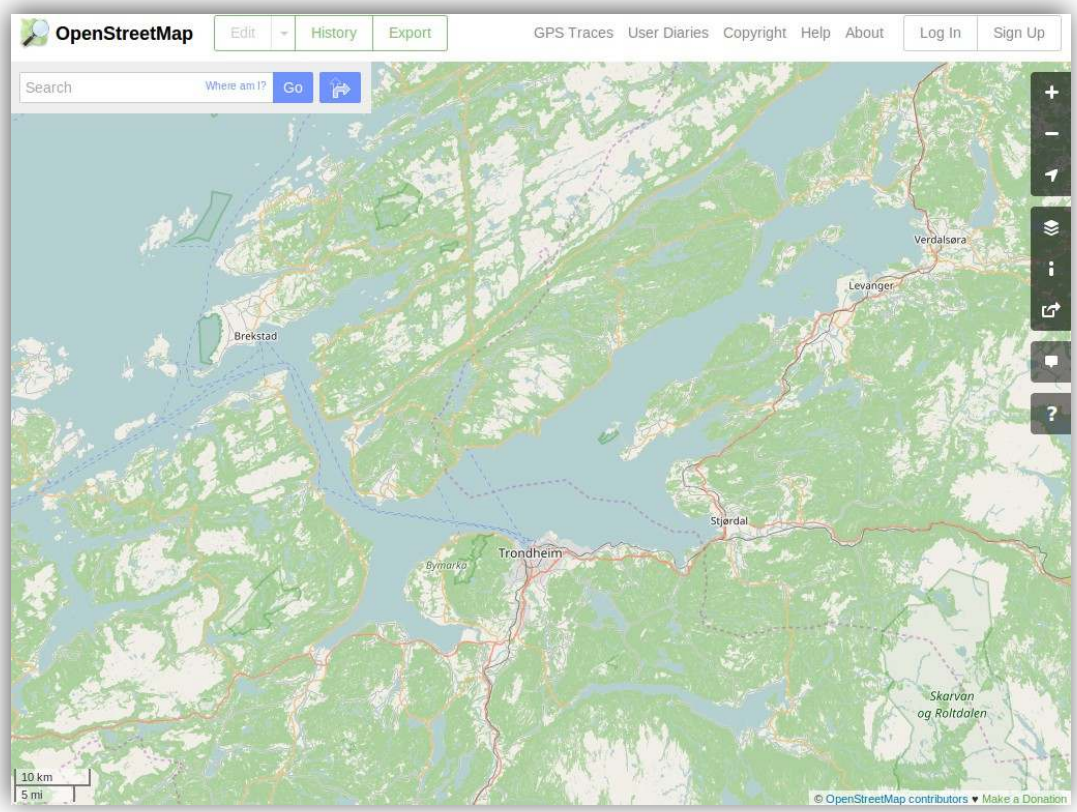


Fig. 1. Mapa realizado en OpenStreetMap. Imagen obtenida del repositorio openstreetmap.org

2.2 COMPARACIÓN ENTRE PHP Y AJAX

PHP es una tecnología que nos permite generar HTML en un servidor y lo envía a un cliente para ser mostrado a través de un navegador, javascript puedes editar ese HTML, y además generar cierta lógica, pero esta se ejecuta en el cliente, es decir, en el navegador. (Sigma Reef, 2014)

AJAX usa javascript para la lógica de programación, pero tiene una característica básica, se conecta con el servidor directamente de forma asincrónica. Por ejemplo, si se realza una página web con PHP, puede realizar un cálculo complejo en el servidor al momento de enviar el formulario, una vez que culmina, recibe de nuevo toda una página HTML mostrando el contenido de dicha pagina, consume ancho de banda. En cambio con AJAX puede hacer lo mismo, pero cuando presiona el botón no envías todo el formulario sino sólo los campos que desea enviar y recibes sólo los campos que deseas recibir no toda la página HTML, es casi como tener una aplicación de escritorio en la cual tú decides que envías y que recibes, la comunicación con AJAX se hace a través de XML de ahí su nombre Asincrónico Javascript And (Y) XML. (Digital learning, 2012)

PHP usa AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) para hacer que las aplicaciones web sean más vistosas y rápidas, AJAX es simplemente una tecnología que pueden usar PHP, ASP.NET y otros lenguajes para diseño web, por este motivo no se podrían encontrar diferencias, pero para que tus aplicaciones web realizadas en PHP sean más profesionales y más acorde a las últimas tecnologías, AJAX es una herramienta de mayor organización para la creación de páginas web dinámicas. AJAX no tiene interfaz en PHP porque es puro JavaScript.

Tomemos por ejemplo Facebook o Instagram, estas redes sociales hay galerías de fotos, las cuales se cargan únicamente en un porcentaje de su total; en esta situación, sin AJAX, cada vez que queremos ver más fotos, el servidor debería mandarnos toda la página de nuevo para cargarla en nuestro navegador. Es evidente que esto es una práctica incorrecta debido a que estamos solicitando más recursos de los que necesitamos. Con AJAX lo que logramos es que se mande únicamente lo que estamos pidiendo, de forma totalmente independiente al resto de la página, es por eso que podemos ver cómo se van cargando las fotos a medida que hacemos scroll. (Miró, 2017)

Ventajas que nos ofrece la tecnología Ajax

- Mejora la experiencia del usuario.
- Menor transferencia de datos cliente/servidor.
- Optimización de recursos o tiempo de operaciones.
- Portabilidad y usabilidad. (4r Soluciones, 2014)

Aplicaciones más conocidas basadas en AJAX.

- Gestores de corréo electrónico: Gmail, Yahoo Mail, Windows Live Mail.
- Cartografía: Google Maps, Yahoo Maps, Windows Live Local.
- Aplicaciones web y productividad: Google Docs, Zimbra, Zoho.
- Otras: Netvibes(metapágina), Digg(noticias), Meebo(mensajería).
- 30Boxes(calendario), Flickr(fotografía). (Webpack Escuela IT, s.f.)

3 DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo de investigación es realizar el análisis comparativo e estadísticos de dos tecnologías de programación diferentes que se utilizaran en el proyecto del Fondo Competitivo de Investigación, con el fin de llegar a la conclusión de cuál de las dos tecnologías investigadas es la más factible para su debida implementación final habiendo utilizado previamente ambas tecnologías dentro del periodo de prueba del proyecto.

El fin de este análisis es encontrar las diferencias que existen entre ambas tecnologías a la hora de comparar la carga de puntos georeferenciados en el mapa bajo el uso de las dos técnicas, que llevan por nombre AJAX y PHP.

	id_trayectoria [PK] integer	latitud double precision	longitud double precision	velocidad double precision	fecha timestamp without time zone	id_sector integer	id_tipo_vehiculo integer
1	1	-2.18852100091935	-79.8934793472229	30	2018-07-24 19:00:00	9	4
2	2	-2.188510279909	-79.8934578895569	30	2018-07-24 19:00:00	9	4
3	3	-2.18849419839334	-79.8934417963028	30	2018-07-24 19:00:00	9	4
4	4	-2.1884781168775	-79.8934364318848	30	2018-07-24 19:00:00	9	4
5	5	-2.18845667485612	-79.8934203386307	30	2018-07-24 19:00:00	9	4

Grafico 1. Variables en proceso de georeferenciación

Id_trayectoria: Es el identificador único del total de todas las trayectorias georeferenciados en el mapa que actualmente están almacenados en la base de datos PostgreSQL.

Latitud: Representa las coordenadas geográficas angulares norte o sur al momento de georeferenciar un punto en el mapa.

Longitud: Representa las coordenadas geográficas angulares este u oeste al momento de georeferenciar un punto en el mapa.

Velocidad: Representa la velocidad en que se ingresaron los datos en la base de datos PostgreSQL.

Fecha: Representa la fecha y hora en que se georeferenciaron los puntos en el mapa.

Id_sector: Representa en base a las coordenadas geográficas norte, sur, este y oeste el lugar donde se georeferenciaron los puntos en el mapa.

Id_tipo_vehiculo: Representa la referencia a los diferentes tipos de vehículos como: Auto particular, buses, taxis, metrovía, moto, camión, camioneta y expreso.

Una vez obtenida la información en la base de datos PostgreSQL estos datos son analizados y representados en el mapa en base a las coordenadas geográficas. Las tecnologías que se usaron para la creación del aplicativo web fueron PHP para su desarrollo y para hacer interactiva la página se usaron peticiones AJAX para hacer la carga de los datos para lo cual se usó la base de datos PostgreSQL.

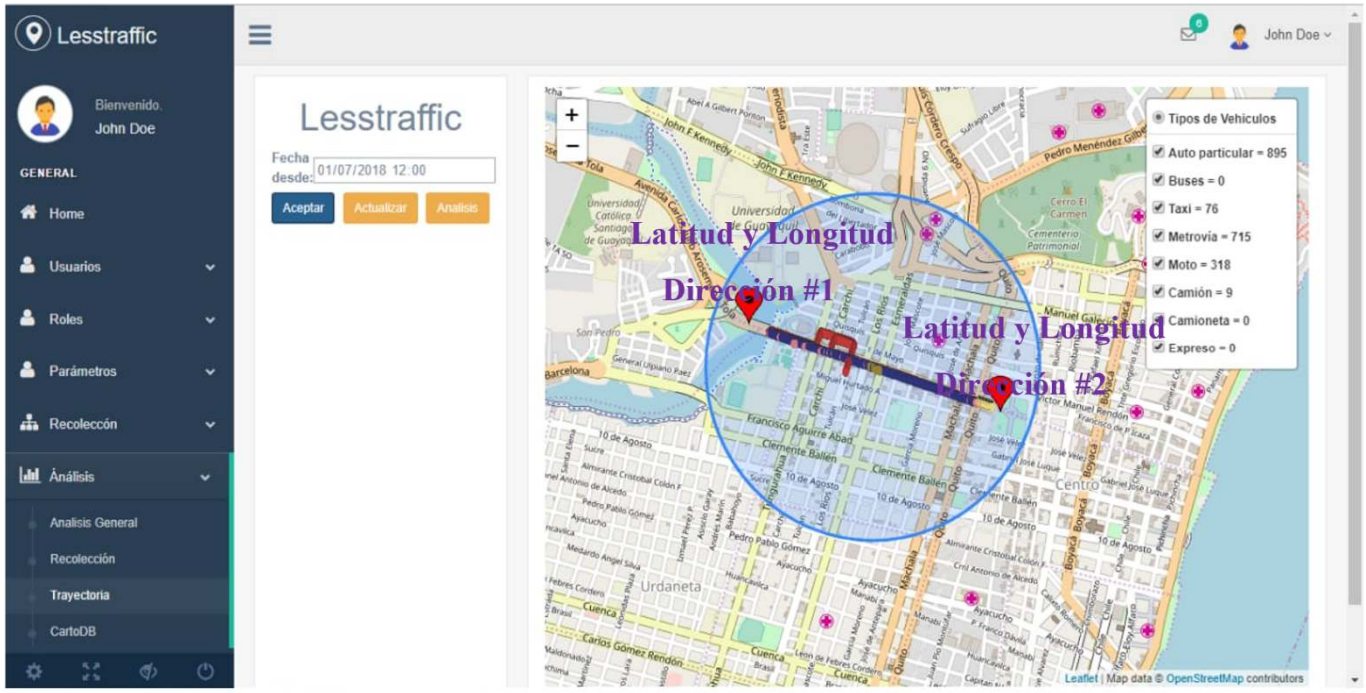


Grafico 2. Simulación de trayectorias en el mapa

En la siguiente ilustración podemos observar cómo se ve desde el entorno grafico que nos ofrece el diseño de esta página web, la representación de las trayectorias en el mapa donde se ve representado el número de los diferentes tipos de vehículos en base a dos puntos geográficos, tomados como referencia para generar una circunferencia y traer todos los puntos que están dentro de ese rango para luego mostrarlos desde la base.

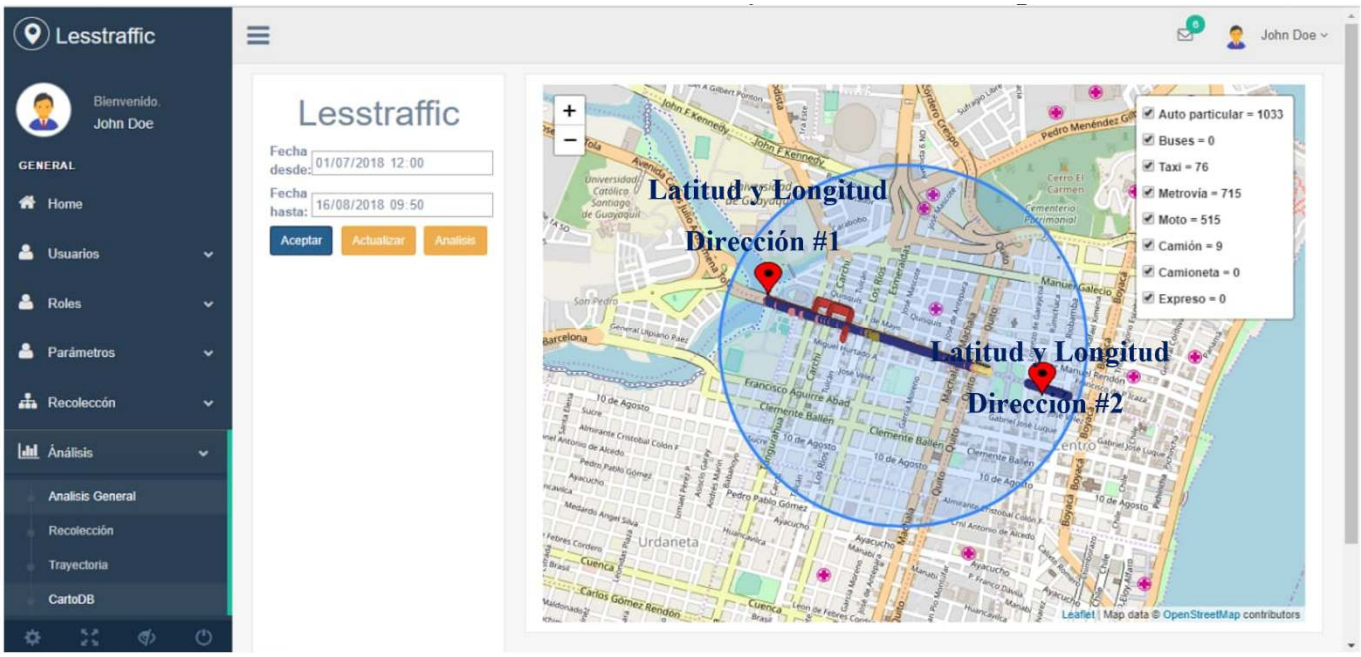


Grafico 3. Simulación de trayectorias en el mapa

En la siguiente grafica podemos notar cómo se representan las trayectorias en el mapa, en base a dos índices de fechas desde dos puntos geográficos previamente seleccionados, tomados como referencia para generar una circunferencia y traer todos los puntos que están dentro de ese rango para luego mostrarlos desde la base.

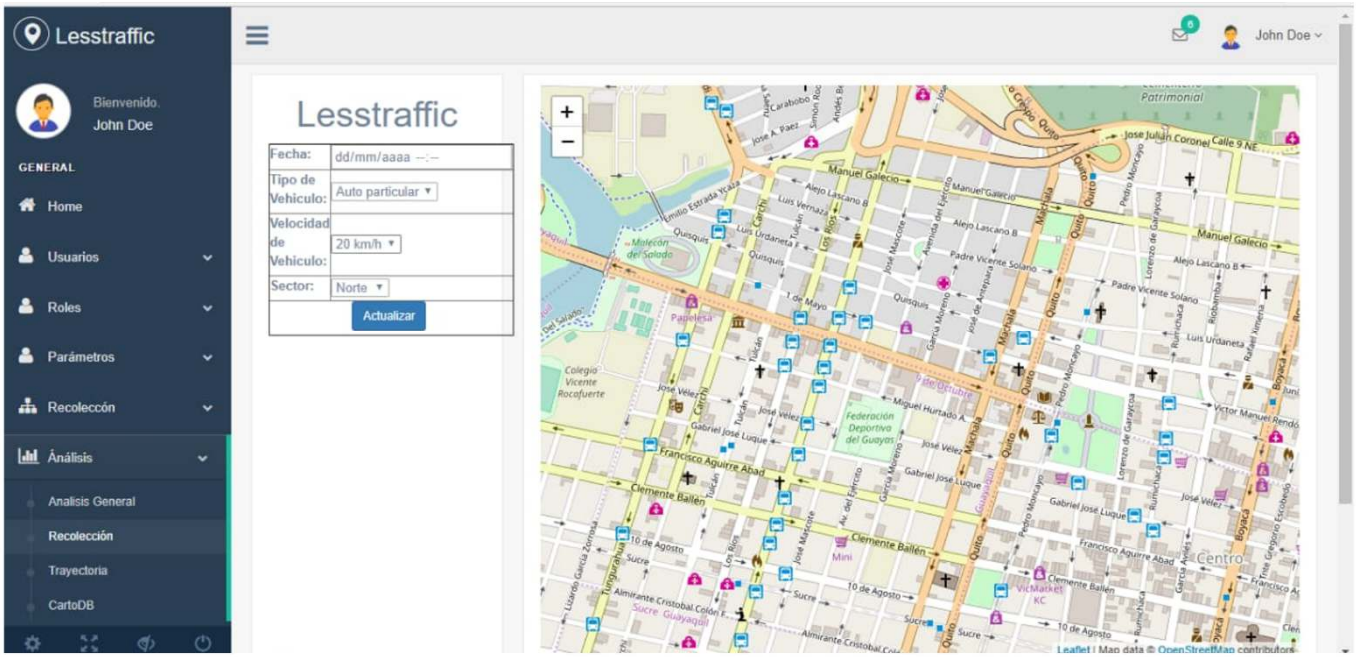


Grafico 4. Simulación de trayectorias en el mapa

En la siguiente imagen podemos ver la sección de recolección de datos dentro del entorno de análisis donde se puede observar en la tabla, la representación del Grafico 1, en el que se representan las variables en el proceso de georeferenciación que se utilizan para la recolección de datos.

Para el desarrollo del análisis estadístico se necesitó de la colaboración del equipo de trabajo, en otras palabras, de los desarrolladores que proporcionaron los siguientes datos del proyecto en curso, en base al estudio previo de la simulación del tiempo de georeferenciación de puntos en el mapa mediante el uso del aplicativo web antes previamente explicado.

Tabla 1. Tiempos de georeferenciación de puntos

	Tiempo de georeferenciación		Conversión del tiempo de georeferenciación	
#Puntos	PHP(Min)	AJAX (Seg)	PHP (Horas)	AJAX (Minutos)
2000	1 Min	6 Seg	1 Min	6 Seg
4000	2 Min	12 Seg	2 Min	12 Seg
6000	3 Min	18 Seg	3 Min	18 Seg
8000	4 Min	24 Seg	4 Min	24 Seg
10.000	5 Min	30 Seg	5 Min	30 Seg
20.000	10 Min	60 Seg	10 Min	1 Min
30.000	15 Min	90 Seg	15 Min	1,5 Min
40.000	20 Min	120 Seg	20 Min	2 Min
50.000	25 Min	150 Seg	25 Min	2,5 Min
60.000	30 Min	180 Seg	30 Min	3 Min
70.000	35 Min	210 Seg	35 Min	3,5 Min
80.000	40 Min	240 Seg	40 Min	4 Min
90.000	45 Min	270 Seg	45 Min	4,5 Min
100.000	50 Min	300 Seg	50 Min	5 Min
200.000	100 Min	600 Seg	1.66667 H	10 Min
300.000	150 Min	900 Seg	2.5 H	15 Min
400.000	200 Min	1200 Seg	3.33333 H	20 Min
500.000	250 Min	1500 Seg	4.16667 H	25 Min
600.000	300 Min	1800 Seg	5 H	30 Min
700.000	350 Min	2100 Seg	5.83333 H	35 Min
800.000	400 Min	2400 Seg	6.66667 H	40 Min
900.000	450 Min	2700 Seg	7.5 H	45 Min
1.000.000	500 Min	3000 Seg	8.33333 H	50 Min

 # Puntos: Representa el número total de puntos georeferenciados por el usuario que actualmente están almacenados en la base de datos PostgreSQL.

Tiempo de georeferenciación

Php: Es el tiempo en minutos de la georeferenciación de puntos a través del uso de la tecnología Php.

Ajax: Es el tiempo en minutos de la georeferenciación de puntos a través del uso de la tecnología Ajax.

Conversión

Php: Esta columna representa la conversión a minutos e horas de la georeferenciación de puntos a través del uso de la tecnología Php.

Ajax: Esta columna representa la conversión a minutos e horas de la georeferenciación de puntos a través del uso de la tecnología Ajax.

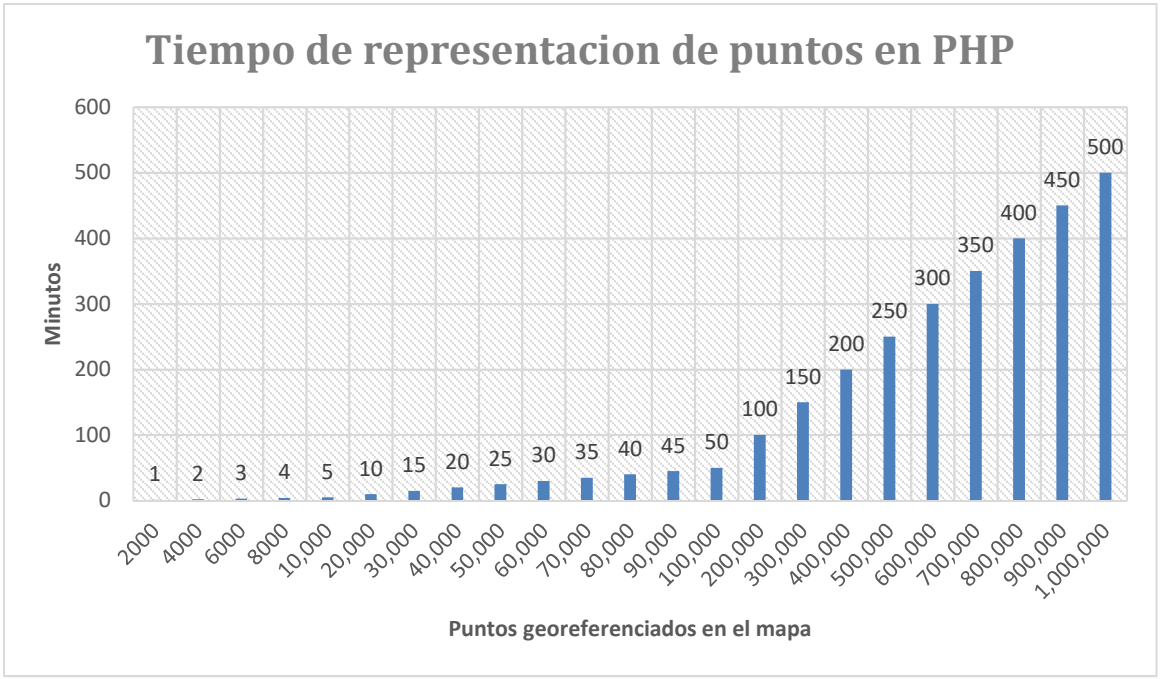


Ilustración 1 Tiempo de representación de puntos en PHP

En la siguiente ilustración se está demostrando que mediante la representación de puntos usando la tecnología PHP, cada 5 Minutos se están georeferenciando una cantidad de 10.000 puntos más en el mapa, por lo que al llegar a las 8 Horas con 33 minutos se estarían georeferenciando una cantidad total de 1.000.000 puntos.

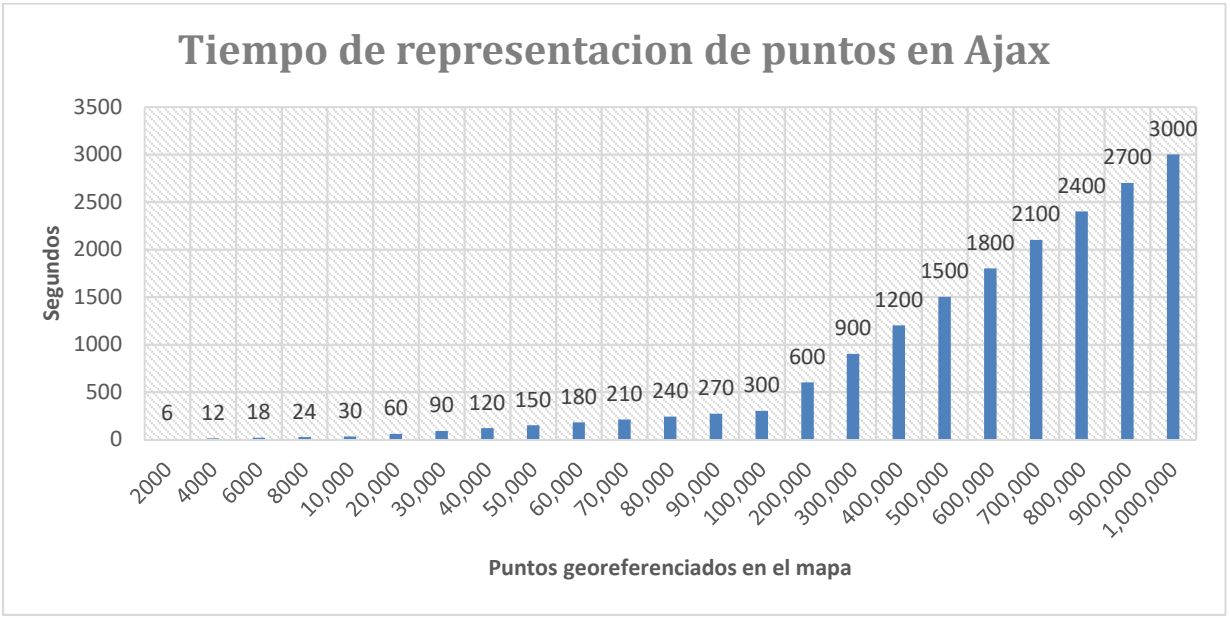


Ilustración 2 Tiempo de representación de puntos en AJAX

En el siguiente grafico se está demostrando que mediante la representación de puntos usando la tecnología AJAX, por cada 6 Segundos, se georeferencian una cantidad de 2000 puntos en el mapa, por lo que al llegar a los 50 minutos se estarían georeferenciando una cantidad total de 1.000.000.

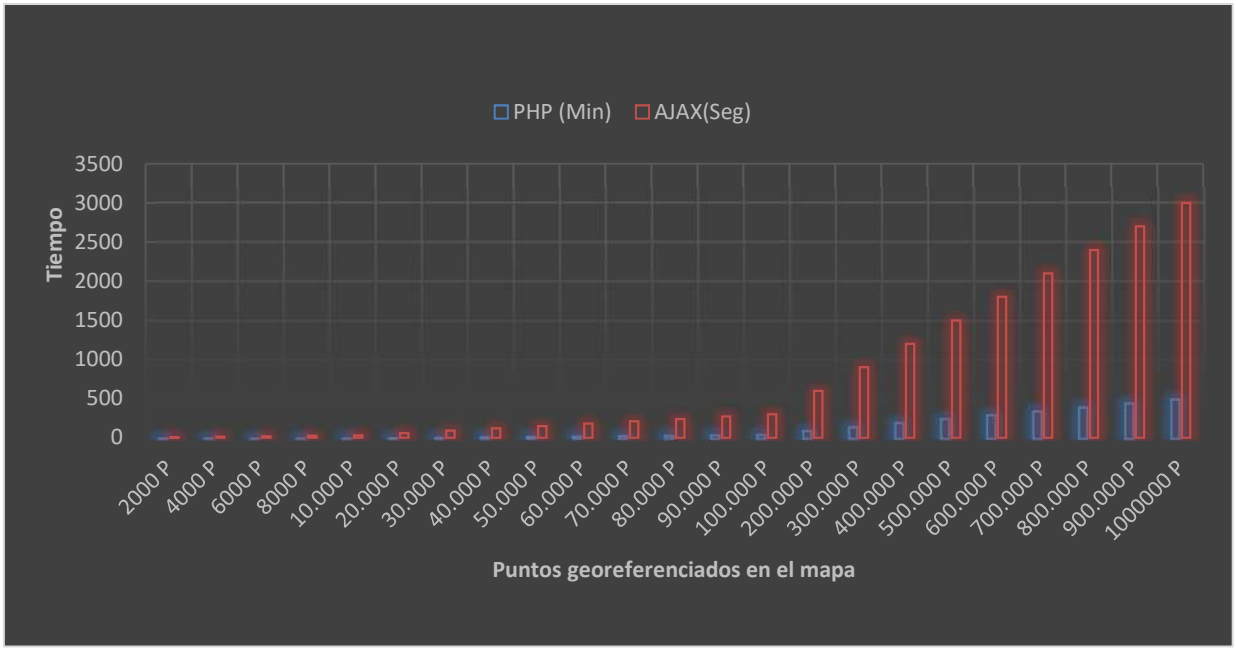


Ilustración 3 Tiempo de representación de puntos en PHP y AJAX

En la siguiente ilustración se está demostrando la comparación de los dos análisis anteriores donde se llega a la conclusión de que por cada 1.000.000 puntos georeferenciados en el mapa, a la tecnología Php le toma un tiempo estimado de 8 Horas y 33 Minutos, mientras que en el caso de la tecnología Ajax, le toma un tiempo estimado de 50 Minutos.

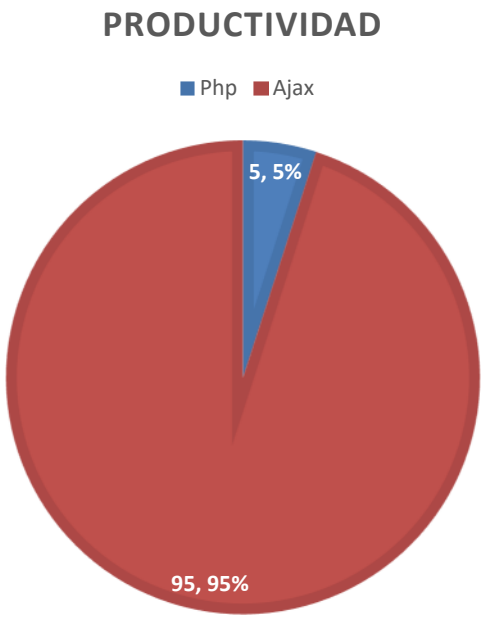


Ilustración 4 Productividad de la georeferenciación de puntos a través del uso de la tecnología Php y Ajax.

En la siguiente ilustración se está demostrando que de acuerdo a los análisis anteriores podemos verificar cual es la productividad mediante el uso de ambas tecnologías en base a los intervalos de tiempo que estas necesitan para realizar las georeferenciación de una cantidad total de 1.000.000 puntos en el mapa.

4 CONCLUSIONES

En conclusión, en base a los modelos ya explicados y a la tecnología implementada en cada uno de ellos, en el caso de la programación estructurada como también la tecnología AJAX ambas cumplen con su función para el fin establecido, pero una de ellas fue la mejor en este caso la tecnología AJAX. En realidad, se trata de varias tecnologías independientes que se unen. AJAX nos permite crear aplicaciones interactivas que se ejecutan en el navegador de los usuarios y mantiene comunicación asíncrona con el servidor en segundo plano.

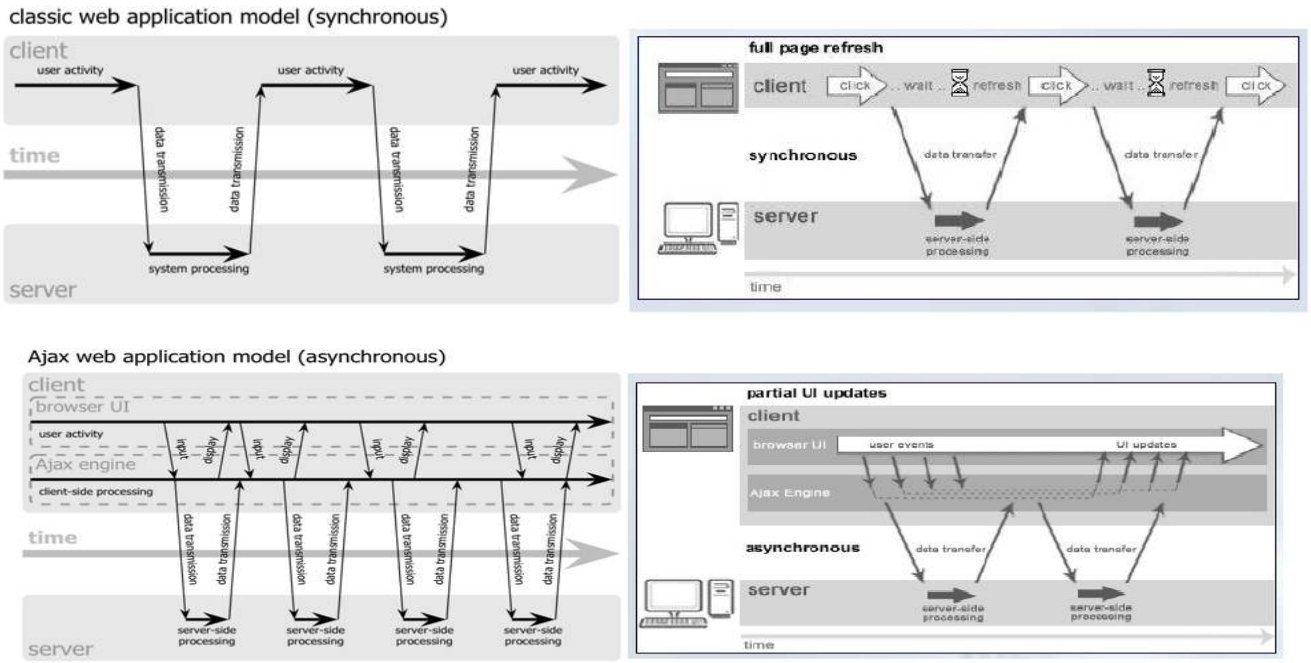


Ilustración 5 Modelos de Comunicación Cliente servidor

En la siguiente ilustración se está demostrando como es la comunicación síncrona y asíncrona.

Lo que permite que las aplicaciones funcionen mucho más rápidas, ya que las interfaces de usuario se pueden actualizar por partes sin tener que actualizar toda la página completa lo que aumenta la interactividad, usabilidad y velocidad en la misma, lo que resuelve el problema del tiempo de representación de puntos Georeferenciados. La influencia de Ajax dentro del desarrollo del proyecto nos permite reducir los índices de tiempos estimados por los usuarios de la aplicación, además de facilitar la corrección de errores por parte de los desarrolladores al cargar solamente lo que ellos necesitan analizar en vez que cargar toda la página se estima que la optimización del código en base a corrección de errores se la realice en el menor tiempo posible con el uso de la tecnología Ajax, además de hacer más interactiva la experiencia con el usuario debido a que hace más amigable a la vista el diseño de la interfaz, sin olvidar que el proceso de georeferenciación de los puntos en el mapa es mucho más rápido.

REFERENCIAS

[1] (s.f.). Obtenido de https://www.google.com.ec/search?q=image+openstreetmap&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1-t6-nobcAhVRqlkKHYdSBzAQ_AUICigB&biw=1366&bih=635#imgrc=aeaw5qKBvj7EvM

[2] (s.f.). Obtenido de https://www.google.com.ec/search?q=image+openstreetmap&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1-t6-nobcAhVRqlkKHYdSBzAQ_AUICigB&biw=1366&bih=635#imgrc=aeaw5qKBvj7EvM

[3] Rouse, M. (12 de 10 de 2017). *Search Data Center*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Red de área de almacenamiento, o SAN: https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Red-de-area-de-almacenamiento-o-SAN

[4] 4r Soluciones. (16 de 04 de 2014). *4rsoluciones*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Ventajas y desventajas de utilizar Ajax: http://www.4rsoluciones.com/blog/ventajas-y-desventajas-de-utilizar-ajax-2/

[5] ArcGIS. (s.f.). *ArcGIS Pro*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Sistemas de coordenadas, proyecciones y transformaciones: https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/mapping/properties/coordinate-systems-and-projections.htm

[6] ArcGis. (s.f.). *ArcGis Resources*. (Georeferenciación y sistemas de coordenadas) Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Georeferenciación y sistemas de coordenadas HTTP://RESOURCES.ARCGIS.COM/ES/HELP/GETTING-STARTED/ARTICLES/026N0000000S000000.HTM

[7] ArcGis. (s.f.). *ArcGis Resources* . Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Georeferenciación y sistemas de coordenadas: http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm

[8] Digital learning. (27 de 03 de 2012). *Digital learning*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de ¿Qué es AJAX?: https://www.digitallearning.es/blog/que-es-ajax/

[9] Miró, A. (22 de 05 de 2017). *Deusto Formacion*. Recuperado el 13 de 08 de 2018, de AJAX, la tecnología líder en el front-end web: https://www.deustoformacion.com/blog/programacion-diseno-web/que-es-para-que-sirve-ajax

[10] Osgeo Live. (s.f.). *Live Osgeo*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de OpenStreetMap : https://live.osgeo.org/es/overview/osm_dataset_overview.html

[11] Pérez García, K. A. (29 de 11 de 2012). *Prezi*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Manipulación de datos: https://prezi.com/o3mmlq5blcyv/manipulacion-de-datos/

[12] Pull, A. (2003). *Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo.* Naciones Unidas.

[13] Sigma Reef. (29 de 03 de 2014). *Sigma Reef*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Programación PHP vs. Programación Node.JS: https://www.sigmareef.com/desarrollo-web/programacion-php-vs-nodejs/

[14] Webpack Escuela IT. (s.f.). *Desarrollo web*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Programación del lado del cliente: https://desarrolloweb.com/wiki/aplicaciones-que-usan-ajax.html

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 317-328
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Governance in family SME: A theoretical contribution based on the social capital approach

Lamia LARIOUI and Abdelouahed ALAOUI MDAGHRI

Finance, Bank and Risk Management Laboratory,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The field of corporate governance is at a crossroads. Over the years, research on corporate governance was tremendously focused on large firms whilst according less importance to other categories of enterprises.
Since 2000, researchers (Charreaux; Hirigoyen; Amann; Gomez…) have begun recognizing the interest of governance for family firms. In fact, family firms represent a significant social and economic institution in both emerging and advanced economies.
Family firms are considered as a specific research field because of the intersection between family and firm systems.
Otherwise, social capital in family firms is especially important. In fact, family firms share many similarities with social capital. Moreover, social capital indicators such as trustworthiness, shared vision, unique language, culture, external relationships and strong social ties may appear in family SME.
Accordingly, the strong presence of social capital in family SME helps to practically decrease governance costs. This idea implies that social capital should be considered as an informal mechanism of governance that decreases governance costs and is supposed to have a central role in value creation within the family SME.

KEYWORDS: Corporate Governance, Social Capital, Family SME, Governance costs.

1 INTRODUCTION

Over the years, research on corporate governance was tremendously focused on large firms whilst according less importance to other categories of enterprises.

More recently, researchers (Charreaux; Hirigoyen; Amann; Gomez…) have begun recognizing the interest of governance for family firms because of their strong presence in economy all over the world as well as their strong contribution to wealth creation.

Theoretically, research on corporate governance is mainly based on firm theories (agency theory, Jensen & Meckling, 1976), transaction cost theory (Williamson, 1985), theory of property rights (Alchian & Demsetz, 1972), and stakeholder theory (Freeman, 1984)) in order to describe and analyze the corporate governance mechanisms in the large listed companies.

Being at the interface of two Systems "Enterprise – Family", family firms have often been considered as a specific research field in management, economics, sociology, psychology, etc. They are characterized by family involvement in business (ownership, management, family successor).

Accordingly, other theoretical approaches (Stewardship theory (Davis, Schoorman, Donaldson, 1997), trust theory (Fukuyama, 1995; Mayer & al 1995), social capital theory (Bourdieu, 1980; Coleman, 1988; Adler & Kwon, 2002), cognitive-behavioral theory (Lazonick & O'Sullivan, 1998, 2000; Charreaux, 2011), and social network theory (Granovetter, 1973, 1985)) have been mobilized in order to understand how governance works in family businesses.

Nonetheless, the impact of the family on governance within family businesses is still slightly covered. The challenge is in a real consideration of the family dimension.

Corresponding Author: Lamia LARIOUI

However, the analysis is not as simple as it seems. When sociology and management are interwoven, the complexity of understanding and analyzing the interactions between the family and the company social networks as well as the system of values and beliefs established by the family members, become inevitable.

As far family dimension is concerned, several variables relate to influence governance significantly. Among these variables, social capital is supposed to play a central role in value creation and to decrease governance costs (Coeurderoy. R & Lwango. A, 2010).

The purpose of this article is threefold. First, this article summarizes the evolution of corporate governance theory. Second, it shows the specificity of the theoretical framework of governance in family SME and suggests other approaches supposed to have an impact on governance. Third, it raises the link between the family SME governance and their social capital. Accordingly, social capital may be considered as an informal mechanism of governance in family SME.

2 THE FAMILY SME GOVERNANCE

Corporate governance is a topic that has attracted the interest of the scientific community and management practitioners over the recent years.

Over the past years, a plurality of research on corporate governance is witnessed, which helped to identify its mechanisms and to enact its best practices.

Nonetheless, research attributed a great importance to the large listed firms to the detriment of the other categories of enterprises, especially small and medium-sized enterprises.

The theoretical framework of corporate governance, which is mainly based on the contractual theories, will be summarized next. Then, a theoretical controversy to show the specificity of the family SME governance will follow.

2.1 THE CORPORATE GOVERNANCE: THEORETICAL FRAMEWORK

Born out of several theoretical constructs, it was difficult for researchers to rely on one theory to define the corporate governance and to identify its mechanisms. According to Charreaux. G, 1999, several paradigms coexist in corporate governance theory.

Initially, the theoretical framework of corporate governance was based on Berle & Means (1932) research on the managerial firm where ownership and control are separated.

According to Berle & Means (1932), this separation push owners to waive the active dimension of the property and only to accomplish the passive one. Over the time, they lose control and boards become dominated by managers.

After these studies on the separation between control and ownership, a plurality of theories was developed. These theories were considered as contractual theories which assume that the firm is above all a node of contracts.

Firstly, research on the theory of property rights (Alchian & Demsetz, 1972) assumes that waiving owners' rights in favor of managers opens the way toward opportunistic behaviors. As previously stated, the control power of shareholders decreases. Therefore, the cost to detect managers' opportunistic behaviors as well as the control cost rise. According to the property rights theorists, the only way of dealing with these opportunistic behaviors is the establishment of a control system.

Furthermore, this idea was supported by the theorists of the agency theory (Jensen & Meckling 1976). They assumed that the existence of a divergence of interests and an informational asymmetry reveal the agency costs that aim to monitor and encourage managers to limit their opportunistic behaviors.

Then, the transaction cost theory, developed in 1985 by Williamson, widened the theoretical framework of the corporate governance through including all stakeholders.

In the transaction cost approach, stakeholders may not respect the contracts with the firm and thus minimize their efforts. Accordingly, some transaction costs may appear. Hence, in order to reduce these costs, Williamson proceeded to the study of organizational mechanisms that could manage the transactions between the company and its stakeholders better. Therefore, the establishment of a control system becomes an indispensable asset to firms.

Similarly, the entrenchment theory (Shleifer & Vishny, 1989) reinforced the idea of the managers' opportunistic behaviors. Indeed, managers can entrench themselves by making manager specific investments in order to maximize their profits, reduce the probability of being replaced and escape shareholders control.

After all, the effective control of managers can only be carried out through the stakeholder theory. This approach, supported by Freeman in 1984 arising from all the contractual theories, demonstrates a common vision of the firm. In fact, it could play the role of the alternative approach to the contractual theories.

According to the stakeholder theory, the firm must take into account the interests and the expectations of all the stakeholders, and to create a stakeholder value. As defined by Charreaux. G, (1997), stakeholders are essentially shareholders, employees, customers and suppliers.

To conclude, corporate governance may be defined under two approaches:

- a shareholder approach based on the only relationship shareholder-manager, where the implementation of organizational mechanisms will reduce agency costs as well as transaction costs; thus, manage the conflicts between the owners and the managers of the firm;
- a stakeholder approach integrating all the stakeholders of the firm in the control process of managers, and thus allowing to counteract their opportunistic behavior by establishing an internal and external control mechanisms.

A schema is presented below summarizing the contribution of each theory to the theoretical framework of corporate governance:

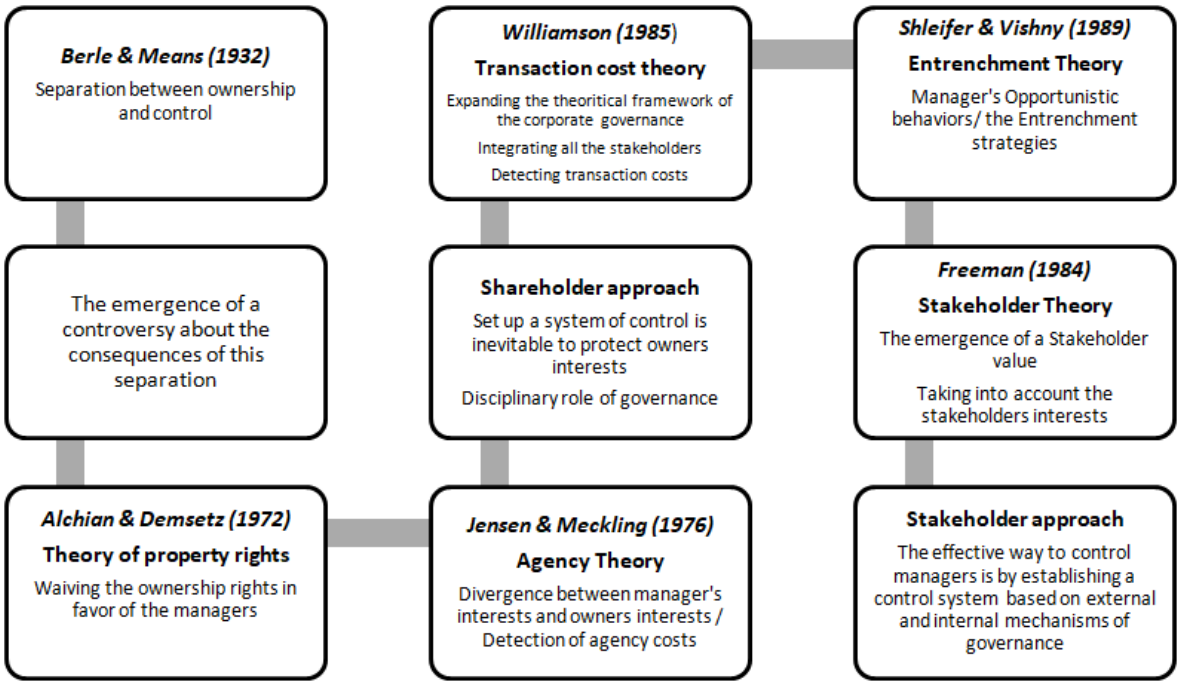


Fig. 1. Contributions of contractual theories to corporate governance

Own Source

Based on CHARREAUX's G. (1996) research, corporate governance may be defined as a set of mechanisms that has a disciplinary role, and aims to define powers and influence managerial discretion.

Below is a table summarizing the internal and external control mechanisms:

Table 1. The corporate governance mechanisms

Internal Mechanisms	Role	External Mechanisms	Role
Board of Directors	Control and influence of the decisions implemented by managers. Upholding the interests of stakeholders.	**Financial Market**	A significant disciplinary effect
Dividend policy	Regular payment to shareholders	**Products and services Market**	Penalize the quality of strategic decisions
Executive compensation programs	Index executive compensation on firm performance.	**Labour Markets**	The value of human capital is appreciated from the firm performance.

Own Source

2.2 THE SPECIFICITY OF FAMILY SME GOVERNANCE: A THEORETICAL CONTROVERSY

Family businesses are one of the most widespread enterprises in the world. They transcend all sizes of companies (SME, large listed companies, etc.).

Family businesses research has reached its adolescence as a field of study. Indeed, researchers have begun to draw more attention to family businesses area since the 1980s.

Nevertheless, empirical studies are not fully treated. In fact, only 15 articles were based on empirical research among 53 articles published on family business area in the period 1977 - 1986 (Amann & Allouche, 2000).

Although the theoretical research is plentiful, a unified paradigm to the family business is still missing (Amann & Allouche, 2000). Universally, a common definition of family business was not adopted (Hirigoyen, 2009).

Theoretically, family firms are interesting and unique. They have emerged as a distinctive field of study.

As a phenomenon, family firms represent a significant social and economic institution in both emerging and advanced economies, and represent approximately 90% of all firms worldwide (Gedajlovic & al, 2011).

Indeed, family business is multifaceted (Hirigoyen, 2009) and diverse (large enterprise, Medium Business, Small Business), yet specific (each family business is unique with its values, history, and so forth…).

Nevertheless, family business is usually defined under a multi-criteria definition. The criteria of ownership and control are jointly taken into account. Other researchers emphasize family business succession as an indispensable criterion.

Dyer (1995) assumed that a firm is considered as a family organization when either property or management are influenced by family.

While Litz (1995) clarifies that family business is an enterprise where power and ownership are held by family. Accordingly, members of this family are seeking to sustain the social links and influences within their company.

In sum, some key factors such as familial control, family ownership, mutual influence between the two systems family-business allow making a distinction between family firms and non-family firms.

As mentioned above, family SME and family businesses are generally considered as a specific field of study in which two systems have to coexist, but need to operate differently. On the one hand, the firm works under rationality while family works under emotion on the other. In fact, when these two systems interact, the specificity of corporate governance becomes inevitable.

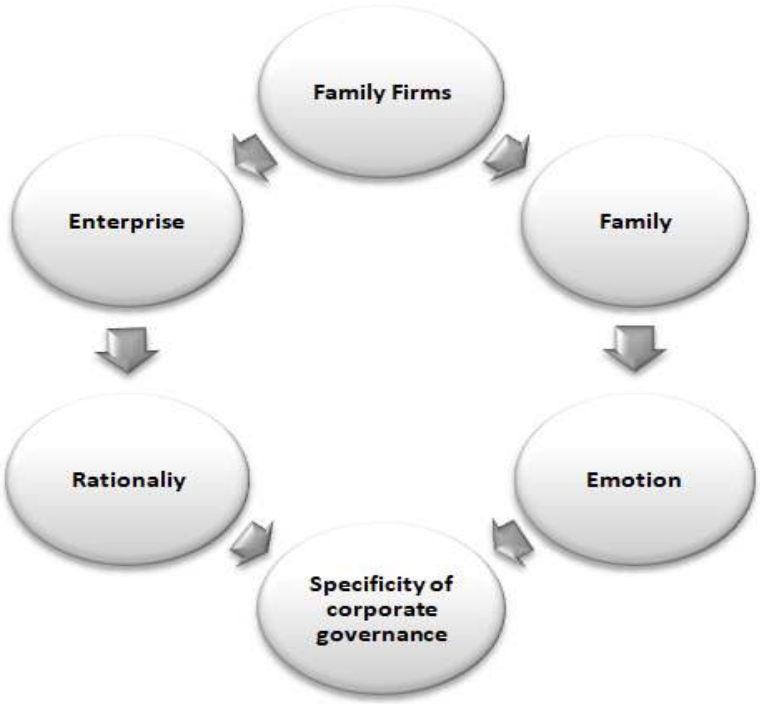


Fig. 2. The specificity of corporate governance in family firms

Own Source

The variable "family" implies values and belief system, mutual trust, family links, personal ethics and social capital (Nahapiet & Ghoshal, 1998), while setting up the corporate governance system. These key factors are supposed to significantly influence the governance of the family SME.

Theorists have long noted that SME are not a simple reduced model of large companies but a specific field, and that family firms are unique. Hence, theoretical models and governance mechanisms developed for large companies are not very applicable in the framework of small family business and cannot be simply transposed.

The family SME governance should take into consideration other dimensions such as social dimension, ethical and psychological dimensions. In contrast, the theoretical framework of the family SME governance requires taking into account a diversity of theories. It presents a few distinctions against large companies:

- The separation between ownership and control is practically nonexistent in family SME which means that the relationship between shareholders and managers could not be a source of conflicts;
- Owners are usually the business managers. Hence, they accomplish the active dimension of the property, and hold on their property rights and decision making;
- The divergence of interests between shareholders, managers and agency costs are practically non-existent;
- Being an owner, the manager often seeks the interest of the firm. Thus, the entrenchment strategies are practically inapplicable in family SME;
- Taking into account stakeholders' interests and creating a stakeholder value could be easier in family SME where social ties are more prevalent.

In contrast, the corporate governance theory applied to the large company is practically inapplicable in family SME.

Consequently, the establishment of a control system considered as an indispensable asset by the theorists of the contractual approaches could not be necessary in the case of family SME.

However, the analysis of family SME governance should be based on other theoretical approaches such as the stakeholder approach, where the firm is considered as a production team. This approach aims to consider the expectations of stakeholders and create a stakeholder value on the one hand, and to ensure the control of managers by all the stakeholders on the other.

In addition, the Stewardship theory (Davis, Schoorman, Donaldson, 1997) should also be considered as managers seek the firm's interests. According to this theory, the interests of managers and shareholders are perfectly aligned. Managers are honest and do not have any opportunistic behavior, hence they work in the interest of the firm.

Moreover, family SME governance should be based on the cognitive approach (Lazonick & O'Sullivan, 1998, 2000). This view takes a wider dimension and could be applied to the family SME (Charreaux, 2011). Indeed, the cognitive approach assumes that the governance system should be based on the construction of knowledge and to the participation of the different stakeholders in the process of distribution and value creation. Therefore, governance mechanisms will have an incentive role on the manager instead of on the disciplinary role.

Otherwise, small family business is characterized by a strong presence of social capital. The consideration of the social capital theory is deemed necessary.

In sum, the theoretical framework of the family SME governance is supposed to be based on the following theoretical approaches:

- The Stakeholder theory (Freeman, 1984) attributes a stakeholder approach to governance;
- The Cognitive governance (Lazonick & O'Sullivan, 1998, 2000; Charreaux, 2011) assumes that knowledge plays a crucial role in the stakeholder value creation;
- The Social capital theory (Adler & Kwon, 2002; Nahapiet & Goshal, 1998; Bourdieu, 1980; Coleman, 1988) practically characterizes all family businesses and has a key role in their performance. This approach is mainly based on social trust and on the strength of social ties;
- The Stewardship theory (Davis, Schoorman, Donaldson, 1997) considers the manager as an honest steward who cares about the firm and the stakeholders' interests.

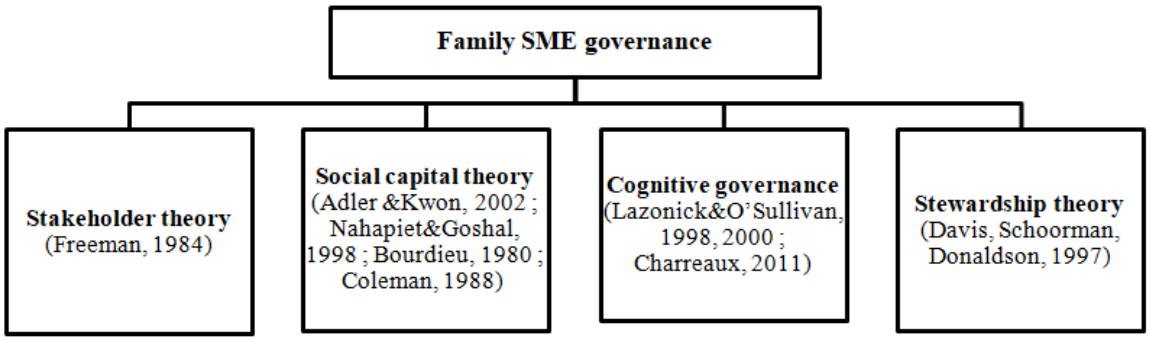


Fig. 3. Theoretical framework of family SME governance

Own Source

3 THE RELATIONSHIP BETWEEN SOCIAL CAPITAL AND FAMILY SME GOVERNANCE: THEORETICAL ANALYSIS

Borrowed from sociology, social capital enjoys an expanding popularity in interdisciplinary research. Indeed, it attracted management sciences researchers, especially researchers working on entrepreneurship and SME.

In fact, social capital is often considered as a key resource for SME. Additionally, it is an advantage for family firms (Arregle & al, 2007).

Based upon a theoretical review, social capital theory and its potential contributions to the family businesses will be described and concluded as an informal mechanism of family SME governance.

3.1 THE SOCIAL CAPITAL CONCEPT

Several sociology researchers have greatly contributed to the popularity of the social capital concept. Theoretically, social capital draws attention to the effect of human sociability. In general, it refers to social ties and especially to the interactions within a sustainable network.

The most common definitions formulated by Bourdieu, Coleman and Putnam are summarized in the table below:

Table 2. Social Capital definitions

Bourdieu (1980)	**« *Social capital is the aggregate of the actual potential resources which are linked to possession of a durable network of more of less institutionalized relationships of mutual acquaintance or recognition.***
Coleman (1988)	« *Social capital is defined by its function. It is not a single entity but a variety of different entities, with two elements in common: they all consist of some aspect of social structures, and they facilitate certain actions of actors-whether persons or corporate actors-within the structure. Like other forms of capital, social capital is productive, making possible the achievement of certain ends that in its absence would not be possible*. »
Putnam (1993)	« *Social capital refers to 'features of social organizations, such as networks, norms and trust that facilitate action and cooperation for mutual benefit.* »

Own source

According to the definitions above, social capital is related to the size of the network and the volume of past accumulated social capital commanded by the agent (Bourdieu, 1986).

Therefore, social capital has a double view:

- A functionalist view of social action which is conditioned by the social structure;
- A rational theory which suggests that actors' goals are determined by utility-maximizing pursuit of self-interest (Coleman, 1988).

Coleman (1988) believes that the more closed the social network is, the more powerful social capital is. For him, social capital is productive. It is used for actors to achieve particular ends that would have been impossible without it.

To sum up, social capital could be:

- an individual asset that is created within a network in which actors can influence depending on their position in this network;
- a collective asset which refers to the community and depends on trust.

Unlike Bourdieu, Coleman sees social capital as a bonding mechanism which adds to the integration of social structure. According to Coleman, social structure predates the agent who can use embedded social capital as a resource. In fact, Social capital requires an element of *embeddedness* in social structure (Granovetter, 1978).

A synthesis of bonding and bridging social capital is presented in the table below:

Table 3. Bonding and Bridging Social Capital

Bonding Social Capital	Bridging forms of capital
✓ It cements the bonds of homogeneous groups; ✓ It boosts the building of network within a group: family or organization; ✓ Networks help to build trust, cohesion and solidarity in the pursuit of common goals (Coleman, 1988)	✓ It is about the connections created between various social groups; ✓ It helps businesses to grow; ✓ It helps actors to achieve their goals through holding on useful information and/or identifying opportunities (Geindre & Dussuc, 2015)

Own Source

Although many definitions of social capital have been proposed, an agreement on a common definition has not been reached. However, almost all researchers have approved its multidimensional nature. In fact, a distinction can be made between:

- Structural social capital, which is associated with the global architecture of networks between actors;
- Relational social capital, which refers to the conditions under which networks were built such as trust and trustworthiness;
- Cognitive dimension, which refers to culture, norms, values, shared vision, unique language, attitudes and beliefs.

To conclude, social capital is a productive asset. It refers to the values and beliefs, shared vision, social trust and ties owned by an agent or an organization. However, the strength or weakness of these ties (Granovetter, 1978) influences the building of social capital.

3.2 SOCIAL CAPITAL: AN INFORMAL MECHANISM OF FAMILY SME GOVERNANCE

As previously stated, family business is characterized by an interaction Family-Enterprise, as well as by the detention of social capital.

Several studies have assumed that social capital is an advantage for family businesses (Arregle & al, 2007) that it is applicable to both worlds coexisting in family firms (Family and Enterprise). Also, family social capital can structure the firm's social capital and vice versa (Arregle & al, 2004). Likewise, Habbreshon & Williams (1999) explain that family firms' performance is a result of their social capital. According to Bosma & al, (2004), a positive link between social capital and the growth of the company exists. In fact, these theorists believe that social capital has a positive influence on the firm's financial performance. Similarly, Arregle & al, (2004) consider that social capital is an important key for a family business under which networks of exchange with stakeholders are born. Equally, Coeurderoy R. & Lwango A. (2011) specify that behaviors within family firms could be analyzed under social capital.

In fact, this strong presence of social capital in family firms is generally due to mutual trust that exists in family businesses. Coleman (1988) acknowledges the central role of trust in social capital. Indeed, this social trust is recognized as an indicator of social capital, and influences the firm's sustainability (Mosek & al, 2007).

According to Amann & Allouche (1998), trust is a key factor to family firm performance. Unlike the non-family firms, family businesses are specified by a multidimensional trust:

- Personal Trust: Trust between managers belonging to the same family or other, but approve the family vision;
- Intra-trust: trust between managers and employees;
- Inter-trust: trust between firm and its environment.

In fact, building trust leads to decreasing costs and increasing the value creation in that it reduces conflicts and encourages the cooperation and relational networks (Lepers, 2014).

Additionally, in family businesses, transaction costs could be reduced if informal and formal trust between the company and its stakeholders increases (butter, Mosch, 2003).

Similarly, Coeurderoy & Lwango (2011) argue that social capital influences governance costs. In fact, because of the intersection between family and firm systems, social structures and affective commitments are particularly salient. Hence, family firms share many similarities with social capital. Also, multiple social capital indicators may appear in family SME, such as shared vision, unique language and culture, trust and relationship outside the company.

To sum up, social capital is a potential asset for family SME. It reflects the value of relationship, and includes the interrelationship network and the asset that could be mobilized through that network. It is, essentially, based on trust, shared vision and the strength of social ties.

As mentioned in the first section, the classic goal of corporate governance is to decrease agency and transaction costs. Hence, the strong presence of social capital and its indicators which characterize family SME and family firms, generally, help to practically decrease these governance costs. This idea implies that social capital should be considered as a variable that significantly influences governance in family SME. Otherwise, social capital is assumed to be an informal mechanism of governance which decreases governance costs and is supposed to have a central role in value creation within family SME.

The relationship between family SME governance and social capital is summarized in the schematic below:

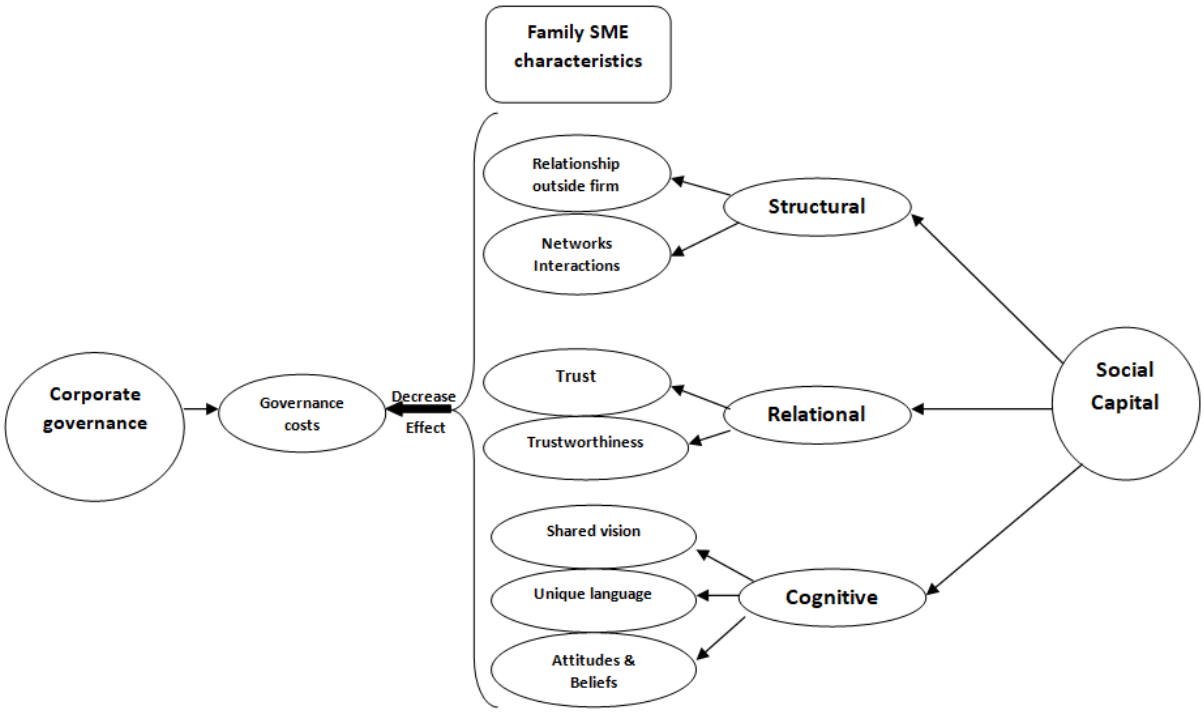


Fig. 4. The impact of social capital on family SME governance

Own Source

4 CONCLUSION

The primary objective of this paper was to associate corporate governance to a social capital perspective within family SME.

It aimed to show the specificity of governance mechanisms of family SME as being unique and characterized by the intersection between Enterprise and family systems.

Indeed, the strong presence of social capital that characterizes family SME attributes to their governance a specific character. In fact, mechanisms that significantly influence governance are far to be formal. Social capital, through its indicators, significantly decreases control costs, and should be considered as an informal mechanism of governance.

This theoretical analysis remains very limited and must be supported by empirical studies. However, it opens a way toward a very promising research that touches upon the impact of social capital on corporate governance.

REFERENCES

[1] ADLER, P., & KWON, S. (2012). « Social capital: Prospects for a new concept». Academy of Management Review, Vol 27, p. 17-40. Available at: http://www.jstor.org/stable/4134367

[2] ALCHIAN, A., & DEMSETZ, H. (1972). « Production, Information costs and Economic organization ». The American Economic Review, Vol 62, N° 5, p. 777-795.
Available at: http://www.jstor.org/stable/1815199?seq=1#page_scan_tab_contents

[3] ALEXANDRE, H., & PAQUEROT, M. (2000). « Efficacité des structures de contrôle et enracinement des dirigeants ». Finance Contrôle Stratégie, Volume 3, N° 2, p 5-29.
Available at: http://basepub.dauphine.fr/bitstream/handle/123456789/6186/AD095d01.pdf

[4] ALLOUCHE, J., & AMANN, B. (2000). « L'entreprise familiale : un état de l'art ». Finance Contrôle Stratégie, Volume 3, N° 1, p 33-79.

[5] ALLOUCHE, J., & AMANN, B. (1998). « La confiance : une explication des performances des entreprises familiales ». 32, Economies et Sociétés, p 129-154.

[6] ARREGLE, J. L., Durand, R., & Very, P. (2004). « Origines du capital social et avantages concurrentiels des firmes familiales ». M@n@gement, Vol. 7, No. 2, p 13-36.
Available at: http://www.cairn.info/revue-management-2004-2-page-13.htm

[7] ARREGLE, J. L., HITT, M., SIRMON, D., & VERY, P. (2007). «The development of Organizational Social Capital: Attributes of Family Firms». Journal of Managemnt Studies, Vol 44, Issue 1, p. 73 – 95.
Available at: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6486.2007.00665.x/full

[8] BOSMA, N., PRAAG, M. N., THURIK, R., & DE WIT, G. (2004). «The value of Human and Social Capital Investments for the Business Performance of Start-ups ». Small Business Economics, Vol 23, p. 227-236.
Available at: http://link.springer.com/article/10.1023/B:SBEJ.0000032032.21192.72

[9] BROUARD, F., & DI VITO, J. (2008). « Identification des mécanismes de gouvernance applicables aux PME ». 9ème Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME, 28-31 Octobre.
Available at: http://web.hec.ca/airepme/images/File/2008/C40.pdf

[10] Bourdieu, P. (1980). « Le capital social ». Notes provisoires, Actes de la recherche en sciences sociales, n°31.

[11] Butter Frank, A.G., Den, & Mosch, Robert, H.J. (2003). « Trade, Trust and Transaction Costs ». Tinbergen Institute Discussion Paper, Department of Economics.
Available at: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=459501

[12] CHARREAUX, G. (1996). *«* Vers une Théorie du Gouvernement des Entreprises *».*
Available at: http://gerard.charreaux.pagesperso-orange.fr/perso/articles/THEOGE.pdf

[13] CHARREAUX, G., & DESBRIERES, P. (1998). *«* Gouvernance des entreprises : valeur partenariale contre valeur actionnarial *».* Finance Contrôle Stratégie, N° 2, p 57-88.
Available at: http://gerard.charreaux.pagesperso-orange.fr/perso/artfcs/012088.pdf

[14] CHARREAUX, G. (1999). « La théorie positive de l'agence : positionnement et apports ».
Available at: http://leg.u-bourgogne.fr/wp/0991201.PDF

[15] CHARREAUX, G. (1998). « Le rôle de la confiance dans le système de gouvernance des entreprises ».
Available at: http://leg2.u-bourgogne.fr/wp/0980501.pdf

[16] CHARREAUX, G. (2000). « Le conseil d'administration dans les théories de la gouvernance ».
Available at: http://leg2.u-bourgogne.fr/wp/001201.PDF

[17] CHARREAUX, G. (2008). « A la recherche du lien perdu entre caractéristiques des dirigeants et performance de la firme : gouvernance et latitude managériale ». Available at: http://leg.u-bourgogne.fr/wp/1080502.pdf

[18] CHARREAUX, G. (1997). « Modes de contrôle des dirigeants et performance des firmes ». in CHARREAUX, G., *« Le Gouvernement des Entreprises, Corporate Governance, Théories et Faits »,* Ed, ECONOMICA, Paris, p. 17-54.

[19] CHARREAUX, G. (1997). « Structure de propriété, relation d'agence, et performance financière ». in CHARREAUX, G., *« Le Gouvernement des Entreprises, Corporate Governance, Théories et Faits »,* Ed, ECONOMICA, Paris, p. 55-85.

[20] CHARREAUX, G. (2011). « Quelle théorie pour la gouvernance ? De la gouvernance actionnariale à la gouvernance cognitive et comportementale », Centre de recherche en Finance, Architecture et Gouvernance des Organisations, Cahier de recherche n° 1110402.

[21] CHARREAUX, G. (1997). « Modes de contrôle des dirigeants et performance des firmes ». in CHARREAUX, G., « *Le Gouvernement des Entreprises, Corporate Governance, Théories et Faits* », Ed, ECONOMICA, Paris, p. 17-54.

[22] CHARREAUX, G. (1998). « Le rôle de la confiance dans le système de gouvernance des entreprises ». Available at: http://leg2.u-bourgogne.fr/wp/0980501.pdf.

[23] CHARREAUX, G. (2004). « Les théories de la gouvernance : de la gouvernance des entreprises à la gouvernance des systèmes nationaux », Centre de recherche en Finance, Architecture et Gouvernance des Organisations, Cahier du FARGO n° 1040101. Available at: http://leg.u-bourgogne.fr/wp/1040101.pdf

[24] CHARREAUX, G. (2008). « La gouvernance des PME-PMI ».
Available at: http://gerard.charreaux.pagesperso-orange.fr/perso/articles/GEPME.pdf

[25] COCHE, C. (2009). « Structures familiales et gouvernement de l'entreprise familiale ». XVIIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, 28-31 Mai. Available at: http://www.strategie-aims.com/events/conferences/3-xviiieme-conference-de-l-aims/communications/225-structures-familiales-et-gouvernement-de-lentreprise-familiale/download

[26] COEURDEROY, R., & LWANGO, A. (2010). « Capital social de l'entreprise familiale et gouvernance : une approche théorique de la succession entrepreneuriale ». 10ème Congrès Internationale Francophone en Entrepreneuriat et PME, 27-29 Octobre 2010.
Available at: http://web.hec.ca/airepme/images/File/2010/COEURDEROY-CIFEPME2010.pdf

[27] COLEMAN, J. (1988). « Social Capital in the Creation of Human Capital*».* American Journal of Sociology, Vol. 94, Supplement: Organizations and Institutions: Sociological and Economic Approaches to the Analysis of Social Structure, p. S95-S120. Available at: http://www.jstor.org/stable/2780243

[28] CORIAT, B., & WEINSTEIN, O. (2009). « Les théories de la firme entre « contrats » et « compétences » Une revue critique des développements contemporains ». Available at: http://www.univ-paris13.fr/cepn/IMG/pdf/wp2009_08.pdf.

[29] DAVIS, J., SCHOORMAN, D., & DONALDSON, L. (1997). « Toward a Stewardship Theory of Management». Academy of Management Review, Vol 22, N°1, p. 20-47. Available at: http://amr.aom.org/content/22/1/20.short
[30] DEFAYS, L., & ST-PIERRE, J. (2012). « Réflexion du dirigeant de PME dans un contexte difficile : quelle place pour les valeurs personnelles de l'individu à la tête de l'entreprise ? ». 11ème Congrès Internationale Francophone en Entrepreneuriat et PME, 24-26 Octobre.
Available at: http://web.hec.ca/airepme/images/File/2012/A6-Defays%20et%20ST-Pierre-CIFEPME2012.pdf
[31] FUKUYAMA, F. (1997). « Trust: The Social Virtues and the Creation», International Journal on World Peace, Vol 14, N°1, p. 84-87. Available at: http://www.jstor.org/stable/pdf/20752121.pdf?seq=1#page_scan_tab_contents
[32] GEDAJLOVIC, E., CARNEYM, CHRISMAN, J., KELLERMANS, F. (2011). « The Adolescence of Family Firm Research: Taking Stock and Planning for the Future». Journal of Management.
Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1837578
[33] GEINDRE, S., & DUSSUC, B. (2015). « Capital social, théorie des réseaux sociaux et recherche en PME : une revue de la littérature ». Revue International PME, Vol 28, n°1, p. 27–55.
[34] GRANOVETTER, M. (1978). « The strenght of weak ties ». Amercian Journal of Sociology, Vol 78, p 1360-1380. Available at: http://www.jstor.org/stable/2776392
[35] HABBERSHON, G., T., & WILLIAMS, M., L. (1999). « A Resource-Based Framework for Assessing the Strategic Advantages of Family Firms», Family Business Review. Available at: http://fbr.sagepub.com/content/12/1/1.abstract
[36] HIRIGOYEN, G. (2009). « Concilier finance et management dans les entreprises familiales », Revue Française de Gestion, Vol 8, N° 198-199, p. 393-411. Available at: http://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2009-8-page-393.htm
[37] JENSEN, M., & MECKLING, W. (1976). « Theory of the firm : Managerial behavior, agency costs and ownership structure». Journal of Financial Economis, p. 305-360.
Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X7690026X
[38] KAROUI, L., & BEN-HAFAIEDH-DRIDI, C. (2012). « Les organes de gouvernance dans les PME : des mécanismes de création de valeur », 11ème Congrès Internationale Francophone en Entrepreneuriat et PME.
Available at: http://web.hec.ca/airepme/images/File/2012/A13-Karaoui%20et%20Ben-Hafaiedh-Dridi-CIFEPME2012.pdf
[39] KHAOUTRA, D. (2005). « Gouvernance de l'entreprise et création de valeur partenariale », 16ème Conférence de l'AGRH, 15-16 Septembre. Available at: http://www.reims-ms.fr/agrh/docs/actes-agrh/pdf-des-actes/2005khouatra085.pdf
[40] LAZONICK, W., & O'SULLIVAN, M. (2000). «Maximising shareholder value : a new ideology for corporate governance», Economy and Society, Vol 29, p. 13-35. Available at: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/030851400360541
[41] LITZ, R., A. (1995). « The Family business: toward definitionnal clarity ». Family Business Review, vol. 8, n°2, p. 71-81.
[42] LEPERS, X. (2014). « Confiance et entreprise familiale ». in HIRIGOYEN, G., « *Entreprises Familiales Défis et performance* », Ed, Economica, Paris, p 115-135.
[43] MAYER, R., DAVIS, J., & SCHOORMAN, D. (1995). « An Integrative Model of Organizationnal Trust », The Academy of Management Review, Vol 20, N° 3, p. 709-734. Available at: http://www.jstor.org/stable/258792
[44] MARCHESNAY, M. (1991). « La P.M.E. : UNE GESTION SPECIFIQUE ? », Economie rurale, N° 206, Novembre-Décembre, p 11-17.
Available at:http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ecoru_0013-0559_1991_num_206_1_4231.
[45] MERCIER, S. (2001). « L'apport de la théorie des parties prenantes au management stratégique : une synthèse de littérature », Association Internationale de Management Stratégique, 13-14-15 Juin.
Available at: http://www.usenghor-francophonie.org/enseig/gse/Managementsenghor/05MercierPartiesPrenantes.pdf
[46] MERCIER, S., & GOND, J.P. (2005). « La théorie des parties prenantes », Centre de recherche en Finance, Architecture et Gouvernance des Organisations, Cahier du FARGO n° 1050502, Mai.
Available at: http://leg.u-bourgogne.fr/wp/1050502.pdf
[47] NAHAPIET, J., & GHOSHAL, S. (1998). « Social capital, intellectual capital and the organizational advantage", Academy of Management Review, Vol 23, N°2, p, 242-266. Available at: http://www.jstor.org/stable/259373
[48] PAQUEROT, M. (1997). « Stratégies d'enracinement des dirigeants performance de la firme et structures de contrôle ». in CHARREAUX, G. « *Le Gouvernement des Entreprises, CorporateGovernance, Théories et Faits* », Ed, ECONOMICA, Paris, p 105-138.
[49] SHLEIFER, A., & VISHNY, R. (1989). « Management Entrenchment The case of manager-Specific investements». Journal of Financial Economis, Vol 25, p, 123-139.
Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X89900998
[50] TORRES, O. (1997). « Pour une approche contingente de la spécificité de la PME ».
Available at: http://www.oliviertorres.net/travaux/pdf/ot12ripme.PDF.
[51] TORRES, O. (1999). « LES PME ». Available at: http://www.oliviertorres.net/travaux/pdf/pmetorres.pdf.
[52] TORRES, O. (2000). « Du rôle et de l'importance de la proximité dans la spécificité de gestion des PME ».
Available at: http://www.oliviertorres.net/travaux/pdf/ot1lille.PDF

[53] TREBUCQ, S. (2003). « La Gouvernance d'Entreprise Héritière de Conflits Idéologiques et Philosophiques ».
Available at: http://www.crefige.dauphine.fr/recherche/histo_compta/trebucq.pdf

[54] WILLIAMSON, O. (1987). « Transaction cost economics The comparative Contracting Perspective». Journal of Economic Behavior and Organization, Vol 8, p, 617-685.
Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167268187900382

[55] WIRTZ, P. (2003). « Le dirigeant : intendant fidèle ou agent opportuniste ? Quelques précisions conceptuelles concernant la théorie du gouvernement d'entreprise ». 12ème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, 3-6 Juin.
Available at: http://www.strategie-aims.com/events/conferences/12-xieme-conference-de-l-aims/communications/775-le-dirigeant-intendant-fidele-ou-agent-opportuniste-quelques-precisions-conceptuelles-concernant-la-theorie-du-gouvernement-dentreprise/download

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 329-344
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

EVALUATION QUANTITATIVE DE L'EFFICACITE DU SYSTEME D'ENSEIGNEMENT A L'INSTITUT MARANATHA 2012-2016

[QUANTITATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE TEACHING SYSTEM AT THE MARANATHA INSTITUTE 2012-2016]

UZAMUKUNDA SEBIYORERO DINE

Institut Supérieur Pédagogique de Goma (ISP/Goma), Province du Nord-Kivu, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The goal of students admitted to a given course of study is to arrive within the prescribed time at the end of the cycle. Under these conditions, any abandonment is considered as a loss, even if the pupil who interrupts his studies before being at the end of the cycle has acquired knowledge that has raised his level of education. In the same way repetition, although allowing the recovery is considered as loss because it reduces the capacity of reception of the classes and thus prevents other children to be admitted there or to cause overpopulation of student. The burden of drop-out and repetition appears in the input / output ratio as a measure of school performance. The objective of this research is to determine the degree of effectiveness of the training system at the Maranata Institute in 2012-2016, then to realize that the reconstituted cohort proves that students who have started a cycle are certified at the end. of it. That is, to analyze the non-monetary performance of the training system within this institution.
While the efficiency of the educational system is our concern, let us say that this is the ability of this system to achieve the objectives it prefixes. This one apprehends both internally and externally.

KEYWORDS: efficiency, attrition, academic performance, cohort, repetition, dropout, promoted, Maranatha Institute.

RÉSUMÉ: Le but des élèves admis dans un cycle déterminé d'enseignement est d'arriver dans les délais prescrits au bout du cycle. Dans ces conditions tout abandon est considéré comme déperdition, même si l'élève qui interrompt ses études avant d'être au bout du cycle a acquis des connaissances qui ont relevé son niveau d'instruction. De même le redoublement, bien que permettant la récupération est considéré comme déperdition parce qu'il réduit la capacité d'accueil des classes et empêche ainsi d'autres enfants à s'y faire admettre ou y provoquer un surpeuplement d'élève. La charge que représentent les abandons et les redoublements apparait dans le rapport input/output pris comme mesure du rendement scolaire. L'objectif poursuivi dans cette recherche est de déterminer le degré d'efficacité du système de formation à l'Institut Maranata de 2012-2016, puis se rendre compte que la cohorte reconstituée prouve que les élèves ayant débuté un cycle sont certifiés à la fin de celui-ci. C'est-à-dire analyser le rendement en terme non monétaire du système de formation au sein de cette institution.
Pendant que l'efficacité du système d'enseignement constitue notre préoccupation disons que celle – ci est la capacité de ce système à réaliser les objectifs lui préfixés. Celle – ci s'appréhende aussi bien sur le plan n'interne qu'externe.

MOTS-CLEFS: efficacité, déperdition, rendement scolaire, cohorte, redoublement, abandon, promu, Institut Maranatha.

1 INTRODUCTION

Depuis la création de l'humanité, l'homme est dans tout le chemin de sa vie, caractérisé par le souci de bien s'adapter pour protéger son patrimoine héréditaire grâce à l'esprit de créativité pour culminer vers un rendement meilleur. Ainsi, les meilleures conditions de vie et les moyens mis à la disposition de l'homme lui confèrent une motivation sans laquelle, il lui sera difficile de fournir des efforts en vue d'atteindre les résultats escomptés par rapport aux objectifs qu'il s'est assigné.

C'est dans ce sens que l'objectif que s'assigne une entreprise quelles que soient ses dimensions constitue pour le manager une donnée exogène, prise comme repère pour élaborer une conduite caractérisée par des décisions rationnelles pour déterminer en même temps les modalités de la production et son volume. Pour réaliser cette production, il faut penser à la mixtion des facteurs de production qui sont le capital, l'homme et la nature (M. ROMANOELINA, 1979). [1] C'est cette combinaison de facteurs de production qui conduit à la maximisation des recettes, de la production et à l'amélioration du rendement.

LE THAN KHOI cité par MAOMBI LUDJUKI, (2010, p. 55) dit que plus qu'un moyen de transmission des connaissances, des mentalités et d'intégration nationale, l'école est considérée à l'heure actuelle comme une entreprise d'investissement des ressources rentables à court et à long termes. Elle est une activité destinée à des services nouveaux et renforce le rendement de l'activité humaine.

Considérant que parmi les objectifs du système éducatif, nous pensons entre autre l'amélioration du rendement d'enseignement, à l'efficacité du système scolaire, nous rappelons que la jeunesse en tant que l'âme vivante de chaque nation, cette efficacité demeure une préoccupation de toutes les nations.

Signalons également que l'éducation étant la pierre angulaire du développement et du progrès social, une entité sans système éducatif bien structuré et efficace c'est-à-dire dont le rendement est médiocre est une entité sans avenir et vouée à disparaitre. C'est à ce juste titre que J. FOURASTIE et al cité par FURAHINI PENDO, (2006, p.2) [considèrent l'école comme le point de départ de tout progrès économique, socio – culturel et scientifique, que tout progrès, tout développement ne peuvent s'obtenir que par l'éducation des individus. L'enseignement, en tant qu'appareil du progrès des nations, ajoutons que le développement d'un pays est en grande partie fonction de son système éducatif devant tenir compte de réalités du pays, de la conception de ses objectifs et de sa finalité. Ceci veut dire que chaque pays doit avoir un enseignement solide, approprié et bien structuré pour la bonne préparation de la jeunesse aux tâches qui l'attendent. Ainsi, la renommée d'une école doit être inhérente à son rendement et permettre de conduire au bien – être individuel et collectif de nation.

De ce fait, l'école en tant qu'entreprise de production, les directeurs sont « les chefs », les élèves, la matière, les enseignants et les autres membres du personnel « le travail » les outils et les élèves formés « le produit fini ou semi fini » (J. C. MAGABE, 1997, p.55). [2]

Ainsi, les produits finis doivent être appréciés ou évalués, ce qui veut dire que procéder à une évaluation au sein d'une entreprise scolaire revient à déterminer le nombre d'élèves ayant maitrisé le contenu scolaire appris au cours d'un apprentissage et pouvant leur être utiles dans la vie professionnelle. L'évaluation sera bonne si la population des élèves qui ont réussi est élevée, par contre si la population est moins élevée, les efforts conjugués pendant l'année sont regrettés.

Du point de vue de la planification de l'éducation, évaluer le rendement du système éducatif, c'est analyser la cohésion entre les différents éléments constitutifs du système par rapport aux objectifs fixés.

Partant de ce qui précède, P. PELPEL (1993), [3] stipule qu'enseigner est une tâche difficile, celui qui choisit de faire l'enseignement doit savoir que l'enseignement est un métier qui a beaucoup d'exigences à mettre en œuvre pour son efficacité d'une part et doit acquérir des compétences spécifiques lui permettant d'aborder ce métier dans les meilleurs conditions pour lui et pour les élèves d'autre part.

Pour y arriver, un certain nombre de facteurs doit être envisagé afin de viabiliser le système éducatif. Son efficacité est fonction de beaucoup des facteurs notamment :

- Le recrutement ;
- La sélection ;
- Le respect des critères de promotion ;
- La prévision des élèves scolarisables ;
- L'octroi aux écoles des fournitures scolaires suffisantes ;
- L'encadrement des partenaires éducatifs par la formation, le séminaire et le recyclage continu, la rémunération juste, l'environnement familial pour ne citer que ceux-là.

Le rendement du système de l'éducation selon G. MOKONZI (2000, p.4) [4] a été détruit par la démocratisation de 1990 qui a induit les guerres successives de libération de 1997 à nos jours avec la destruction du tissus national sans épargner l'éducation, ajoutons –nous.

Pour le PNUD, (juillet 2006, pp. 34-35) : [5] « le développement du secteur social en RD. Congo rencontre des difficultés structurelles liées aux conflits répétitifs et à la mauvaise gouvernance. Les secteurs de l'éducation, de la santé et de l'assainissement, ainsi que la sécurité sociale sont dans un état de déperdition et détérioration très avancé. C'est à cette juste valeur que le Rapport sur l'Etat du Système Educatif National PNUD (2006, P.35) a identifié quatre problèmes importants qui minent l'accès et la qualité de l'enseignement en RD. Congo à savoir :

- Une couverture relativement faible au niveau du primaire, avec de grandes inégalités dans l'accès et une extension incontrôlée au niveau du secondaire et du supérieur,
- Une grave détérioration de la qualité de l'éducation à tous les niveaux ;
- Un système d'administration scolaire lourd et désuet et ;
- Un très bas niveau de dépenses et un système des financements inefficace et inéquitable.

D'une manière détaillée la même source (2001, p. 35) indique que les déficiences ci-après sont révélées dans l'enseignement secondaire :

- L'inégalité sociale dans l'accès ;
- Un grand nombre de petites écoles ;
- Des curricula obsolètes ;
- Un manque d'enseignants qualifiés dans certaines disciplines ;
- Les moyens de fonctionnement limités et le manque de livres et des matériels pédagogiques ; et
- Le coût élevé de l'enseignement privé.

Pendant que l'efficacité du système d'enseignement constitue notre préoccupation disons que celle – ci est la capacité de ce système à réaliser les objectifs lui préfixés. Celle – ci s'appréhende aussi bien sur le plan n'interne qu'externe.

Selon G.MOKONZI, (2009, PP.66-68) [6] l`efficacité externe d'un système de formation se mesure en fonction de l'adéquation entre la formation et l'emploi. Pour l'apprécier, on recourt aux calculs des indicateurs tels que le taux de chômage des diplômés, la durée de recherche du premier emploi, l'adéquation entre le niveau de formation et l'emploi, entre le niveau de formation et le revenu…. Quant à l'efficacité interne d'un système éducatif se mesure au travers de l'ampleur de la déperdition. Ainsi, plus un système produit les déchets, c'est-à-dire des abandons et des redoublements, moins il est efficace. A ce sujet, toutes les recherches portant sur le rendement quantitatif de l'école congolaise aboutissent à un même constat : le système n'est pas efficace. Le même auteur (2009, p.67) [6] précise que les résultats de l'UNICEF se rapprochent beaucoup de ceux obtenus par la Banque Mondiale, d'après lesquels le taux d'achèvement primaire est de 29% alors que le taux de survie des élèves entre la première et la sixième année n'excède pas 44%. Seulement 23% des enfants de 11 ans obtiennent le certificat de fin d'études primaire et moins de 20% des élèves qui entre en première année atteignent la sixième sans redoubler ; tandis que seulement 14% obtiennent le certificat de fin d'études primaires sans aucun redoublement. L'Enseignement secondaire est à son tour marqué par une situation paradoxale : un taux de survie très élevé (91%) de la première à la sixième année et un taux d'achèvement très faible (13%), du essentiellement au faible taux de réussite aux examens d'Etat. Etant donné les taux de redoublement et d'abandon observés au niveau primaire et secondaire, l'efficacité interne du système, pour ces deux cycles, s'avère très faible ; elle traduite par des coefficients d'efficacité de 43% et 36% respectivement pour le primaire et le secondaire. De ce qui précède nous constatons que la déperdition scolaire est une préoccupation de tout le monde en RD. Congo et a tous les niveaux du système éducatif.

LOOCKHEED et VERSPOOR (1990, p.149), [] disent qu'après avoir conduit une étude sur l'efficacité de l'enseignement, ont conclu que dans des nombreux pays en développement, les taux bruts d'inscriptions sont élevés, les taux d'achèvement et l'acquisition des connaissances demeurent faibles ; ce qui montre que leur efficacité demeure relativement faible. Dans tels pays, de nombreux enfants quittent l'école secondaire sans avoir acquis des notions qui pourront justifier que le système est efficace ou non. Pour de tels systèmes éducatifs, l'enseignement doit être organisé, structuré et confié à des hommes capables de réaliser cette mission, laquelle exige un cadre institutionnel approprié de manière à communiquer le savoir, le savoir être et le savoir-faire. Ainsi, notre préoccupation est celle d'analyser le système éducatif interne de l'Institut Maranatha.

A l'Institut Maranatha, les tendances générales donnent un point de vue qui ne s`écarte pas de la situation tant décriée dans l`ensemble du pays. Ainsi une question mérite d`être posée.

Le système de formation à l'Institut Maranatha est-il efficace ? Telle est la question qui constitue la charpente de notre analyse tout au long de ce travail. Considérant la question de la problématique, nous partons de l'hypothèse selon laquelle : Le système de formation à l'Institut Maranatha serait inefficace.

L'objectif poursuivi dans cette recherche est de déterminer le degré d'efficacité du système de formation à l'Institut Maranatha de 2012-2016, puis se rendre compte que la cohorte reconstitué prouve que les élèves ayant débuté un cycle sont certifiés à la fin de celui-ci. C'est-à-dire analyser le rendement en terme non-monétaire du système de formation au sein de cette Institution.

Vu qu`aujourd`hui le niveau de formation constitue actuellement la préoccupation de tout le monde, le choix de ce thème d`étude a été motivé par le souci d`analyser l`efficacité du système de formation de l'Institut Maranatha de 2012-2016

En second lieu, ce travail est tremplin en ce sens qu`il servira d`un document de référence sur l`analyse de l`efficacité du système de formation et sur le rapport input output de cette grande Institution en particulier et de toutes les Écoles Conventionnées Adventistes du 7ème jour en général.

2 CONSIDERATION THEORIQUE

2.1 DÉFINITION DES CONCEPTS

2.1.1 EFFICACITÉ

Pour S.ENDANDA KISANGANI (2007, p. 6), [8] l'efficacité consiste en la réalisation des objectifs de manière optimale tel que les ressources en temps, en talents et en capital sont utilisées pleinement et sans gaspillage. C'est encore une force, une vertu par lequel quelqu'un ou une chose produit un effet désiré et de qualité.

Quant à nous, l'efficacité désigne le mieux-mieux et davantage, une vertu, une qualité ou une capacité d'une chose ; d'une organisation ou d'une personne à maximiser les résultats efficaces en minimisant les coûts.

Dans le cadre de notre étude, il s'agit de l'analyse de l'efficacité du système de formation à l'Institut Maranatha de 2012-2016.

2.1.2 RENDEMENT SCOLAIRE

Pour D. Françoise (1991, p. 622),[9] le rendement scolaire est une évaluation collective des résultats de l'apprentissage scolaire par opposition à l'évaluation individuelle des performances...

De son côté F. FOULQUIE, cité par F. BASEME LIPANO (2009, p. 8), le rendement est le rapport entre la production et la valeur globale des facteurs qui le conditionnent. Ainsi conçu, le rendement est synonyme de productivité. C'est aussi le rapport entre les résultats et les moyens mis en œuvre pour l'obtenir.

Par ailleurs, selon la même source il y a lieu de distinguer : le rendement qualitatif : c'est lorsque le rendement scolaire s'aperçoit par la mesure de connaissance et les facultés intellectuelles d'une part et le rendement quantitatif est celui qui s'évalue en termes des effectifs des élèves certifiés et/ou diplômés par rapport à l'ensemble des effectifs correspondant dans une école.

Selon F. HOTYAT et al. (1973, p. 266), [10] le rendement scolaire est une estimation des résultats du travail, l'objet fabriqué, fourni par les travailleurs en temps terminé.

Quant à nous le rendement est une production quantitative et qualitative réalisée par quelqu'un ou quelque chose après avoir rendu un service ou un travail quelconque. C'est donc le produit, le résultat réalisé par les élèves après avoir exercé des tâches inhérentes à une action enseignement-apprentissage.

Dans ce cadre de cette étude sur l'analyse de l'efficacité du système de formation à l'Institut Maranatha de 2012-2016 , c'est la détermination de l'efficacité de ce système ainsi que son rapport input/ output qui vont nous intéresser en tenant compte des inscrits, des promus, des abandons et des redoublants.

2.1.3 LE SYSTÈME ÉDUCATIF

F.HOTYAT et al (1973, p.299) [10] quant à lui, un système éducatif est un ensemble de conceptions en matière d'éducation partant des fins détermines à partir desquelles sont conçus les programmes, les méthodes, les procèdes, la vie des institutions.

Pour nous, c'est un ensemble structuré des idées scientifiques ou de conceptions philosophiques des pensées se fondant sur les idées préconçues, aussi la mise en commun des éléments interdépendants de manière à constituer un tout caractérisé par une cohérence.

Pour ce qui est de notre travail, il s'agit d'analyser l'efficacité du système de formation à l'Institut Maranatha de 2012 à 2016

2.1.4 EDUCATION

Selon PLANCHAR cité par J.C. MAGABE (1997, p.1) [2] définit l'éducation comme une activité systématiquement exercée par les adultes sur les enfants et les adolescents afin de le préparer à la vie complète dans un milieu déterminée.

LE THAN KHOI cité par J. CHARLES MAGABE (1997, p.2), [2] quant à lui, l'éducation désigne non seulement l'institution lui-même mais aussi son résultat et l'ensemble de processus qui forment une personne sur tous les plans intellectuel, moral, physique, esthétique, social.

D'autres comme F, MACAIRE (1964, p.7), [11] l'éducation est l'art d'élever les enfants. Elle tend à faire des hommes complets, instruits, consciencieux, utiles à la société.

Pour S. SCAILLET (2007, p.6), [12] l'éducation est l'art d'élever les enfants. C'est l'action continue exercée sur l'être à l'éduquer afin de lui faire acquérir toute la perfection dont il est capable, en fonction de la société de demain dans laquelle il devra s'intégrer.

Enfin, nous soutenons le but de l'éducation comme étant une action entreprise par les éducateurs sous la responsabilité de l'Etat en vue de doter à l'être humain, de connaissances pouvant l'aider à s'auto défendre et à défendre les intérêts d'ordre général.

2.1.5 ECOLE

Pour J.C. MAGABE (1997, p. 55), [2] l'école est considérée comme une entreprise de production dont le directeur est « le chef », les élèves «la matière en première», les enseignants et les membres du personnel «le travail» (les outils) et les élèves formés «le produit fini et semi fini»

L'école est une institution éducative ou l'on échange les connaissances en vue de préparer les jeunes à la vie active (IBEKI GEGET LEONARD, 2001, p. 87). [13]

Pour F, HOTYAT et all, (1973, p.106), l'école est une institution où les élèves sont repartis en sous-groupes selon des critères d'âge, de niveau ou de spécialités, reçoivent un enseignement donne par un ou plusieurs maitres.

D'après F. BONNET (1989, p .13), [14] l'école est un vaste instrument de promotion collective, un prolongement du milieu social ou mutuellement, c'est une vaste entreprise qui profite à tous pour s'épanouir. L'école est une institution sociale, elle est simplement cette forme de vie communautaire ou sont concentrées tous les éléments qui seront les plus aptes à faire que l'enfant participe aux ressources héritées par l'espace et l'emploi de ses facultés à des fins sociales.

Pour notre part, une école est un établissement constitué des élèves et des enseignants dont ces derniers disposent de moyens et outils nécessaires destinés à la transmission de connaissances aux élèves, et cela dans les meilleurs conditions en vue de leur permettre un développement intégral.

2.1.6 LES INSCRITS

Pour un élève, l'inscrire, c'est l'enregistrer, c'est porter son identité sur une liste en vue de pouvoir le suivre régulièrement au cours d'un processus enseignement – apprentissage. Une fois les élèves ont pris leur inscription, ils doivent suivre les enseignements et être évalués à l'issue d'un période déterminée. Ce qui parviennent à satisfaire à l'épreuve leur soumise après une formation, sont promus.

2.1.7 PROMU

Un promu est celui qui vient d'arriver à une promotion. La promotion est une nomination, une accession d'une ou plusieurs personnes à grade ou à dignité plus élevée, à une fonction ou à bonne position hiérarchique plus importante. C'est un ensemble de personnes entrées la même année comme élève dans une école. (Petit la rousse illustré 1995, p. 828).

Quant à F. HOTIYAT (1973, p.248), la promotion est un mode d'avancement des élèves au sein d'une école. C'est aussi un ensemble des diplômés d'une école appartenant à la même classe.

Aussi pour nous, un élève promu est celui qui, après avoir réussi au test, à l'examen ou au cours de fin d'année scolaire, est accepté de passer dans la classe supérieure. Un élève est promu quand il est passé d'une classe inferieure à une classe supérieure après avoir satisfait à une épreuve ou à un examen.

2.2 THÉORIE SUR LA DÉPERDITION SCOLAIRE

2.2.1 DÉPERDITION SCOLAIRE

Pour PAULI et BRIMER cites par KATAKO MULANGWA KYOMBA et all (1988, p.168), [15] le terme déperdition applique à l'éducation a une résonnance insolite et les éducateurs lui reprochent peut-être de dépersonnaliser ce qui est essentiellement un processus individuel de croissance. Il appartient à la langue des économistes et semble assimiler l'éducation à l'industrie, ou des capitaux sont investies dans des usines, ou les matières premières sont transformées en produits finis. Il serait préférable de parler d'échecs scolaires ou de pertes en cours de scolarité. En effet, dans un système scolaire qui ne prône pas le passage automatique d'une classe à la classe supérieure, la déperdition se manifeste par le fait que tous les élèves qui débutent un cycle d'enseignement ne parviennent pas au niveau d'instruction requis ou ne terminent pas tous dans la durée minimale prescrite. Cette différence entre les effectifs initiaux et ceux parvenus aux termes du cycle constitue ce que l'on appelle ''déperdition scolaire'' (UNESCO cité par les mêmes auteurs).

Cela étant, la déperdition scolaire tient compte des élèves inscrits au début d'une année scolaire mais qui abandonnent au cours d'une même année pour de raisons diverse inclus ceux-là qui redoublent, c'est donc la diminution des effectifs scolaires d'une année ou d'un cycle d'étude.

De ce fait, pour B.HAKEM(2013), [16] la déperdition scolaire veut dire la perte progressive des élèves au cours de leur cycle scolaire. Cette perte regroupe l'ensemble des exclusions décidées par le conseil des professeurs pour les situations suivantes : mauvais résultat, mauvaise conduite, abandons décidés par l'élève et/ou ses parents pour une raison économique ou sociale. La déperdition scolaire constitue un gaspillage de matériel, de temps pour le système éducatif ainsi que pour la société dans son ensemble. Elle est suscitée par les problèmes de redoublement et ou d'abandon d'étude.

De notre avis, la déperdition scolaire c'est la diminution des effectifs d'une cohorte d'élèves constatée au cours ou à la fin de l'année dont les causes sont les redoublements, l'abandon ou parfois le décès

2.2.2 REDOUBLEMENT

Selon le petit la rousse illustré (1995, p.866) [17] le redoublement c'est le fait de redoubler, de croire en force, en intensité. C'est le fait de redoubler une classe. Redoublant pour élève, c'est refaire, reprendre, c'est rester une seconde fois dans la même classe. C'est rester l'année suivante dans la même classe.

Pédagogiquement parlant, il y a redoublement lorsque les élèves ont orchestrés des échecs au cours d'une année donnée et n'ayant pas passés dans la classe supérieures l'année qui suit.

Pour l'encyclopédie de la pédagogie moderne (1973, p.262), [10] ce terme vient du verbe redoubler. Pour un élève c'est rester une seconde année dans une même classe. Les redoublements sont des caractères essentiels pédagogiques souvent commandés par l'échec mais certains élèves refont l'année parce que les cours suivants ne leur offrent pas de place.

2.2.3 ABANDON

Selon le petit LAROUSSE illustré (1995, p.25) [17] l'abandon c'est l'action d'abandonner, de quitter, de cesser d'occuper, c'est renoncer à son poste. C'est le fait de se retirer définitivement. Pour un élève, c'est le fait de cesser de poursuivre ou de continuer ses activités scolaires au cours d'une année « X ».

Comme l'affirme F. HOTYAT, (1973, p.11) [10] l'abandon est une situation d'un enfant ou d'un adolescent privé brusquement de la présence ou de l'affection de ses parents ou de l'un d'eux. Ainsi, un abandon des études c'est l'élève qui quitte les études avant qu'elles ne soient terminées.

Partant de ce qui précède, G. BRANDIBAS (2007, pp.30 -34), [18] soutient que l'échec scolaire peut signifier notamment deux choses :

- Sortir de l'école sans Diplôme trop souvent associée à l'absence des formations professionnelles ou des métiers de pouvoir travailler et subvenir à ses besoins ;
- Sortir de l'école sans acquis essentiels à une vie de citoyen, socle commun dont l'absence amende définitivement la chance de s'en sortir dans la vie.

2.3 COHORTE

Du latin Cohorte signifie une unité tactique de base formant le deuxième d'une légion romaine. C'est un groupe de personnes, et sur le plan démographique, la cohorte est un ensemble d'individus ou des couples considérés ensemble (Petit LAROUSSE illustré, 1995, p.2440). [17]

Pour BULIMPANGA (2009, p.9) dans son travail de fin de cycle dit que la méthode de cohorte par classe est celle qui permet d'étudier les mouvements ou flux d'effectifs et leurs projections à des dates futures. Cette méthode par cohorte par classe comporte 3 variétés qui sont :

- **La méthode de cohorte réelle :** elle mesure avec exactitude le flux scolaire, les effectifs de fin d'études en ouvrant pour chaque élève un dossier individuel qui le suivra partout tout au long des études.
- **La méthode de cohorte apparente :** elle consiste à comparer le nombre d'élèves dans une classe donnée à celui des élèves inscrits l'année suivante immédiatement dans la classe supérieure et admettre que la diminution constatée constitue la déperdition et que ceux qui sont inscrits dans la classe supérieure représentent les promus.
- **La méthode de cohorte reconstituée :** elle est comparable à la précédente. Elle consiste à calculer le rapport entre les inputs-outputs et la projection des effectifs dans l'avenir en considérant les mouvements ou les prix.

C'est cette dernière méthode qui nous concerne quant à ce qui est de l'analyse l'efficacité du système de formation à l'Institut Maranatha.

3 MILIEU ET METHODES

Ce chapitre décrit l'approche méthodologique qui nous a conduits à la vérification de notre hypothèse. Trois aspects fondamentaux y sont abordés : la population et l'échantillon d'étude, les techniques de récolte des données et celles de traitement des données.

3.1 POPULATION D'ÉTUDE

POUR M. GRAWITZ (1971, p.887), [19] la population est l'ensemble dont les éléments sont choisis parce qu'ils possèdent tous une même propriété et qu'ils sont de même nature.

D'après R.MUCCHIELLI (1971, p.15), [20], la population d'enquête est l'ensemble du groupe humain concerné par des objectifs de l'enquête. C'est donc l'univers d'enquête.

De son côté, F. DEPELTEAU (2000, p.213), [21] la population correspond à l'ensemble des tous les individus qui ont de caractéristiques précises en relation avec les objectifs de l'étude.

Ainsi, une population peut être finie ou infinie. Elle est finie lorsque la population à étudier est exactement connue.

Dans le cadre de notre étude, notre population est constituée des tous les élèves de l'Institut Maranatha pour les exercices 2012 – 2016. L'Institut Maranatha est une grande école Conventionnée Adventiste du 7eme jour opérationnelle dans la ville de Goma, Province du Nord Kivu en République Démocratique du Congo depuis l'année 1993. Cette institution organise six sections dont :

- La pédagogie générale
- Scientifique (Option : biologie- chimie)
- La mécanique générale

- La section commerciale et administrative
- La section technique sociale
- La mécanique automobile
- La construction.

L'institut Maranatha organise 30 classes, compte 46 enseignants, un Préfet des études, deux Directeurs des études, un comptable, un secrétaire et deux ouvriers. L'année scolaire 2015-2016, l'institution encadre 1097 élèves comme effectifs de l'école dans 30 classes.

3.2 TECHNIQUES DE RÉCOLTES DE DONNÉES

Pour nous permettre de récolter les informations en rapport avec cette étude, nous avons recouru à la technique documentaire. Cette dernière est définie selon M. GRAWITZ, (1971, pp.440 – 441) [19] comme une entreprise consistant en la consultation des documents écrits, documents chiffrés, documents officiels et les documents privés.

Dans cette étude, cette technique nous a servi à collecter les renseignements en terme des inscrits de promus, des redoublants et des abandons à travers les palmarès, les registres d'appel et à la consultation des ouvrages en rapport avec ce sujet.

3.3 TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour la technique de traitement des données, nous avons recouru au calcul de taux pertinents et leurs moyennes et, au calcul du total des années/places investies consacrés aux redoublants et aux abandons. Ce qui nous a permis de déterminer l'efficacité du système de formation ainsi que le rapport input/ output du système de formation de l'Institut Maranatha de 2012à 2016. Cette technique a été au service de la méthode de cohorte reconstituée.

3.4 MÉTHODE DE LABROUSSE ET PERROT : A. LABROUSSE ET P. PERROT CITÉS PAR K. KATAKO MULANGWA ET ALL (172), [15]

Le jeu de redoublement et des abandons, c'est –à –dire la déperdition scolaire, fausse le tableau de la scolarisation et se traduit par un gaspillage de ressources humaines et financières qui retardent l'essor des pays en voie de développement.

La recherche d'une solution a pour préalable une analyse statistique aussi précise que possible du mouvement des effectifs et mécanisme des déperditions.

Pour mettre en évidence ce phénomène, LABROUSSE et PERROT proposent une méthode adaptée aux pays où l'ampleur du phénomène correspond à des données statistiques souvent sommaires et peu ventilées. Cette méthode se base sur deux hypothèses qui ne sont pas pour autant totalement arbitraires :

- Le comportement des redoublements obéit aux mêmes lois que celui des promus ou nouveaux inscrits ;
- Les élèves engagés dans le cycle ne restent sur les bancs de l'école que pendant un nombre maximum d'années déterminées par la législation scolaire.

Pour pallier à ce problème, nous avons opté pour la méthode de cohorte reconstituée selon de LABROUSSE et PERROT.

Selon G. MOKONZI BAMBANOTA (2006), cette méthode est la plus simple et adaptée à des situations où les données ne sont pas disposées ou tenus régulièrement comme c'est le cas dans les pays du Tiers monde. C'est une méthode dont l'avantage est d'éviter des précisions mathématiques. Elle présente une plus grande rapidité est simplicité dans les calculs.

La démarche à suivre pour cette méthode comprend plusieurs étapes dont les plus importantes sont :

Ainsi, pour la détermination du coefficient d'efficacité et celui du rapport input/ output (RIO), il est recommandé la méthode de cohorte reconstituée dont les principales étapes sont :

1) La reconstitution de l'histoire d'une cohorte : c'est l'estimation des inscrits (I), des promus (P), des redoublants (R) et des abandons (A).
2) Les calculs des taux pertinents et leurs moyennes
    - Taux de promotion (p)
    - Taux de redoublement (r)
    - Taux d'abandon (a)

3) Application des taux moyens a une cohorte de 1000 élèves (considérés comme inscrits) entrant en troisième année d'études d'un cycle pour suivre son cheminement à travers le système.

4) Calcul du coefficient d'efficacité (C.E)

5) Calcul du coefficient d'augmentation du coût (CAC)

6) Etablissement d'un tableau synthèse des indicateurs

NB : Le nombre d'années/élèves minimal est égal au nombre d'années requis pour terminer le cycle d'étude. Le nombre d'années/élèves réellement utilisé s'obtient par le rapport entre les années places dépensées. C'est le total des places occupées par les élèves d'une même cohorte aux différents niveaux d'études pour les années scolaires et le nombre d'élèves sortants (certifiés ou Diplômés)

7) Les calculs des années/places dépensées ou investies.

La différence entre le rapport input output optimal et le rapport calculé nous donnent l'excédent du coût exprimé en terme non monétaire.

Cette différence peut être exprimée en nombre d'années/élèves ou années/places excédentaires. Le coefficient d'efficacité est l'inverse du rapport input output. Il est exprimé par le rapport entre, d'une part le nombre maximal d'années/élèves requis pour le système et d'autre part le nombre d'années/élèves effectivement utilisé.

Suite au manque, avons-nous déjà dit, de toutes les données des années 2011 – 2016 pouvant nous servir dans l'analyse de l'efficacité du système de l'éducation de 6 ans du cycle secondaire, nous avons recouru à la méthode de cohorte reconstituée selon LABROUSSE et PERROT pour un système de 4 ans.

Ainsi, les formules ci-après nous ont servi :

C.E = $\frac{sxd}{T1+T2+\cdots Tn}$ x 100

Où S= sortant (diplôme), d= durée du système, C.E = Coefficient d'Efficacités et T = total des années places/investies.

CAC = $\frac{T1+T2+\cdots Tn}{sxd}$ où CAC = Coefficient d'Augmentation du Coût

L'excédent du coût en termes non monétaires s'obtient par la formule ECM = CAC – 1 où CAC = Coefficient d'Augmentation du Coût, ECM = Excédent du Coût en terme non Monétaire.

Par rapport au calcul du total des années/places investies, nous avons les formules ci-après :

1) $T_3=\frac{I}{1-r3}$ ou $T_{3,4,5,6} = I = P_3 = T_3xp_3$.

2) $T_4 =\frac{p3}{1-r3}$, $p_4 = T_4xp_4$

3) $T_5 =\frac{p4}{1-r3}$, $p_4 = T_5xp_6$

4) $T_6 =\frac{p5}{1-r6}$, $p_6 = T_6xp_6$

Pour le calcul des années/places consacrées au redoublement (R) et abandons (A) : les formules suivantes sont utilisées :

Redoublement	Abandons
$R3 = T_3 – I$	$A3 = I – p_3$
$R4 = T_4 – P_3$	$A4 = P_3 – P_4$
$R5 = T_5 – P_4$	$A5 = P_4 – P_5$
$R6 = T_6 – P_5$	$A6 = P_6 – p_6$

Où $R_{3,4,5,6}$ redoublement pour le classes de 3, 4,5 et 6ème années et A_3 = abandons pour les classes de 3, 4,5 et 6ème années.

4 ANALYSE ET TRAITEMENT INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans cette partie, nous présentons, analysons et interprétons les résultats. Dans la récolte des données, nous nous sommes intéressés aux quatre dernières années du cycle de l'Institut Maranatha de 2013-2016. Cette période a attiré notre attention

suite à certaines sections en progression incapables de nous fournir des données de 2010-2012 pouvant nous servir à analyser l'efficacité du système de formation de 6 ans du cycle du secondaire.

4.1 PRÉSENTATION DES DONNÉES

Tableau 1. Présentation des données par la reconstitution de l'histoire d'une cohorte de 2012 à 2016

ANNEES SCOLAIRE	EFFECTIFS	3ème	4ème	5ème	6ème
	I	157	148	145	130
2012-2013	P	131	132	131	115
	R	22	10	6	14
	A	4	6	8	1
	I	142	159	156	143
2013-2014	P	111	122	141	96
	R	19	21	11	47
	A	12	16	4	0
	I	150	140	138	154
2014-2015	P	128	119	118	121
	R	21	14	13	33
	A	1	7	7	0
	I	179	157	146	144
2015-2016	P	131	118	123	107
	R	37	22	16	37
	A	11	17	7	0

Où I= Inscrits, P= promus, R= Redoublant et A= Abandon

Il ressort de ce tableau qu'au cours de l'année scolaire 2012- 2013 ; les inscrits en 3eme année sont à 157 dont 131 promus, 22 redoublants et 4 abandons. Pour la 4eme, il y a eu 148 inscrits desquels 132 sont passés dans la classe supérieure, 10 élèves ont repris la classe et 6 ont abandonné. Concernant la classe de 5eme, les inscrits sont au nombre de 145 dont 131 promus, et les autres constituent la déperdition scolaire. Dans l'ensemble l'institut Maranatha a inscrit 130 élèves dans la classe de 6eme années dont 115 ont obtenu leurs diplômes, 14 ont échoué et une personne a abandonné. Pour l'année scolaire 2013-2014, les inscrits s'élèvent à 142 en 3eme année dont 111 ont réussi, 19 échecs et 12 ont abandonné. Quant à la classe de 4eme 159 ont été inscrits, dont 122 promus, 21 redoublants et 16 abandons. Pour les classes de 5eme parmi les 156 inscrits 141 élèves ont satisfait. Enfin, 143 inscrits en 6eme années 47 seulement ont obtenu les diplômes et 47 ont échoué. S'agissant de l'année scolaire 2014-2015, 150 sont inscrits en 3eme années avec 128 promus ; 21 redoublants et un abandon. De 140 inscrits en 4eme années, il y a eu 119 promus, 14 échecs et 7 abandons. Pour les classes de 5eme 138 sont inscrits dont 118 réussites et les autres constituent les redoublants et les abandons, alors qu'en 6eme année du même exercice 154 ont été inscrits dont 121 diplômes et 33 échecs. Enfin, pour l'année scolaire 2915-2016 sur 179 inscrits pour les classes de 3eme 131 ont été promus, 37 ont repris l'année et 11 ont abandonné. Pour les classes de 4 eme année 157 élèves sont inscrits avec 118 réussites, 22 échecs et 17 abandons. En 5eme année 147 élèves ont pris l'inscription dont 123 promus, 16 échecs et 7 abandons. Cette année l'institution a enregistré 144 élèves en 6eme année dont 107 ont obtenu leurs diplômes et 37 candidats ont échoué. Apres avoir présenté les données ; le calcul de différents taux pertinents sont repris dans le tableau ci-après.

Tableau 2. Calcul des différents taux pertinents et leurs moyennes

Années scolaire	Effectifs	3ème	4ème	5ème	6ème
	I	100	100	100	100
2012-2013	P	83	89	90	88
	R	14	7	4	11
	A	3	4	6	1
	I	100	100	100	100
2013-2014	P	78	77	90	67
	R	13	13	7	33
	A	9	10	3	0
	I	100	100	100	100
2014-2015	P	85	85	86	79
	R	14	10	9	21
	A	1	5	5	0
	I	100	100	100	100
2015-2016	P	73	75	84	74
	R	21	14	11	26
	A	6	11	5	0

Légende :
i : taux des inscrits rapportés à 100
p : taux des promus
i : taux des redoublants
a : taux d'abandons

Au regard de ce tableau, nous constatons que sur les 100% des élevés inscrits en 3 eme l'annexe scolaire 2012-2013, les élèves promus représentent 83%, 14% des redoublants et 3% d'abandons. Pour les 4 emes années, les promus sont de 89 %, 7% de redoublants et 4% d'abandon. Enfin, 88% des diplômes et un taux d'échecs de 11% et 1% d'abandon pour les classes de 6 eme au cours de même exercice. Quant à l'année scolaire 2015- 2016, le taux de réussite est de 73% en 3 eme 21% d'échecs et 6% d'abandons ; alors que pour les 4 eme les taux sont de 75% de promus, 14% de redoublants et 11% d'abandons. Pour les classes de 5eme année 84% ont réussi, 11% ont échoué et 5% ont abandonné. Dana les classes de 6 eme 74% ont obtenu leurs diplômes tandis que 26% ont échoué. Apres avoir calculé les taux pertinents pour chaque année scolaire considérée et pour les quatre années d'études du cycle du secondaire ; le calcul des taux moyens pertinents nous a été utile.

Tableau 3. Calcul des taux moyens

Taux moyens	3ème	4ème	5ème	6ème
I	100	100	100	100
P	80	81	87	77
R	15	11	8	23
A	5	8	5	0

Dans l'ensemble du système considérée ; le taux de promotion pour les classes de 3 eme est de 80% ; 81% pour les 4ème ; 87% pour le 5 eme et 77% des diplômés pour les 6 eme années. Quant aux taux de redoublement : il est passe de 15% pour les 3 eme années à 11% pour les 4 eme, pour les 5eme années 8% et 23 pour les 6 eme années avec es taux d'abandons de 5% pour les 3eme années, 8% pour les 4 eme et 5% pour les 5eme années.

Ainsi, pour trouver le total des années/ places investies pour chaque années d'études(T) ; le total des années consacrées au redoublement(R) le nombre des promus(P) et des abandons (A) au niveau de chaque année d'études ; les formules et les calculs se présentent de la manière suivante sachant qu'une cohorte de 1000 élèves sont considérés comme inscrits.

A. Calcul du total des années places investies (T)

$T_3 = \frac{1}{1-r_3} = \frac{1000}{1-r_3} = \frac{1000}{1-0,15} = \frac{1000}{0,85} = \mathbf{1176}$ **place investies à 0,15**

$P_3 = T_3 \times P_3 = 1176 \times 0,80 =$ **940** Promus

$T_4 = \frac{P3}{1-r_4} = \frac{940}{1-0,11} = \frac{940}{0,89} = \mathbf{1056}$ **places investies à 0,11**

$P_4 = T_4 \times P_4 = 1056 \times 0,81 =$ **855 Promus**

$T_5 = \frac{P4}{1-_5} = \frac{855}{1-0,08} = \frac{855}{0,92} = \mathbf{929}$ **places investis à 0,08**

$P_5 = T_5 \times P_5 = 929 \times 0,87 =$ **808 Promus**

$T_6 = \frac{P5}{1-r_6} = \frac{808}{1-0,23} = \frac{808}{0,77} = \mathbf{1049}$ **places investies à 0,28**

$P_6 = T_{6x} P_{6} = 1049 \times 0,77 =$ **808 Promus**

B. calculs des années /places consacrées aux redoublements (R) et aux abandons (A)

a) Redoublement

$R_3 = T_3 - 1 = 1176 - 1000 = 176$

$R_4 = T_4 - P_3 = 1056 - 940 = 116$

$R_5 = T_5 - P_4 = 929 - 855 = 74$

$R_6 = T_6 - P_5 = 1049 - 808 = 241$

b) Abandons

$A_3 = I - P_3 = 100 - 940 = 60$

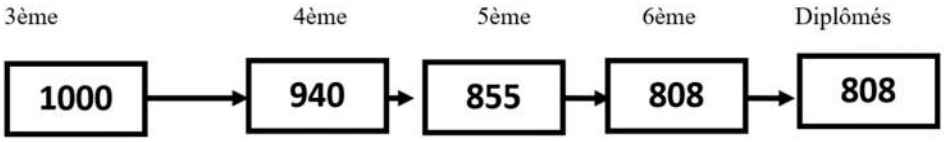
$A_4 = P_3 - P_4 = 940 - 855 = 85$

$A_5 = P_4 - P_5 = 855 - 808 = 47$

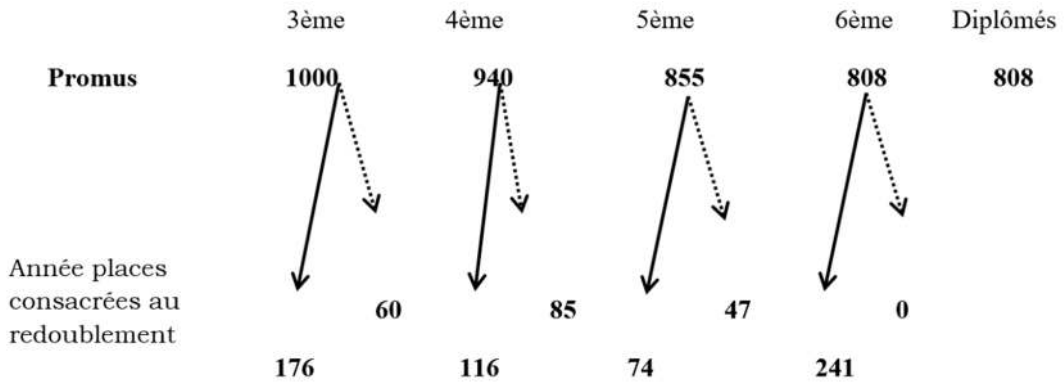
$A_6 = P_5 - P_6 = 800 - 808 = 0$

Où R3, 4, 5,6 redoublement pour les classes de 3eme, 4eme, 5eme et 6eme années et A3, 4, 5,6 les abandons pour les classes de 3eme, 4eme, 5eme et 6eme années.

Après avoir calculé le nombre total des années/places investies, le calcul des années places consacrées aux redoublants(R) et aux abandons (A), le schéma de l'évolution de l'histoire de la cohorte à travers les différentes années d'études nous a été indispensable dont les résultats sont les suivants :

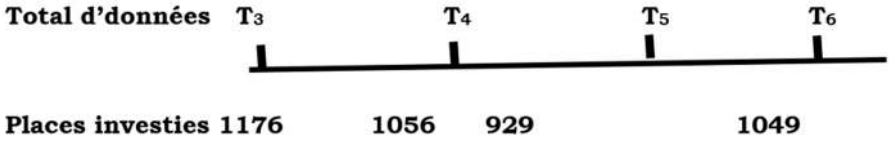


Pour plus des détails, voici comment se présentent les données ci-dessous schématisées selon le graphique de LABROUSSE ET PERROT



R= redoublants et A= abandons sur ce graphique

De ce graphique nous constatons que dans les classes de 3eme années, il y a 176 redoublants et 60 abandons, 116 redoublants et 85 abandons en 4eme années, 74 redoublants et 47 abandons, pour les classes de 5eme années et enfin, 241 élèves ont redoublé, mais personne n'a abandonné dans les classes de 6eme années, 808 élèves constituent les diplômés dans l'ensemble du système de formation de l'Institution.



De cette droite nous comprenons que dans l'ensemble, les places investies dans le système de formation sont passées de :

- 1176 pour les classes de 3eme de 2012-2013
- 1056 pour les classes de 4eme de 2013-2014
- 929 pour les classes de 5eme de 2014-2015
- 1049 pour les classes de 6eme de 2015-2016

Eu égard de ce qui précède, sur les lignes qui suivent, c'est l'analyse de l'efficacité du système qui nous intéresse.

4.2 ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE FORMATION

Elle se calcule sur base du coefficient de l'efficacité dont la formule est la suivante :

CE = $\frac{sxd}{T1+T2\ldots\ldots\ldots Tn}$x 100 où

S= **Sortants**

D= **Durée du système**

CE = **Coefficient d'efficacité**

CE =$\frac{800X4}{1176+1056+929+1049}$ X100= $\frac{3232}{4210}X100 = 76{,}76 \approx 77\%$

CE= 77%>50%

Ce coefficient étant supérieur à la moyenne (50%) , il nous est indispensable de calculer le rapport input / out put (ROI) , ceci fait appel au calcul du coefficient d'augmentation du coût (CAC) qui est l'inverse du CE, d'où la formule :

CAC =$\frac{T1+T2\ldots\ldots\ldots+Tn}{SXd}$

CAC= $\frac{1176+1056+1049}{808X4} = \frac{4210}{3232} = 1{,}30$

Ce coefficient nous permet de déterminer l'excèdent du coût en terme non monétaire

ECM=CAC-1=1,30-1=0,30

Apres calcul, nous constatons que le coefficient d'efficacité(CE) est de 77% supérieur à la moyenne de 50%. Ce qui nous permet de conclure que le système de formation de l'Institut Maranatha est efficace à 77%. De ceci le rapport input out put a été calculé en recourant au calcul du coefficient d'augmentation du cout(CAC) sachant que celui-ci et l'inverse du CE c'est à dire CAC=1.30 ou rapport Input/Output.

Ceci veut dire qu'une cohorte en moyenne qui a commencé la section en troisième année avait terminé le cycle après une période de 5 ans et 2 mois (1,3x4ans) au lieu de 4 ans (1x 4) car le cycle est de 4ans après le secondaire général.

4.3 ETABLISSEMENT D'UN TABLEAU SYNTHÈSE DES INDICATEURS

Tableau no III : Tableau synthèse des indicateurs du système de formation de l'Institut Maranatha pour une période de 2012-2013 à 2015-2016

Indicateurs	**Classes**	**Années/places**
	3eme	1176
	4eme	1056
	5eme	929
	6eme	1049
Total années/places investies		4210
Diplômés		808
Années /places nécessaires pour les diplômés		1049
Rapport input/out pet		1.30
Coefficient d'efficacité		77%
Excèdent du cout en terme non monétaire		1,3-1= 0 .30

L'objet ultime de tout système éducatif qui prône pour son efficacité est que les élèves qui entrent en première année du cycle sortent à la fin du cycle munis d'un diplôme sans redoublement ni abandon.

Comme le dit précédemment, le système de formation de l'Institut Maranatha ayant fait l'objet de notre recherche est inefficace, car son rapport Input/ Output est supérieur à 1 ; et son coefficient d'efficacité (CE) inferieur a 100%. Toutefois, nous pouvons dire que ce système est efficace à 77%. Ce système enregistre un excédent du cout de 0,3 ; constituant les cas des abandons et de redoublants. Sur 1000 élèves ayant débuté le cycle, 799 élèves sont restes en cours de route (Abandons et Redoublants). Or, l'idéal est que tous les élèves sans exception, obtiennent les diplômes à la fin du cycle. En dehors de cela le système de formation est juge inefficace.

D'après les calculs effectués, nous avons constaté que les classes de 3eme, 4eme, 5eme et 6eme années ont enregistré respectivement 1176, 1056, 929 et 1049 d'années/places investies pour les 4 années scolaires considérées ; soit un total d'années places de 4210. Un autre indicateur d'efficacité est le coefficient d'augmentation du cout (CAC ou RIO). Ici nous avons obtenu 1.3. Avec le coefficient d'efficacité de 77% qui n'est pas égal à 100% et le coefficient d'augmentation du cout n'est pas égal à 1 ; nous disons que ce système éducatif n'est pas efficace. Nous avons constaté aussi que l'excèdent du cout en terme non monétaire qui est de 0.3 montre que ce système de formation n'est pas juge bon par rapport aux normes reconnues de l'efficacité. De ce qui précède, nous pouvons confirmer que le rendement en terme non monétaire du système de formation à l'Institut Maranatha est non satisfaisant. Ce qui nous permet d'infirmer notre hypothèse de départ selon laquelle : le système de formation à l'Institut Maranatha serait efficace.

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Nous avons présenté les résultats de notre recherche portant sur '' Evaluation quantitative de l'efficacité du système d'enseignement à l'Institut Maranatha 2012-2016.

Notre problématique était formule de la manière suivante : le système de formation de l'institut Maranatha est-il efficace au cours des années 2012-2016

Pour répondre à cette préoccupation, nous avons formulé l'hypothèse selon laquelle le système de formation à l'institut Maranatha serait efficace de 2012 à 2016.

L'objectif que nous nous sommes fixés était de déterminer l'efficacité du rendement scolaire en terme non monétaire à l'Institut Maranatha au cours des années scolaires 2012-2013- 2015-2106.

Pour récolter les données, la technique documentaire nous a aidés en recueillant les statistiques dans les palmarès. Ces données sont récoltées en termes des inscrits, des promus, des redoublants et des abandons. Cependant, pour le traitement des données, nous avons recouru a la technique de cohorte reconstituée selon la méthode de LBROUSSE ET PERROT. Elle sera secondée par le calcul de taux pertinents et leurs moyennes selon les variables envisagées dans cette étude.

Quant à l'analyse et l'interprétation des résultats, après avoir calculé le coefficient d'efficacité, nous avons abouti aux résultats selon lesquels le système de formation est efficace à 77%. Ainsi un coefficient de l'efficacité inférieur à 100% exprime dans une certaine mesure le degré d'inefficacité. D'où notre hypothèse de départ est infirmée. En outre, après calcul du rapport input output égal à 1,30 supérieur à 1 qui le rapport de l'efficacité optimale, nous avons conclu que ce système de formation n'est pas efficace. Ceci nous permet toujours d'infirmer notre hypothèse selon laquelle le système de l'institut Maranatha serait efficace. Eu égard à ce qui précède nous suggérons ce qui suit :

a) Aux gestionnaires :

- N'engager des enseignants malgré leur qualification qu'après un test d'embauche ;
- Multiplier de séminaires de formation et de recyclage.

b) Aux Préfets :

- Intensifier les visites de classe
- Initier les unités pédagogique et les appliquer strictement ;
- Recruter en fonction des instructions, c'est-à-dire ne considérer comme classe de recrutement que les 1eres et les 3 ème années ; initier le système d'étude matinale

c) A l'Etat :

- De subsidier les écoles et de respecter la gratuite de l'école primaire
- De prendre en charge les enfants dont les parents sont pauvres et ainsi que les orphelins ;
- De créer les écoles selon les besoins et sur base des principes cartographiques ;
- De réinstaurer le système d'orientation scolaire car l'avenir de notre pays en dépend ;
- De prendre en charge le personnel enseignant sous toutes les formes.

d) Aux parents :

- Doter leurs enfants des outils nécessaires pour leur scolarisation ;
- De décourager la précocité maritale ;
- D'encadrer leurs enfants par l'étude âpres cours.

Enfin, nous n'avons pas la prétention d'avoir épuise tous les aspects de notre sujet d'étude. C'est ainsi que nous invitons les futurs chercheurs qui nous emboiterons le pas d'élargir l'aspect quantitatif qui est ici traité soit de développer l'aspect qualitatif en vue de contribuer à l'efficacité du système de formation dans nos écoles.

REFERENCES

[1] ROMANOELINA M, (1979) Premiers notions de science économique, éd, Nathan, Paris,
[2] MAGABEJ.C, (1997) Connaître pour Enseigner, éd. CERUKI/BUKAVU
[3] PELPEL P, (1993) Se former pour enseigner, éd. Dunod, Paris
[4] MOKONZI BAMBANOTA G., (2000) L'éducation pour tous, d'ici 2015, in Congo
[5] M. PNUD, Document de stratégie de croissance, la réduction de la pauvreté, juillet 2006.
[6] MOKONZI BAMBANOTA G, (2009) De l'école de la Médiocrité à l'école de l'excellence au Congo- Kinshasa, Paris, Harmattan
[7] LOOCKHEED et VERSPOOR, (1990) Comment améliorer l'enseignement primaire dans les pays en développement, examens des stratégies possibles, Banque Mondiale, Washington D.C 2043
[8] S. ENDANDA KISANGANI, (2007) L'ABC du management, éd. Perspectives Africaines, Goma
[9] FRANÇOISE D, (2000) Questionnaire de psychologie, éd. Universitaires
[10] HOTYAT F & al. (1973) Dictionnaire Encyclopédique de la pédagogie moderne, Bruxelles, Labor
[11] MACAIRE F, (1954) Notre beau métier, éd. St Paul
[12] SCAILLET S, (2007) Notes de Pédagogie, Société Missionnaire St. Paul, Kinshasa

[13] GEGET IBEKI L, (2001) Guide Pédagogique, Kinshasa
[14] BONNET F, (19890 L'école et le management, gestion stratégique d'un établissement scolaire éd, Dé Boeck, Université, Bruxelles
[15] KATAKO MULANGWA KYOMBA et ALL, La déperdition scolaire et l'enchérissement de l'enseignement à L'I.S.C/KISANGANI, in Revue Zaïroise de Psychologie et de Pédagogie, vol. XIV, no 1-1988
[16] HAKEM B, (2013) La déperdition scolaire [Online] Available : http://forumdesdemocrstes.over-blog.com/article-la-déperdition-scolaire
[17] BRANDIBAS G, L'échec scolaire sur l'absence du désir in éducation, Vol.2
[18] PINTO R & GRAWITZ M, (1971) Méthodes des sciences sociales, Henri, Dalloz
[19] MUCCHIELI R, (1971) Le questionnaire dans l'enquête psycho sociale, Paris, ESF.
[20] DEPELTEAU. F, (2000) La démarche d'une recherche en sciences humaines, éd. De Boeck, Bruxelles

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 345-356
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse des connaissances, attitudes et pratiques des maraîchers de la Ville de Kinshasa en rapport avec l'utilisation des pesticides et l'impact sur la santé humaine et sur l'environnement

Georgette Ngweme Ngakiama[1], Guillaume Kiyombo Mbela[1], Celine Sikulisimwa Pole[2], Crispin Mulaji Kyela[2], and Jules Aloni Komanda[3]

[1]Ecole de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

[2]Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

[3]Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study demonstrates the analysis of knowledge, practices and attitudes of market gardeners in the city of Kinshasa regarding the use of pesticides and their impact on human health and the environment. It covered 8 selected vegetable sites including Cecomaf, Rifflaert, Lemba-Imbu, Monastery, Saïo, Tshuenge, Mombele and Kimpoko among the 27 listed for a quantitative survey type CAP structured 740 market gardeners. All gardeners surveyed systematically use pesticides including organophosphorus commonly known as "Thiodan" (94.6%). The majority of market gardeners (94.9%) have not received any training on the use of plant protection products and do not have a good knowledge of application rates and treatment frequencies. The diversity of phytosanitary treatment methods is explained by the lack of training and especially by the lack of supervision of market gardeners that could have mitigated the harmful effects on the human environment such as vertigo, nasal congestion, colds, redness, eyes, nausea and vomiting ..., and the physical environment.

KEYWORDS: market gardener, pesticides, plant health, risks.

RÉSUME: Cette étude démontre l'analyse des connaissances, pratiques et attitudes des maraîchers et maraîchères de la ville de Kinshasa quant à l'utilisation des pesticides et de leur impact sur la santé humaine et sur l'environnement. Elle couvrait 8 sites maraîchers choisis dont Cecomaf, Rifflaert, Lemba-Imbu, Monastère, Saïo, Tshuenge, Mombele et Kimpoko parmi les 27 répertoriés pour une enquête quantitative de type CAP structurée de 740 maraîchers. Tous les maraîchers enquêtés utilisent systématiquement les pesticides notamment les organophosphorés communément appelés « Thiodan » (94,6 %). La majorité des maraîchers (94,9 %) n'ont pas suivi une formation quelconque sur l'utilisation des produits phytosanitaires et n'ont pas de bonnes connaissances de taux d'application et des fréquences de traitement. La diversité des modes de traitements phytosanitaires s'explique par la non formation et surtout par le manque d'encadrement des maraîchers qui aurait pu atténuer les effets néfastes sur l'environnement humain tels que les vertiges, la congestion nasale, le rhume, la rougeur des yeux, les nausées et vomissements…, et sur l'environnement physique.

MOTS-CLEFS: maraîchers, pesticides, phytosanitaires, risques.

Corresponding Author: Georgette Ngweme Ngakiama

1 INTRODUCTION

L'analyse des perceptions paysannes montre que l'utilisation des pesticides pour le contrôle des ravageurs est devenue systématique en cultures maraîchères afin d'optimiser les rendements (Adjrah Y. et al. 2013 ; Akan J.C. et al., 2013 ; Bempah C.K. et al., 2011 ; Cissé I.et al., 2003 ; Ntow W.J., et al. 2006).

Les consommateurs demandent des produits de qualité, ce qui signifie pour eux, des légumes frais, propres, sans tâches ou perforations visibles causées par des agents pathogènes. Pour satisfaire cette demande, les maraîchers pour la plupart, n'ayant reçu aucune formation pratique et sans encadrement technique, utilisent pour ce faire toutes sortes de produits phytosanitaires qui sont soit interdits, périmés ou mal stockés, homologués ou non, fournis en ventes frauduleuses par des commerçants ambulants qui s'approvisionnent auprès des trafiquants transfrontaliers en dehors de tout contrôle pour lutter contre les insectes ravageurs des cultures.

Cette pratique est aussi observée à Kinshasa dont la population, jadis en 2005 allant de 5,8 millions d'habitants est arrivée à 17,071 millions en 2017 (wikipedia.org), où des nombreuses familles pratiquent l'agriculture maraîchère plus précisément la culture des légumes dans les périphéries de la ville ou le long des rivières environnant la ville en utilisant toutes sortes des pesticides.

La République Démocratique du Congo possède un important potentiel de ressources naturelles, minérales et d'énormes potentialités agricoles. Les populations demeurent largement exposées aux risques d'insécurité alimentaire. Le maraîchage constitue à Kinshasa un secteur pourvoyeur d'emplois pour les hommes, les femmes et les jeunes déscolarisés, une source de revenus monétaires pour certains pratiquants, et une stratégie de réduction de chômage pour l'Etat et de lutte contre la pauvreté et d'approvisionnement des marchés kinois en différents légumes. C'est pourquoi, l'agriculture à part l'élevage, reste la principale activité en milieu urbano-rural et péri-urbain pour subvenir aux besoins familiaux.

Les pesticides sont des produits élaborés pour réduire, éliminer ou empêcher la prolifération des organismes nuisibles dont certains sont utilisés en hygiène publique, alors qu'un plus grand nombre est disponible pour un usage agricole ou agro forestier.

Cependant, tout en détruisant les ennemis des cultures, ces produits présentent un danger potentiel et permanent sur les animaux, les végétaux, les personnes et leur environnement à cause de leurs effets toxiques et polluants.

L'objectif de cette étude est d'analyser les connaissances, pratiques et attitudes des maraîchers et maraîchères quant à l'utilisation des pesticides et leur impact sur la santé humaine et sur l'environnement.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été menée pendant la période de la saison sèche (juin-juillet 2017) propice au maraîchage. Il s'agit d'une étude descriptive transversale menée auprès des maraîchères et maraîchers utilisant les pesticides.

La présente étude a couvert 8 sites choisis parmi les 27 répertoriés dans la ville de Kinshasa à savoir :

Le premier site « Tshuenge » est localisé sur la rive gauche du fleuve Congo dans la commune de Masina ; le deuxième dénommé « Kimpoko » est localisé sur la rive gauche du fleuve Congo dans la commune de Maluku ; le troisième appelé « Centre commercial des maraîchers et fermiers » en sigle « Cecomaf » situé dans la rive droite de la rivière N'djili dans la commune de N'djili; le quatrième site « Rifflaert » se trouvant sur la rive gauche de la rivière N'djili dans la commune de Kisenso; le cinquième dans la commune de Mont-Ngafula est dénommé « Lemba-Imbu » se situant à gauche de la rivière N'djili. Le sixième appelé «Agricole Public Vallée de la Funa », communément appelé « Monastère » se trouve dans la commune de Mont-Ngafula. Le septième sous le nom « Agricole » communément appelé « Mombele » est situé dans l'enceinte de l'Institut Technique Agricole de Mombele dans la commune de Limete et le huitième site dénommé « Saïo » dans la commune de Kasa-Vubu est situé à côté de l'Usine de panification des pains de Kinshasa.

Le choix de ces sites était motivé non seulement pour des raisons d'accessibilité, mais également pour des raisons techniques (nombre de maraîchers par site et taille de la superficie exploitée). Sur chaque site, deux à trois périmètres maraîchers ont été visités et les maraîchers présents ont été interviewés.

Etant donné que la plupart des maraîchers habitent les milieux urbano-ruraux, nous avons opté pour le 2ème degré et cela nous a permis d'équilibrer l'échantillonnage entre les 8 sites en tenant compte de l'étendue des cultures. Tous les maraîchers ayant participé à l'étude ont donné leur consentement libre et éclairé. La *figure 1* présente la localisation des sites enquêtés.

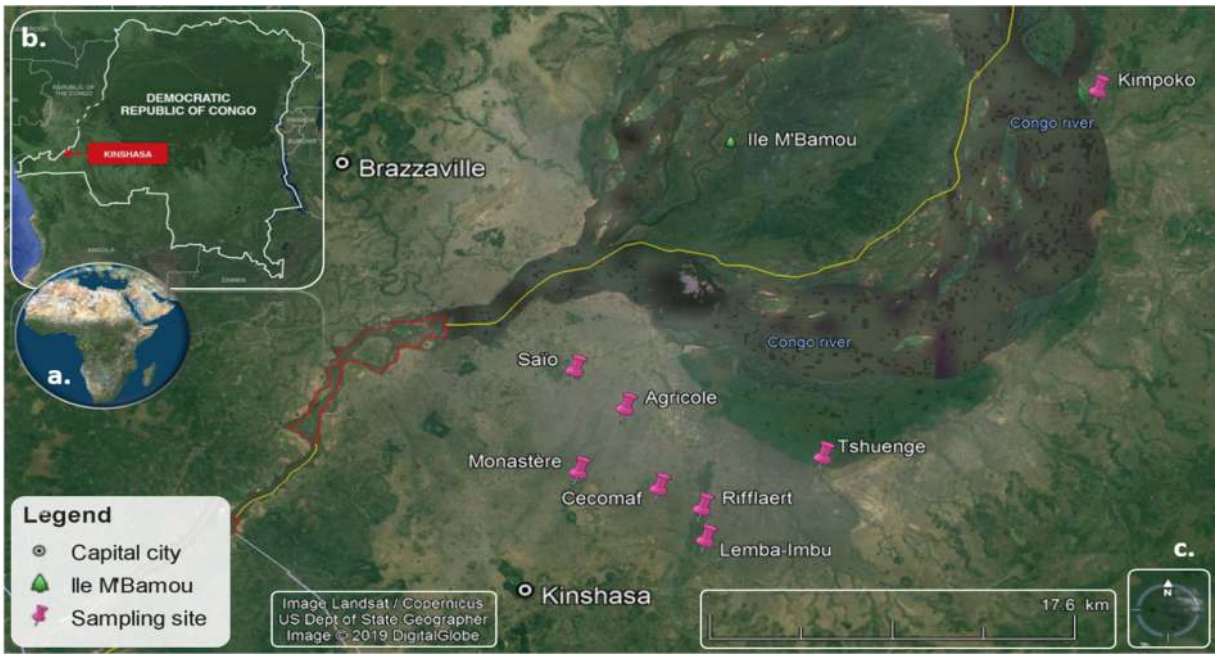


Fig. 1. Carte de localisation de la République démocratique du Congo, les zones d'étude des différents sites maraîchers

3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

Pour collecter les données, l'équipe a procédé après la revue documentaire à l'interview de 100 maraîchers par site, dans l'ensemble, 7 sites des 4 districts que compte la ville de Kinshasa. Excepté au site Maluku où l'on avait interviewé 40 maraîchers. Les enquêtes ont été réalisées sur la base d'entretiens semi-dirigés (Sinarinzi et Nisabw, 1999) à l'aide d'un questionnaire conçu à cet effet, afin de comprendre les connaissances, les attitudes, les pratiques et perceptions des groupes ciblés par l'étude. Au total, 740 maraîchers ont été enquêtés (*tableau 1*).

Tableau 1. Répartition des sites visités selon leur commune

Communes	Sites	Nombre estimatif des maraîchers	Nombre des maraîchers enquêtés
N'djili	Cecomaf	2500	100
Mont-Ngafula	Lemba-Imbu	1500	100
	Monastère	220	100
Masina	Tshuenge	230	100
Kisenso	Rifflaert	130	100
Kasa-Vubu	Saïo	215	100
Limete	Agricole Mombele	125	100
Maluku	Kimpoko	65	40
Total	8	4985	740

Après vérification et encodage des fiches, les données ont été traitées statistiquement à l'aide des logiciels Epi Data 3.1 et SPSS for Windows version 21.0. Toutes les analyses ont été effectuées en considérant un niveau de signification de 5%.

Les données collectées ont porté sur les modes d'utilisation des produits phytosanitaires, la perception environnementale, la santé des maraîchers suite à l'utilisation des produits phytosanitaires et la formation des maraîchers en matière d'utilisation de produits phytosanitaires. Les paramètres statistiques (moyennes et pourcentages) ont été calculés et utilisés pour la construction des graphiques en ciblant les variables suivantes : profil sociodémographique connaissance sur les pesticides, caractéristiques des pesticides utilisés, sortes des légumes cultivées, moment de traitement, délai avant récolte, mesures de protection lors des traitements, gestion des emballages, niveau de perception du risque, manifestation de malaises liés aux applications de pesticides, attitudes adoptées en cas de malaises et les antécédents de formation sur l'application des produits phytosanitaires.

4 RÉSULTATS

4.1 PROFIL SOCIODÉMOGRAPHIQUE DES MARAÎCHERS

La majorité des maraîchers était de sexe masculin soit 54,6 % contre 45,4 % des femmes. Leur âge moyen était de 47.29 avec un écart-type de 14.82 ans avec les extrêmes de 19 et 85 ans.

Quant aux autres aspects sociodémographiques, les résultats de cette étude ont montré que 7,2 % des maraîchers étaient analphabètes, 15,3 % avaient un niveau primaire et 57,3 % étaient du niveau secondaire. En ce qui concerne le statut matrimonial, 51,1 % des maraîchers étaient mariés contre 19,2 % des célibataires.

4.2 CONNAISSANCES ET PRATIQUES DES MARAÎCHERS EN RAPPORT AVEC L'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES (PESTICIDES)

L'utilisation des pesticides dans les 8 sites enquêtés de la périphérie de la Ville de Kinshasa avait été bien recueillie. Les résultats révèlent que 100% des maraîchers connaissent et utilisent systématiquement les pesticides dans leurs cultures.

4.2.1 CARACTÉRISTIQUES DES PESTICIDES UTILISÉS

Les pesticides utilisés par les maraîchers enquêtés appartenaient à plusieurs familles chimiques (*tableau 2*) avec une prédominance des organophosphorés. Le pesticide « Thiodan » de la famille d'Endosulfan est le plus utilisé par 94,6 % des maraîchers.

Tableau 2. Type de pesticides utilisés dans les sites maraîchers enquêtés pendant la période d'étude (juillet 2017)

Types des pesticides utilisés	Fréquence (n=740)	Pourcentage
Thiodan	656	94,6
Manèbe liquide (Dithiocarbamate)	275	37,2
Acaricide liquide	35	4,7
Cypercal (Cypermethrine)	33	4,5
Coga 80 WP (Mancozèbe)	20	2,7
Ivory liquide (Mancozèbe)	15	2,0
Karate liquide (Lambda cyhalothrine)	11	1,5
Pacha (Lambda cyhalothrine)	9	1,2
Decis liquide (Delthaméthribe)	6	0,8
DDT (DDT)	6	0,8

4.2.2 TYPES DES LÉGUMES CULTIVÉS

La variété des cultures des légumes dépend des saisons. Dans les sites enquêtés, les maraîchers cultivent souvent pendant la saison sèche les légumes tels que : Amaranthus viridus « Biteku-teku » dans 77,8 % des cas, Brassica pekinensis (pointe-noire) avec 71,9 %, Ipomoea batatas (Matembele) avec 61,1 % et Hibiscus sabsariffa (ngayi-ngayi) avec 56,4 %) (*figure 2*).

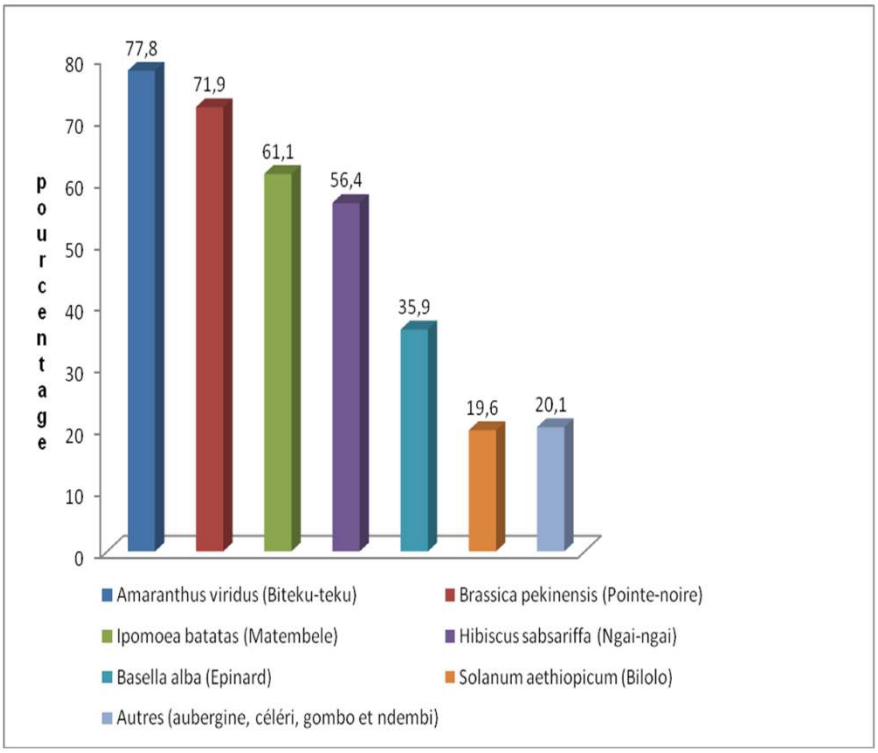


Fig. 2. Légumes cultivés dans les sites enquêtés

4.2.3 FORMATION SUR L'APPLICATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Le taux de maraîchers formés sur l'application des pesticides est globalement très faible (5,1 %) (*fig. 3*). De façon pratique, les maraichers se réfèrent aux conseils des autres paysans ou des fournisseurs. Ceux qui savent lire consultent les modes emploi sur les emballages et ceux qui sont sans formation ont été vulgarisés par leurs collègues/parents ou de bouches à oreilles.

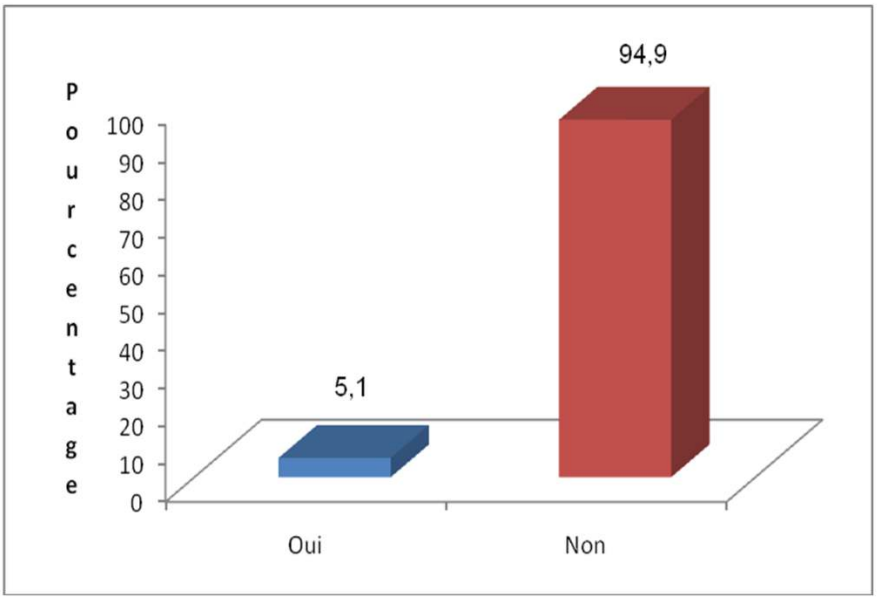


Fig. 3. Répartition des enquêtés selon la formation suivie

4.2.4 MESURES DE PROTECTION LORS DES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES

Cette étude montre qu'aucun maraîcher ne dispose d'équipement complet de protection tels que gants, bottes, masques, cache-poussières, combinaisons, tabliers, lunettes. Il y a seulement 36,9 % des maraîchers utilisant un ou deux équipements de protection cités ci-haut. Les gants semblent être l'équipement de protection les plus adoptés par les maraîchers (60,1 %), suivi des bottes et masques cache-poussières (42,1 %) (*Figure 4*).

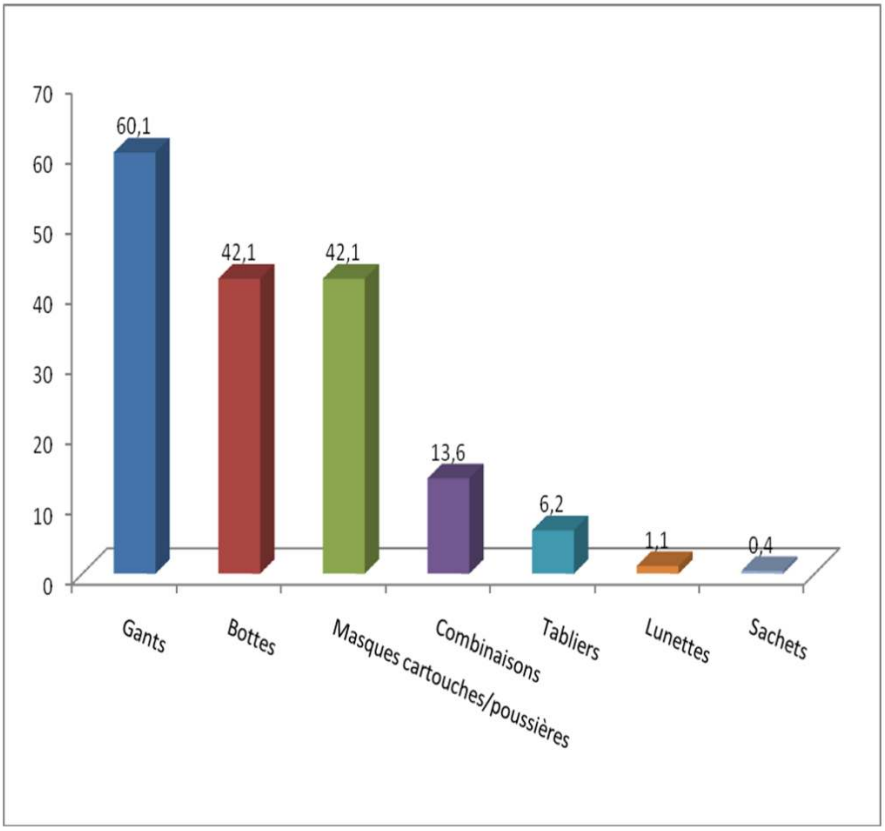


Fig. 4. Répartition des enquêtés en fonction des équipements utilisés

4.2.5 GESTION DES EMBALLAGES

Après usage des produits phytosanitaires, 88,2 % des maraîchers jettent les emballages dans l'environnement immédiat, 5,1 % les brûlent et 3,9 % gardaient le reste de pesticides pour réutilisation. Cette forme de recyclage des emballages de produits phytosanitaires est due au fait que les maraîchers sont très peu informés des risques écologiques encourus par cette mauvaise gestion des emballages (*fig. 5*).

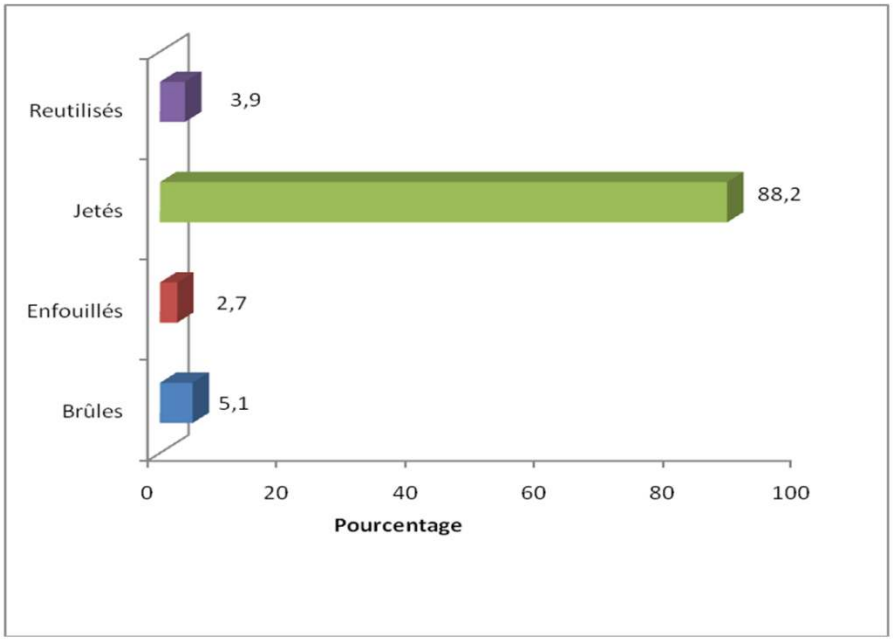


Fig. 5. Gestion des emballages par les maraîchers

4.2.6 DÉLAI AVANT RÉCOLTE (DAR)

Tous les maraîchers enquêtés savent qu'il est indispensable de respecter un délai entre la dernière application des pesticides et la récolte. Malgré cela, le délai d'avant récolte n'est pas respecté par les maraîchers qui apprécient ce délai selon leur bon-vouloir. A titre d'exemple, dans cette étude, 60,8 % des maraîchers observent un délai compris entre 7 à 14 jours et 17,4 % un délai entre 14 à 21 jours. Ce qui est grave, 16,6 % des maraîchers appliquent un délai de moins d'une semaine. Seulement 5,1 % des maraîchers observent un délai normal au-delà de 21 jours (*figure 6*). Ce non respect du délai est parfois une réaction des maraîchers pour parer aux vols répétés rapportés par 77,0 % des enquêtés et pour couler leurs cultures au moment où les acheteurs se présentent.

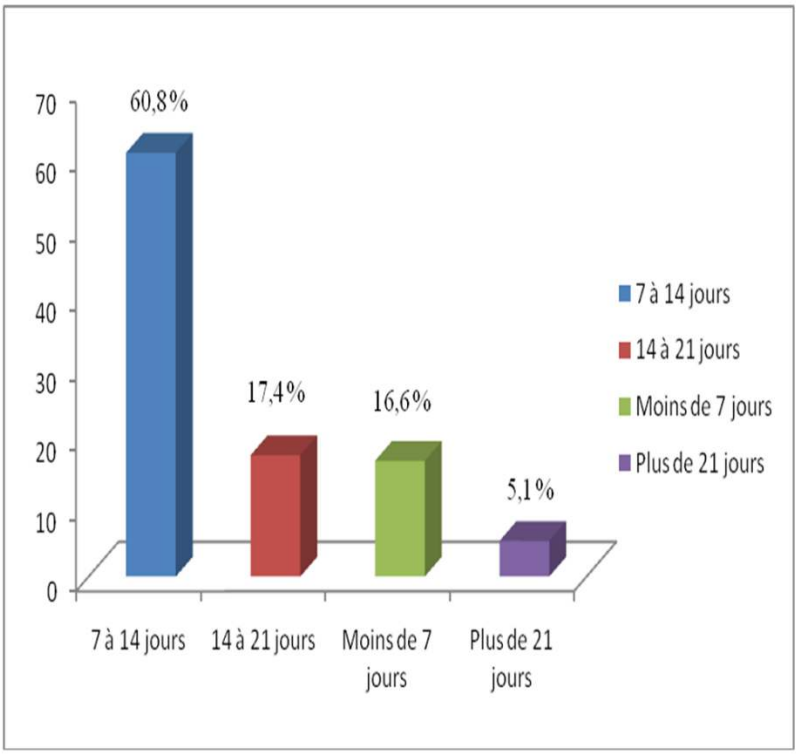


Fig. 6. Délai avant récolte

4.2.7 MOMENTS DE TRAITEMENT PHYTOSANITAIRE

Les moments d'application des pesticides par les maraîchers sont très variables dans les sites enquêtés. Il n'y a pas des moments précis pour ce traitement phytosanitaire. C'est ainsi que 40,1 % des maraîchers font le matin, 36,5 % des maraîchers traitent leurs cultures à tout moment de la journée tandis que 28,6 % le font le soir et 10,1 % après une pluie (*tableau 3*).

Tableau 3. Répartition des maraîchers en fonction du moment de traitement dans la journée

Moments de traitements	Fréquence (740)	Pourcentage
Le matin	297	40,1
A tout moment/ N'importe quand	270	36,5
Le soir	212	28,6
Après une pluie	75	10,1
Le temps nuageux	45	6,1
Le temps ensoleillé	19	2,6
Le temps venteux	7	0,9
Avant une pluie	2	0,3
Le temps pluvieux	2	0,3

4.3 ATTITUDES DES MARAÎCHERS ET MARAÎCHÈRES À L'ÉGARD DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

4.3.1 NIVEAU DE PERCEPTION DES RISQUES

Les maraîchers perçoivent effectivement les risques pour la santé humaine dus à la manipulation des pesticides chimiques pour 74,2 % d'enquêtés.

4.3.2 SENSATION DE MALAISES LIÉS À L'APPLICATION DE PESTICIDES

La figure 7 résume les différentes appréciations faites par les maraîchers sur les effets nuisibles potentiels liés à l'utilisation des pesticides. Parmi ces effets, les vertiges (33,0 %), la congestion nasale et rhume (25,5 %), la rougeur des yeux (22,6 %), les nausées et vomissements (18,8 %), la toux (17,9 %), le picotement des doigts des ongles (17,7 %), la chaleur et brûlure cutanée (16,8 %), la chaleur au niveau de la poitrine (13,5 %), les céphalées (13,1 %), les maux de tête (11,3 %) et la vision floue (10,0 %) ont été cités par les maraîchers interviewés tandis que 25,8 % des maraichers ont affirmé ne pas connaître de symptômes spécifiques liés à l'utilisation des pesticides pendant la pulvérisation.

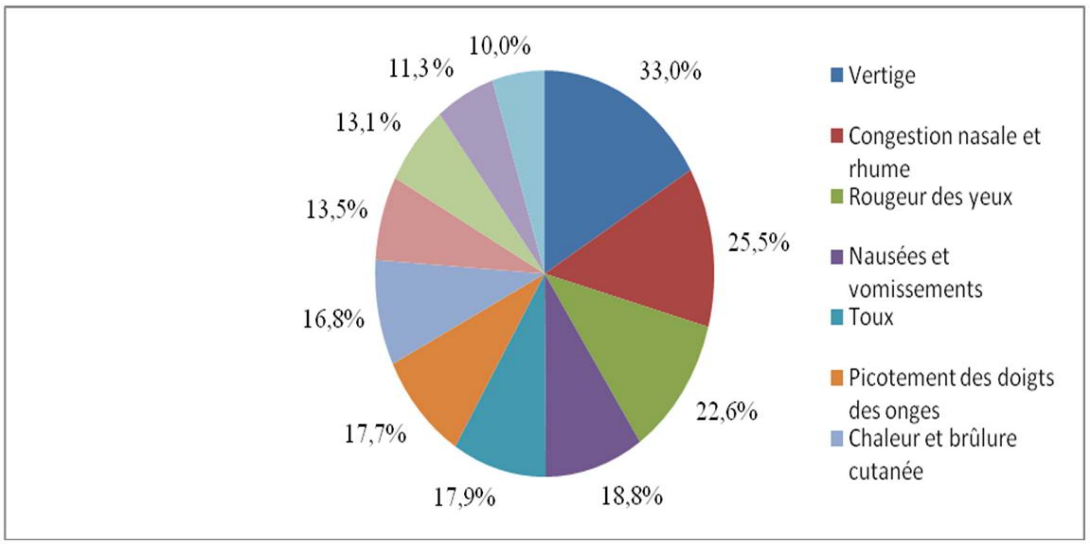


Fig. 7. Répartition des enquêtés quant aux malaises liés à l'application des pesticides

4.3.3 ATTITUDES ADOPTÉES EN CAS DE MALAISE

Bien que les maraîchers soient conscients des risques encourus par l'application inappropriée des produits phytosanitaires, seulement 4,2 % se font soigner dans un centre de santé ou prennent des médicaments sans consultation quand survient un malaise tandis que 41,9 % lavent juste les mains, 31,7 % prennent aussitôt une douche et 4,2 % ne font rien (Fig. 8).

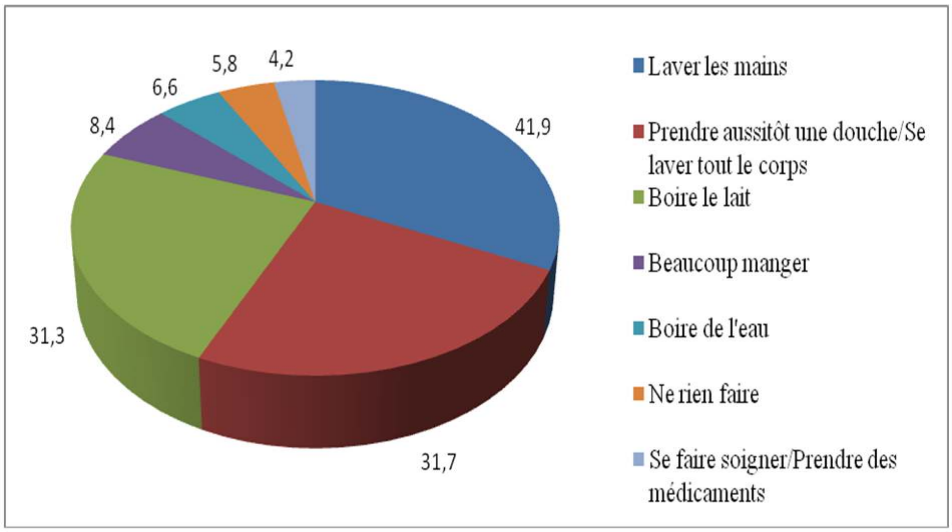


Fig. 8. Répartition des enquêtés selon les attitudes adoptées en cas de malaise

5 DISCUSSION

La culture maraîchère est très développée dans la périphérie de la Ville de Kinshasa. C'est une agriculture intensive qui utilise beaucoup d'intrants agricoles (engrais et pesticides). L'utilisation des produits phytosanitaires par les maraîchers est systématique du fait qu'ils permettent de lutter contre les insectes ravageurs afin de réduire les pertes de récoltes et d'augmenter les rendements. Néanmoins leur utilisation non maîtrisée à cause du manque de formation peut être une source de nuisances pour la santé humaine et pour l'environnement (Schilter, 1991 ; Kanda, 2011).

Les caractéristiques sociodémographiques des maraîchers enquêtés dans les sites choisis montrent une crise d'emploi évidente et manque des moyens pour poursuivre les études supérieure/universitaires. En effet, 57,8 % des maraîchers ont atteint le niveau secondaire, 15,3 % ont fait l'école primaire et 7,2 % seulement étaient analphabètes. Nos résultats sont meilleurs que ceux de Fayomi et al au Bénin, qui ont rapporté que 7 paysans sur 10 n'ont jamais été à l'école et que, parmi les scolarisés, seul 1 sur 3 a franchi le niveau des études primaires. Malgré ce niveau d'instruction, la compréhension des instructions relatives à l'emploi des pesticides reste un problème d'où les mauvaises pratiques d'utilisation des pesticides.

Cette étude a montré que 36,9 % des maraîchers avaient un ou deux équipements de protection (gants et/ou bottes) au moment de l'utilisation des pesticides. Par contre les études réalisées à Abidjan (Doumbia et Kwadjo, 2009) et au Bénin (Ahouangninou et al., 2011) ont montré que les maraîchers ne se protégeaient pas régulièrement lors de l'utilisation des pesticides en raison du coût élevé des équipements, ils se contentent le plus souvent d'une protection minimum comme par exemple des morceaux de tissus quelconques.

Les malaises tels que les vertiges (33,0 %), la congestion nasale et rhume (25,5 %), la rougeur des yeux (22,6 %), les nausées et vomissements (18,8 %) ont été signalés par les maraîchers de la ville de Kinshasa. Ces facteurs ci-dessus ont été aussi soulignés par Madjouma Kanda et al. (2013) au Togo avec comme malaises : fatigue (13,91 %), maux de tête (11,74 %), rhume (10,43 %) et vertige (3,91 %).

C'est ainsi que conscients des risques encourus pour la santé, tous prennent quelques précautions au moins après les traitements : lavage des mains, prise de bain, consommation du lait, boire de l'eau, etc.

La diversification sur l'utilisation systématique et inappropriée des produits phytosanitaires toxiques et très rémanents (organophosphorés et organochlorés) par les maraîchers enquêtés de Kinshasa constitue alors des facteurs de risques d'exposition des producteurs et consommateurs de légumes aux pesticides chimiques. Dans cette étude, les organophosphorés communément appelés « Thiodan » sont utilisés par 94,6 % des maraîchers, les carbamates (Manèbe liquide, Acaricide liquide) par 41,9% et les organochlorés (DDT) par 0,8 %. Le même constat a été fait au Bénin (Ahouangninou et al., 2011) et au Ghana (Bempah et al., 2011) où réside leur libre commercialisation (Ahouangninou et al., 2011).

Concernant la gestion des emballages, l'étude a montré que 3,9 % des maraichers kinois gardent le reste des pesticides pour réutilisation. Nos résultats corrobent ceux de Thiam et Sagna (2009), Sougnabe et al. (2009) et Gomgnimbou et al. (2009) selon lesquels les emballages ne sont jamais recyclés ni retournés aux distributeurs, ils sont plutôt réutilisés.

6 CONCLUSION

Le maraîchage est une activité importante grâce à laquelle on attenue le chômage, la crise alimentaire et aussi un moyen d'obtenir un revenu (Mabu Masiala Bode et al, 2018) pour subvenir aux besoins familiaux. Cependant, les maraîchers congolais de la Ville de Kinshasa ne sont pas formés quant à l'utilisation des pesticides et de la gestion des emballages. Ils pratiquent une agriculture maraîchère à risque fondée sur un comportement empirique. Le manque d'encadrement des maraîchers qui aurait pu atténuer les effets sur l'environnement physique et humain s'explique par la diversité des modes de traitements phytosanitaires.

Des cas de malaises sont avérés et les plus mentionnés sont les vertiges, la congestion nasale, le rhume, la rougeur des yeux, les nausées et vomissements, la fatigue, les maux de tête, l'irritation de la peau.

REFERENCES

[1] Adjrah Y., Dovlo A., Karou SD., Eklu-Gadegbeku K., Agbonon A., de Souza C., Gbeassor M. 2013. Survey of pesticide application on vegetables in the Littoral area of Togo. Ann. Agric. Environ. Med., 20 (4), 715–720

[2] Ahouangninou, C., B.E. Fayomi et T. Martin, 2011, Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin),Cahiers Agricultures, 20, pp. 216-22

[3] Akan J.C., Jafiya L., Mohammed Z., Abdulrahman F.I. 2013. Organophosphorus pesticide residues in vegetable and soil samples from Alau Dam and Gongulong agricultural areas, Borno State, Nigeria. Int. J. Environ. Monit. Anal., 1 (2), 58-64.

[4] Bempah C.K., Buah-Kwofie A., Denutsui D., Asomaning J., Tutu A.O. 2011. Monitoring of pesticide residues in fruits and vegetables and related health risk assessment in Kumasi Metropolis, Ghana. Res. J. Environ. Earth Sci., 3 (6), 761-771.

[5] Bouzid, M., R. Ducrot, Y.M. Chagas de Carvalho et R.A.L. Imbernon, 2005, Dynamiques agricoles périurbaines et gestion intégrée de l'eau : Cas d'un bassin versant producteur d'eau dans la région métropolitaine de São Paulo (Brésil). Cahiers Agricultures, 14, 1, pp. 131-137.

[6] Cissé I., Tandia A.A., Fall S.T., Diop E.-HS. 2003. Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine: cas zone des Niayes au Sénégal. Cah. Etud. Rec. Francoph. Agric., 12, 181-186.

[7] Dawson, S., L. Manderson et V.L. Tallo, 1995, Le Manuel des Groupes Focaux. Méthodes de Recherche en Sciences Sociales sur les Maladies Tropicales, International Nutrition Foundation for Developing, vol. 1, 138 p.

[8] Delamarche, M., 2007, Agriculture urbaine, les villes qui se ruralisent, Marchés tropicaux et méditerranéens : stratégies et investissement en Afrique, 3212, pp. 5-6.

[9] Dieye, B.M., 2006. Le financement de la production maraîchère : l'exemple de la zone de Potou (Sénégal). BIM, 15 : 6 p.

[10] Dongmo, T., J. Gockowski, S. Hernandez, L.D.K. Awono et R. Mbang à Moudon, 2005, L'agriculture périurbaine à Yaoundé : ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement, Tropicultura, 23, 3, pp. 130-135

[11] Doumbia, M. et K.E. Kwadjo, 2009, Pratiques d'utilisation et de gestion des pesticides par les maraîchers en Côte d'Ivoire : Cas de la ville d'Abidjan et deux de ses banlieues (Dabou et Anyama), Journal of Applied Biosciences, 18, pp. 992-1002

[12] Fayomi B, Lafia E, Fourn L, Akpona S, Zohoun T. Connaissance et comportement des utilisateurs de pesticides au Bénin. African Newsletter 1998 ; 2 : 40-3.

[13] Gomgnimbou, A.P.K., P.W. Savadogo, A.J. Nianogo et J. Millogo-Rasolodimby, 2009. Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical : diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'est du Burkina Faso, Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 13(4) : 499-507.

[14] Kanda, M., K. Wala, K. Batawila, G. Djaneye-Boundjou, A. Ahanchédé et K. Akpagana, 2009, Le maraîchage périurbain à Lomé : pratiques culturales, risques sanitaires et dynamiques spatiales, Cahiers Agricultures, 18, 4, pp. 356-363

[15] Koc, M., R. Macrae, J.A.L. Mougeot et J. Welsh, 2006, Armer les villes contre la faim : systèmes alimentaires urbains durables, Canada, CRDI, 243 p.

[16] Mabu Masiala Bode et al., Fragilisation des revenus maraîchers par la progression des zones urbaines en périphérie de Kinshasa (RD Congo), 2018.

[17] Madjouma Kanda, Gbandi Djaneye-Boundjou, Kpérkouma Wala, Kissao Gnandi, Komlan Batawila, Ambaliou Sanni and Koffi Akpagana, 2013. Application des pesticides en agriculture maraichère au Togo

[18] Midmore, D.J. et H.G.P. Jansen, 2003, Supplying vegetables to Asian cities : Is there a case for periurban production ?, Food Policy, 28, pp. 13-27.

[19] Mondedji AD, Nyamador WS, Amevoin K, Adéoti R, Abbévi GA, Koffivi ketoh G, Glitho IA, 2015. Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères au Sud du Togo. International Journal of Biology and Chemistry Sciences 9(1): 98-107.

[20] Mougeot, L.J.A, 2005, The social, political and environmental dimensions of urban agriculture, Ottawa, CRDI ed., 286 p.

[21] Ntow W.J., Gijzen H.J., Kelderman P., Drechsel P. 2006. Farmer perceptions and pesticide use practices in vegetable production in Ghana. Pest. Manag. Sci., 62 (4), 356-365

[22] Publication du rapport sur les expositions professionnelles aux pesticides : mieux connaître et réduire les expositions, ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), juillet 2016.

[23] Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, rapport d'expertise réalisé par l'INRA et le Cemagref, France, Décembre 2005

[24] Schilter, C., 1991, L'agriculture urbaine à Lomé. Approches agronomiques et socioéconomiques, Paris, IUED, Karthala, 334 p.

[25] Sinarinzi, F. et T. Nisabw, 1999, Étude sur la problématique des terres laissées par les réfugiés de 1972 dans les communes Rumonge et Nyanza-Lac, Bujumbura, Burundi, 42 p.
[26] Sougnabe, S.P., A. Yandia, J. Acheleke, T. Brevault, M. Vaissayre et L.T. Ngartoubam, 2009, Pratiques phytosanitaires paysannes dans les savanes d'Afrique centrale, In Savanes africaines en développement : innover pour durer, 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun, pp. : 1-13
[27] Thiam, A. et M.B. Sagna, 2009, Monitoring des pesticides au niveau des communautés à la base, Rapport Régional Afrique, Dakar, Sénégal, Pesticide Action Network Africa, 57 p.
[28] Tony M. Muliele, Constantine M. Manzenza, Léon W. Ekuke, Cécile P. Diaka, Dieudonné M. Ndikubwayo, Olivier M. Kapalay et Aimé N. Mundele, Utilisation et gestion des pesticides en cultures maraîchères : cas de la zone de Nkolo dans la province du Kongo Central, République Démocratique du Congo, 2017, J. Appl. Biosci. 2017
[29] Véron, J., 2007, La moitié de la population mondiale vit en ville, Population & Sociétés, 435, pp. 1-4.
[30] Wikipedia.org/wiki/Kinshasa du 31 octobre 2018.
[31] Williamson, S., A. Ball et J. Pretty, 2008, Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries, Crop Prot., 27, pp. 1327-34.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 357-368
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'amélioration à la gestion durable des déchets ménagers dans la ville de Yamoussoukro

BECHI Grah Félix[1], N'DRI Kouamé Sylvain[2], and KOFFI Kouassi[3]

[1]Maître de Conférences, Département de Géographie, Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

[2]Doctorant, Département de Géographie, Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

[3]Doctorant, Département de Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In developing countries, household waste management is a critical concern and tends to deteriorate in a context of rapid urbanization. Thus, due to lack of financial resources and adequate materials, people use various inappropriate methods to evacuate household waste. To mitigate the harmful effects of these improper practices, the valuation of these is essential in the city of Yamoussoukro. Despite a clear desire of local authorities, the management of household waste remains a major problem and leads the city to a situation of insalubrity of extreme gravity. It was revealed that a series of shortcomings related to lack of financial means and adequate budget, lack of materials and techniques, lack of expertise in waste management, insufficient awareness of the institutional and legal obstacles, largely explains the inefficiency of the system currently used in Yamoussoukro. The article contributes to the improvement of household waste management in Yamoussoukro. Moreover, it makes an inventory of solid household waste management in Yamoussoukro with the aim of improving the current management system. Drawing on international experiences and models on the subject, the work proposes institutional, legal, regulatory, technical and financial elements in order to achieve efficient and sustainable management of solid household waste in the urban space of Yamoussoukro.

KEYWORDS: Household waste, sustainable management, collect, waste recovery, waste disposal.

RÉSUMÉ: La gestion des déchets ménagers est une préoccupation critique et tend à se dégrader dans un contexte d'une urbanisation galopante. Ainsi, faute de moyens financiers et de matériels adéquats, les populations utilisent divers modes inappropriés pour évacuer les déchets ménagers. Le traitement des déchets reste problématique et se traduit par la multiplication des dépôts sauvages qui font l'objet soit, d'une mise en décharge non contrôlée soit, d'une incinération à ciel ouvert. Pour atténuer les effets nuisibles de ces pratiques inadéquates, la valorisation de ceux-ci s'avère indispensable dans la ville de Yamoussoukro. Malgré une volonté manifeste des autorités locales, la gestion des ordures ménagères demeure une problématique majeure et conduit la ville à une situation d'insalubrité. Il a été révélé, qu'une série de défaillances liée au manque des moyens financiers, au manque de matériels techniques, à l'inexistence des compétences en matière de gestion des déchets, à l'insuffisance de la sensibilisation des populations et aux obstacles d'ordre institutionnels et juridiques, explique en grande partie l'inefficacité du système actuellement utilisé. L'article contribue à l'amélioration de la gestion des déchets ménagers à Yamoussoukro. Il fait l'état des lieux de la gestion des déchets ménagers solides à Yamoussoukro dans le but d'améliorer le système de gestion actuel. En nous appuyant sur des expériences et des modèles internationaux sur le sujet, le travail propose des éléments d'ordre institutionnel, juridique, réglementaire, technique afin de parvenir à une gestion efficace et durable des déchets ménagers solides à Yamoussoukro.

MOTS-CLEFS: déchets, ménagers, gestion, durable, collecte, valorisation, élimination.

Corresponding Author: N'DRI Kouamé Sylvain

1 INTRODUCTION

Les pays en voie de développement font face à de nombreux défis dont celui de la préservation de l'environnement et de la santé publique. Les conférences de Stockholm en passant par celles de Rio 1992 se concentrent sur les mesures à prendre pour la préservation de l'environnement afin d'aboutir à un développement durable. Ainsi, la gestion durable des déchets dans les villes devient un enjeu majeur car elle contribue positivement au maintien de l'écologie et à la préservation de la santé publique.

Dans les villes des pays en voie de développement, l'assainissement en général reste à désirer et particulièrement l'élimination des déchets tend parfois à se dégrader dans un contexte d'une urbanisation croissante. Dans ces grandes villes, la gestion des déchets ménagers se limite à un simple schéma, celui de la propriété urbaine. Celle-ci s'articule autour de la trilogie : le nettoyage des rues, le ramassage de tas d'ordures collectifs et leur déversement dans des décharges sauvages en périphérie. Tel est le dispositif commun à toutes les villes des pays sous-développés. La capitale politique ivoirienne ne fait pas exception à la règle. Elle connaît des problèmes d'insalubrités dus à la prolifération des tas d'ordures, des dépôts sauvages visibles dans la ville. Nos investigations montrent que plusieurs facteurs expliquent cette situation : insuffisance et irrégularité des moyens financiers consacrés à l'assainissement, absence d'un système de pré-collecte, irrégularité de passage des camions de ramassage des déchets, récipients inadaptés de stockage des ordures, compétence en matière de gestion des déchets inexistante ou mal mise en application, des populations insuffisamment sensibilisées, les insuffisances d'ordre institutionnel.

L'ère du Président Félix Houphouët-Boigny a permis de donner un cadre réglementaire à la ville de Yamoussoukro par l'élaboration d'un Plan d'Urbanisme Directeur, incluant le schéma directeur d'assainissement de la ville. Dans le schéma d'assainissement de la ville, les problèmes environnementaux font partie des priorités. Ainsi, la gestion des déchets s'intègre dans un cadre plus global de protection de l'environnement et de développement durable.

En dépit des initiatives prises et engagées par les autorités étatiques et municipales, les problèmes de la gestion des déchets ménagers restent récurrents et restent même sans solutions apparentes [1]. Les études antérieures menées sur la situation des déchets à Yamoussoukro montrent un système de gestion défaillant ou inexistant depuis la pré-collecte jusqu'au traitement avec une valorisation inexistante des déchets ménagers.

Dans ce contexte, cherchant à améliorer le système de gestion des déchets ménagers à Yamoussoukro, cette étude propose, dans un premier temps, un état des lieux de la gestion des déchets, ensuite, la proposition de certains éléments d'ordre technique indispensables à une gestion durable des déchets ménagers.

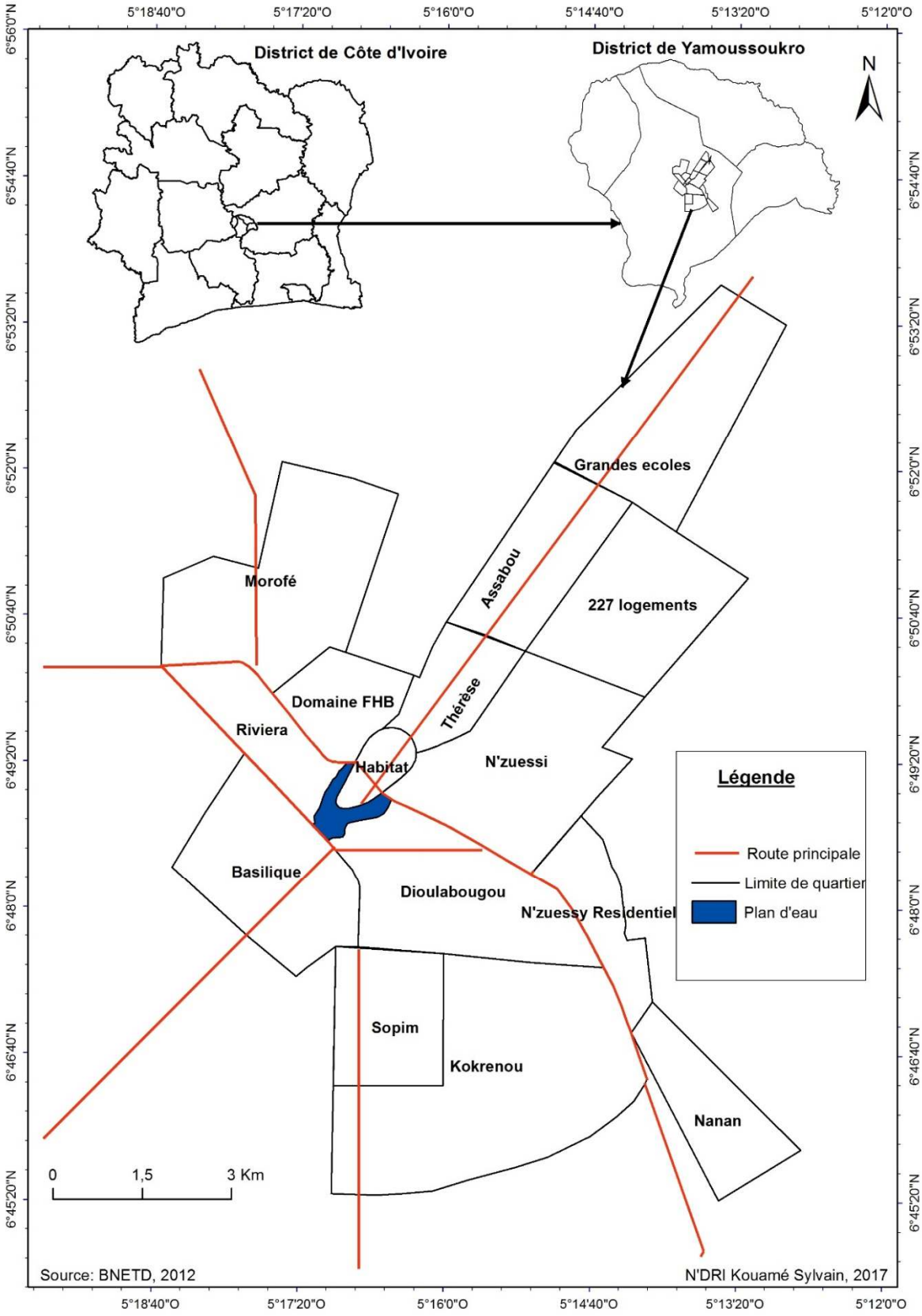
2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour la réalisation de ce travail, nous avons procédé par une approche aussi bien quantitative que qualitative. Les enquêtes ont été menées dans le courant de l'année 2015 pendant les mois d'Août, Septembre et Octobre, auprès de 432 chefs de ménages dans les douze (12) quartiers (tableau 1) de la zone d'étude. Ces quartiers sont choisis par tirage au sort sur la base de type d'habitats et le niveau d'équipements en infrastructures d'assainissement. Dans les quartiers, chaque enquêté est soumis à un questionnaire pour l'obtention des données quantitatives. Aussi, avons-nous interrogé les chefs des services du Ministère du Logement, de la Construction, de l'Assainissement et de l'Urbanisme et de la mairie à travers un guide d'entretien, ce qui nous a permis d'avoir des données qualitatives. Ces différentes administrations ont à leur sein des services qui s'occupent de l'assainissement.

Tableau 1. Récapitulatif du plan d'échantillonnage

Quartiers	Echantillon par quartier
Sopim	36
227 Logements	36
Riviera	36
Millionnaire	36
N'zuessi	36
Kokrénou	36
Assabou	36
Morofè	36
Nanan	36
Thérèse	36
Habitat	36
Dioulakro	36
Total	**432**

Source : Nos enquêtes, N'DRI, 2015



Carte 1 : Localisation de la ville de Yamoussoukro

3 RÉSULTATS

3.1 LA GESTION ACTUELLE DES DÉCHETS MÉNAGERS À YAMOUSSOUKRO

La gestion des déchets est une responsabilité qui incombe à tous les acteurs et nécessite une bonne articulation depuis la pré-collecte jusqu'au traitement tout en parvenant à développer un modèle correspondant aux principes du développement durable. La ville de Yamoussoukro, malgré son caractère insulaire, présente des modalités de gestion des déchets qui ne sont pas différentes de celles des autres villes du pays. Elles s'adaptent à la réalité socio-économique du pays. Ceci dit, la faiblesse des moyens financiers et humains favorise le développement de l'utilisation des récipients inadaptés, de l'absence de la pré-collecte. Dans cet article, nous allons montrer comment se fait la gestion des déchets ménagers dans la capitale politique ivoirienne, depuis le conditionnement à domicile, la pré-collecte, la collecte, les moyens financiers et le traitement.

3.1.1 LE CONDITIONNEMENT À DOMICILE

Les conditions de stockage et de conservation des déchets sont les mêmes, archaïques et ne respectent pas les normes de sécurité hygiéniques. Les déchets sont placés sans tri préalable, soit dans des vieux seaux, des sacs inadaptés, soit dans des récipients traditionnels et des fûts métalliques inadaptés (photo 1).



Photo 1a : vieux sacs et sceaux d'ordures



Photo 1b : fûts métalliques inadaptés

Auteur : N'DRI, 2015

L'analyse de la photo (1a et 1b) illustre que les ménages utilisent plusieurs modes pour évacuer les déchets ménagers à Yamoussoukro. Les proportions d'utilisation des différents modes d'évacuation des déchets ménagers sont mises en évidence par la figure 1.

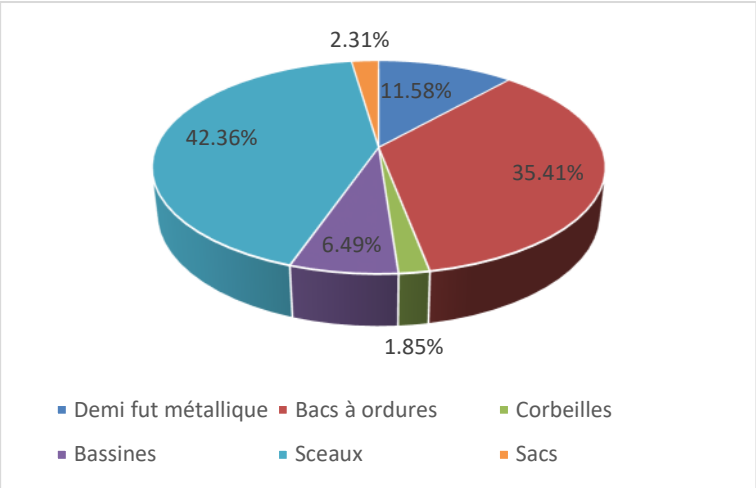


Fig. 1. Mode de stockage des ordures ménagères

Source : Nos enquêtes, N'DRI, 2015

L'analyse de la figure 2 montre que les personnes enquêtées utilisent plus les récipients inadaptés pour le stockage des déchets ménagers. En effet, les proportions illustrent nos propos notamment sceaux : 42,36% ; demi-fût métallique : 11,58% ; bassine : 6,49% ; corbeilles : 1, 85% ; sacs : 2,31%. En somme, 64,59% des individus interrogées utilisent des récipients inadéquats contre 35,41% des ménages investigués utilisant les bacs à ordures des sociétés prestataires. Par ailleurs, les contenants les plus utilisés par les ménages varient selon le niveau de vie des quartiers et les revenus des habitants. En règle générale les vieux seaux, les sacs hors d'usage et les demi-fûts de fabrication artisanale sont les plus rencontrés. Cette diversité des moyens de stockage, assez précaires, est source de difficultés pour une standardisation du système de collecte [2].

3.1.2 L'INEXISTENCE DU SYSTÈME DE LA PRÉ-COLLECTE DES ORDURES MÉNAGÈRES

La pré-collecte se traduit par l'ensemble des ordures ménagères, depuis le logement jusqu'au lieu de collecte par le service public, nécessitant l'usage de récipients comme par exemple sacs, poubelles, bacs, caissettes, colonnes d'apport volontaire pour recueillir les ordures ménagères.

La pré-collecte est l'ensemble des opérations par lesquelles les habitants d'une maison, d'un immeuble ou d'une cité d'habitat collectif recueillent, rassemblent et stockent leurs déchets, puis les présentent à l'extérieur aux fins d'évacuation par le service attitré [3]. À Yamoussoukro, nos investigations montrent que le système de pré-collecte des ordures ménagères inexistant. Cependant, pour rassembler les ordures à la base, l'Etablissement COULIBALY, qui a la charge de la plus grande partie des quartiers à sillonner, positionne environ huit cents poubelles en plastiques et des coffres sur l'ensemble de sa zone de couverture. Ainsi, les ménages sont censés venir déposer régulièrement leurs déchets dans les bacs et coffres mis à leur disposition. Par l'entreprise a par endroit des agents appelés « gérants de sites » qui peuvent effectuer du porte à porte pour le regroupement des ordures. En ce qui concerne les déchets hospitaliers, l'incinérateur du CHR n'était pas fonctionnel pendant nos différentes investigations. Ainsi, les déchets spéciaux issus du Centre Hospitalier sont collectés et transportés par l'Etablissement COULIBALY pour être incinérés à la décharge finale. Ce processus d'évacuation des déchets est irrégulier et entraîne par moment la stagnation des ordures.

3.1.3 L'IRRÉGULARITÉ DE LA COLLECTE ET DU TRANSPORT DES ORDURES MÉNAGÈRES

La collecte des déchets ménagers dans la ville est assuré par les sociétés Etablissement COULIBALY et G2I (photo 2). Cependant leur irrégularité est source de prolifération des dépôts d'ordures ménagères.



Photo 2 : Camions de ramassage des ordures ménagères

Auteur : N'DRI, 2015

La photo 2 met en relief le travail effectué par les différentes sociétés de ramassage d'ordures ménagères dans la ville de Yamoussoukro. Cependant, leur irrégularité favorise l'accumulation des ordures. Les populations riveraines profitent de cette situation d'irrégularité pour déverser les ordures au bas des bacs à ordures. Ce qui ternit le travail abattu par les sociétés prestataires. La figure 2 met en relief les différentes fréquences de passage des camions des ordures ménagères dans la ville de Yamoussoukro.

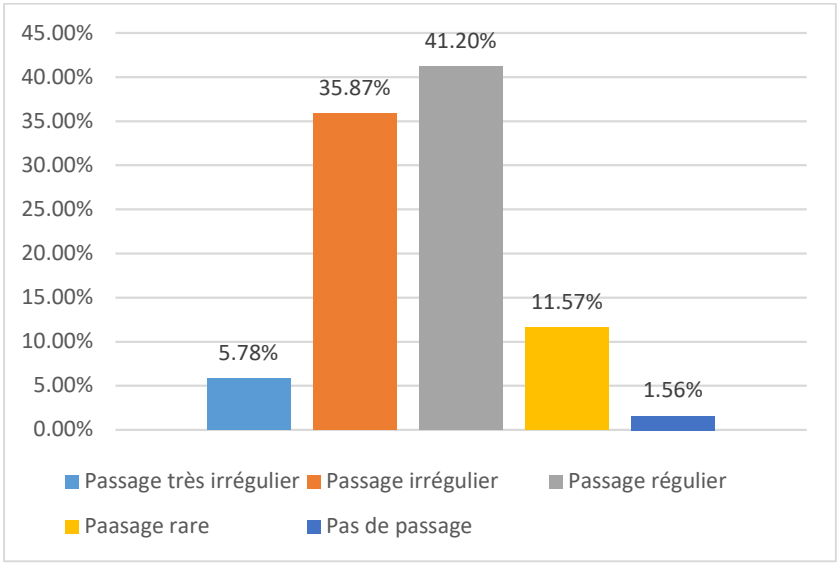


Fig. 2. Fréquence de passage des camions de ramassage des ordures ménagères

Source : Nos enquêtes, N'DRI, 2015

L'analyse de la figure 2 révèle que le passage des camions de ramassage des ordures est diversement apprécié par les populations de la ville de Yamoussoukro. En effet, les individus interrogés (41,20%) affirment que le passage des camions est régulier contre 58,8% qui affirment l'irrégularité des camions. Ainsi, les personnes enquêtées (35,87%) affirment que le passage des camions de ramassage est irrégulier. Par ailleurs, les recherches révèlent que 10,18% des personnes interrogées affirment

que le passage est très irrégulier. De même, les chefs de ménages interrogés (11,57%) soutiennent que le passage des camions est rare. Quant à la dernière catégorie des investigués (1,56%), elle soutient que les véhicules ne fréquentent pas leur localité. En somme, les ménages (58,18%) affirment que l'irrégularité des camions dans leur quartier contribue à l'accumulation des ordures ménagères

3.1.4 L'INSUFFISANCE DES MOYENS FINANCIERS : UN OBSTACLE AU RAMASSAGE DES ORDURES MÉNAGÈRES

Le secteur de l'assainissement souffre cruellement de moyens conséquents. Nos investigations montrent que les moyens alloués au secteur de l'assainissement dans la commune de Yamoussoukro sont insuffisants. Cette insuffisance financière ne permet pas d'une part d'entreprendre des travaux d'extension du réseau dans les nouveaux quartiers et villages et d'autre part d'entretenir les réseaux existants. En raison des contraintes financières que subissent les états africains, la dynamique spatiale des territoires urbains n'a pas été accompagnée par un système d'assainissement [4]. La figure 2 illustre l'évolution du budget consacré à l'assainissement dans la ville de Yamoussoukro de 2002 à 2015.

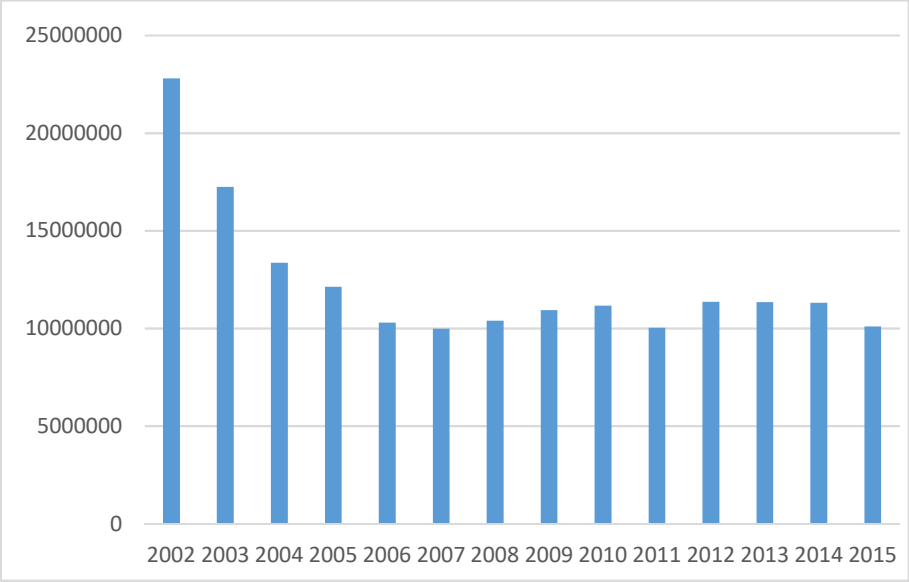


Fig. 3. Evolution du budget consacré à l'assainissement de 2002 à 2015

Source : Service financier de la Mairie de Yamoussoukro, 2015

L'analyse de la figure 3 montre l'allure irrégulière de la courbe. Cette évolution en dents de scie de la courbe traduit le fait que le budget consacré à l'assainissement est en perpétuelle baisse. Cette baisse du budget ne permet pas de couvrir tous les secteurs du réseau d'assainissement dont celui de la gestion des déchets ménagers. Par conséquent, nous assistons au non réalisation des réseaux d'évacuation des eaux pluviales dans les nouveaux quartiers et villages de la ville de Yamoussoukro. Par ailleurs l'urbanisation rapide, la chute des cours des matières premières et l'émergence de la compétition ont poussé ce système dans ces derniers retranchements. Du reste, les budgets des collectivités locales sont dérisoires par rapport à la valeur économique des villes. Cette faible mobilisation des revenus urbains explique le déficit d'équipement et d'entretien des réseaux d'assainissement.

Cela engendre de nombreux problèmes urbains qui affectent particulièrement les populations les plus vulnérables, surtout lorsqu'on parle de villes qui ont très peu de ressources financières et où les ressources humaines compétentes dans le domaine urbain sont encore peu nombreuses. Le développement se fait donc généralement de manière désordonnée et crée de nombreux problèmes environnementaux suite à un assainissement moins budgétisé. Face aux insuffisances constatées dans la gestion des déchets ménagers à Yamoussoukro, les stratégies sont adoptées pour leur valorisation.

3.2 LE TRAITEMENT DES DÉCHETS MÉNAGERS DANS LA VILLE DE YAMOUSSOUKRO

3.2.1 LA VALORISATION

La valorisation a pour but de redonner une valeur marchande aux déchets en les faisant sortir du circuit traditionnel de collecte et de traitement. Par définition, elle s'oppose à l'élimination. Valoriser un déchet est une activité à intérêt multiple, car elle permet de réduire les quantités à enfouir et donc moins de nuisance sur l'environnement mais aussi elle contribue fort à l'économie solidaire. Cela, que s'articule l'initiative d'instauration d'un système de gestion durable des déchets. Cette gestion durable passe par la construction d'une usine de compostage à Yamoussoukro.



Photo 3a : Usine de traitement des déchets



Photo 3b : Hangar de tri des déchets



Photo 3c : Maquette de l'état final de l'unité de compostage

Auteur : N'DRI, 2015

L'analyse de la photo 3 met en évidence le projet de mise en place d'une unité de compostage à Yamoussoukro. Cette unité de compostage répond à plusieurs missions. En effet, la ville de Yamoussoukro produit 100000 tonnes d'ordures ménagères par an [5]. Si la collecte et la mise en décharge de ces ordures sont plus ou moins bien assurées, le traitement de celles-ci ainsi que leur valorisation ne sont pas effectifs. De ce fait, la construction de l'unité de compostage permet de traiter et de valoriser ces déchets. Ainsi, la valorisation a pour but de redonner une valeur marchande aux déchets en les faisant sortir du circuit traditionnel de collecte et de traitement. Par définition, elle s'oppose à l'élimination. Valoriser un déchet est une activité à intérêt multiple, car elle permet de réduire les quantités à enfouir et donc moins de nuisance sur l'environnement mais aussi elle contribue fort à l'économie solidaire. C'est à cela que s'articule l'initiative d'instauration d'un système de gestion durable des déchets. Or dans la de ville, les activités de valorisation des déchets sont très peu connues. Le réemploi et le recyclage sont quasiment inexistants. Par ce projet, le District Autonome de Yamoussoukro veut lutter contre le réchauffement

climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre et assurer le traitement et la valorisation des ordures ménagères en vue notamment de la production d'électricité et de la création d'emplois verts. Ce projet vise en définitive un intérêt noble, celui du développement durable.

3.2.2 L'ÉLIMINATION

L'élimination des déchets dans les pays en voie de développement se fait suivant deux modes : La mise en décharge sauvage ou l'incinération. À Yamoussoukro, en plus de la mise en décharge et de l'incinération, nous observons que les populations se contentent de jeter leurs ordures dans les caniveaux, les parcelles inhabitées et dans les lacs de la ville. Ce phénomène s'observe souvent à Habitat et Dioulakro. À Yamoussoukro, le traitement des déchets ménagers et leur élimination font l'objet d'un scénario illustrant les procédés mis en œuvre pour leur valorisation. La figure 4 met en évidence un exemple de scénario technique pour une gestion durable et une élimination responsable des déchets ménagers à Yamoussoukro.

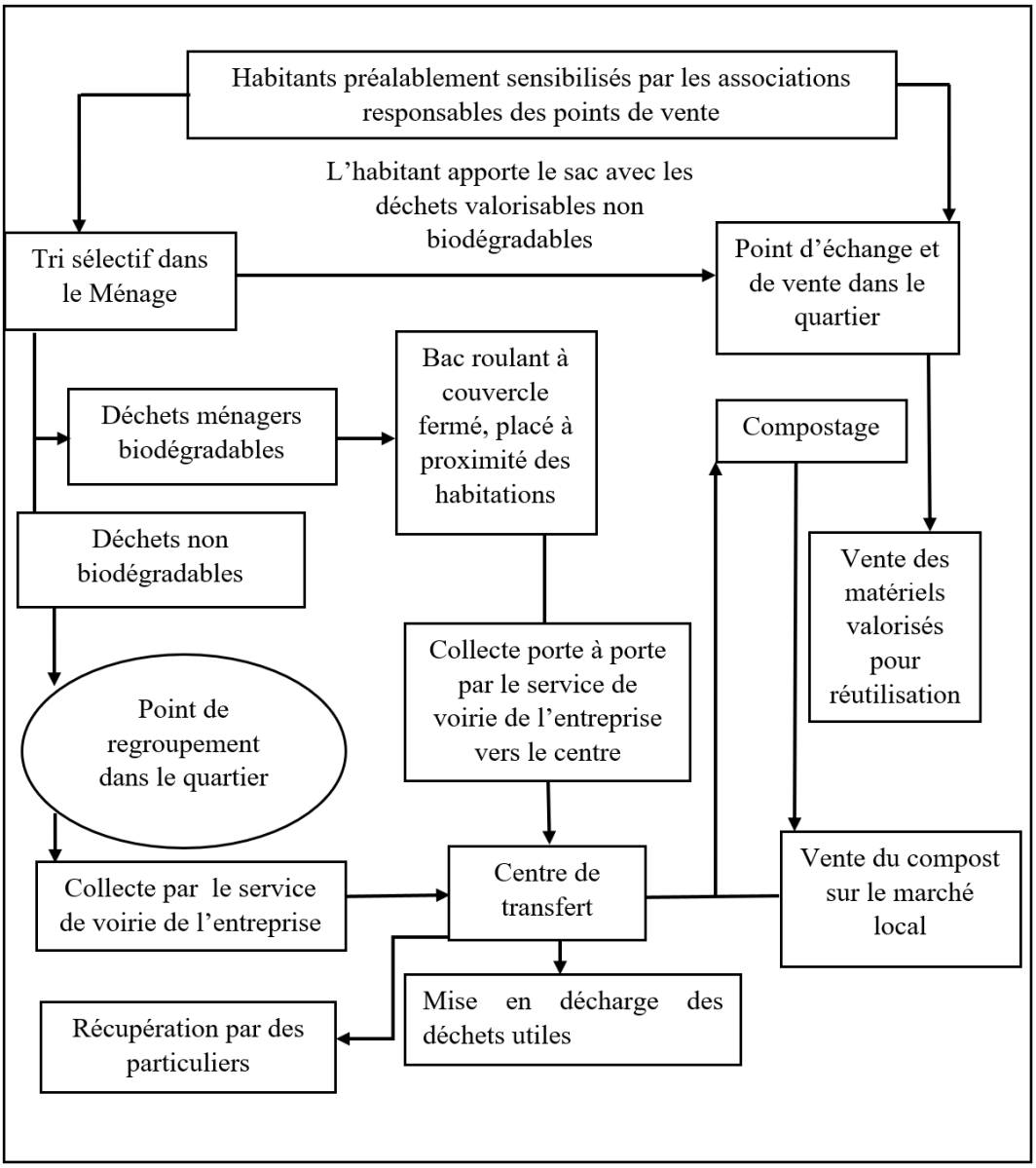


Fig. 4. Exemple de scénario de gestion et d'élimination des déchets ménagers à Yamoussoukro

Source : Nos enquêtes, N'DRI, 2015, adapté d'ISSIAKA ALI et al, 2015

L'analyse de la figure met en évidence le parcours des déchets ménagers avant leur mise en décharge. En effet, la sensibilisation des populations sur l'utilité des déchets ménagers leur permet de faire le tri de ceux-ci depuis leur domicile. Après le tri, les déchets ménagers sont catégorisés : les déchets biodégradables d'une part et les déchets non biodégradables d'autre part. Les déchets non biodégradables sont directement transférés vers les points de regroupement dans du quartier. À partir de ces points de regroupement, les déchets ménagers sont transférés par les entreprises vers les centres de transfert. Dans ce centre de transfert, les particuliers récupèrent certains déchets qu'ils vendent sur le marché.

Quant aux déchets biodégradables, ils sont stockés dans les bacs roulants à proximité des maisons. Les services de ramassage font le porte à porte pour collecter ces bacs pour récupérer les déchets pour les transférer vers les centres. À partir de ces centres, les déchets utiles sont mis en décharge alors que les déches jugés moins importants sont récupérés par les particuliers. En effet, les déchets utiles sont valorisés, recyclés et utilisés comme compost et vendus sur le marché pour fertiliser les sols.

4 DISCUSSION

L'urbanisation rapide et sauvage des pays d'Afrique a causé la détérioration de l'environnement. L'une de ses conséquences les plus inquiétantes dans le monde en développement, et particulièrement en Afrique, réside d'ailleurs dans les problèmes de gestion des déchets solides, liquides et toxiques. Dès lors, les faiblesses de ces politiques, notamment en ce qui a trait aux déchets, doivent être rectifiées [5]. Les solutions retenues doivent être appliquées sans ingérence de la part de la classe politique, et des mécanismes de financement ainsi que des mesures de récupération des coûts réalisables doivent être élaborées en s'inspirant du modèle du FNE pour les déchets solides. La gestion durable des déchets est une nécessité des villes dans les pays en voie de développement. En effet, elle vise à tenir compte de l'évolution en matière de gestion des déchets au cours des dernières années et à proposer des modalités de gestion qui s'orientent notamment d'après la prévention des déchets, du tri à la source en vue d'un recyclage de qualité et d'une cohérence de la gestion de ces déchets [6]. Dans la veine, elle atteindre par ordre de priorité les objectifs suivants : la prévention de la production et de la nocivité des déchets ; la réduction de la production et de la nocivité des déchets ; la valorisation des déchets par le réemploi, le recyclage ou tout autre procédé écologiquement approprié ; l'élimination des déchets ultimes de manière écologiquement et économiquement appropriée.

Ainsi, les déchets doivent les déchets doivent dans toute la mesure du possible être prioritairement valorisés en vue de leur réintroduction dans le circuit économique. Les déchets qui se prêtent à une valorisation doivent être collectés, triés et traités de façon notamment à récupérer un maximum de matières premières secondaires. L'utilisation des déchets comme source d'énergie n'est concevable que pour les seuls déchets qui ne se prêtent pas à une valorisation autre que thermique [7]. Dans ce sens**,** la gestion des déchets ménagers devient une priorité pour les responsables urbains, élus locaux et professionnels de la gestion de la ville dans la mesure l'élimination des déchets, basée principalement sur la mise en décharge, représente généralement l'un des postes budgétaires les plus importants pour les collectivités territoriales africaines [8]. Des fois, malgré, l'existence des moyens financiers, les municipalités ne disposent pas des services administratifs assortis des ressources humaines nécessaires à une prise en charge des questions environnementales. Elles manquent d'expertise dans des domaines tels que la fiscalité et le système de tarification, la gestion technique des décharges publiques et des sites d'enfouissement, l'organisation des filières de valorisation, les techniques et outils de sensibilisation, la recherche de technologies simples, moins onéreuses et adaptées au contexte local [9]. En outre, la quasi-totalité des pays du Sud fait actuellement face au problème de la prolifération des déchets solides dans les agglomérations urbaines. La croissance rapide des villes et son corollaire de l'explosion démographique ne s'accompagnent pas toujours des ressources nécessaires pour assurer un développement urbain durable [10].

5 CONCLUSION

L'amélioration de la gestion des déchets ménagers à Yamoussoukro passe par l'instauration de la gestion durable dans les mœurs de la population urbaine de la capitale ivoirienne. Cette instauration de « gestion durable » est primordiale et appelle à l'engagement de tous les acteurs impliqués dans la gestion des déchets. La gestion des déchets à Yamoussoukro rencontre certes des difficultés d'ordre organisationnel et financier. Cependant, l'instauration de la notion de développement durable dans la politique globale de la ville est d'une importance capitale dans la mesure où, il prévoit la valorisation et l'élimination des déchets ménagers. Car la mauvaise gestion de ceux-ci a été à une entrave à l'épanouissement de la population et ternit l'image de la capitale ivoirienne, qui est construite au départ comme une ville nouvelle.

REMERCIEMENTS

L'élaboration de cet article a été possible grâce à la collaboration de certaines personnes, dont il me reste impossible de ne pas les citer. Ainsi, je tiens à dire merci à mon Directeur de Thèse, le Professeur BECHI Grah Félix (Maître de Conférences ; l'Université Alassane OUATTARA-Bouaké), aux Doctorants KOFFI Antoine (Université Félix Houphouët-Boigny-Abidjan), ASSI Kophé (Université Alassane OUATTARA), qui, au cours des recherches documentaires et dans l'élaboration des figures et cartes n'ont aménagé aucun effort pour me faciliter l'accès à des travaux antérieurs sur le sujet afin de rendre ce travail.

REFERENCES

[1] KOUASSI Konan, 2014, « La vulnérabilité du système d'assainissement autonome et vulnérabilité environnementale à Attécoubé », in SANFOKA, numéro 6, Juin 2014, pp.94-107.
[2] ISSIHAKA ALI Ali, EL BARI Hassan, BELHADJ Siham, KAROUACH Fadoua, JOUTE Yassine, and GRADI Youssef, 2015, « Contribution à l'amélioration de la gestion des déchets ménagers aux Comores », in International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 12 No. 4 Septembre, 2015, pp. 786-800.
[3] COLCANAP M. et DUFOUR P, 1981, L'assainissement de la ville d'Abidjan : Evaluation, recommandation, proposition d'alternatives, ORSTOM, 299p.
[4] NGNIKAM Emmanuel, 2011, Pré-collecte et collecte : Comment s'organiser ? Comment l'organiser ? in gestion des déchets ménagers, numéro 90, 4è Trimestre 2011, pp.30-33.
[5] District Autonome de Yamoussoukro, 2016, Projet d'intérêt pour le Développement Durable, 3p.
[6] ATTAHI Koffi, 2001, « Contexte de la gestion des déchets liquides, solides et industriels à Abidjan », in gestion des déchets urbains, des solutions pour l'Afrique, pp.22-51.
[7] BARRERE Vincent, 2010, « Gestion des déchets au Togo», 24p.
[8] Union Européenne, 2005, Rapport de communication de la commission européenne sur la mise en œuvre de l'utilisation durable des ressources : une stratégie thématique pour la prévention et le recyclage des déchets, Bruxelles (2005), in Plan général de gestion des déchets, pp 16-17.
[9] ONU, 2009, Rapport du Comité économique et social de l'ONU pour l'Afrique (2009), http://www.unep.fr/scp/marrackech/publication/pdf/RIM_outcomeDocument_fre.pdf (consulté le 26 Janvier 2018).
[10] ABDOULHALIK Faouzia, 2011, « Panorama de la problématique des déchets ménagers » in Gestion des déchets ménagers, numéro 90, 4è Trimestre, 2011, pp.6-7.
[11] MOUAFO Valentin, 2011, « Déchets, développement et OMD », in gestion des déchets ménagers, numéro 90, 4è Trimestre 2011, pp.9-10.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 369-379
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Performances des élèves de 5ème et 6ème bio-chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique par la Démarche d'Investigation « DI »

[Performance of pupils of 5th and 6th Biochemistry in the learning on preparation of titrated solution in analytical chemistry by the investigative approach]

Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO

Doctorant en Didactique de la Chimie,
Faculté de Pédagogie et de didactique des disciplines,
Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article deals with the performance of pupils of the 5th and 6th Biochemistry in the learning on the preparation of titrated solutions in analytical chemistry by the Investigative Approach.
The implementation of this approach was the subject of a study in the framework of our doctoral thesis in didactics of chemistry, motivated by the lack of conceptual, practical and epistemological learning caused by the classical method of teaching -learning.
The study aimed to propose learning activities to arouse interest of pupils in learning analytical chemistry and to incite them to carry out best performances.
In the end, the thesis has shown that the investigative approach is one of the appropriate methods to improve the performance of the students concerned in the above-mentioned learning.

KEYWORDS: investigative approach, learning, analytical chemistry, performance, evaluation.

RÉSUMÉ: Le présent article traite des performances des élèves de 5è et 6è Bio- chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique par la Démarche d'Investigation « DI ».
La mise en œuvre de cette démarche avait fait l'objet d'une étude dans le cadre de notre thèse de doctorat en didactique de la chimie, motivée par le déficit d'apprentissages conceptuels, pratiques et épistémologiques occasionné par la méthode classique d'enseignement-apprentissage.
L'étude avait pour objectif de proposer des activités d'apprentissage susceptibles de susciter l'intérêt des élèves dans l'apprentissage de la chimie analytique et de les inciter à réaliser de meilleures performances.
En définitive, la thèse a montré que la démarche d'investigation est l'une des méthodes indiquées pour améliorer les performances des élèves concernées dans l'apprentissage sus- visé.

MOTS-CLEFS: démarche d'investigation, apprentissage, chimie analytique, performance, évaluation.

1 INTRODUCTION

La préparation des solutions titrées en chimie analytique est inscrite au programme national de chimie de 2005, en République Démocratique du Congo, pour les classes de 5è et 6è Bio-chimie.

Pour la 5è, la notion est enseignée comme nouvelle matière au deuxième semestre. Cependant en 6è, elle fait l'objet d'un rappel au début de l'année scolaire.[1]

Les notions relatives à la préparation des solutions font appel à d'autres notions en rapport avec les différentes concentrations ; ce qui constitue un double problème chez les élèves du secondaire et les étudiants à l'université. Si les notions de concentrations ne sont pas bien maîtrisées, cela a des répercussions sur l'assimilation de la préparation des solutions. Et si les solutions sont mal préparées, les résultats des analyses au laboratoire sont biaisés et la qualité des produits fabriqués à l'industrie s'en trouve affectée.

C'est ainsi que dans le présent article, nous présentons l'étude sur les performances des élèves de 5è et 6è Bio- chimie dans l'apprentissala préparation des solutions titrées, non pas par la méthode traditionnelle, mais par la démarche d'investigation.

Pour Edith S. (2002), l'investigation comme méthode d'enseignement ne consiste pas uniquement à enseigner les résultats de la science, mais de permettre aux élèves de construire les connaissances souhaitées, en leur permettant d'exprimer leurs idées, d'expliciter leur raisonnement , de tester leurs hypothèses et de chercher à être rigoureux .Il s'agit donc d'une démarche qui s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel, conduisant à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire à la suite d'une investigation menée par les élèves eux-mêmes guidés par l'enseignant, facilitateur des apprentissages.

La performance est le résultat obtenu par un sujet à un moment donné de son apprentissage. [2]

Cette étude menée dans le cadre de la thèse de doctorat s'inscrit dans le champ de la didactique de la chimie, dont l'une des finalités est l'amélioration de l'enseignement de la chimie ainsi que les conditions d'apprentissage par les élèves.

L'enseignement des sciences en général démotive de plus en plus les élèves en RDC et d'autres pays du monde mais aussi celui de la chimie en particulier.

Le constat ci-après est fait à ce propos :

- manque d'intérêt auprès des élèves en République Démocratique du Congo « RDC » pour l'enseignement de la chimie ;[3]
- programmes d'enseignement et curricula inadaptés ;
- démarches pédagogiques peu attrayantes, pratiques pédagogiques trop stéréotypées et trop académiques ;
- méthodes d'évaluation peu adaptées, etc. [4]

L'approche classique utilisée dans le processus enseignement –apprentissage influerait négativement sur les performances des élèves en général et sur celles relatives à la préparation des solutions titrées en particulier.

Elle semble aussi être la cause de la désaffection des élèves des filières scientifiques. [5]

Cette étude a tenté répondre à la question suivante :

Quelle est la démarche méthodologique la mieux appropriée pour améliorer les performances des élèves dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique ?

De cette question, nous émettons l'hypothèse suivante :

« La démarche d'investigation serait l'une des méthodes indiquée pour améliorer les performances des élèves de 5e et 6e Bio- chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique ».

L'objectif de l'étude est de mettre en œuvre la démarche d'investigation dans la préparation des solutions titrées, en vue d'améliorer les performances des élèves.

Le choix de l'étude est dicté par le souci de résoudre la problématique de la désaffection des jeunes des filières scientifiques en général et de la chimie en particulier. Elle revêt un triple intérêt :

- **Sur le plan scientifique :**

Apporter des connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage de la chimie, fondés sur la Démarche d'Investigation (DI) auprès des enseignants de chimie, en vue de susciter l'intérêt des élèves dans l'apprentissage de la chimie et améliorer leur rendement dans cette discipline.

- **Sur le plan social :**

Résoudre le problème de la désaffection des jeunes aux études de chimie, en redorant son image ternie par les mauvaises conditions pédagogiques.

- **Sur le plan didactique :**

Améliorer les conditions d'enseignement et d'apprentissage fondés sur la DI, pour une meilleure appropriation des connaissances en chimie analytique et la réalisation des meilleures performances.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une recherche longitudinale sur le terrain, étendue sur trois années scolaires 2015-2016 et 2016-2017 pour la recherche de terrain et 2017-2018 pour le traitement, l'analyse et l'interprétation des résultats.

2.2 PARTICIPANTS

Les participants à l'étude sont de 2 catégories qui sont :

- Les écoles de Bio-chimie de la province éducationnelle Kinshasa-centre après échantillonnage et;
- Les élèves de 5^{e} et 6^{e} Bio-chimie.

L'échantillonnage s'est fait à trois degrés :

- de manière délibérée pour la province éducationnelle Kin- Centre pour des raisons pratiques : accès facile aux écoles, disponibilité des autorités scolaires à nous permettre d'utiliser notre approche.
- Aléatoire systématique, pour les écoles/classes sur une liste de 40 écoles publiques et 169 privées.

Nous avons opté pour 8 écoles dont 6 publiques (pas d'échantillonnage 40/6 =6,6 soit 7 et 2 privées (pas d'échantillonnage 169/2=84,9 soit 85), choisies sur la liste des écoles disponibles.

- Les élèves de six écoles, dont quatre publiques et deux privées étaient retenus comme sujets.

Six écoles publiques au départ, car une n'a pas pu participer au pré-test la première année, faute d'élèves et de l'enseignant, et une autre a présenté 21 élèves au pré-test et 61 au post- test, ce qui nous a incité à les retirer de l'échantillon ainsi que deux écoles privées.

Deux groupes équivalents : le groupe contrôle (GC) avec comme classes C_1, C_2, C_3 et C_4 et le groupe expérimental (GE), avec comme classes : C_5, C6, C_7 et C_8.

Pour les écoles du GE, certains critères, tels que la disponibilité du laboratoire, le matériel, le nombre d'élèves ont été aussi pris en compte.

Au départ, nous avions 340 élèves de 5ème Bio-chimie, auxquels nous avons soustrait 73 pour C_4 et 28 pour C_8, et nous avons obtenu 239 élèves. En soustrayant les absents (40), 199 ont participé la première année au pré-test et au post- test, soit 125 pour le GC et 74 pour le GE.

Au cours de la deuxième année, nous avons retiré des 186 élèves de l'échantillon de 6ème Bio- chimie, 49 élèves, 4 nouveaux et 45 redoublants, et nous avons retenu 137 élèves, soit 80 pour le GC aux pré-test et post- test et 57 pour le GE au pré-test mais 56 au post-test ; dont 1 absent.

2.3 MÉTHODES ET TECHNIQUES

Nous avons utilisé la méthode expérimentale, en exploitant le plan quasi-expérimental du type :

Groupe Expérimental : O_1------x-------- O_2

Groupe Contrôle : O_3----------O_4

Ce plan a été utilisé en vue de déterminer l'effet de la Démarche d'investigation sur les performances des élèves de 5ème et 6ème Bio- chimie dans l'apprentissage.

2.3.1 COLLECTE DE DONNÉES

Le pré-test et le post –test, sur les conceptions des élèves de 5e et 6e Bio-chimie, relatives à la préparation des solutions titrées, ont été utilisés moyennant un questionnaire d'évaluation des acquis d'apprentissage comme instrument. (1ère et 2ème année) (En annexe 1)

2.3.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Le test z de Fisher pour deux grands échantillons indépendants a été utilisé pour le traitement des données du pré-test et du post- test.

DISPOSITIF METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

Le dispositif méthodologique de l'étude est présenté dans le tableau 1 :

Tableau 1. Dispositif méthodologique de la recherche

Groupe Expérimental (GE)	Groupe Contrôle (GC)
Pré-test	Pré-test
Formation des enseignants sur la DI	-
Post-test	Post-test

La formation des enseignants du GE a eu lieu au cours de la 1ère année (2015-2016).

La mise en œuvre de la DI a été faite dans les classes du Groupe expérimental pendant les deux années de l'étude.

OPERATIONNALISATION DE L' HYPOTHESE ET VARIABLES DE L'ETUDE

L'hypothèse de l'étude ainsi que les variables indépendante et dépendante sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Hypothèse et variables de l'étude

HYPOTHESE : La démarche d'investigation serait l'une des méthodes la mieux indiquée, pour améliorer les performances des élèves dans la préparation des solutions titrées en chimie analytique.	**Variable indépendante (explicative)** ▪ Démarche d'investigation **Variable dépendante (expliquée)** ▪ Performances des élèves

La démarche d'investigation repose sur la théorie socioconstructiviste de l'apprentissage. [6]

3 RESULTATS

3.1 ECHANTILLON DES ÉCOLES (CLASSES) RETENUES DANS LA PROVINCE ÉDUCATIONNELLE KINSHASA CENTRE

Le tableau 3 présente l'échantillon des écoles (classes) retenues.

Tableau 3. Echantillon des écoles (classes) retenues

Sous Divisions/Pools d'enseignement	Nombre d'écoles de Bio-chimie	Code des écoles et classes	Nombre d'élèves
Kalamu	**4**	E_5 (C_5)	**45**
		E_1 (C_1)	**51**
		E_7 (C_7)	**28**
		E_8 (C_8)	**28**
Kasa Vubu	**1**	E_6 (C_6)	**14**
Kinshasa	**1**	E_2 (C_2)	**59**
Lingwala	**1**	E_3 (C_3)	**42**
Ngiri-Ngiri	**1**	E_4 (C_4)	**73**
Total	**8**		**340**

Dans le Groupe Contrôle (GC), 4 écoles avaient été retenues, 3 publiques et 1 privée autant que dans le Groupe Expérimental (GE) reprises dans le tableau 4.

Tableau 4. Classes du Groupe Contrôle (GC) et Groupe Expérimental (GE)

Groupe de Contrôle (GC)	Groupe Expérimental (GE)
E_1 (C_1)	E_5 (C_5)
E_2 (C_2)	E_6 (C_6)
E_3 (C_3)	E_7 (C_7)
E_4 (C_4)	E_8 (C_8)

Les classes C_4 et C_8 avaient été retirées de l'échantillon, à cause de disparités constatées sur le nombre d'élèves, au pré-test 21, et post -test 61, dans la C_4 au cours de la première année et l'absence des élèves et de l'enseignant lors du pré-test, pour la C_8 au cours de la même année.

Les élèves absents (40) n'ont pas fait l'objet du pré-test et du post -test, ce qui nous donne un échantillon de 199 participants.

3.2 ECHANTILLON DES ÉLÈVES AYANT PARTICIPÉ AU PRÉ-TEST ET AU POST -TEST EN FONCTION DU SEXE

Le tableau 5 présente l'échantillon des élèves de 5è Bio- chimie ayant participé au pré-test et au post- test, selon le sexe au cours de l'année scolaire 2015-2016.

Tableau 5. Echantillon des élèves de 5è Bio-chimie

Sexe	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Masculin	56	28,1	28,1	28,1
Féminin	143	71,9	71,9	100,0
Total	199	100,0	100,0	

Le tableau 6 présente l'échantillon des élèves de 5è Bio- chimie ayant participé au pré-test et au post -test, selon le sexe au cours de l'année scolaire 2016-2017.

Tableau 6. Echantillon des élèves de 6è Bio- chimie (2016-2017)

Sexe	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Masculin	38	27,7	27,7	27,7
Féminin	99	72,3	72,3	100,0
Total	137	100,0	100,0	

3.3 COMPARAISON DES MOYENNES DES RÉSULTATS DES ÉLÈVES DE 5È ET 6È BIO-CHIMIE AU PRÉTEST ET AU POST –TEST

Nous avons utilisé le test z de Fisher pour deux grands groupes indépendants (n>30) en vue de comparer les moyennes des résultats obtenus par les élèves.

Deux hypothèses statistiques ont été émises :

Hypothèse nulle : (H_o) : Les deux moyennes sont identiques

Hypothèse alternative (H_1) : Les deux moyennes sont différentes.

Formule du test z de Fisher pour deux grands groupes indépendants (n>30)

$$z = \frac{\mathrm{I}M_1 - M_2\mathrm{I}}{\sqrt{\frac{{\sigma^2}_1}{n_1 - 1} + \frac{{\sigma^2}_2}{n_2 - 1}}}$$

M_1 = Moyenne de l'échantillon 1

M_2 = Moyenne de l'échantillon 2

${\sigma^2}_1$ = variance de l'échantillon 1

${\sigma^2}_2$ = variance de l'échantillon 2

n_1 = taille de l'échantillon 1 et $n_1 - 1 = dl_1$ (degré de liberté 1)

n_2 = taille de l'échantillon 2 et $n_2 - 2 = dl_2$ (degré de liberté 2)

Le tableau n°7 présente la comparaison des moyennes des notes des élèves de 5è et 6è Bio-chimie au prétest et au post – test.

Tableau 7. Comparaison des moyennes des élèves de 5è et 6è Biochimie au prétest et au post - test

Statistiques / Variables		PRESTEST				POST-TEST			
		M	σ^2	s	Valeur de z	M	σ^2	s	Valeur de z
Groupes	5è GC	5,8	3,97	1,99		7,12	5,51	2,40	
	5è GE	6,32	9,04	3,01	**1,33**	8,32	14,74	3,84	**2,45**
	6è GC	7,12	4,54	2,13		8,20	7,93	2,82	
	6è GE	11,6	1,66	1,30	**14,9**	14,5	3,27	2,30	**16**
Niveau d'études	5è GC	5,8	3,97	1,99		7,12	5,51	2,35	
	6è GC	7,12	4,54	2,13	**4,4**	8,20	7,93	2,82	**2,9**
	5è GE	6,32	9,04	3,01		8,32	14,74	3,84	
	6è GE	11,6	1,66	1,30	**13,5**	14,5	3,27	2,30	**12,1**

Légende : M : moyenne σ^2 : variance s : écart type
Source : Notre recherche

Il ressort de ce tableau qui suit :

En comparant les moyennes des résultats des élèves de 5è du GC et du GE au prétest la valeur calculée de z est inférieure à z de la table, soit 1,33 < 1,96. Il n'y a donc pas de différence significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté (dl_1 et dl_2) de 124 et 73. Ainsi, nos deux groupes avaient pratiquement les mêmes faiblesses en chimie au moment où nous démarrions l'expérience.

Au post- test la valeur calculée de z qui est de 2,45 est supérieure à la valeur z de la table, soit 2,45 > 1,96. Il y a donc une différence significative entre les deux moyennes au post- test aux degrés de liberté (dl_1 et dl_2) de 124 et 73. Ainsi, nos deux groupes n'ont pratiquement pas réalisé les mêmes performances en chimie. Les élèves du groupe expérimental, tout en étant faibles, ont quand même relativement mieux fait au post- test que ceux du groupe contrôle. Ceci vérifie partiellement notre hypothèse selon laquelle la DI améliorerait les performances des élèves dans l'apprentissage de la chimie.

S'agissant des résultats des élèves de 6è du GC et du GE au prétest, la valeur calculée de z est de loin supérieure à la valeur théorique de la table (z =14,9 >1,96). Les deux moyennes sont donc statistiquement différentes. Il y a une différence très significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté dl_1= 79 et dl_2= 55.

Cette différence entre les moyennes des deux groupes serait due au fait que les élèves de 6è du Groupe Expérimental ont bénéficié de leçons assurées par les enseignants qui ont bénéficié de l'encadrement sur la démarche d'investigation en 5è. C'est cela qui justifierait, en partie, leur avance au prétest par rapport à leurs collègues du Groupe Contrôle

Au post- test, la valeur calculée de z est de loin supérieure à la valeur z de la table, soit 16 > 1,96. Nous disons que les deux moyennes sont statistiquement différentes. Il y a une différence très significative entre les deux moyennes au post- test aux degrés de liberté dl_1=79 et dl_2=55. Ceci vérifie partiellement notre hypothèse selon laquelle la DI améliorerait les performances des élèves dans l'apprentissage de la chimie.

En comparant les résultats des élèves par niveau d'études, nous constatons que pour les élèves de 5è et ceux de 6è du GC, la valeur calculée de z au prétest est supérieure à la valeur théorique de la table (z =4,4 >1,96). Les deux moyennes sont donc statistiquement différentes. Il y a une différence significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté dl_1= 124 et dl_2= 79.

Cette différence entre les moyennes des deux niveaux d'études serait due au fait que ces élèves de 6è du Groupe contrôle avaient déjà étudié la thématique l'année précédente. C'est cela qui justifierait leur avance au prétest.

Au post- test, la valeur calculée de z au prétest est légèrement supérieure à la valeur théorique de la table (z =2,9 >1,96),

Les deux moyennes sont donc statistiquement différentes. Il y a une différence très significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté dl_1= 124 et dl_2= 79. Ceci ne vérifie pas partiellement notre hypothèse principale.

La valeur calculée de z est inférieure à celle du post- test. Ce fait est expliqué soit par une négligence des élèves au post-test ou une erreur dans la notation du test par l'expérimentateur. Toutefois, les deux groupes sont naturels du fait de n'avoir pas subi aucun traitement.

S'agissant des résultats des élèves de 5è du GE et ceux de 6è du GE, la valeur calculée de z au prétest est de loin supérieure à la valeur théorique de la table (z =13,5 >1,96). Les deux moyennes sont donc statistiquement différentes. Il y a une différence très significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté dl_1= 124 et dl_2= 79.

Cette différence entre les moyennes des deux niveaux d'études serait due au fait que ces élèves de 6è du Groupe Expérimental ont bénéficié de leçons assurées par les enseignants qui ont bénéficié de l'encadrement sur la démarche d'investigation en 5è. C'est cela qui justifie leur avance au prétest par rapport à l'année précédente.

Au post- test, la valeur calculée de z est de loin supérieure à la valeur théorique de la table (z =12,1 >1,96). Les deux moyennes sont donc statistiquement différentes. Il y a une différence très significative entre les deux moyennes au prétest aux degrés de liberté dl_1= 73 et dl_2= 55.

Cette différence entre les moyennes des deux niveaux d'études serait due à la même raison que précédemment, seulement que la valeur calculée de z est légèrement inférieure à celle du prétest. Cela se justifie par les raisons évoquées pour le constat fait sur la comparaison des moyennes de 5è et 6è du GC au prétest et au post- test.

Toutefois, ceci vérifie partiellement notre hypothèse selon laquelle la DI améliorerait les performances des élèves dans l'apprentissage de la chimie.

4 DISCUSSION

Après avoir observé systématiquement des séquences de leçons de chimie analytique dans les classes de 5è et 6è Bio-chimie réalisées de manière traditionnelle ou avec la démarche d'investigation, les performances des élèves soumis à ces deux conditions d'enseignement- apprentissage ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire sur la préparation des solutions titrées.

Notre étude répond à la question principale suivante : « Quels sont les effets que la mise en œuvre de la démarche d'investigation produit chez les élèves et qui sont susceptibles d'affecter leurs performances en chimie ainsi que leur intérêt pour cette discipline?

Selon l'hypothèse de l'étude, *la démarche d'investigation serait l'une des méthodes d'enseignement indiquée pour améliorer les performances des élèves de 5e et 6e Bio-chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique.*

Les élèves de 5è et 6è Bio- chimie du GE ont amélioré leurs performances dans l'apprentissage de la chimie analytique, sur la préparation des solutions titrées. Ceci s'explique par la moyenne de notes obtenues sur un maximum de 20 points respectivement au prétest (6,3 et 11,6) comparées aux élèves du GC (5,8 et 7,1)et au post- test (8,3 et 14,5) contre (7,1 et 8,2) pour le GC.

Cette différence a été testée grâce au test z de Fischer pour échantillons indépendants qui, dans la comparaison des moyennes des notes des élèves au seuil de signification de 0,05(z théorique =1,96), a révélé des différences significatives.

Les résultats obtenus en comparant les moyennes des groupes respectivement au prétest qu'au post –test : GC 5è et GE 5è (1,33 < 1,96 et 2,45 >1,96) ; GC 6è et GE 6è (14,9>1,96) et (16>1,96) ont été non significatifs pour les moyennes du GC 5è et GE au prétest mais l'ont été pour le reste.

S'agissant de la comparaison des moyennes de niveaux d'études, les résultats obtenus au prétest et post- test : 5è GC et 6è GC (4,4>1,96 et 2,9> 1,96) ; 5è GE et 6è GE (13,5> 1,96 et 12,1 >1,96) ont été tous significatifs.

La signification des résultats de 5è et 6è GC serait due à l'enseignement de la thématique sur les solutions tirées pour la deuxième fois en 6è au début de l'année. Cette notion avait déjà été enseignée en 5è l'année précédente par l'approche traditionnelle.

Le test z de Fischer pour échantillons indépendants démontre la relation entre les performances des élèves et la démarche d'investigation. Les résultats obtenus sont bien en accord avec notre hypothèse et la confirme.

Ces résultats confirment les études menées sur la collaboration entre enseignants du secondaire en vue de lutter contre la désaffection des jeunes des filières scientifiques et technologiques dont celle de la chimie mais aussi sur les analyses des pratiques ordinaires en classe et en formation ; Perspectives curriculaires avec la DI. [4], [6]

5 CONCLUSION

Au cours de cette recherche, il a été question de la mise en œuvre la Démarche d'Investigation (DI) dans l'apprentissage de la chimie analytique sur la préparation des solutions titrées en 5 et 6ème Bio-chimie en vue d'améliorer les performances des élèves concernées dans la province éducationnelle Kinshasa-Centre.

Cette recherche a montré que :

La démarche d'investigation est l'une des méthodes indiquées pour améliorer les performances des élèves dans l'apprentissage de la chimie analytique, notamment sur la préparation des solutions titrées en 5ème et 6ème Bio- chimie.

Ceci vérifie l'hypothèse de recherche.

Pour donner à cette DI le plus de chance d'impacter les comportements didactiques et l'apprentissage efficace chez les élèves, nous suggérons ce qui suit :

- La formation des enseignants de chimie dans les Institut Supérieur Pédagogique « ISP » et au niveau de l'Agrégation des Universités, à la mise en œuvre de la DI en classe ou au laboratoire sous forme de Cours-TP et des Inspecteurs de chimie du secondaire par le Service National de la Formation « SERNAFOR » de l'Inspection générale de l'enseignement avec le concours des didacticiens de la chimie ;
- L'implantation et l'équipement des laboratoires de chimie (même de fortune) dans les écoles ;
- La réalisation des expériences en classe ou au laboratoire dans le cadre des Cours- TP ou TP- cours ;
- L'organisation de l'enseignement en petits groupes en vue de favoriser le travail en autonomie. Ceci permettra aux élèves d'acquérir des apprentissages conceptuels, procéduraux mais aussi épistémologiques.

Une fois ces obstacles franchis, la démarche d'investigation pourra réellement jouer un rôle de levier dans l'amélioration des apprentissages en chimie analytique et améliorer les performances des élèves dans cette discipline souvent qualifiée de « difficile ».

Ces résultats ne peuvent pas encore être abusivement généralisés. Ils suggèrent d'autres études qui tiennent compte de l'utilisation de cette approche didactique, la DI, à partir de la troisième année secondaire, et qui ciblent d'autres écoles des milieux urbains et ruraux.

REMERCIEMENTS

Aux professeurs Jérôme PONGI NZITA KIKHELA, Pierre MUKENDI WA MPOYI & Jean Pierre IKOLONGO BEFEMBO pour leurs remarques et suggestions dans la rédaction de cet article.

REFERENCES

[1] Direction des programmes scolaires et matériels didactiques : *Programme National de Chimie*, *enseignement secondaire*, EPSP, 2005.
[2] J.P. KIMBUYA LUTONADIO : Dynamique motivationnelle des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie, Mémoire de DEA, 2013
[3] De KETELE J-M, CHASTRETTE M, CROS D, METTELIN P, THOMAS J, Guide du formateur, De Boeck, 3è édition, 2007.
[4] BOILEVIN J-M., Rénovation *de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants, regards didactiques,* Bruxelles, De Boeck Université, 1ère édition, 2013
[5] BELLEFLAMME A., GRAILLON S., & ROMAINVILLE M. : *La désaffection des jeunes pour les filières scientifiques et technologiques, Diagnostic et remèdes,* Namur, 2008.
[6] CALMETTES B.,: *Didactique des Sciences et démarches d'investigation, Références, représentations, pratiques et formation*, Paris, Harmattan, 2012.

ANNEXE 1. QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION PRÉ-TEST ET POST-TEST SUR LA PRÉPARATION DES SOLUTIONS TITRÉES EN CHIMIE ANALYTIQUE POUR LES ÉLÈVES DE 5ÈME BIO-CHIMIE

DATE :……/……./2016

I. Identification de l'école

1.1. Numéro du questionnaire : /__/___/__/
1.2. Ville de Kinshasa
1.3. Commune de :……
1.4. Nom de l'école :…….....
1.5. Réseau :……..
1.6. Province éducationnelle

1. **Kin – Ouest** ☐
2. **Kin – Est** ☐
3. **Kin – Centre** ☐

CONSIGNE

Dans le cadre de notre recherche de Doctorat, nous aimerions avoir vos réponses à propos de vos conceptions sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique.
Pouvez- vous répondre aux questions qui suivent ? Merci de votre collaboration.
Votre nom ne sera pas inscrit sur cette feuille ; ainsi, vos réponses demeureront confidentielles.

II. Identification de l'élève

2.1 Nom et post-nom :……..

2.2 Sexe

1. Masculin ☐ 2. Féminin ☐

2.3 Date de naissance : /__/__/ /__/__/ /__/__/__/__/

2.4 Age :…… ans

2.5 Classe fréquentée l'année scolaire précédente

1. 4è ☐ 2. 5 è ☐ 3. 6è ☐ 4. N'a pas fréquenté ☐

III. Questionnaire d'évaluation de chimie analytique

N.B. Masses atomiques relatives à utiliser : Na : 23 O : 16 H : 1 Cl : 35,5

1. Comment pouvez-vous définir :

a) Une solution :…….
b) Un solvant :…….
c) Un soluté :……
d) La concentration d'une solution :……
e) Une solution titrée :…….
f) Une solution commerciale……
g) La dilution :…….

2. Vous désirez fabriquer un savon pour la lessive. Pour cela vous avez besoin de 100 ml d'une solution déci molaire d'hydroxyde de sodium.

a. Quelle masse de NaOH doit-on peser ?
b. Quels sont les matériels à utiliser
c. Quelles sont les différentes étapes ?

ANNEXE 2. QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION PRÉ-TEST ET POST –TEST SUR LA PRÉPARATION DES SOLUTIONS TITRÉES EN CHIMIE ANALYTIQUE POUR LES ÉLÈVES DE 6ÈME BIO-CHIMIE

DATE :……/……./2016

Numéro du questionnaire : /__/___/__/

I. Identification de l'école

1.1. Nom de l'école :…….....
1.2. Réseau :…….
1.3. Commune de :…….
1.4. Province éducationnelle de Kinshasa - Centre
1.5. Ville de Kinshasa

CONSIGNE

Dans le cadre de notre recherche de Doctorat, nous aimerions avoir vos réponses à propos de vos conceptions sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique.
Pouvez- vous répondre aux questions qui suivent ? Merci de votre collaboration.
Vos réponses demeureront confidentielles.

II. Identification de l'élève

2.1. Nom & Post-nom:……..

2.2. Sexe

2. Masculin ☐ 2. Féminin ☐

2.3. Date de naissance : /__/__/ /__/__/ /__/__/__/__/

2.4. Age :…… ans

2.5. Classe fréquentée l'année scolaire précédente

2. 4è ☐ 2. 5 è ☐ 3. 6è ☐ 4. N'a pas fréquenté ☐

III. Questionnaire d'évaluation de chimie analytique

N.B. Masses atomiques relatives à utiliser H : 1 Cl : 35,5

1. Comment pouvez-vous définir :
a) Une solution :……
b) Un solvant :……..
c) Un soluté :…….
d) La concentration d'une solution :…….
e) Une solution titrée :……..
d) Une solution commerciale……
e) La dilution :……..

2. Dans une pharmacie d'hôpital, on souhaite préparer pour une perfusion, 100 mL d'une solution aqueuse de glucose $C_6 H_{12} O_6$ de concentration 0,01 mol/L à partir d'une solution initiale de concentration 0,1 mol/L.
   a. Quel volume de cette solution doit-on prélever ?
   b. Quel est le volume d'eau distillée à ajouter ?
   c. Quels sont les matériels de laboratoire à utiliser
   b. Quelles sont les différentes étapes pour y arriver ?

3. Vous voulez décaper une barre de fer rouillée avec une solution d'acide chlorhydrique 0,2 molaire. Pour cela, vous devez préparer 100 mL de cette solution à partir d'une solution commerciale de HCl à 34%, densité 1,17 disponible au laboratoire.
   a. Quel volume de cette solution commerciale doit-on prélever ?
   b. Quel est le volume d'eau distillée à ajouter ?
   c. Quels sont les matériels de laboratoire à utiliser
   b. Quelles sont les différentes étapes pour y arriver ?

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 380-390
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

LA SECURISATION DE LA PROVINCE DU NORD-KIVU PAR L'ETAT CONGOLAIS ET LA MISSION DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LA STABILISATION DU CONGO

KAMBALE KAWANZA Christian

Assistant, Département des Sciences Politiques et Administratives,
Faculté des Sciences Sociales, Administratives et Politiques, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Since the time of the late President Joseph Désiré Mobutu, the eastern part of the Democratic Republic of Congo, a state with geographically sub-continental dimensions, has always been the object of external greed and threats by repeated rebellions and often maintained. North Kivu, one of the districts of the former Kivu region and currently one of the twenty-six provinces of that state, has recently benefited from the intervention of the UN force to put an end to this cycle of insecurity. It is in this context that we called ourselves to reflect by instructing ourselves on the role of the Congolese State in the intervention of the UN force in this part of the country. Thus, the results of the study showed that political authorities are striving to build a strong republican army to eradicate insecurity and killings in order to restore peace and think about good governance. To tell the truth, the Congolese state will have to equip itself with a strong and dissuasive army to pacify the whole of its territory. The United Nations Organization Stabilization Mission in Congo (MONUSCO) will have to reorient or even reshape its support, as the major powers and other international structures take advantage of the situation to make a good profit.

KEYWORDS: Security, Insecurity, Confrontation, Rebellion, Balkanization, Army, Good Governance.

RÉSUMÉ: Depuis l'époque du feu Président Joseph Désiré MOBUTU, la partie Est de la République Démocratique du Congo, Etat aux dimensions géographiquement sous-continentales, a toujours fait l'objet de convoitise extérieure et des menaces par des rebellions à répétition et souvent entretenues. Le Nord-Kivu, un des districts de l'ancienne région du Kivu et actuellement une des vingt-six provinces de cet Etat, a bénéficié depuis peu des interventions de la force onusienne pour mettre fin à ce cycle d'insécurité. C'est dans ce cadre que nous nous sommes appelé à réfléchir en nous instruisant sur le rôle de l'Etat congolais face aux interventions de la force onusienne dans cette partie du pays. Ainsi, les résultats de l'étude ont montré que les autorités politiques s'efforcent de mettre sur pied une armée républicaine forte pour éradiquer l'insécurité et les tueries en vue de restaurer la paix et penser à la bonne gouvernance. A dire vrai, l'Etat congolais devra se doter lui-même d'une armée forte et dissuasive pour pacifier l'ensemble de son territoire. La Mission d'Organisation des Nations Unies pour la Stabilisation du Congo (MONUSCO) devra, pour sa part, réorienter, voire remodeler son soutien, car les grandes puissances et d'autres structures internationales profitent de la situation pour en tirer valablement profit.

MOTS-CLEFS: Sécurité, Insécurité, Affrontement, Rébellion, Balkanisation, Armée, Bonne Gouvernance.

1 INTRODUCTION

L'Etat a été créé par une communauté d'hommes à la recherche des solutions aux problèmes qui sont les leurs. Il est vrai qu'à cette époque ayant vu sa naissance et le contexte propre à cette époque, l'Etat était essentiellement régalien, car il fallait organiser et gagner la guerre contre d'autres communautés pour pouvoir subsister. Mais l'Etat n'est pas resté cette

organisation politique qui s'occupe seulement de la guerre, la diplomatie, la monnaie et la justice, parce que ses missions ont évolué, se sont adaptées aux nouveaux problèmes que son arène a connus : c'est l'Etat moderne-interventionniste du 19ème au 21ème siècle qui, tout en s'occupant des missions régaliennes (traditionnelles) dévolues à l'Etat, s'occupe aussi des missions sociales au profit de la population : problèmes de logement pour les nécessiteux, accueil des déplacés, soins de santé de qualité au profit des citoyens malades,…

Malheureusement, l'Etat n'a pas toujours été au rendez-vous des préoccupations sociales de la population, surtout en Afrique en général, et en République Démocratique du Congo en particulier. C'est ainsi qu'on observe une démission de l'Etat de plus en plus criante lorsqu'il s'agit des préoccupations sociales sus-évoquées.

La présence de la Mission de l'Organisation des Nations Unies pour la Stabilisation du Congo (MONUSCO) est la résultante incontestable de cette défaillance étatique. Signalons que, au Nord-Kivu, la même MONUSCO intervient aussi dans des projets de développement tel que la construction ou la réhabilitation des routes, des infrastructures scolaires ou sanitaires, pour ne citer que ceux-là.

L'histoire contemporaine nous révèle que la mission onusienne à travers les pays de la planète est consécutive ou, mieux, va de pair avec l'expansion de la mondialisation. Or, la mondialisation peut être conçue, à en croire Emile BONGELI, comme étant « le phénomène consistant à intégrer tous les pays du monde dans le mode de production dominant, en l'occurrence, le mode de production capitaliste libéral[1] ».

La RDC est un pays potentiellement riche de l'Afrique. Malheureusement, elle ne cesse de s'appauvrir, malgré ses fabuleuses richesses naturelles. Pierre PEAN en donne la description en nous rapportant un extrait du discours de Bill Richardson, alors Ambassadeur américain à l'ONU, le 05 Novembre 1997. Ce dernier montre combien hier comme aujourd'hui, Washington porte un intérêt particulier pour la RDC. Il a bien résumé les raisons de cet intérêt devant le Comité des relations internationales de la Chambre des Représentants :

« Le Congo est un élément essentiel des intérêts américains en Afrique. Ce pays renferme des opportunités économiques énormes. Treize pour cent du potentiel hydro-électrique mondial, vingt-huit pour cent des réserves mondiales de cobalt, dix-huit pour cent de diamant industriel, six pour cent de réserves de cuivre, de riches terres agricoles, une talentueuse et industrieuse force de travail, la moitié de la forêt africaine. Le moteur de la croissance du centre de l'Afrique est le Congo. Il est un pont entre les économies en voie de développement dans le Sud et l'Est de l'Afrique, et les nations pauvres de l'Afrique Centrale. La stabilité au Congo signifie la stabilité pour la plus grande partie de l'Afrique » [2].

Nous pensons que c'est ce qui explique l'intervention d'une multitude des pays occidentaux et de la MONUSCO en RDC sous le couvert de l'aide humanitaire, alors qu'ils sont plutôt motivés par le souci de piller les ressources de ce pays.

Selon certains analystes politiques, la difficulté de la RDC, c'est sa richesse. L'Est de la RDC est devenu la zone la plus meurtrière du monde. Les spécialistes considèrent que les guerres de l'est du Congo auraient fait plus de six millions des morts depuis 1997, beaucoup plus que le génocide lui-même. Il y a plus de 17000 soldats de l'ONU sur place ; c'est la plus grande opération extérieure des Nations Unies.

Dans la présente étude, nous considérons que dans tout pays, c'est à l'Etat (pouvoirs publics) que revient la fonction d'assurer la sécurité de la population et le maintien de la paix. Or, en RDC, la manière dont l'Etat se comporte à ces jours, fait apparaître ce dernier comme un Etat sinistré, défaitiste ou Etat-fantôme.

Partant des considérations précédentes, notre question centrale est celle de savoir quelle est la politique publique de l'Etat congolais en matière de maintien de la paix au Nord-Kivu. De cette question principale découlent les interrogations subsidiaires suivantes :

- Quel est l'état de lieux de la situation sécuritaire en RDC et particulièrement au Nord-Kivu sous la protection de la MONUSCO ?
- Quelles pistes de solutions envisager pour une meilleure action publique en matière de la sécurisation de la RDC ?

Ce sont donc là les questions autour desquelles tournera notre investigation.

[1] E. Bongeli Yeikolo ya Ato, *La mondialisation, l'Occident et le Congo-Kinshasa*, L'Harmattan, Kinshasa, 2011, p.21.
[2] P. Pean, *Carnages, les guerres secrètes des grandes puissances en Afrique,* Fayard, Paris, 2010, p.24.

La question posée sur un sujet est toujours une remise en cause de ce que l'on connaît d'avance.

Gordon MACE[3] présume que tous les spécialistes de méthodologie savent ce qu'est une hypothèse, mais ils ne la définissent pas toujours de la même façon. Aussi se propose-t-il de voir dans l'hypothèse une réponse anticipée que le chercheur formule à sa question spécifique de recherche. C'est pourquoi, face aux questions ci haut-formulées, nous émettons les hypothèses dont la teneur suit.

Il est de notoriété publique que l'Etat Congolais intervient de manière sporadique pour tenter de maintenir la paix sur son territoire. Le problème est que toutes ses actions ne sont pas bien coordonnées au niveau national d'abord, provincial et local ensuite. Ce qu'il y a absence d'une politique publique cohérente pour maintenir la paix au profit de sa population. L'Etat congolais devrait mettre sur pied des politiques publiques, au sens scientifique du terme, pour résoudre adéquatement la question de l'insécurité au Nord-Kivu en particulier et en RDC en général.

1. Il semble que les actions de la MONUSCO en RDC sont moins concluantes, moins déterminantes, moins fécondes pour l'assister durablement et de manière efficiente en fin d'éradiquer l'insécurité.
2. L'Etat ne prend pas en compte plusieurs aspects (politique, sécuritaire, social, culturel, budgétaire, …) dans différentes actions publiques qu'il déploie pour maintenir la paix. La mauvaise gestion de la sécurisation de la province du Nord-Kivu est susceptible, faute de réponses appropriées, de plonger tout le pays dans une situation plus grave. Pareille situation peut influer sur le fonctionnement d'autres pays et partant, de l'Afrique Centrale toute entière.

Dans le présent travail, nous avons fait usage de l'Analyse Stratégique comme approche méthodologique.

L'Analyse stratégique (AS)[**4**] est une méthode proposée par Michel CROZIER et Erhard FRIEDBERG pour analyser les organisations. Il s'agit de considérer des organisations comme des construits sociaux ayant des règles précises conformément aux objectifs de chaque organisation, règles qui président à l'action collective des acteurs impliqués.

Il est donc question dans ce travail de se poser la question de savoir pourquoi la MONUSCO agit beaucoup plus en RDC et plus particulièrement au Nord-Kivu. Est-ce la compassion pour la population congolaise qui la pousse à s'y éterniser, ou des intérêts inavoués ? L'analyse stratégique nous permet donc d'analyser les faits politiques et sociaux en profondeur, en essayant de nous faire sortir du sensationnel et de l'émotif, pour nous ramener au rationnel et au réel.

Par rapport aux techniques utilisées dans ce travail, nous nous sommes servi de l'enquête par interview et de la technique documentaire. Signalons aussi qu'il s'agit d'une observation participante étant donné que nous faisons partie de cette population victime de l'insécurité.

2 DE LA QUESTION SECURITAIRE AU NORD-KIVU

Au Nord-Kivu, l'insécurité ne se définit pas, elle est vécue au quotidien et partout. Elle est dans les ruelles non éclairées et dans les maisons en ville, elle est sur les routes, elle est dans les campagnes. Elle va du vol d'un téléphone au meurtre, en passant par des formes intermédiaires. Elle est le fait des militaires, des policiers, des civils, des bandes armées étrangères et nationales. Toute la communauté provinciale est impliquée dans cette problématique parfois comme « acteur », souvent comme « victime ». Des statistiques contradictoires sont avancées, des milieux sont désormais réputés pour leur caractère meurtrier, constate Pole Institute[5].

Nombre de chercheurs s'interrogent sur les mobiles cachés qui motiveraient l'engouement des forces onusiennes dans la partie Est de la RDC sans y ramener la paix tant recherchée par la population. Certains pensent que la MONUSCO en RDC joue au sapeur-pompier de l'incendie qu'elle a elle-même entretenu. A tel enseigne qu'Emile BONGELI, en parlant des humanitaires, affirme sans ambages[6] : « Par contre, on laisse subsister les organisations de type humanitaire, instrumentalisées par les

[3] G. Mace, *Guide d'élaboration d'un projet de recherche*, De Boeck, Bruxelles, 1993, p .35.

[4] H. Saoud, *La contribution de l'analyse sociologique de Michel Crozier au Management Public*, in www.wikipedia.org.

[5] Pole Institute, « *La sécurité, base du développement durable au Nord-Kivu : quelles stratégies mettre en place ? »* in *Fissure*, Goma, Avril 2007, p5

[6] O. Ukelo, « De l'action humanitaire à l'humanitarisme », in *Analyses Sociales,* Vol X, Octobre 2007, pp.69-71, cité par E. Bongeli, *La Mondialisation, l'occident et le Congo-Kinshasa*, L'Harmattan, Kinshasa, 2011, p.68.

grandes puissances pour panser les plaies et enterrer les morts causées par le cynisme néolibéral : c'est le cas des institutions comme l'UNICEF, le HCR, la Croix Rouge Internationale, et autres *machins* onusiens ou privés, telles les fameuses ONG de tous les espoirs déçus (Amnesty International, OXFAM, Médecins Sans Frontières, Human Rights Watch, diverses fondations…). Ces ONG internationales ou nationales sont munies, dans leur mission d'accompagner la machine néolibérale, de précieux et fascinants principes humanitaires (droits humains, développement, liberté, lutte contre la pauvreté, violences faites à la femme, lutte contre la maladie…) à l'instar des missionnaires chrétiens qui, Bible à la main et pieuses intentions à la bouche, avaient accompagné les mémorables et… violentes et sanglantes conquêtes coloniales. En prévision des désastres, les *urgentistes*[7] de tout bord sont prêts à intervenir, avec les boîtes de conserve, cartons de céréales et bouteilles d'eau, le tout estimé en tonnes d'aide humanitaire d'urgence ».

François MUKOKA SENDA, parlant des défis de la paix et de sécurité humaine en RDC, constate aussi qu'il arrive que l'insécurité humanitaire soit malheureusement entretenue par l'aide humanitaire dont la logique veut qu'elle soit plutôt une aide intéressée, voire sélective[8].

Dans la même perspective, Émile BONGILI, constate que le catéchisme antiétatique de la mondialisation prêche la suppression de l'État providence. Il s'agit, en fait de mettre fin à une certaine forme d'État, singulièrement, l'Etat-Nation interventionniste qui gênerait les mouvements des capitaux par l'interférence dans les affaires[9].

La complexité de l'insécurité se traduit également par son caractère multiforme. Celle-ci revêt en effet plusieurs formes dont nous pouvons tenter d'en épingler certaines.

2.1 FORMES D'INSÉCURITÉ

On ne peut mettre l'insécurité dans un même panier pour ne pas échapper à l'exercice consistant à rétablir les responsabilités. Il est ainsi important de différencier l'insécurité due à la délinquance normale telle qu'elle se vit dans toutes les villes du monde de celle générée par la faillite des pouvoirs publics commis à la sécurisation des citoyens. Cette deuxième catégorie est caractéristique d'un système où l'Etat est en faillite, où les services ont arrêté de fonctionner ou, quand ils fonctionnent, ils le font de manière perverse. Et cette perversité atteint son sommet lorsque les services de sécurité se transforment en services d'insécurité. Cela se vit quotidiennement, hélas, dans certains coins de la province[10].

Jean-Jacques Rousseau soulignait que la guerre n'était pas une relation d'homme à homme, mais une relation d'Etat à Etat. Le concept de guerre renvoie à un acte collectif, porteur d'un sens pour la communauté toute entière : chez les Grecs, on distinguait ainsi *polemos,* la guerre contre les barbares étrangers, qui est compréhensible stratégiquement, de *stasis,* la guerre civile, qui était considérée comme devant être évitée[11].

La RDC bat le record dans ces deux types de guerres ayant pour conséquences, entre autres les déplacements massifs des populations.

Emile BONGELI nous enseigne qu'en temps de paix, la guerre est perçue comme immorale car elle vise la destruction de la vie humaine et la soumission des vaincus à la force brutale et arbitraire du vainqueur, alors que la morale en vise la conservation et la promotion. En temps de guerre donc, la sauvagerie humaine, pire que sa version bestiale, s'exprime par des meurtres, des pillages, des destructions, des mensonges, des tortures, des viols et d'autres formes d'humiliations à l'encontre des vaincus définis comme ennemis à abattre[12]. C'est ce que la province du Nord-Kivu vit depuis bientôt trois décennies.

Emile BONGELI encourage donc chaque Etat à se doter d'une armée forte et dissuasive en disant qu'« un peuple sans défense n'a droit qu'à une existence éphémère commanditée, telle que voulue et autorisée par les peuples forts. Il est donc irresponsable et suicidaire pour un pays de se priver du devoir sacré de se doter d'une structure de défense autonome et efficace sous prétexte de compter sur des protections étrangères, fussent-elles onusiennes ».

---

[7] L'*urgentisme,* comme concept vise toutes les actions et spécialités diverses liées à la pratique de gestion des urgences humanitaires qui surviennent en cas de désastre naturel ou provoqué.

[8] M. Senda, « Les défis politiques majeurs de l'Afrique de demain » in *Analyses sociales,* Volume X, Kinshasa, Octobre 2007, p.8.

[9] E. Bongeli, op. cit., p.23.

[10] Pole Institute, *op.cit*, p.23.

[11] D. Alcaud *et al*., *Dictionnaire de Sciences Politiques et Sociales*, Dalloz, Paris, 2004, p.151.

[12] E. Bongeli*, La mondialisation, l'occident et le Congo-Kinshasa*, p. 180.

Parlant de la guerre au Nord-Kivu, Emile BONGELI nous renseigne que « le Congo reste confronté à une crise militaire. Héritières de la mémorable Force Publique coloniale qui s'était distinguée par des hauts faits d'armes durant les deux guerres mondiales, les différentes armées du Congo ont brillé par leur incapacité chronique à protéger le pays et à garantir son intégrité territoriale. Aucune victoire militaire n'a été enregistrée sans l'apport des alliés étrangers malgré la présence des officiers aux titres scolaires élogieux, obtenus dans des meilleures écoles et académies militaires du monde. Nos armées ont détalé face à des agresseurs aussi minuscules que le Rwanda et l'Uganda voisins, reculé devant les rebelles sans armes à feu (comme ceux de 1964), tourné le dos à l'ennemi au premier coup de feu… »[13].

Les recherches ont démontré que « les conflits armés et le viol auxquels est soumise la population du Nord-Kivu, en RDC, engendre le syndrome psychotraumatique. Cette population présente le sentiment d'impuissance, la peur intense et d'horreur au regard de l'intensité des émotions ressenties à la suite de stresseurs »[14]. A cause de la guerre au Nord-Kivu, « l'éducation ne semble plus être considérée comme prioritaire. Les indicateurs signalent fréquemment un repli marqué de l'accès aux services éducatifs et de leurs qualités, à mesure que l'intensité de la violence croît »[15].

2.2 DES AFFRONTEMENTS AU NORD-KIVU

Suite à l'insécurité, avec la présence onusienne, plusieurs grandes vagues de déplacements forcés dans la province du Nord Kivu ont été enregistrés, notamment :

- **En 1993**, lors des conflits entre des groupes armés représentant les tribus locales (Hunde, Nyanga et Nande) d'un côté et les Banyarwanda (Hutu et Tutsi) de l'autre, dans le territoire de Masisi, principalement pour le contrôle des terres et du pouvoir politique. Le déplacement massif des populations qui a suivi ces attaques a conduit à la création de plusieurs enclaves ethniquement homogènes dans les territoires de Masisi et de Rutshuru.
- **En 1996**, les forces gouvernementales rwandaises, alliées à l'Alliance des forces démocratiques pour la libération du Congo (AFDL), une coalition de groupes armés zaïrois menés par Laurent-Désiré Kabila, ont envahi les deux Kivu, à la poursuite des combattants rwandais Hutu, de leurs bases et de leurs partisans présumés. De 1993 à 1996, 100 000 à 250 000 personnes ont été déplacées dans le Nord Kivu, et 70 000 à 100 000 sont mortes suite aux violences engendrées par ces affrontements armés.
- **En août 1998**, un conflit entre les anciens alliés étrangers rwandais et ougandais a éclaté à Kisangani, chef-lieu de la province de la Tshopo, et a provoqué de nombreux déplacements à l'est de la RDC.
- **De 1998 à 2003**, de nombreux combats entre différents groupes rebelles ont été à l'origine des déplacements massifs au Nord Kivu. Le nombre des déplacés au Nord Kivu a atteint plus de 760.000 personnes à la fin 2001, et plus de 1.2 millions en fin 2003.
- **En 2004**, le Général Laurent NKUNDABATWARE a quitté l'armée congolaise pour créer le Congrès National pour la Défense du Peuple (CNDP) dont l'objectif officiel est de protéger la minorité Tutsi au Congo (concentrée au Nord Kivu) contre les Forces démocratiques pour la libération du Rwanda (FDLR), qui ont remplacé les ex-FAR/Interhamwe, inclues des personnes accusées d'avoir pris part au génocide au Rwanda en 1994.
- **En 2007**, des combats ont éclaté suite à l'échec du compromis entre le gouvernement et le Général rebelle Laurent NKUNDA, qui avait consenti à une forme d'intégration limitée appelée « mixage » de ses troupes dans l'armée. Plus de 143 000 personnes ont alors été déplacées en l'espace d'un mois au Nord-Kivu, selon OCHA. En novembre 2007, la RDC et le Rwanda ont signé un accord à Nairobi concernant le désarmement des FDLR, sans résultats immédiats.
- **En janvier 2008**, le gouvernement et 22 groupes armés, y compris le CNDP et plusieurs groupes locaux Mai Mai, ont signé un accord de cessez-le-feu à Goma. Selon cet accord, tous les groupes armés devaient être désarmés, démobilisés et

[13] E. Bongeli Yeikelo ya Ato, *Sociologie et sociologues africains. Pour une recherche sociale citoyenne au Congo Kinshasa*, L'Harmattan, Paris, 2001, p.157.
[14] M. Otita Likongo, *Guerre et viol. Deux faces de fléaux traumatiques en République Démocratiques du Congo*, L'Harmattan, Paris, 2015, p.154.
[15] V. Issibe, *Armes légères et groupes armés en Afrique subsaharienne. Effet pernicieux sur le développement économique et social*, L'Harmattan, Paris, 2013, p.208.

réintégrés dans la société, ou intégrer l'armée. Les parties à l'accord devaient soutenir le retour des réfugiés et des déplacés. Les actes de violence et les mouvements de déplacement ont augmenté dans la deuxième moitié de 2008, suite à de nouveaux combats entre l'armée et le CNDP. Les troupes du CNDP ont progressé vers Goma, alors que l'armée semblait en débandade et que de nombreux soldats s'adonnaient au pillage.

- **En novembre 2008**, les Présidents congolais et rwandais ont signé un accord qui a mené à l'arrestation du chef du CNDP par le Rwanda, à une opération conjointe contre les FDLR au début 2009, et à la signature d'un accord entre le gouvernement congolais et le CNDP en mars 2009, accord selon lequel le CNDP formerait un parti politique, et ses troupes rejoindraient celles de l'armée et la police.
- **En 2009**, une série d'opérations de l'armée congolaise contre le FDLR, avec le soutien logistique de la mission des Nations Unies de maintien de la paix au Congo (MONUC) ont eu lieu. Les FDLR et plusieurs groupes armés Mai Mai ont commis de nombreuses attaques de représailles contre les communautés civiles, causant la mort de plus de 1000 civils en 2009, le viol de 7000 femmes et filles, et le déplacement forcé de près de 900 000 personnes aux Nord et Sud Kivu.
- **En 2011 et début 2012**, bien que les mouvements des populations soient moins importants au Nord-Kivu que dans les années 2007-2009, bien des personnes continuent de fuir les attaques sporadiques des groupes armés, à savoir les FDLR, divers groupes Mai Mai ainsi que d'autres groupes armés plus petits, notamment à la faveur du retrait temporaire des FARDC de certaines zones dans le cadre de leur restructuration, mais aussi les exactions des FARDC. Dans la seconde moitié de 2011, l'armée a réduit ses opérations contre les groupes rebelles dans le Kivu, et les FDLR considérés comme militairement affaiblis, de nombreux combattants ayant été démobilisés. A dater du mois de novembre 2011, il y avait environ 514 630 déplacés au Nord-Kivu, sur un total d'environ 1.7 million de déplacés en RDC. Les territoires accueillant le plus de déplacés étaient ceux du Lubero (186 810 déplacés), Masisi (169 673 déplacés), Beni (81 208) et Walikale (74 529).

Les atrocités dramatiques en 2013 qui ont été à la base aussi, jusqu'à l'heure actuelle, de déplacements des milliers de personnes sont celles perpétrées par la rébellion du M23.

«*Les rebelles du M23 sont en train de commettre une horrible série de nouvelles atrocités dans l'Est de la RD Congo*», a déclaré Anneke Van Woudenberg, chercheuse senior à la division Afrique de *Human Rights Watch*, dans un rapport publié en 2013. Pour Anneke Van Woudenberg, «*les commandants du M23 devraient être contraints de rendre des comptes pour ces crimes, et les autorités rwandaises qui soutiennent les commandants responsables d'exactions pourraient être traduits en justice pour complicité de ces crimes*». Selon ce rapport, les rebelles du M23 sont responsables de crimes de guerre commis à grande échelle, y compris des exécutions sommaires, des viols et recrutements de force. Trente-trois jeunes hommes et des garçons qui ont tenté, dernièrement, de quitter les rangs des rebelles ont été exécutés.

Human Rights Watch a basé ses affirmations sur des entretiens, menés de Mai à Septembre, avec 190 personnes : des victimes congolaises et rwandaises, des membres des familles de victimes, des témoins, des autorités locales ainsi que des combattants et anciens combattants du M23[16].

2.3 PHÉNOMÈNE ADF-NALU

Les atrocités les plus dramatiques à l'heure actuelle, sont les massacres successifs perpétrés sur la population des territoires de Beni et de Lubero. Les rebelles ADF sont accusés de massacrer cette innocente population.

Le 14/08/ 2016 à 12h50, la radio OKAPI diffuse les informations suivantes : « *Les rebelles ADF sont accusés d'avoir massacré, samedi 13 août, environ trente-six personnes, au quartier Rwangoma, à Beni-ville* ». Nous avions interrogé le même jour les sources sûres sur place qui nous avaient signifié que le nombre de morts était supérieur à deux cents.

Pour la société civile, les forces de sécurité auraient pu empêcher ces massacres car la population avait déjà signalé la présence de ces rebelles dans la ville quelques heures auparavant.

« *Nous disons toujours aux forces de la sécurité qu'il faut mettre une forte ceinture autour des grandes agglomérations. A Beni, Oicha, à Mbau. Apparemment, on ne sent pas cela. Et on l'a toujours dit, il ne faut pas subir les évènements, mais plutôt*

[16]Rapport de Human Rights Watch sur les crimes commis par le M23 à l'Est de la RD-Congo, Goma, le 11 septembre 2012.

les précéder. Puisqu'ils (les rebelles ADF) sont venus jusque dans le cœur de la Commune Beu jusqu'à côté du quartier Rwangoma » a dénoncé le Président de la Société Civile de Beni, Pasteur Gilbert KAMBALE.

La population en colère est descendue dans la rue pour protester contre ces massacres et demande la démission de certaines autorités du pays.

Ce dernier massacre est perpétré deux mois après que la société civile avait organisé trois journées ville morte. Ils revendiquaient pour la n^{ième} fois le départ des ONG internationales et de la MONUSCO.

Des protestations contre la MONUSCO et les ONG internationales ont plusieurs fois eu lieu dans presque tous les territoires de la province. La population se demande pourquoi le gouvernement force ou mieux contraint la population à accepter de cohabiter avec des gens indésirables. La population a déjà compris que ces « *soit disant humanitaires* » comme elle les appelle, interviennent seulement pour leur propre profit et non pour soulager leurs souffrances. Même la population paysanne affirme que c'est la MONUSCO qui est à la base de l'insécurité dans la province du Nord-Kivu tout simplement parce que toutes les exactions se déroulent à leur su et vu.

« *Ce ne sont pas les rebelles ougandais qui massacrent la population à Beni, c'est le M23 qui se déguise en rebelles ougandais pour faire des massacres afin d'occuper l'Est de la RDC et y installer la population rwandaise, c'est la machine de la balkanisation qui est en marche* » nous a relaté un habitant de Beni.

Au regard de cette situation sombre qui perdure malgré la présence des forces onusiennes, nous tentons d'envisager quelques pistes de solutions pour que se rétablisse une paix durable et permanente au Nord-Kivu.

3 PISTES DE SOLUTION AU REGARD DE L'INSECURITE

3.1 RÔLE IRREMPLAÇABLE DE L'ETAT

L'Etat est la seule institution légitime qui peut engager des actions appropriées pour sortir le pays de la forte dépendance dans laquelle elle a été enveloppée. Ceci est valable pour toutes les Nations du monde, comme le reconnaissent aujourd'hui les plus durs partisans de la mort de l'Etat[17].

Dans le cas bien précis, celui de l'insécurité en RDC, nous pensons avec Yash Tandon que l'Etat Congolais ne doit pas sous-estimer la valeur de son propre peuple, de son intelligence et de son ingéniosité, la valeur du travail de ses ouvriers et paysans, de sa jeunesse comme celle de ses ressources naturelles[18] et surtout de son armée. Ainsi nous proposons des pistes de solutions. Nous sommes confiants que l'Etat congolais est en mesure de s'en sortir sans recourir à l'aide extérieure ou de la MONUSCO.

3.2 COMMENT S'EN SORTIR ?

La RDC est entrée dans l'histoire moderne non pas en tant qu'une colonie, comme la plupart des Etats africains, mais comme Etat indépendant jouissant de la souveraineté internationale. Mais cela ne fut qu'une fiction du droit public internationale. Car l'Etat indépendant du Congo était bien pire qu'une colonie normale, étant en réalité une propriété personnelle du roi Léopold II[19].

En parlant de l'insécurité, Federico MAYOR[20] indique que paix, développement et démocratie forment un triangle interactif. Chacun de ces trois éléments est tributaire des deux autres. Sans démocratie, il n'y a pas de développement durable : les disparités deviennent insupportables et débouchent sur la contrainte et la domination. Cet auteur pense que le système des Nations-Unies devra se doter aussi de la capacité de réaction et des dispositifs appropriés pour éviter que ne se répètent

17 E. Bongeli, *op.cit*, p.162.
18 Y. Tanton, *En finir avec la dépendance à l'aide*, CETIM - Pambazuka Press - Centre Sud, Genève, 2009, p.13.
19 G. Nzongola-Ntalaja, Faillite de la gouvernance et crise de la construction nationale au Congo-Kinshasa, ICREDES, Kinshasa, Montréal, Washington, 2015, p. 43.
20 F. Mayor, *Le droit de l'être humain à la paix, déclaration du directeur général*, UNESCO, janvier 1997, p. 5.

ces atrocités et ces génocides qui hantent notre conscience collective : le Cambodge, la Bosnie-Herzégovine, le Libéria, la Somalie, le Rwanda, etc.[21]

Cette idée de Frederico Mayor reste passable dans l'optique occidentaliste. Mais quand on se situe du côté des victimes congolaises, la vraie question est celle de la responsabilité de l'Etat congolais doublée de l'auto-prise en charge. Comment expliquer et comprendre que l'Etat Congolais soit incapable d'assurer la sécurité de sa population ?

C'est ici que nous prônons avec Emile BONGELI un Etat fort et responsable, capable de mater toutes les velléités des guerres à l'est de la RDC. A ce propos Emile BONGELI pense qu'« il existe des secteurs vitaux relevant des souverainetés nationales, que les privés des pays pauvres sont trop faibles pour prendre en charge. Seul l'Etat, par le jeu de mobilisation et de centralisation des recettes nationales collectées par toute sorte de voies qui impliquent une participation de chaque citoyen selon ses revenus, seul l'Etat dont le Trésor constitue une caisse de solidarité nationale peut s'occuper des domaines de base nécessitant de lourds investissements non immédiatement rentables sur le plan financier, mais économiquement et socialement indispensables, seul l'Etat qui dispose de la violence légitime de la puissance publique... seul cet Etat peut jouer le leadership pour changer de façon significative l'ordre des choses existant pour le bien de tous »[22].

La sécurité implique la mise en service d'une armée citoyenne productive en temps de paix et combative en cas de guerre. Des militaires bien payés et rationnellement utilisés peuvent assurer la paix par la dissuasion (en période d'accalmie) ou la combativité (en cas de guerre). Ils peuvent contribuer à la véritable éradication de la pauvreté grâce à leur pouvoir d'achat et à leur participation à la création de la richesse collective. L'armée constitue un fourre-tout : intellectuels de très haut niveau comme semi-lettrés ou illettrés peuvent y trouver leur compte et se rendre utiles à la nation[23].

L'on se pose la question de savoir si l'Afrique n'a pas, en dehors des solutions étrangères, des alternatives pour faire face aux problèmes sécuritaires. SANOU MBAYE prône une défense commune, consistant à créer une force africaine qui permettrait d'assurer une réelle indépendance au continent et éviterait l'instrumentalisation des conflits par des forces occidentales qui, justifiant leurs interventions militaires par des préoccupations humanitaires, perpétuent leur domination et leur accès facile aux matières premières dont regorgent le sous-sol du continent. Cet auteur aboutit à la conclusion selon laquelle si l'Afrique veut assurer et maintenir la paix et la stabilité le long de ses frontières, elle doit s'efforcer, en tout premier lieu, d'être indépendante idéologiquement.

Cela passe, selon le président Yoweri Museveni, par le partage d'une vision commune d'une force africaine et la création d'une armée crédible qui pourrait garantir l'avenir, en remplacement des armées nationales. Une initiative, d'autant plus opportune, que les bilans des armées nationales existantes se mesurent généralement aux conflits et aux guerres auxquelles elles ont été mêlées, ainsi qu'aux coups d'Etat qu'elles ont perpétrés depuis les « indépendances ». En fait, avec une force commune, l'Afrique pourrait régler toutes ses crises en s'appuyant sur les traités de défense commune et en se plaçant sous l'autorité du Conseil de paix et de sécurité de l'Union Africaine[24].

Nous adhérons aux idées de SANOU MBAYE tout en soulignant qu'un tel macro-projet ne peut réussir que s'il y a la manifestation de la volonté politique de tous les Etats africains.

L'insécurité au Nord-Kivu est consécutive au dysfonctionnement des pouvoirs publics ; la sécurité dépendra donc essentiellement de la réaction ou mieux, du pouvoir que les institutions étatiques vont devoir exercer dans ce contexte politique.

Les autorités provinciales devraient placer ce problème au centre de leurs préoccupations, elles devraient changer leur manière de gouverner en s'impliquant dans une politique de partenariat social entre le pouvoir et le citoyen. Comment, après toutes ces années de peur, réconcilier pouvoir politique, pouvoir armé et civil, dans une relation de confiance, pour édifier un Nord-Kivu apaisé ? Quelles actions réalistes devraient-elles être envisagées au niveau local, au niveau national, au niveau régional et au niveau international, chacun selon ses capacités, pour sortir cette province et la RDC de l'ornière ? S'interroge Pole Institute.

---

21 *Ibidem*.

22 E. BONGELI, *D'un Etat bébé à un Etat congolais responsable*, *op.cit.*, p.87.

23 E. Bongeli, *D'un Etat bébé à un Etat Congolais responsable*, p.133.

24 S. Mbaye, *L'Afrique au secours de l'Afrique*, Ouvrières, Paris, 2009, pp.160-161.

La construction de la sécurité est un processus quotidien, mais qui s'inscrit dans la durée. Cependant, un premier effort consisterait à identifier les facteurs à la base de l'insécurité avant d'envisager des pistes de solution. La dernière étape qui concerne tout le monde, du gouvernement au simple citoyen, en passant par les services spécialisés (armée, police, etc.) relève de la création : il s'agit d'inventer des actions susceptibles de réduire l'insécurité.

3.3 QUELQUES FACTEURS À PRIVILÉGIER

Plusieurs facteurs concourent à l'exacerbation de l'insécurité en RDC en général et dans la province du Nord-Kivu en particulier. Certains de ces facteurs relèvent du domaine politique et sont la résultante naturelle d'une gouvernance inefficace qui s'est installée depuis des décennies. D'autres facteurs à la base de l'insécurité sont d'ordre économique et vont du simple larcin à la criminalité à grande échelle pratiquée par les bandes armées et/ou le pouvoir[25].

3.3.1 FACTEURS POLITIQUES

Dans cette situation vécue à l'Est la RDC, l'Etat est lui-même devenu un facteur d'insécurité. En effet, lorsque l'Etat est dans l'incapacité de faire face à ses obligations régaliennes, notamment en matière de « monopole de la violence », la voie est ouverte à tous les dérapages possibles. Pour s'assurer ce monopole, l'Etat doit prendre correctement en charge l'armée, et les services de sécurité (ANR, DGM) en leur assurant des soldes décentes, des conditions de vie dignes pour leurs familles et pour eux-mêmes et de bonnes conditions de travail. Si le minimum de ces conditions n'est pas garanti, les forces de l'ordre se muent en services d'insécurité et la violence s'installe partout, dans les maisons, sur les routes[26].

Les autorités politiques nationales devraient doubler d'effort pour doter le pays d'un budget conséquent susceptible d'allouer des sommes suffisantes pour les dépenses de l'armée et de la police : la logistique militaire perfectionnée, la formation à pointe, les soldes suffisantes, …

L'institution de la corruption ainsi que l'impunité érigée en système sont à la base de la pérennisation de l'insécurité dans le sens où les coupables d'actes répréhensibles sont très rarement punis. C'est ici qu'il faut fustiger et condamner la loi n° 14/006 du 11 février 2014 portant amnistie pour faits insurrectionnels, faits de guerres et infractions politiques qui prévoit à son article premier : « Sont amnistiés les faits insurrectionnels, les faits de guerres et infractions politiques commis sur le territoire de la République Démocratique du Congo au cours de la période allant du 18 février 2006 au 20 décembre 2013 ». Au motif de renforcer la cohésion nationale, nous pensons que de telles lois ne font qu'encourager des seigneurs des guerres qui ont endeuillé des milliers de familles à l'Est. Au lieu de récompenser des criminels, il faut plutôt les sanctionner pour afin espérer une certaine stabilité à l'Est de la RDC.

Le système judiciaire étant tout autant paupérisé que le reste de l'administration publique, ses animateurs sont très vulnérables et ne constituent donc pas un rempart contre la criminalité. La faillite de l'autorité étatique est également à la base de la consolidation politico-administrative et socio-économique des FDLR, ADF-NALU et autres forces négatives étrangères[27].

Au niveau local, les populations de la province pâtissent et souffrent surtout lorsqu'il s'agit de trouver des solutions aux problèmes sécuritaires locaux. Ainsi, les institutions localement établies n'ont pas été associées aux négociations ayant donné naissance au principe de mixage entre les FARDC et les insurgés.

Au niveau sous-régional, l'on ne peut ignorer l'effet contagion de l'insécurité : les conflits dans les pays de la sous-région occasionnent l'afflux des troupes étrangères sur le territoire congolais, notamment les forces ougandaises et rwandaises pour ce qui est du Nord et Sud-Kivu. Seul un leadership fort et responsable de l'Etat congolais peut le réhabiliter comme un acteur redoutable et craint dans la sous-région.

Comme le dit d'ailleurs Emile BONGELI, chaque peuple tend à se confirmer collectivement face aux ou contre les autres peuples, en raison directe du degré de force (économico-financière, politico-militaire ou intellectuelle) qu'il peut déployer pour

[25] Pole Institute, op cit, p.16.
[26] Pole Institute, op cit, p.16.
[27] Pole Institute, op cit, p.17.

ce faire[28]. Et à NZEGE ALANZIAMBINA de renchérir : « *Le degré de personnalité d'un Etat dépendra du degré de force dont il dispose* ».[29] Ceci nous incite à affirmer sans ambages que l'Etat congolais doit être refondé pour devenir véritablement un Etat dont la puissance s'affirme dans la sous-région. Cette puissance est un idéal auquel aspirent tous les peuples (Etat). « *La hantise de la disparition entraine la volonté des puissances. Celle-ci peut se faire et se défaire, mais c'est elle qui détermine la responsabilité des peuples* », dit Emile BONGELI.

3.3.2 POLITIQUES OU STRATÉGIES ÉCONOMIQUES

Les politiques économiques ou stratégies économiques qui peuvent contribuer à la pacification de la province du Nord-Kivu sont entre-autres :

- L'exploitation et la mise en valeur des ressources dont dispose le Nord-Kivu peuvent constituer un des piliers de sa pacification. Les énormes ressources imputées au Nord-Kivu constituent une des causes principales de convoitises étrangères. Ces ressources méritent d'être exploitées, rentabilisées au profit de la communauté pour ainsi constituer un des facteurs du démarrage économique de la province.

Non ou mal exploitées, ces ressources se transforment en un danger permanent pour les populations (le gaz méthane et autres minerais qui attirent les convoitises) ou constituent une des causes de disputes entre factions qui cherchent à s'attribuer des concessions à exploiter. C'est le cas de plusieurs groupes rebelles qui se sont érigés dans la province autour des carrés miniers. L'Etat a la mission d'identifier clairement les acteurs œuvrant dans le domaine minier, fixer les règles devant régir les exploitants miniers. Ici donc, l'Etat a un grand rôle de bien rationaliser l'exploitation des ressources minières.

- **L'emploi**

L'emploi constitue un des facteurs clés qui contribuent à la stabilisation d'une communauté. Parmi les échecs de l'Etat congolais les plus perceptibles, le manque d'emploi occupe une des places non-négligeables. Cette réalité touche l'ensemble des provinces de la RDC : un chômage des masses sans une politique en matière d'emploi.

Le chômage des masses peut constituer un motif de frustration, d'instrumentalisation incitant ainsi l'enrôlement des milliers de sans-emplois à s'approcher des groupes rebelles qui proposent une certaine rémunération. L'Etat congolais devrait mettre en œuvre des politiques publiques en matière d'emploi tel qu'assainir les milieux des affaires pour inciter les investisseurs à s'installer au Nord-Kivu et résorber une partie de sans-emplois en leur éviter la tentation de rejoindre les groupes armés.

L'Etat devrait assainir ses services publics en contrôlant et en maitrisant les effectifs, procéder à la retraite, le cas échéant et empocher de nouvelles unités que l'Etat se doit de bien rémunérer.

- **La construction des infrastructures**

Elle peut s'avérer utile dans la pacification du Nord-Kivu. D'ailleurs Emile BONGELI est parmi ces chercheurs qui affirment que les infrastructures constituent le secteur qui réclame une prise en charge publique tant pour sa conception que pour sa réalisation. Il s'agit d'un secteur qu'il est dangereux de laisser à la merci des financiers internationaux[30].

La construction des routes, chemins de fer, voies maritimes dans des milieux enclavés peut permettre au pouvoir public de disposer de toutes les informations nécessaires et de contrôler efficacement l'ensemble du territoire. Outre ces infrastructures précitées, la construction d'écoles, d'hôpitaux, centres de santés, terrains de loisir, espaces verts … peut se révéler avantageux pour l'épanouissement et l'entente entre plusieurs communautés différentes. D'où le sens profond de la maxime : « La route du développement passe par le développement de la route ».

[28] E. BONGELI, « Primat de l'intérêt collectif sur les intérêts individuels comme condition de paix et de développement durables en RDC » in *Analyses Sociales,* Kinshasa, VOLUME X, octobre 2007, p.15.
[29]NZEGE ALANZIAMBINA, *Intelligence et guerre*, cité par Emile BONGELI, op cit, p.15.
[30] E. BONGELI, art. cité, p.24.

4 CONCLUSION

Notre principale préoccupation était de nous instruire sur le rôle de l'Etat Congolais face aux interventions de la force onusienne au Nord-Kivu.

Au vu des résultats de notre analyse, il parait urgent que les autorités politiques s'efforcent de mettre sur pied une armée républicaine forte pour restaurer la paix et la bonne gouvernance car sans ces dernières, aucun progrès ne peut être envisagé. Ainsi, ce phénomène de l'insécurité et de tueries pourra être éradiqué en RDC et plus particulièrement au Nord-Kivu.

Quant à la MONUSCO pour restaurer la paix en RDC, il faut une remise en question fondamentale de son « appui » qui n'est rien d'autre qu'une entreprise permettant aux grandes puissances de prendre en otage la RDC et la maintenir constamment dans la perpétuelle dépendance, aux fins de servir leurs intérêts.

Enfin, pour paraphraser Emile Bongeli, l'Etat congolais devrait s'efforcer de quitter le stade « *D'un Etat-bébé pour passer à celui d'un Etat congolais responsable* » au service de sa population.

L'Etat congolais devra donc se doter d'une armée forte et dissuasive pour pacifier son territoire. Cette mission de pacification revient avant tout et pour tout à l'Etat congolais qui ne peut s'y dérober sans courir le risque de laisser sa population à la merci de n'importe quel pacificateur et donc de le laisser mourir à petits feux.

Le phénomène de tuerie, du terrorisme au Nord-Kivu est une question qui préoccupe compte tenu de son ampleur et de sa récurrence. Investir sur cette question exige d'aller en profondeur car il semble bien un arbre qui cache la forêt. Au-delà de cette question, se pose celle plus complexe de la gouvernance de l'Etat.

Reconstruire la paix au Nord-Kivu passe d'abord par la reconstruction de l'Etat. Si la RDC disposait d'une armée forte digne de ce nom, le problème de la sécurité ne se poserait pas comme c'est le cas actuellement en RDC.

REFERENCES

[1] E. BONGELI YEIKOLO YA ATO, *La mondialisation, l'Occident et le Congo-Kinshasa*, L'Harmattan, Kinshasa, 2011.
[2] E. BONGELI YEIKELO YA ATO E., *Sociologie et sociologues africains. Pour une recherche sociale citoyenne au Congo Kinshasa*, L'Harmattan, Paris, 2001.
[3] D. ALCAUD, Laurent BOUVET et al., *Dictionnaire de Sciences Politiques et Sociales*, Dalloz, Paris, 2004
[4] V. ISSIBE, *Armes légères et groupes armés en Afrique subsaharienne. Effet pernicieux sur le développement économique et social*, L'Harmattan, Paris, 2013.
[5] S. MBAYE, *L'Afrique au secours de l'Afrique*, Ouvrières, Paris, 2009.
[6] G. MACE, *Guide d'élaboration d'un projet de recherche*, De Boeck, Bruxelles, 1993.
[7] F. MAYOR, *Le droit de l'être humain à la paix, déclaration du directeur général*, UNESCO, janvier 1997.
[8] G. NZONGOLA-NTALAJA, *Faillite de la gouvernance et crise de la construction nationale au Congo-Kinshasa*, ICREDES, Kinshasa, Montréal, Washington, 2015.
[9] M. OTITA LIKONGO, *Guerre et viol. Deux faces de fléaux traumatiques en République Démocratiques du Congo*, L'Harmattan, Paris, 2015.
[10] Pole Institute, « *La sécurité, base du développement durable au Nord-Kivu : quelles stratégies mettre en place ? »* in *Fissure*, Goma, Avril 2007.
[11] P. PEAN, *Carnages, les guerres secrètes des grandes puissances en Afrique,* Fayard, Paris, 2010.
[12] M. SENDA, « les défis politiques majeurs de l'Afrique de demain » in *Analyses sociales,* Volume X, Kinshasa, Octobre 2007.
[13] Y. TANTON, *En finir avec la dépendance à l'aide*, CETIM - Pambazuka Press - Centre Sud, Genève, 2009.
[14] O. UKELO, « De l'action humanitaire à l'humanitarisme », in *Analyses Sociales,* Vol X, Octobre 2007.
[15] E. BONGELI, *La Mondialisation, l'occident et le Congo-Kinshasa*, L'Harmattan, Kinshasa, 2011.
[16] Rapport de Human Rights Watch sur les crimes commis par le M23 à l'Est de la RD-Congo, Goma, le 11 septembre 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 391-399
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact des ressources documentaires scientifiques et du laboratoire sur l'intérêt des élèves de 6ème bio-chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées par la Démarche d'Investigation « DI »

[Influence of documentary scientific resources and laboratory on 6th biochemistry students' interest in learning on preparation of titrated solutions in analytical chemistry by investigative approach]

Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO

Doctorant en didactique de la chimie,
Faculté de Pédagogie et de didactique des disciplines,
Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The survey conducted as part of our thesis work in chemistry didactics showed that during the implementation of the investigative approach in the preparation of titrated solutions in analytical chemistry, the scientific documentary resources at disposal of 6th biochemistry students don't influence their interest to learn chemistry and don't improve the understanding of subjects taught.
However, the availability of a laboratory at school has a positive impact on the trainings.
The survey also showed that the influence on learning varies according to factors such as gender and education network of 6th biochemistry students.
Our wish is that the investigative approach as a teaching –learning approach be implemented and in classes of 3rd all sections of secondary schools in order to objectively grasp the students' interest in learning.

KEYWORDS: Teaching, learning, Investigative approach, interest, titrated solutions.

RÉSUMÉ: L'enquête menée dans le cadre de notre travail de thèse en didactique de la chimie a montré que lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation dans la préparation des solutions titrées en chimie analytique, les ressources documentaires scientifiques mis à la disposition des élèves de 6è Bio- chimie n'influent pas sur leur intérêt à apprendre la chimie et n'améliorent pas la compréhension des matières enseignées.
Cependant la disponibilité d'un laboratoire à l'école a un impact positif sur les apprentissages.
L'enquête a aussi montré que l'influence exercée sur l'apprentissage varie en fonction du sexe et du réseau d'enseignement des élèves de 6è Bio- chimie.
Notre souhait est que la démarche d'investigation comme approche d'enseignement-apprentissage de la chimie, soit mise en œuvre dès les classes de 3è toutes sections confondues, afin d'appréhender objectivement l'intérêt des élèves dans l'apprentissage.

MOTS-CLEFS: Enseignement, apprentissage, démarche d'investigation, intérêt, solutions titrées.

1 INTRODUCTION

La médiation de l'enseignant entre les savoirs et les apprenants ainsi que leur appropriation par ces derniers se fait toujours selon des approches pédagogiques connues dans le champ de l'éducation et de la formation.

L'impact produit sur le comportement et les performances des élèves varie d'une méthode à une autre.[1]

La performance est le résultat obtenu par un sujet à un moment donné de son apprentissage.[2]

La préparation des solutions titrées en chimie analytique est inscrite au programme national de chimie de 2005 en République Démocratique du Congo pour les classes de 5è et 6è Bio- chimie.

Cependant, le cours de chimie est enseigné de manière théorique au même titre que certaines disciplines des sciences humaines, et pourtant elle est une science expérimentale. [3]

Le présent article traite de l'enquête menée dans le cadre de notre thèse, sur l'impact de la mise en œuvre de la DI dans l'apprentissage des élèves de 5è et 6è Bio- chimie sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique et l'influence des activités d'enseignement sur l'intérêt des élèves à apprendre.

L'investigation comme méthode d'enseignement ne consiste pas uniquement à enseigner les résultats de la science, mais de permettre aux élèves de construire les connaissances souhaitées en leur permettant d'exprimer leurs idées, d'expliciter leur raisonnement, de tester leurs hypothèses et de chercher à être rigoureux.

Il s'agit donc d'une démarche qui s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel conduisant à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire à la suite d'une investigation menée par les élèves eux-mêmes guidés par l'enseignant, facilitateur des apprentissages.

L'enseignement des sciences en général démotive de plus en plus les élèves en RDC et d'autres pays du monde mais aussi celui de la chimie en particulier.

Le constat ci-après est fait à ce propos :

- manque d'intérêt auprès des élèves en République Démocratique du Congo « RDC » pour l'enseignement de la chimie ; comme dans [3]
- programmes d'enseignement et curricula inadaptés ;
- démarches pédagogiques peu attrayantes, pratiques pédagogiques trop stéréotypées et trop académiques ;
- Méthodes d'évaluation peu adaptées, etc. [4]

En menant la présente enquête, nous avons voulu répondre à la question suivante :

« Les ressources documentaires scientifiques, la disponibilité d'un laboratoire et le lieu de réalisation des expériences lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique suscitent-elles l'intérêt des élèves de 6è Bio- chimie à apprendre la chimie ? »

De cette question, nous émettons les hypothèses ci-après :

Les ressources documentaires scientifiques mis à la disposition des élèves lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation susciteraient l'intérêt des élèves à apprendre la chimie ;

La disponibilité d'un laboratoire à l'école exercerait une influence sur l'intérêt des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation ;

Le lieu de réalisation des expériences influerait sur l'intérêt des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation.

Les objectifs de l'enquête consistaient à :

- Connaître les opinions des élèves de 6è Bio-chimie sur la démarche d'investigation dans l'apprentissage de la chimie analytique ;
- Montrer l'influence des ressources documentaires scientifiques, du laboratoire et du lieu de réalisation des expériences sur l'intérêt des élèves de 6è Bio- chimie dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique.

Le choix de l'étude est dicté par le souci de montrer l'impact de ces ressources, du laboratoire et du lieu de réalisation des expériences sur l'intérêt des élèves de 6è Bio- chimie dans l'apprentissage sur la thématique sus-évoquée.

L'étude revêt un triple intérêt :

Sur le plan scientifique :

Apporter des connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage de la chimie fondés sur la Démarche d'Investigation (DI) auprès des enseignants de chimie en vue de susciter l'intérêt des élèves dans l'apprentissage de la chimie et améliorer leur rendement dans cette discipline.

Sur le plan didactique :

Améliorer les conditions d'enseignement-apprentissage de la chimie analytique fondées sur la DI pour une meilleure appropriation des connaissances et la réalisation des meilleures performances.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il a été question d'une enquête d'opinion des élèves de 6è Bio- chimie sur la démarche d'investigation au cours de l'année scolaire 2016-2017 précédées de deux années de recherche dont la première exploratoire (2014-2015) et la deuxième par le début de la mise en œuvre de la DI (2015-2016).

2.2 PARTICIPANTS

Les participants à cette étude proviennent des écoles organisant l'option Bio- chimie de la province éducationnelle Kinshasa-Centre après échantillonnage et des élèves de 6è Biochimie desdites écoles.

67 élèves de 6è Bio- chimie ayant pris part aux séquences de mise en œuvre de la DI avaient participé à l'enquête d'opinion sur la démarche.

CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTS

1. ECHANTILLON DES ÉCOLES DU GE RETENUES POUR L'ENQUÊTE

Dans le Groupe Expérimental (GE), 4 écoles (classes) avaient été retenues dont 3 publiques. Celles –ci désignées par C_5, C_6, C_7 et C_8 sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Classes du Groupe Expérimental (GE)

Groupe Expérimental (GE)
E_5 (C_5)
E_6 (C_6)
E_7 (C_7)
E_8 (C_8)

Source : Notre enquête

La classe C_8 avait été retirée de l'échantillon à cause de disparités constatées sur le nombre d'élèves au pré-test et au post-test au cours de la première année et l'absence des élèves et de l'enseignant lors du pré-test.

Les classes du Groupe contrôle étaient désignées par C_1, C_2, C_3 et C_4.

2. ECHANTILLON DES ELEVES DU GE AYANT PARTICIPE A L'ENQUETE EN FONCTION DU SEXE

Le tableau 2 présente la répartition des élèves de 6è Bio- chimie ayant participé à l'enquête.

Répartition des élèves ayant participé à l'enquête en fonction du sexe (2ème année 2016-2017)

Sexe	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Masculin	15	22,4	22,4	22,4
Féminin	52	77,6	77,6	100,0
Total	67	100	100,0	

Source : Notre enquête

D'après ce tableau 67 élèves dont 15 garçons (22,4%) et 52 filles (77,6%) ayant pris part aux séquences de mise en œuvre de la DI avaient participé à l'enquête d'opinion sur la démarche d'investigation.

2.3 MÉTHODES ET TECHNIQUES

La méthode **d'enquête** a été utilisée pour recueillir l'opinion des élèves de 6ème Bio- chimie du GE sur les activités d'enseignement-apprentissage de la chimie analytique fondées sur la DI.

Cette enquête d'opinion auprès des élèves de 6e du GE sur la DI a été effectuée moyennant un questionnaire d'enquête validé auprès d'autres élèves d'un groupe expérimental mais aussi par 5 spécialistes en didactique de la chimie et évaluation (cf. annexe).

Les données de l'enquête ont été traitées par analyse statistique avec le test de khi deux moyennant le logiciel *Statistical Package for the Social Science (SPSS)* version 22.

DISPOSITIF METHODOLOGIQUE DE L'ENQUETE

Le tableau 3 présente le dispositif méthodologique de l'enquête

Tableau 2. Dispositif méthodologique de l'étude

Groupe Expérimental (GE)
Enquête d'opinion

Source : Notre enquête

OPERATIONNALISATION DES HYPOTHESES ET VARIABLES DE L'ENQUETE

L'opérationnalisation des hypothèses et variables de l'enquête est reprise dans le tableau 4.

Tableau 3. Opérationnalisation des hypothèses et variables de l'enquête

Hypothèse 1 *Les ressources documentaires scientifiques mis à la disposition des élèves lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation susciteraient l'intérêt des élèves à apprendre la chimie*	**Variables indépendantes :** • ressources documentaires scientifiques • Laboratoire • Lieu de réalisation des expériences
Hypothèse 2 *La disponibilité d'un laboratoire à l'école exercerait une influence sur l'intérêt des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation.*	**Variables dépendante :** • Intérêt des élèves
Hypothèse 3 *Le lieu de réalisation des expériences influerait sur l'intérêt des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation.*	

Source : Notre enquête

Le questionnaire sur l'intérêt des élèves à l'apprentissage de la chimie analytique a été élaboré sur base de **la théorie de Maslow** découlant de la théorie de la motivation humaine. [6]

3 RESULTATS

3.1 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE D'OPINION AUPRÈS DES ÉLÈVES DE 6È BIO-CHIMIE

Les opinions exprimées par les élèves de 6ème Bio- chimie à propos des activités d'enseignement-apprentissage organisées lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation sont présentées dans les tableaux 4, 5 et 6.

Question N° 1 **: Les ressources documentaires scientifiques mises à votre disposition (livres, revues, chaînes de télévision consacrées à la chimie, internet) vous donnent- elles le goût d'apprendre la chimie ? (cf. Tableau 4)**

Tableau 4. Fréquence des opinions des élèves concernant l'impact des ressources documentaires sur le gout d'apprendre la chimie

Opinions sur les ressources / Variables		Oui		Non		Indécis		X^2 (p)
		f	%	f	%	f	%	
Sexe	M	15	22,4	00	0,0	00	0,0	0,541
	F	48	71,6	03	4,5	01	1,5	
	Total	63	94	03	4,5	01	1,5	
Réseau d'enseignement	Conventionné	32	47,8	03	4,5	01	1,5	0,454
	Non conventionné	22	32,8	00	0,0	00	0,0	
	Privé	09	13,4	00	0,0	00	0,0	
	Total	63	94	03	4,5	01	1,5	

Source : Notre enquête

Ce tableau nous renseigne sur ce qui suit :

Par rapport au sexe : 94% d'élèves ont répondu positivement que les ressources documentaires scientifiques mises à leur disposition ont un impact sur le goût d'apprendre la chimie.

Ils ont exprimé dans les mêmes proportions les avis à ce sujet selon le réseau d'enseignement (94% d'avis exprimés)

Ce tableau montre également que les tris croisés avec les variables sexe et réseau d'enseignement ne donnent pas des valeurs significatives du khi deux ($p = 0,514 > 0,05$ et $p = 0,454 > 0,05$). Ceci ne vérifie pas l'hypothèse sur l'impact des ressources documentaires sur le goût à apprendre la chimie

Les différences constatées sont uniquement dues probablement aux fluctuations d'échantillonnage.

Question N° 2 : **Votre école dispose –t- elle d'un laboratoire de chimie ? (cf. Tableau 5)**

Tableau 5. Fréquence des opinions exprimées sur la disponibilité d'un laboratoire

Opinions sur le Laboratoire / Variables		Oui		Non		X^2 (p)
		f	%	f	%	
Sexe	M	07	10,4	08	11,9	0,000*
	F	46	68,7	06	8,9	
	Total	53	79,1	14	20,9	
Réseau d'enseignement	Conventionné	36	53,7	00	0,0	
	Non conventionné	16	23,8	06	8 ,9	0,000*
	Privé	01	1,5	08	11,9	
	Total	53	79,1	14	20,9	

Source : Notre enquête

Ce tableau nous renseigne sur ce qui suit :

Par rapport au sexe : 79,1 % d'élèves (dont 68,7 % sont des filles et 10,4 % des garçons) ont répondu positivement que leur école dispose d'un laboratoire. Par contre, 20,9 % (dont 8,9 % sont des filles et 11,9% des garçons) ont répondu négativement. C'est aussi dans la même proportion que les avis des élèves sont exprimés à ce sujet selon le réseau d'enseignement. Il est quand même malaisé de constater que dans la province éducationnelle de Kinshasa – Centre, près de 21% d'écoles secondaires organisant l'option biochimie ne dispose pas de laboratoire pour les cours de chimie.

Ce tableau renseigne aussi que les tris croisés avec les variables sexe et réseau d'enseignement donne des valeurs significatives du khi deux (p = 0,000 < 0,05 et p = 0,000 <0,05). Ceci vérifie l'hypothèse de l'impact du laboratoire sur l'intérêt dans l'apprentissage de la chimie.

***Question N°3* : Si non, où se réalisent les expériences de chimie pour les élèves des écoles qui ne disposent pas de laboratoire ? (cf. Tableau 6)**

Tableau 6. Fréquence des opinions des élèves sur le lieu de réalisation des expériences

Opinions sur le lieu où on fait les expériences / Variables		En classe		Une autre école		Pas d'expérience		X^2 (p)
		f	%	f	%	f	%	
Sexe	M	07	10,4	05	7,5	03	4,5	0,002*
	F	46	68,7	04	5,9	02	2,9	
	Total	53	79,1	09	13,4	05	7,5	
Réseau d'enseignement.	Conventionné	36	53,7	00	0,0	00	0,0	0,000*
	Non conventionné	16	23,8	04	5,9	02	2,9	
	Privé	01	1,5	05	7,5	03	4,5	
	Total	53	79,1	09	13,4	05	7,5	

Source : Notre enquête

Il ressort de ce tableau ce qui suit :

Par rapport au sexe et au réseau d'enseignement, 79,1 % d'élèves ont répondu que les expériences sont réalisées en classe dans leurs écoles respectives; 13,4 % ont répondu que celles-ci sont réalisées dans une autre école. Mais pour 7,5 % d'élèves qui ont répondu, les expériences de chimie ne sont pas simplement réalisées ! Cet avis devrait interpeller les autorités de tutelle.

Ce tableau montre aussi que les tris croisés avec les variables sexe et réseau d'enseignement donnent des valeurs significatives du khi deux (p = 0,002 < 0,05 et p = 0,000 <0,05). Ceci vérifie l'hypothèse selon laquelle le lieu de réalisation des expériences influerait sur l'intérêt à apprendre la chimie.

4 DISCUSSION

Après avoir observé systématiquement 15 séquences de leçons de chimie analytique dans les classes de 5è et 6è Bio- chimie réalisées de manière traditionnelle ou avec la démarche d'investigation, les performances des élèves soumis à ces deux conditions d'enseignement- apprentissage ont été évaluées à l'aide d'un questionnaire sur la préparation des solutions titrées et , un questionnaire d'opinion qui a permis de recueillir les avis des élèves de 6è Bio- chimie soumis à la DI.

S'agissant de l'enquête qui nous concerne dans cet article, elle répond à la question suivante : *« Les ressources documentaires scientifiques, la disponibilité d'un laboratoire et lieu de réalisation des expériences lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation sur la préparation des solutions titrées en chimie analytique suscitent-elles l'intérêt des élèves de 6è Bio- chimie à apprendre la chimie ? »*

D'après nos hypothèses :

Les ressources documentaires scientifiques mis à la disposition des élèves lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation susciteraient l'intérêt des élèves à apprendre la chimie ;

La disponibilité d'un laboratoire à l'école exercerait une influence sur l'intérêt des élèves de 6è Bio-chimie dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation ;

Le lieu de réalisation des expériences influerait sur l'intérêt des élèves dans l'apprentissage de la chimie par la démarche d'investigation.

Cette influence a été démontrée à travers les résultats à une enquête d'opinion des élèves de 6è Bio- chimie sur la DI grâce au test de khi deux au seuil de signification de 0,05 en faisant des tris croisés avec deux variables : le sexe et le réseau d'enseignement.

Les modalités des ressources documentaires scientifiques mises à disposition des élèves, croisées avec celles du sexe et du réseau d'enseignement, n'ont pas donné des résultats significatifs. Les khi deux calculés n'ont pas été significatifs.

Ceci n'est pas en accord avec notre hypothèse selon laquelle les ressources documentaires scientifiques mises à la disposition des élèves susciteraient leur intérêt dans l'apprentissage et ne confirme pas ladite hypothèse.

Ceci indique qu'il n y a pas une relation entre les ressources documentaires scientifiques et l'intérêt à apprendre la chimie.

Cependant, les modalités de la disponibilité d'un laboratoire à l'école et le lieu de réalisation des expériences, croisées avec celles du sexe et du réseau d'enseignement ont donné des résultats significatifs. Les khi deux calculés ont été été significatifs.

Ceci est en accord avec les hypothèses selon lesquelles la disponibilité d'un laboratoire à l'école et le lieu de réalisation des expériences influeraient sur l'intérêt des élèves à apprendre la chimie et les confirme.

Ceci indique qu'il existe une relation entre la disponibilité d'un laboratoire à l'école, le lieu de réalisation des expériences et l'intérêt dans l'apprentissage de la chimie analytique. Ces résultats sont bel et bien en accord avec les hypothèses et les confirme avec évidence.

Ces résultats viennent en complément des études menées sur l'influence des ressources documentaires scientifiques mises à la disposition des élèves ; de la disponibilité d'un laboratoire lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation. et de la réalisation des expériences ; comme dans [4] et [6].

S'agissant des limites de l'enquête, elle s'est intéressée uniquement aux écoles de la province éducationnelle Kinshasa-Centre sur trois que comptait la ville province de Kinshasa au moment de la recherche.

Par ailleurs, elle s'est contentée d'évaluer la mise en œuvre de la DI dans les classes terminales des humanités scientifiques, option : Bio- chimie, alors que la chimie est inscrite au programme national en vigueur dès la 3ème année des humanités

5 CONCLUSION

Cet article a porté sur l'influence des ressources documentaires scientifiques mises à la disposition des élèves et de la disponibilité d'un laboratoire lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation dans l'apprentissage sur la préparation des solutions titrées par les élèves de 6e Bio- chimie.

L'enquête d'opinion a montré que :

Les ressources documentaires scientifiques mises à la disposition des élèves lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation ne suscitent pas l'intérêt des élèves à apprendre la chimie.

La disponibilité d'un laboratoire et le lieu de réalisation des expériences lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation influent effectivement sur l'intérêt des élèves à apprendre la chimie.

Elle a aussi révélé que cette influence varie en fonction de certains facteurs comme le sexe et le réseau d'enseignement des élèves.

De telles enquêtes pourraient également être étendues à d'autres provinces éducationnelles de Kinshasa et à d'autres provinces du pays.

Notre souhait est que la démarche d'investigation comme approche d'enseignement-apprentissage de la chimie, soit mise en œuvre dès les classes de 3è toutes sections confondues, afin d'appréhender objectivement l'intérêt des élèves dans l'apprentissage.

REMERCIEMENTS

Aux professeurs Jérôme PONGI NZITA KIHELA, Pierre MUKENDI WA MPOYI et Jean Pierre IKOLONGO BEFEMBO, pour leurs conseils et suggestions dans la rédaction de cet article

REFERENCES

[1] ASTOLFI J.-P., La saveur des savoirs ; Disciplines et plaisir d'apprendre, coll. Cahiers pédagogiques, Paris, ESF, 3ème édition, 2014.
[2] De KETELE J-M, CHASTRETTE M, CROS D, METTELIN P, THOMAS J, Guide du formateur, Bruxelles, De Boeck, 3è édition, 2007.
[3] KIMBUYA LUTONADIO J-P, Dynamique motivationnelle des élèves de 6è Bio- chimie dans l'apprentissage de la chimie, Cas des écoles publiques de Kinshasa, Mémoire de DEA, 2013.
[4] BOILEVIN J-M, Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants, regards didactiques, Bruxelles, De Boeck, 1ère édition, 2013.
[5] VIANIN P, La motivation scolaire, comment susciter le désir d'apprendre ?, Bruxelles, De Boeck, 2è édition, 2008.
[6] CALMETTES, Didactique des sciences et démarches d'investigation, références, représentations, pratiques et formation, l'Harmattan, 2012.

ANNEXE : QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE AUPRÈS DES ÉLÈVES DE 6È BIO- CHIMIE SUR LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION DANS L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE ANALYTIQUE

DATE :……./……./2016

I. Identification de l'école

1.1 Numéro du questionnaire : /__/___/__/
1.2 Commune de :……
1.3 Nom de l'école :…….....
1.4 Réseau :……
1.5 Province éducationnelle :……

CONSIGNE

Dans le cadre de notre recherche de Doctorat, nous aimerions avoir votre avis à propos des activités d'enseignement organisées lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation dans l'apprentissage de la chimie analytique, de la disponibilité du laboratoire à l'école et du lieu de réalisation des expériences : notre but est de savoir votre intérêt à apprendre la chimie.
Pouvez- vous répondre sincèrement aux questions qui suivent ? Merci de votre collaboration.
Votre nom ne sera pas inscrit sur cette feuille ; ainsi, vos réponses demeureront confidentielles.

II. Identification de l'élève

2.1. Sexe

1. Masculin ☐ 2. Féminin ☐

2.2. Date de naissance : /__/__/ /__/__/ /__/__/__/__/

2.3. Age :…… ans

2.4. Classe fréquentée l'année scolaire précédente

1. 5è ☐ 2. 6 è ☐ 3. N'a pas fréquenté ☐

III. Questionnaire relative aux opinions des élèves sur la démarche d'investigation en chimie analytique

3.1. Les ressources documentaires scientifiques mises à votre disposition (livres, revues, chaînes de télévision consacrées à la chimie, internet) vous donnent-elles le goût d'apprendre la chimie ?

1. Oui ☐ 2. Non ☐ 3. Indécis ☐

3.2. Votre école dispose –t- elle d'un laboratoire de chimie ?

1. Oui ☐ 2. Non ☐

Si non, où réalisez-vous les expériences de chimie ?

1. En classe ☐ 2. Dans une autre école ☐ 3. Pas d'expérience ☐

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 400-415
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

CALIBRAGE D'UN SYSTÈME BONUS-MALUS ALGÉRIEN POUR L'ASSURANCE AUTOMOBILE : UNE APPROCHE AVEC CHAINES DE MARKOV

[FITTING THE ALGERIAN BONUS-MALUS SYSTEM FOR AUTOMOBILE INSURANCE : AN APPROACH WITH MARKOV CHAINS]

Riadh RIMI[1-2], Mohammed TOUITOU[3], and Zakaria DEMDOUM[1]

[1]Département des sciences économiques, Faculté des sciences économiques, commerciales et sciences de gestion, Université Echahid Hamma Lakhder, El oued, Algeria

[2]Membre du laboratoire (LAMOPS), Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée (ENSSEA), Pôle universitaire de Koléa, Tipaza, Algeria

[3]Département des sciences économiques, Faculté des sciences économiques, sciences commerciales et sciences de gestion, Université Alger 3, Alger, Algeria

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The automobile insurance is an important branch of non-life insurance in many countries. In some of them, coming first in the composition of the total income of the insurance branch (in Algeria for example). The implementation of the Bonus-Malus system is one of the solutions chosen by insurance companies to increase efficiency in the field of automobile insurance. The main purpose of this study is to use the Markov chain theories to calculate the relative premiums associated with each level of the Algerian Bonus-Malus system. These premiums will generally depend on the priori ratemaking. The first result of this research is that, the system of automobile a priori ratemaking used in Algeria is not optimal because of the difference found between the tariff variables used by the insurance companions (gender, use and power vehicle tax) and the tariff variables generated by applying the Poisson model using the GEE technique. In addition, in our work, two Bonus-Malus systems with 9 classes based on the Markov Chain theory have been calibrated, where only the penalty changes according to the type of Bonus-Malus system, and we concluded that the priori ratemaking influenced the scale obtained.

KEYWORDS: The automobile insurance, Algerian Bonus-Malus System, Markov Chains, a priori ratemaking, a posteriori ratemaking.

RESUME: L'assurance automobile est une branche importante de l'assurance non-vie dans de nombreux pays. Dans certains d'entre eux, venant en première dans la composition du revenu total de la branche assurance (en Algérie par exemple). La mise en place du système Bonus-Malus est l'une des solutions choisies par les compagnies d'assurance pour augmenter l'efficacité dans le domaine de l'assurance automobile. Le but principal de cette étude est d'utiliser les théories des chaînes de Markov pour calculer les primes relatives associées à chaque niveau du système Bonus-Malus algérien. Ces primes dépendront généralement de la tarification a priori réalisée préalablement. Le premier résultat de cette recherche est que, le système de tarification automobile a priori utilisé en Algérie n'est pas optimal du fait de différence constaté entre les variables tarifaires utilisées par les compagnes d'assurance (le genre, l'usage et la puissance fiscale du véhicule) et les variables tarifaires dégagées par l'application de modèle Poisson à l'aide de la technique GEE. En plus, dans notre travail, deux systèmes Bonus-Malus ayant 9 classes basé sur la théorie de la chaine de Markov ont été calibré, où seule la pénalité change en fonction du type du système Bonus-Malus. Et nous avons conclu que la tarification a priori influençait l'échelle obtenue.

MOTS-CLEFS : L'assurance automobile, système Bonus-Malus algérien, chaines de Markov, tarification à priori, tarification à posteriori.

Corresponding Author: Riadh RIMI

1 INTRODUCTION

En Algérie, où seule l'assurance de responsabilité civile est obligatoire, l'assurance automobile est le produit phare de l'assurance algérienne. Selon [1], En 2017, l'assurance automobile obligatoire représente près de 53% du marché assurance dommage. Le système de tarification automobile utilisé en Algérie, instauré en 1974, se base essentiellement sur le genre, l'usage du véhicule et la puissance fiscale ([2] , [3] , [4] et [5]), et d'un système Bonus-Malus pour la responsabilité civile, appliqué selon la même règle à tous les assurés par toutes les compagnies d'assurances [6].

Selon [4] et [5], le principal problème de l'assurance automobile en Algérie est le faible niveau des primes, déterminées par le ministère des Finances, pour les différentes catégories de véhicules en fonction de la hausse croissante des coûts. En règle générale, ce secteur connaît de longs délais dans les règlements des sinistres et est affecté par des problèmes de manque de clarté et de différends (les délais de dédommagement sont très longs) entre assureurs et assurés.

On se basant sur l'hypothèse de la non optimalité de système de tarification automobile utilisé en Algérie, Nous nous proposons, dans cette étude, de formaliser un modèle de tarification optimal basé sur les caractéristiques des assurés (tarification a priori) et sur le nombre d'accidents passés des individus (tarification a posteriori), afin d'ajuster les primes individuelles selon le degré de risque intrinsèque à travers le temps, de sorte que chaque assuré paye une prime proportionnelle à sa fréquence d'accident et que l'assureur soit financièrement équilibré. Le modèle utilisé s'inspire de plusieurs recherches à ce sujet ([7], [8], [9] et [10]. Les données sur lesquelles nous allons nous baser pour constituer notre modèle sont celles d'une compagnie d'assurance publique (la société nationale d'assurance : SAA) qui détenait une part importante du marché d'assurance automobile en Algérie et dont la clientèle était distribuée dans toutes les régions du pays. Cette étude est la première et la seule, à notre connaissance, où on a utilisé un échantillon représentatif (suffisamment grand) de contrat d'assurances en Algérie, d'une part. Et d'autre part, on a utilisé les théories des chaînes de Markov pour calibrer un système Bonus-Malus optimal.

Le reste de ce travail est organisé comme suit : Dans la deuxième section, on décrit le système Bonus-Malus Algérien. L'objectif de la troisième section est de présenter, les modèles économétriques utilisés dans la tarification a priori. Ainsi, de montrer comment calibrer un système Bonus-Malus à classes (markovien). La quatrième section est une application des modèles de troisième section. La conclusion résume les résultats obtenus.

2 SYSTEME BONUS-MALUS MULTIPLICATIFS ALGERIEN

Dans les systèmes Bonus-Malus multiplicatifs, la prime payée par l'assuré est réduite en cas d'absence de sinistre (d'un pourcentage fixé) et une pénalité multiplicative est appliquée par sinistre déclaré.

Prenons ici le cas du système Bonus-Malus appliqué en Algérie, instauré en 1993. Il consiste à :

- Accorder des réductions sur la prime de responsabilité civile pour les assurés n'ayant pas fait l'objet d'accident au cours de la période d'observation.
- Majorer la prime de responsabilité civile est engagée, totalement ou partiellement dans la survenance d'un sinistre, au cours de la période d'observation.

La période d'observation correspond à deux années précédant la date du renouvellement du contrat. Et la prime retenue pour l'application du Bonus-Malus est la prime fixée au tarif de référence et afférente à la garantie responsabilité civile en matière d'assurance automobile.

Le Bonus-Malus est désigné en Algérie par le terme de coefficient de réduction-majoration. Un Bonus de 25% correspond à un coefficient de 75%. Un Bonus de 0% correspond à un coefficient de 1. Inversement un coefficient de 1,25 désigne un Malus de 25%. Le coefficient est arrondi par défaut deux chiffres après la virgule et évolue suivant les sinistres déclarés.

Selon [6], Les coefficients de réduction du système Bonus-Malus algérien sont présentés dans le tableau (1) et (2):

Tableau 1. Les coefficients de réduction du système Bonus-Malus algérien

Durée cumulée d'assurance durant la période d'observation	Coefficient de réduction
Durée inférieure à 12 mois	1,00
Durée égale ou supérieure à 12 mois et inférieure à 24 mois	0,75
Durée égale ou supérieure à 24 mois	0,65

Les coefficients de majoration du système Bonus-Malus algérien sont déterminés en fonction de deux situations :

Tableau 2. Les coefficients de majoration du système Bonus-Malus algérien

Nombre de sinistres survenus	Coefficient de majoration
Assuré n'ayant pas de bonus au titre du contrat précédent	
01 sinistre	1,25
02 sinistres	2,00
03 sinistres	3,00
Assuré ayant un bonus au titre du contrat précédent	
01 sinistre	1,00
02 sinistres	1,25
03 sinistres	2,00
04 sinistres	3,00

3 MODELISATION DE LA FREQUENCE DE SINISTRES EN ASSURANCE AUTOMOBILE

En théorie du risque, il existe deux principaux modèles pour représenter le montant total des sinistres d'un portefeuille, soient les modèles individuel et collectif. Selon [11], le modèle collectif est le modèle de base de l'assurance non-vie. Dans ce secteur, la branche responsabilité civile automobile est de loin la plus importante. Un modèle de sinistralité d'un portefeuille en assurance non-vie doit permettre de simuler à la fois la fréquence de sinistres sur le portefeuille, et aussi le coût de ceux-ci. De ce modèle, on peut conclure alors : « prime pure égale fréquence moyenne par coût moyenne ». Dans notre travail, l'attention se porte sur la fréquence de sinistres. C'est-à-dire la première composante de la charge sinistre du modèle collectif.

Selon ([7], [8] et [12], l'hétérogénéité au sein d'un portefeuille pose un grand nombre de problèmes, en particulier d'anti-sélection: si la même prime est appliquée à l'ensemble du portefeuille, les mouvais risques s'assureront (à un prix d'ailleurs moins élevé que celui qui devrait leur être réclamé), mais les bons pourraient être découragés par le tarif trop élevé, ce qui aura tendance à dégrader le résultat financière de l'assureur.

L'idée naturelle qui est développée dans ce travail est de partitionner le portefeuille afin de constituer des sous-portefeuilles sur lesquelles les risques peuvent être considérés comme indépendants et de même loi. On parle alors de classes de risques. Les classes sont dites a priori lorsqu'il s'agit de classer le risque a partir d'information disponible a priori (sur l'assuré, le bien assuré,…) et a postériori si l'information sur l'historique des sinistres de l'assuré est prise en considération

3.1 LA TARIFICATION A PRIORI : MODELES DE REGRESSION EN TARIFICATION

De nombreuses techniques statistiques ont été utilisées pour répartir les assurés en classes aussi homogènes que possible. Au cours de la dernière décennie, de nombreux actuaires ont fait usage de modèles de régression pour des données non-normales. Parmi ceux-ci, on notera les modèles de données de comptage (les modèles Poisson-Mélange), permettant de modéliser des situations bien spécifique que ne le permet le modèle linéaires classique **[10]**.

Souvent, les actuaires utilisent plusieurs années d'observation afin de construire leur tarif [12] (dans le but d'augmenter la taille de la base des données, mais aussi pour éviter d'accorder trop d'importance à des événements relatif à une année particulière). Nous sommes donc en présence de données de panel.

3.1.1 L'OUTIL DE BASE EN RESPONSABILITE CIVILE AUTOMOBILE : LE MODELE DE POISSON

La régression de Poisson se place dans le contexte des modèles de comptage. Dorénavant, N_{it} représente le nombre de sinistres déclarés par l'assuré i durant la période t, $i = 1,2, \dots, n,\ t = 1,2, \dots, T_i$, où T_i désigne le nombre de périodes d'observation pour l'assuré i. Nous supposons que nous disposons par ailleurs d'autres variables x_{it}, connues au début de la période t, et pouvant servir de facteurs explicatifs. Ces variables peuvent comporter des facteurs purement individuels indépendants du temps, des facteurs purement temporels, des facteurs dépendant des deux indices voire même des valeurs passées $N_{i,t-j}, j = 1,2, \dots$, de la variable d'intérêt

Le modèle de Poisson suppose que la loi conditionnelle de N_{it} sachant x_{it} est de Poisson telle que :

$$P(N_{it}|x_{it}) = e^{-\lambda_{it}} \frac{\lambda_{it}^{N_{it}}}{\Gamma(N_{it}+1)} \quad (1)$$

Où Γ est la fonction Gamma.

Il suffit dès lors de spécifier sa moyenne. Comme cette dernière est strictement positive et que le lien canonique associé à la loi de Poisson est de type exponentiel, on retient généralement une moyenne de forme exponentielle linéaire :

$$\lambda_{it} = \exp\left(x_{it}^t \beta\right) \quad i = 1,2,\dots,n \quad t = 1,2,\dots,T_i \quad (2)$$

Où β est un vecteur (de dimension appropriée) de paramètres à estimer.

Alors par définition de la loi de Poisson, $E(N_{it}) = V(N_{it}) = \lambda_{it}$, si N_{it} est indépendant de $N_{it'}(t \neq t')$ on peut estimer la valeur du paramètre β par la méthode de maximum de vraisemblance. La log-vraissemblance associée à ces observations vaut alors :

$$L(\beta) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_i} \left\{ N_{it}\left(x_{it}^t \beta\right) - \exp\left(x_{it}^t \beta\right) - \ln \Gamma(N_{it}+1) \right\} \quad (3)$$

Cette log-vraisemblance est une fonction concave en β, et l'estimation des paramètres qui la maximise est directe. Cette concavité rend également plus facile l'application des procédures numériques d'optimisation de la log-vraisemblance. Les conditions au premier ordre sont :

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_0} = 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_i} N_{it} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_i} \lambda_{it} \quad (4)$$

Et pour $j = 1,2,3,\cdots,p$. p étant le nombre de variables explicatives dans le modèle :

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_j} = 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_i} x_{itj}\{N_{it} - \lambda_{it}\} = 0 \quad (5)$$

Réécrivons le système $(4) - (5)$ sous forme matricielle :

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^t (N_i - E[N_i]) = 0 \quad \text{où} \quad X_i = \begin{pmatrix} x_{i1} \\ \vdots \\ x_{iT} \end{pmatrix} \quad (6)$$

La matrice de covariance de N_{it} dans le modèle de Poisson est donnée par :

$$A_i = \begin{pmatrix} \lambda_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_{i2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda_{iT_i} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Cette matrice ne rend donc compte ni de la surdispersion, ni de la dépendance sérielle présente dans les données. Si on fait apparaître explicitement la matrice $\boldsymbol{A_i}$ dans l'équation (6), on obtient :

$$\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial E(N_i)}{\partial \beta} \right)^t A_i^{-1} (N_i - E[N_i]) = 0 \quad (8)$$

Puisque :

$$\frac{\partial E(N_i)}{\partial \beta} = A_i X_i$$

3.1.2 ESTIMATION DES PARAMETRES A L'AIDE DE LA TECHNIQUE GEE

Les références [10], [4] et [5] ont utilisés pour modéliser le nombre d'accidents, le modèle des équations d'estimations généralisées ou modèle GEE (generalized estimating equations) proposée par [13] ainsi que par [14]. Ce modèle permet d'estimer les effets selon un modèle moyen de la population (population average).

Le principe de la technique GEE consiste à substituer A_i dans l'équation (8) par un candidat plus raisonnable pour la matrice variance-covariance de N_i. Plus raisonnable signifiant ici rendant compte de la surdispersion et de la corrélation temporelle [15]. Spécifions maintenant une forme plus générale pour la matrice de variance-covariance de N_i :

$$V(N_i) = V_i = \phi A_i^{\frac{1}{2}} R_i(\alpha) A_i^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Où la matrice de corrélation $R_i(\alpha)$ rend compte de la dépendance sérielle existant entre les composantes de N_{it}. Ici on suppose que cette matrice contient certains paramètres inconnus que l'on représente par le vecteur α. La matrice R_i est une sous-matrice carrée de dimension $T_i x T_i$. La surdispersion est quand à elle prise en compte puisque [10]:

$$V(N_i) = \phi \lambda_{it} \quad (10)$$

L'idée consiste alors à substituer la matrice V_i à A_i dans l'équation (8), et de retenir comme estimateur de β la solution de:

$$\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial E(N_i)}{\partial \beta} \right)^t V_i^{-1} (N_i - E[N_i]) = 0 \quad (11)$$

L'idée est d'essayer de "deviner" la vraie structure de corrélation de N_i . Selon [16], si on spécifie une mauvaise structure, les inférences sur β seront quand même valides, mais si on spécifie la structure correctement, on aura des inférences plus efficaces (variance des estimateurs plus faible).

3.1.3 SPECIFICATION DE LA STRUCTURE DE CORRELATION

Il y'a plusieurs manières dont nous pouvons spécifier la structure de corrélation de N_i. Avec le logiciel Stata[1], nous disposons des options qui supposent l'équicorrelation (exchangeable), l'absence d'autocorrélation (independent), l'option qui ne fait aucune restriction sur les coefficients d'autocorrélation (unstructured), ainsi que les options stationary (corrélation constante), nonstationary et autoregressive. S'il y a peu d'observations par individu et plusieurs individus et pour le panel cylindré et complet, ([13], [17] et [16]) suggèrent une structure de corrélation de type unstructured, c'est-à-dire, l'option qui ne fait aucune restriction sur les coefficients d'autocorrélation. Ce type de structure suppose que la corrélation entre N_{ij} et $N_{ij'}$ est $\alpha_{ij'}$ pour $j \neq j'$. Donc $R_i(\alpha)$ a la structure suivante :

$$R_i(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1T_i} \\ \alpha_{21} & 1 & \cdots & \alpha_{2T_i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{T_i 1} & \alpha_{T_i 2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Afin d'estimer les paramètres de la matrice de variance et de vérifier l'ajustement du modèle, on peut définir les résidus de Pearson :

$$r_{it} = \frac{N_{it} - \hat{\lambda}_{it}}{\sqrt{V}(\hat{\lambda}_{it})} \quad (13)$$

que l'on évalue à $\beta = \hat{\beta}$. Pour estimer le paramètre de dispersion ϕ , on pose:

$$\phi = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} T_i - p} \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T_i} \hat{r}_{it}^2 \quad (14)$$

Où $p = dim(\beta)$

Ensuite, on utilise les estimés des résidus de Pearson $\hat{r}_{it}$ de l'ajustement du modèle pour estimer les corrélations [16]. L'estimateur de $R(\alpha)$ utilisant ces résidus est:

[1] **Stata** is a general-purpose statistical software package created in 1985 by StataCorp.

$$\hat{R}(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T_i} \frac{\hat{r}_{it}^2}{T_i}} G \qquad (15)$$

Où

$$G = \begin{pmatrix} g_{11}\hat{r}_{i1}^2 & g_{12}\hat{r}_{i1}\hat{r}_{i2} & \cdots & g_{1T_i}\hat{r}_{i1}\hat{r}_{iT_i} \\ g_{21}\hat{r}_{i2}\hat{r}_{i1} & g_{22}\hat{r}_{it}^2 & \cdots & g_{2T_i}\hat{r}_{i2}\hat{r}_{iT_i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{T_i1}\hat{r}_{iT_i}\hat{r}_{i1} & g_{T_i2}\hat{r}_{iT_i}\hat{r}_{i2} & \cdots & g_{T_iT_i}\hat{r}_{it}^2 \end{pmatrix}$$

Avec:

$$g_{uv} = \left(\sum_{i=1}^{n} I(i,u,v)^{-1} \right)$$

$$I(i,u,v) = \begin{cases} 1 & \text{si le panel } i \text{ à des observations aux indices } u \text{ et } v \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

3.2 LA TARIFICATION A POSTERIORI : SYSTEMES BONUS-MALUS A CLASSES

Un système Bonus-Malus à classes enferme l'assuré dans une échelle comptant un certain nombre de niveaux sur lesquels se déplacent les assurés et auxquels sont associées les primes à payer. Dans le système Bonus-Malus à classes, on suppose que le degré d'un assuré pour une période d'assurance donnée (généralement un an) est déterminé par le degré de la période précédente et le nombre de sinistres relatifs à cette période. Cette propriété nous permettra de modéliser l'évolution d'un assuré à l'aide d'un processus de Markov [11]. En effet, une chaîne de Markov est un processus stochastique dans lequel le développement futur dépend uniquement de l'état présent et non de l'histoire du processus ou de la manière dont l'état présent a été atteint [9].

Etant donné qu'un certain nombre de facteurs importants comme l'agressivité au volant ou l'acuité des réflexes ne peuvent être pris en compte dans la segmentation a priori, les classes de risques restent hétérogènes. Cette hétérogénéité résiduelle peut être représentée par un effet aléatoire $\boldsymbol{\Theta_i}$ qui se superpose à la fréquence annuelle de sinistres. Etant donné $\boldsymbol{\Theta_i = \theta}$, les nombres annuels de sinistres $\boldsymbol{N_i}$ sont supposés indépendants et de loi de Poisson de moyenne $\boldsymbol{\lambda_i\theta}$:

$$P(N_i = k|\Theta_i = \theta) = \exp(-\theta\lambda_i)\frac{(\theta\lambda_i)^k}{k!}, k \in \mathbb{N} \qquad (16)$$

De plus, tous les $\boldsymbol{\Theta_i}$ sont supposés être indépendants et suivre une loi Gamma de densité :

$$u(\theta) = \frac{a^a}{\Gamma(a)}\theta^{a-1}\exp(-a\theta), \quad \theta > 0 \qquad (17)$$

Avec:

$$E[\Theta_i] = \frac{a}{a} = 1 \quad V[\Theta_i] = \frac{a}{a^2} = \frac{1}{a} \qquad (18)$$

Comme $E[\Theta_i] = 1$, nous avons que $E[N_i] = \lambda_i$; λ_i étant le nombre attendu de sinistre pour un assuré pour lequel on n'a pas d'information concernant le passé sinistres.

Choisissons au hasard un assuré dans le portefeuille. Appelons Λ sa fréquence de sinistre a priori et Θ l'effet résiduel des variables non incluses dans la tarification a priori. La fréquence annuelle de sinistre de cet assuré est alors $\Lambda\Theta$. Comme l'effet aléatoire Θ représente l'effet résiduel de co-variables inconnues, Λ et Θ peuvent raisonnablement être supposées indépendantes. Soit φ_k le poids de la *Kème* classe de risque, dont la fréquence de sinistre vaut λ_k. Nous avons que :

$$P(\Lambda = \lambda_k) = \varphi_k \qquad (19)$$

Soit le vecteur de probabilités $\pi(\vartheta) = \left(\pi_0(\vartheta), \pi_1(\vartheta), \cdots, \pi_s(\vartheta)\right)^t$, dont la ℓème composante $\pi_\ell(\vartheta)$ est la probabilité qu'un assuré depuis suffisamment longtemps en portefeuille et dont la fréquence annuelle de sinistre est ϑ occupe le niveau ℓ.

Maintenant, soit L le niveau occupé par cet assuré choisi au hasard une fois que l'état stationnaire a été atteint. La distribution de L est donnée par:

$$P(L = \ell) = \sum_k \varphi_k \int_{\theta \geq 0} \pi_\ell(\lambda_k \theta) u(\theta)\, d\theta \qquad (20)$$

Où $P(L = \ell)$ représente la proportion des assurés occupant le niveau ℓ.

Afin de déterminer les pourcentages à associé aux différents niveaux de l'échelle r_ℓ, [18] suggère à minimiser l'écart quadratique moyen entre la vraie prime relative Θ et la prime relative r_L applicable à l'assuré dans le système :

$$\min \mathfrak{L} = \min(E[(\Theta - r_L)^2])$$

La solution s'obtient en résolvant $\frac{\partial}{\partial r_\ell}\mathfrak{L} = 0$, on obtient alors:

$$r_\ell = \frac{\sum_k \varphi_k \int_{\theta \geq 0} \theta \pi_\ell(\lambda_k \theta) u(\theta)\, d\theta}{\sum_k \varphi_k \int_{\theta \geq 0} \pi_\ell(\lambda_k \theta) u(\theta)\, d\theta} \qquad (21)$$

Le degré d'interaction entre les tarifications a priori et a posteriori se mesure par les variations de :

$$\begin{aligned} E[\Lambda | L = \ell] &= \sum_k \lambda_k P[\Lambda = \lambda_k | L = \ell] \\ &= \sum_k \lambda_k \frac{P[L = \ell | \Lambda = \lambda_k]\varphi_k}{\pi_\ell} \\ &= \frac{\sum_k \lambda_k \varphi_k \int_{\theta \geq 0} \pi_\ell(\lambda_k \theta) u(\theta)\, d\theta}{\sum_k \varphi_k \int_{\theta \geq 0} \pi_\ell(\lambda_k \theta) u(\theta)\, d\theta} \end{aligned} \qquad (22)$$

Si la tarification a priori est pertinente (dans le sens qu'une forte fréquence a priori reflète effectivement un niveau de risque élevé), $E[\Lambda | L = \ell]$ devrait aller croissant avec le niveau ℓ. Ceci montre bien que les assurés dont les fréquences de sinistre a priori sont les plus basses ont tendance à se concentrer dans les niveaux inférieurs de l'échelle, alors que ceux dont les fréquences de sinistre a priori sont les plus élevées se retrouvent au contraire dans le haut de l'échelle. Dès lors, les assurés qui ont bénéficié de ristournes a priori (car leur profil de risque donnait à penser qu'ils causeraient peu de sinistres) seront également récompensés a posteriori (car ils graviteront dans le bas de l'échelle). Au contraire, les assurés réputés mauvais conducteurs a priori et donc pénalisés à la souscription par l'application d'un tarif plus élevé seront à nouveau pénalisés par le système de personnalisation a posteriori dans la mesure où ils auront tendance à occuper les niveaux les plus élevés de l'échelle.

4 APPLICATION NUMERIQUE

4.1 JEU DES DONNEES

Notre base de données, nous provient d'une compagnie d'assurance Algérienne importante : la Société Algérienne d'Assurance (la SAA). Cette société a été crée en Décembre 1963**,** elle est classée au premier rang des compagnies d'assurance en Algérie en 2016, où elle détient 22.5% de part du marché [1]. Et étant donné que les critères de tarification pour la responsabilité civile sont les mêmes pour toutes les compagnies. Il n'y a donc pas de stratégie de prix ou de marketing qui font que d'autres compagnies vont attirer plus de clients.

Afin d'éviter le problème des données manquantes, nous avons supprimé toutes les polices où il y avait un doute sur l'information reliée à l'une des variables tarifaires utilisées dans notre modèle. Une fois les fichiers annuels nettoyés, le portefeuille servant notre travail comprend 1000 polices, observées durant les années 2010, 2011 et 2012. Il s'agit alors d'un panel cylindré où les observations de tous les assurés du panel sont disponibles pour exactement les mêmes périodes. Pour chaque assuré nous avons pu dégager les informations suivantes : le sexe de l'assuré, l'âge de l'assuré, code puissance du véhicule, date de délivrance du permis (l'expérience de conduite), code usage concerne le tarif appliqué et l'utilisation du véhicule, numéro d'immatriculation de la voiture (l'âge de la voiture), code catégorie professionnelle, genre de voiture (commerciale ou touristique), le nombre annuel de sinistre.

La variable que nous tentons d'expliquer est la suivante (la variable dépendante): Nombre d'accidents annuels. C'est une variable discrète prenant des valeurs non négatives et qui ne dépassent pas quatre généralement. Sur l'ensemble du portefeuille la fréquence annuelle moyenne de sinistres est de 44,9%.

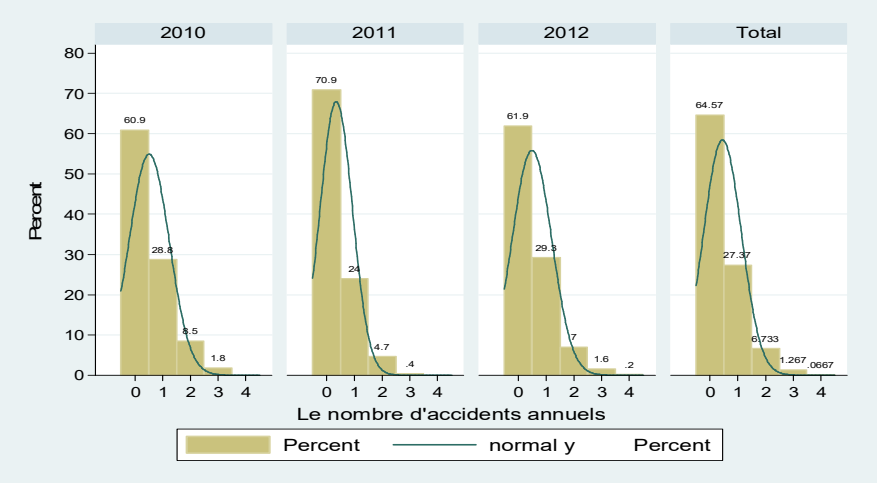


Fig. 1. Le nombre d'accidents annuels durant les années 2010,2011 et 2012

D'après les informations dont nous disposons, nous constatons que 35,43% de conducteurs ont eu au moins un sinistre dans l'année. En effet, leur pourcentage s'élève à 39,1% en 2010, 29,1% en 2011 puis à 28,1% en 2012. Durant ces trois ans, on constate que 27,37% des conducteurs ont déclarés un accident dans l'année, 6,73% ont déclarés deux accidents, 1,27% ont déclarés trois accidents et 0,07% des conducteurs ont déclarés quatre accidents dans l'année.

Les Figures (2) à (8) montrent des histogrammes décrivant, pour chaque variable explicative, la fréquence moyenne du nombre total de sinistres, pour chacun des différents niveaux de la variable explicative.

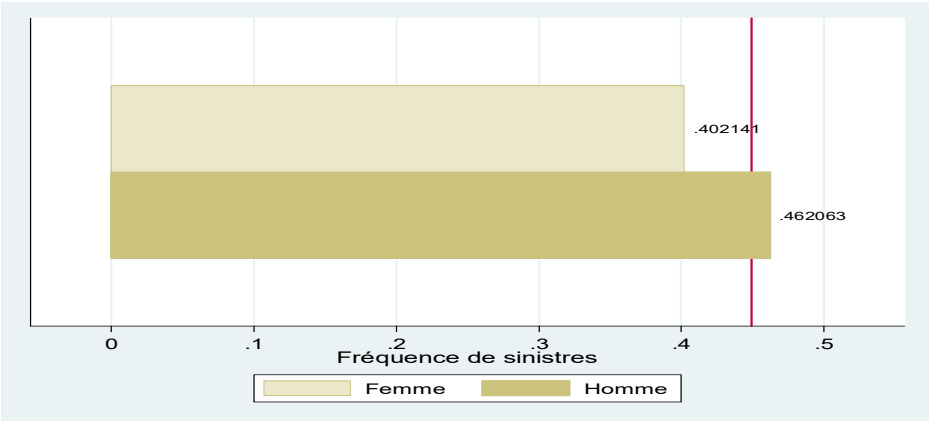


Fig. 2. Fréquence de sinistres selon le sexe du conducteur.

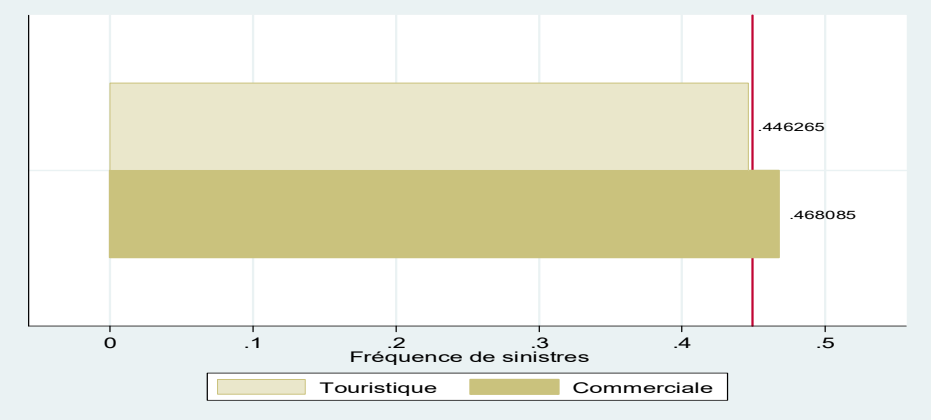


Fig. 3. Fréquence de sinistres selon le genre du véhicule

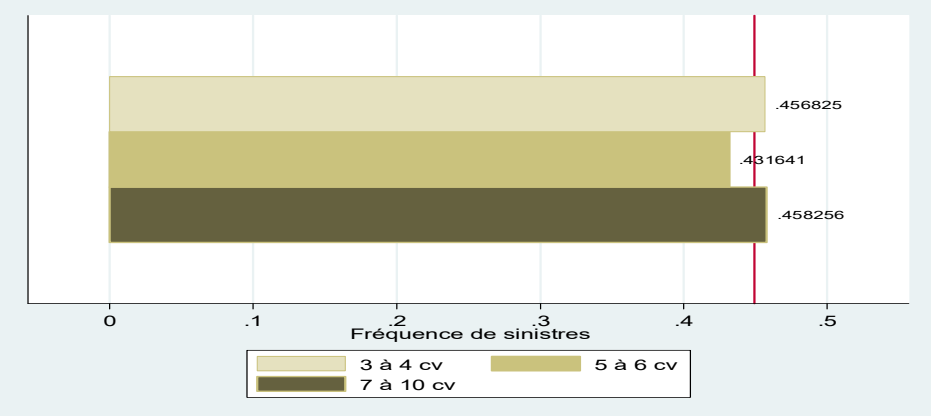


Fig. 4. Fréquence de sinistres selon la puissance du véhicule

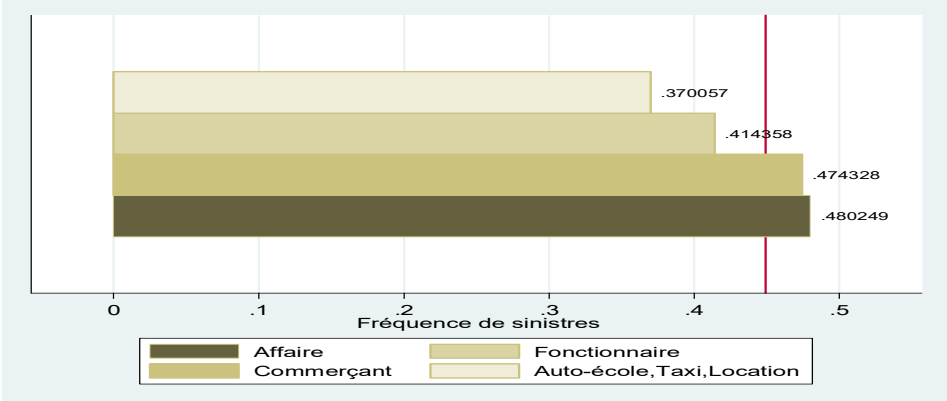


Fig. 5. Fréquence de sinistres selon l'usage du véhicule

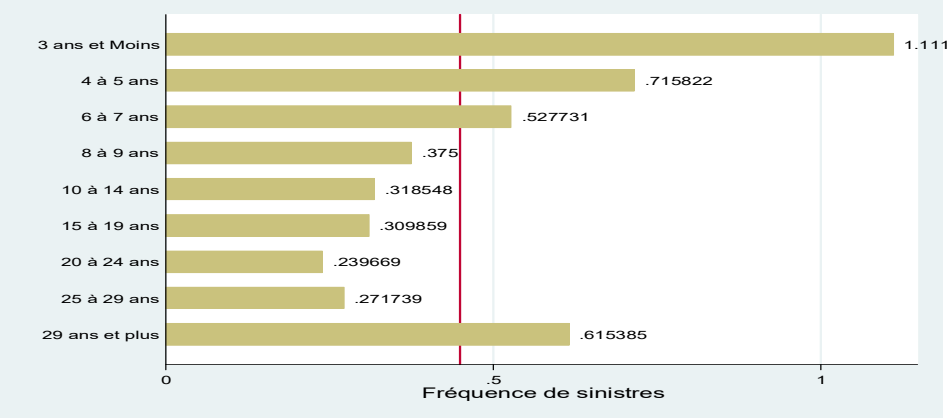


Fig. 6. Fréquence de sinistres selon l'ancienneté de permis du conducteur

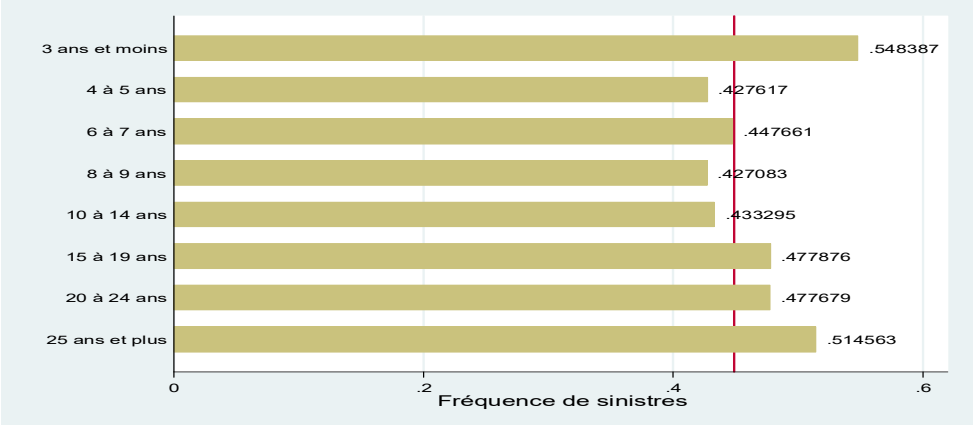


Fig. 7. Fréquence de sinistres selon l'âge du véhicule

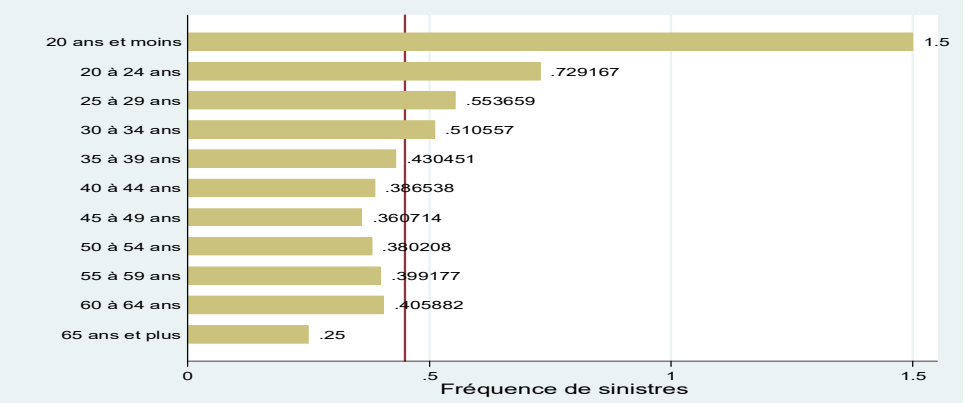


Fig. 8. Fréquence de sinistres selon l'âge du conducteur

Ces histogrammes appellent les quelques commentaires suivants :

- On constate une sous-sinistralité pour les femmes (0,40 contre 0,46 pour les hommes), qui ne représentent que 21,80% des assurés du portefeuille.
- La sur-sinistralité des jeunes conducteurs est évidente. Les fréquences de sinistres semblent décroître avec l'âge, passant de 1,5 à 0,73 puis à 0,55 et enfin à 0,25 pour les conducteurs âgés de plus de 65 ans. On remarque bien cette sur-sinistralité chez les conducteurs qui ont moins de 35 ans.

- Toutes choses égales par ailleurs, la sinistralité diminue avec l'ancienneté de permis. On remarque bien une sur-sinistralité chez les assurés possédant un nouveau permis de conduite. En effet, Les fréquences de sinistres semblent décroître avec l'ancienneté de permis, passant de 1,1 à 0,72 puis à 0,53 pour les conducteurs ayant une ancienneté de permis inférieure ou égale à 7 ans. En revanche, les fréquences de sinistres sont presque toutes inférieures à la moyenne totale du portefeuille (sous-sinistralité) pour les conducteurs ayant une ancienneté de permis supérieure ou égale à 8 ans.
- En ce qui concerne la puissance du véhicule, le genre du véhicule et l'âge du véhicule, on ne constate pas de grandes différences entre les différents niveaux de chacune de ces variables.
- La fréquence des sinistres est plus élevée chez les groupes « Affaire » et « Commerçant » par rapport les assurés des autres groupes (« Fonctionnaire » et « Auto-école, Taxi, Location »). En effet, les assurés du groupe « Affaire » ont la fréquence de sinistré la plus élevée (0,48), puis les assurés du groupe « Commerçant » avec fréquence de sinistré égale à 0,47. Pour les groupes « fonctionnaire » et « Auto-école, Taxi, Location », la fréquence de sinistré est en dessous à la moyenne totale du portefeuille, 0,41 pour le groupe « fonctionnaire » et 0,37 pour le groupe « Auto-école, Taxi, Location ».

4.2 ESTIMATION DES PARAMETRES A L'AIDE DE LA TECHNIQUE GEE

L'équation (11) est généralement résolue à l'aide d'une méthode de score de Fisher modifiée pour β et une estimation de moments pour α ([10] et [13]). Une sélection[2] des variables, basée sur l'analyse de type 3, nous conduit à retenir les variables : le sexe, le code usage concerne le tarif appliqué et l'utilisation du véhicule et la variable l'expérience de conduite. Les résultats finals de la régression de modèle Poisson à l'aide de la technique GEE sont présentés dans le tableau (3) :

Tableau 3. Résultats finals de l'estimation de modèle Poisson à l'aide de la technique GEE

		Wald chi2(5)=	***167.64***	
		Prob > chi2 =	***0.0000***	
N_{it}	**Coefficient β** β	**Écart-types de** β	***Z***	***P>|Z|***
Sexe (réf:femme)	0	0	0	.
Homme	.1616085	.0729625	2.21	**0.027**
Usage	0	0	0	**.**
Auto-école, taxi,	-.230993	.0973482	-2.37	**0.018**
Agp (réf: agp≤5)	0	0	0	**.**
5<agp≤7	-.2996573	.0726083	-4.13	**0.000**
7<agp≤9	-.6085835	.1023899	-5.94	**0.000**
agp>9	-.8439433	.068977	-12.24	**0.000**
Constante	-.4411818	.075952	-5.81	**0.000**

Source : *élaborer par l'auteur à partir les données de la SAA*

L'estimateur de *R(α)* est alors égale à :

$$\hat{R}(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & .0783429 & .0529825 \\ .0783429 & 1 & .0146558 \\ .0529825 & .0146558 & 1 \end{pmatrix}$$

[2] Cette analyse comparera le modèle complet ou non contraint (c'est-à-dire comprenant toutes les variables spécifiées dans le modèle) avec les différents modèles obtenus en supprimant une des variables, c'est-à-dire le modèle contraint. Ceci permet de tester la pertinence de chacune des variables explicatives, compte tenu des autres. Il s'agit donc de l'optique Backward de sélection des variables tarifaires : à chaque étape, on exclura la variable possédant la $p - valeur$ la plus élevée, jusqu' à ce qu'aucune variable ne puisse plus être exclue (c'est à dire jusqu'à ce que toutes les $p - valeurs$ soient inférieures à un seuil choisit par l'utilisateur, en générale 5%). Il convient ici de noter qu'une variable jugée pertinente à l'issue de l'analyse de type 3 pourrait comporter certains niveaux non-significatifs.

Le système de tarification automobile utilisé en Algérie se base essentiellement sur le genre, l'usage du véhicule et la puissance fiscale ([2] et [3]). De ce fait, on peut conclure que, le système de tarification automobile a priori utilisé en Algérie n'est pas optimal. Pour terminer, le modèle Poisson à l'aide de la technique GEE nous a permis de segmenter notre portefeuille en 16 classes de risque homogènes.

Tableau 4. Estimations des fréquences de sinistres des différentes classes de risque

Le sexe	L'usage du véhicule	L'âge de permis	Poids (%)	fréquence
Femme	Affaire, Fonctionnaire et Commerçant	***agp≤5***	4.37	.6432757
		5<agp≤7	4.43	.4767137
		7<agp≤9	3.13	.3500199
		agp>9	9.47	.276616
	Auto-école, Taxi et Location	***agp≤5***	0.03	.5105969
		5<agp≤7	0.07	.3783891
		7<agp≤9	0.10	.2778265
		agp>9	0.20	.2195626
Homme	Affaire, Fonctionnaire et Commerçant	***agp≤5***	15.33	.7561063
		5<agp≤7	12.93	.5603293
		7<agp≤9	6.37	.4114133
		agp>9	32.17	.3251344
	Auto-école, Taxi et Location	***agp≤5***	2.27	.6001556
		5<agp≤7	2.40	.4447586
		7<agp≤9	1.33	.3265573
		agp>9	5.40	.2580738
Total			100	.4492686

Source: *élaborer par l'auteur à partir les données de la SAA*

4.3 TARIFICATION A POSTERIORIM : SYSTEME BONUS-MALUS A CLASSES

Les systèmes Bonus-Malus correspondent à un système à classes dans lesquels les assurés grimpent ou descendent d'un certain niveau en fonction du nombre de sinistres déclarés ou du nombre d'années d'assurance sans accidents. Un système Bonus-Malus à classes se présente comme dans le tableau (5).

Le niveau 0 est celui avec la plus petite relativité tandis que le niveau est celui avec la plus grande relativité . La prime payée par l'assuré est égale au produit d'une prime de base prédéterminée selon les règles de tarification a priori et de la relativité correspondant au niveau occupé par l'assuré dans l'échelle Bonus-Malus. Un degré de l'échelle est prévu pour un nouvel assuré. Un réajustement de la position de l'assuré sur cette échelle est effectué annuellement en fonction de la sinistralité de cet assuré conformément aux règles de transition du système. Les pénalités induites par un système Bonus-Malus à classes ne dépendent que du nombre d'accidents déclarés par l'assuré. De plus, le niveau qu'occupera l'assuré dans le système Bonus-Malus à l'année ***t+1*** ne dépend que du niveau qu'il occupait durant l'année et du nombre de sinistres déclarés durant l'année t.

Tableau 5. Bonus –Malus à classes

Niveau	*Prime*	*Prime relative*
s	b_s	r_s
⋮	⋮	⋮
ℓ	$b_\ell = r_\ell \times PB$	r_ℓ
⋮	⋮	⋮
0	b_0	r_0

Les règles de passage d'une classe à l'autre ainsi que le nombre des classes sont assez variables d'un pays à l'autre. On définit généralement le système Bonus-Malus par le nombre de classes de ce système et une échelle ***–y/+x***, signifiant qu'en fonction de son niveau de début de période, l'assuré descend de ***y*** niveaux en cas d'année d'assurance sans accidents tandis qu'il grimpe de ***x*** niveaux à chaque sinistre déclaré.

Une compagnie d'assurance peut proposer des échelles différentes à des catégories différentes d'assurés et ceci en vue de contrer l'injustice inhérente à une échelle uniforme. Mais cette idée pourrait également servir à écarter une classe de risques considérée comme trop risquée, en lui proposant une échelle très sévère ou au contraire à en attirer une autre en lui proposant une échelle favorable.

Pour cela, et afin de comparer les différentes échelles d'un système Bonus-Malus, deux systèmes Bonus-Malus de [20] ayant 9 niveaux sont considérés , où seule la pénalité change en fonction du type du système Bonus-Malus. Il s'agit des modèles Bonus-Malus avec échelle -1/+2 et -1/+4.

Il est utile de noter ici que, selon [21], le système Bonus-Malus markovien jouit de la propriété d'équilibre financière quelque soit, le nombre des classes choisit et quelques soit le type de pénalité (l'échelle) considéré.

4.3.1 ECHELLE -1/+2

Il s'agit de l'échelle « soft » de [20], les nouveaux assurés sont versés dans le niveau 6. Chaque année sans sinistre vaut une descente d'un degré dans l'échelle. Et chaque sinistre est pénalisé par une remontée de deux niveaux. Les résultats de calibrage de l'échelle **-1/+2** à l'aide de la méthode de [18] sans tenir compte puis en tenant compte de la segmentation à priori donne les résultats suivants :

Tableau 6. Résultats numériques de calibrage d'un système Bonus-Malus à 9 classes pour l'échelle -1/+2

	Sans segmentation a priori		***Avec segmentation a priori***		
Niveau ℓ	$P(L_\vartheta = \ell)$	r_ℓ	$P(L_\vartheta = \ell)$	r_ℓ	$E[\Lambda \mid L = \ell]$
8	20.68%	168%	20.04	114.51	64.12
7	12.32%	142%	13.44	109.80	56.70
6	8.67%	121%	10.22	105.60	50.00
5	6.65%	105%	8.20	102.29	44.94
4	6.33%	89%	7.85	98.28	39.88
3	5.46%	80%	6.71	95.78	37.03
2	7.82%	65%	8.55	90.98	32.97
1	5.89%	61%	6.19	89.41	31.71
0	26.15%	44%	18.81	83.31	28.01

Les valeurs de ce tableau sont calculées numériquement à l'aide du logiciel MATLAB. Les valeurs de la deuxième et la troisième colonnes de ce tableau ont été obtenues respectivement par l'équation[3] (20) et (21) avec $\hat{a}=2.14$ et $\hat{\lambda}=0.449$, paramètres obtenus en ajustant une distribution Binomiale Négative sur les nombres de sinistres N_{it}. En effet, (DENUIT, et al. 2007) ont estimé les paramètres $\hat{\lambda}$ et $\hat{a}$ par :

$$E(N_{it}) = 0.449 = \hat{\lambda}\,, \quad V(N_{it}) = \frac{1}{a} = 0.466 \Longrightarrow \hat{a} = 2.14$$

La deuxième colonne de ce tableau donne les proportions d'assurés dans les différents niveaux de l'échelle -1/+2. La troisième colonne de ce tableau décrit les pourcentages associés aux 9 échelons si aucune différenciation tarifaire n'est opérée a priori. Une fois l'état stationnaire atteint, 26.15% des polices se trouvent au niveau 0 et bénéficient donc du bonus maximal, alors que 20.68% des assurés se trouvent au niveau 8 (malus maximal). Les primes relatives varient entre 44% pour le niveau 0 et 168% pour le niveau 8. C'est-à-dire les assurés au niveau 0 sont gratifiés d'une ristourne de l'ordre de 56% et ceux au niveau 8 sont pénalisés de 68%.

[3] En effet, si l'assureur n'utilise pas de tarification a priori, tous les λ_k sont égaux à $\bar{\lambda}$, la fréquence moyenne annuelle de sinistres pour le portefeuille entier.

La cinquième colonne est, quant à elle, basée sur l'équation (21) avec $\hat{a}=11.85$ et les λ_K obtenus par la segmentation a priori présentée à la section précédente. La dernière colonne est obtenue à partir de l'équation (22). En effet, [15] ont proposés d'estimer le paramètre $\hat{a}$ par :

$$V(N_{it}) = \lambda_{it} + \frac{(\lambda_{it})^2}{a} \Longrightarrow \hat{a} = \frac{(\lambda_{it})^2}{V(N_{it}) - \lambda_{it}} = 11.85$$

La cinquième colonne reprend les pourcentages de troisième colonne si l'assureur segmente a priori. Ceci a pour effet de limiter l'ampleur des corrections a posteriori. La ristourne au niveau 0 n'est plus que 16.7% et la pénalité au niveau 8 de 15%. Finalement, on voit que $E[\Lambda|L=\ell]$ est croissant en ℓ , ce qui traduit bien la concentration des bons assurés dans le bas de l'échelle et celle des mauvais dans le haut de l'échelle.

4.3.2 ECHELLE -1/+4

Il s'agit de l'échelle « sévère » de [20], les nouveaux assurés sont versés dans le niveau 6. Chaque année sans sinistre vaut une descente d'un degré dans l'échelle. Et chaque sinistre est pénalisé par une remontée de quatre degrés. Les résultats de calibrage de l'échelle **-1/+4** à l'aide de la méthode de [18] sans tenir compte puis en tenant compte de la segmentation à priori donne les résultats suivants :

Tableau 7. Résultats numériques de calibrage d'un système Bonus-Malus à 9 classes pour l'échelle -1/+4

	Sans segmentation a priori		***Avec segmentation a priori***		
Niveau ℓ	$P(L_\vartheta = \ell)$	r_ℓ	$P(L_\vartheta = \ell)$	r_ℓ	$E[\Lambda \mid L = \ell]$
8	28.87%	146%	30.13	108.93	55.91
7	16.87%	122%	18.99	104.59	49.68
6	10.90%	104%	12.70	101.03	44.72
5	7.58%	91%	8.90	98.01	40.81
4	7.30%	73%	7.82	93.33	36.08
3	5.34%	66%	5.51	91.29	34.07
2	4.02%	61%	3.95	89.41	32.41
1	3.10%	56%	2.88	87.64	31.01
0	16.02%	38%	9.11	80.91	26.99

Une fois l'état stationnaire atteint, et Si on construit l'échelle Bonus-Malus sans reconnaître la segmentation a priori, 16.02% des polices se trouvent au niveau 0 et bénéficient donc du bonus maximal, alors que 28.87% des assurés se trouvent au niveau 8 (malus maximal). Les primes relatives varient entre 38% pour le niveau 0 et 146% pour le niveau 8.

Lorsqu'on tient compte de la segmentation a priori, 9.11% des polices se trouvent au niveau 0 et bénéficient donc du bonus maximal, alors que 30.13% des assurés se trouvent au niveau 8 (malus maximal). Les primes relatives varient entre 80.91% pour le niveau 0 et 108.93% pour le niveau 8 ; les corrections a posteriori sont donc moins sévères dans ce cas.

Il est intéressant de comparer les valeurs obtenues pour l'échelle -1/+4 à celle obtenues pour l'échelle -1/+2. La plus forte pénalisation des sinistres assure une plus grande dispersion des assurés dans l'échelle. Le niveau 0 regroupe pour l'échelle -1/+4 environ 16.02% des assurés (respectivement 9.11% avec segmentation a priori), contre 26% pour l'échelle -1/+2 (respectivement 18.81% avec segmentation a priori). Ceci a pour effet d'augmenter la ristourne au niveau 0 et de réduire les pénalités associées aux niveaux élevés.

5 CONCLUSION

Le système de tarification automobile utilisé en Algérie se base essentiellement sur le genre, l'usage du véhicule et la puissance fiscale. On a comparé ce système de tarification avec les résultats obtenus par le modèle Poisson à l'aide de la technique GEE, et on a constaté que :

- les variables genre et la puissance fiscale, utilisées par le système de tarification en Algérie, ne sont pas retenues par le modèle Poisson à l'aide de la technique GEE.
- des variables autres que les variables utilisées par le système de tarification en Algérie, telles que le sexe et l'expérience de conduite de l'assuré sont significatives pour expliquer la fréquence de sinistres.

De ce fait, on a conclu que, le système de tarification automobile a priori utilisé en Algérie n'est pas optimal.

Eu égard à l'hétérogénéité encore présente au sein d'un groupe de risques, la différence dans les statistiques de sinistres des assurés au sein d'une classe tarifaire ne doit pas seulement être attribuée au hasard mais doit être considéré dans une certaine mesure comme un reflet de l'influence des facteurs de risques qui n'ont pas été pris en considération a priori. Le second volet tarifaire concerne la tarification a posteriori au moyen d'un système de type Bonus-Malus, c'est-à-dire la partie de la prime pure qui dépend de la sinistralité passée de l'assuré.

Un système Bonus-Malus à classes basé sur la théorie de la chaine de Markov a été calibré. On a choisi arbitrairement de calibrer deux systèmes Bonus-Malus de [20] ayant 9 classes, où seule la pénalité change en fonction du type du système Bonus-Malus. Il s'agit des modèles Bonus-Malus avec échelle -1/+2 et -1/+4 . Pour chaque échelle, les résultats de calibrage d'un système Bonus-Malus à l'aide de la méthode de [18] en tenant compte de la segmentation a priori.

Dans notre travail, nous avons montré comment construire simplement une échelle Bonus-Malus basée sur une tarification a priori et nous avons vu que cette dernière influençait l'échelle obtenue. Ainsi, une compagnie peut décider du degré de segmentation a priori qu'elle retient en choisissant un certain nombre et un certain type de variables explicatives et ceci va la conduire à proposer à ses assurés une tarification a posteriori plus ou moins sévère. Nous avons également vu que la compagnie peut proposer des échelles différentes à des catégories différentes d'assurés et ceci en vue de contrer l'injustice inhérente à une échelle uniforme. Mais cette idée pourrait également servir à écarter une classe de risques considérée comme trop risquée, en lui proposant une échelle très sévère ou au contraire à en attirer une autre en lui proposant une échelle favorable.

RÉFÉRENCES

[1] CNA, Note de conjoncture du 4ème trimestre et année 2017, 2018. [Online] Available: http://www.cna.dz/Actualite/Assure-Infos/Note-de-conjoncture-du-4eme-trimestre-et-annee-2017 (April 21, 2018).

[2] CNA, L'Assurance Automobile, 2009. [Online] Available: http://www.cna.dz/En-savoir-plus/Produits-d-assurance/Risques-lies-aux-biens-et-activites-de-la-vie-privee/L-Assurance-Automobile (January 13, 2010).

[3] LATRECHE, A., "Estimation de la probabilite d'accident par le modele probit dans le cas de l'assurance automobile (Une Etude Empirique)". Les annales ROAD (Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision), no. 15, Avril, 2007.

[4] RIMI, R., Un modèle de tarification optimal pour l'assurance automobile: une approche avec données de panel (le cas de la SAA), Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée (ENSSEA (EX INPS)): thèse de doctorat non publiée, KOLEA, Tipaza, Algérie, 2015.

[5] RIMI, R., RIMI, O. & LATRECHE, A., "Une évaluation empirique de la tarification de l'assurance automobile en Algérie: une approche avec données de panel", ROA Iktissadia Review, vol. 9, no. 1, pp. 311-330, 2015.

[6] SAA, assurance auto: conditions générales. Alger: visa N°01/MF/DGT/DASS/du 15.03.2010, 2010.

[7] LEMAIRE, J., Bonus-malus systems in automobile insurance, Huebner International Series on Risk, Insurance and Economic Security, Dordrecht: Springer Science & Business Media, 1995.

[8] DIONNE, G. & VANASSE, C., "Automobile insurance ratemaking in the presence of asymmetrical information", Journal of Applied Econometrics, Vol. 7, no. 2, pp. 149-165, 1992.

[9] PITREBOIS, S., DENUIT, M. & WALHIN, J.-F., "Setting a bonus-malus in the presence of other rating factors: TAYLOR'S work revisited", ASTIN BULLTIN, vol. 33, no, 2, pp. 419-436, 2003a.

[10] PITREBOIS, S., DENUIT, M. & WALHIN, J.-F.,. "Tarification automobile sur données de panel", Bulletin des Actuaires Suisses, pp. 51-81, 2003b.

[11] PARTRAT, C. & BESSON, J.-L., Assurance non-vie: Modélisation, Simulation. Paris: ECONOMICA, 2005.

[12] Dionne, G., R. Gagné, and C. Vanasse, "Inferring Technological Parameters from Incomplete Panel Data", Journal of Econometrics, vol. 87, pp. 303-327, 1998.

[13] LIANG, K.-Y. & L.ZEGER, S., "Longitudinal Data Analysis Using Generalized Linear Models", Biometrika, April, vol. 73, no. 1, pp. 13-22, 1986.

[14] ZEGER, S. L., LIANG, K.-Y. & ALBERT, P. S., "Models for Longitudinal Data: A Generalized Estimating Equation Approach", Biometrics, December, vol. 44, no. 4, pp. 1049-1060, 1988.

[15] DENUIT, M., MARECHAL, X., PITREBOIS, S. & WALHIN, J.-F., Actuarial Modelling of Claim Counts: Risk Classification, Credibility and Bonus-Malus Systems. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

[16] SECK, B., Estimation pour les modèles linèaires généralisés : Approche marginale, approche conditionnelle et application, Essai présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en statistique pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.) FACULTE DES SCIENCES ET DE GENIE, UNIVERSITE LAVAL, 2006.
[17] HILBE, J. M., Negative Binomial Regression, 2nd Ed, New York: Published in the by Cambridge University Press, 2011.
[18] NORBERG, R., "A Credibility Theory for Automobile Bonus Systems", Scandinavian Actuarial Journal, vol. 1976, no. 2, pp. 92-107, 1976.
[19] SAA, le site internet de la Societé Algérienne des Assurances
[Online] Available: http://www.saa.dz/ (April 28, 2018), 2018.
[20] TAYLOR, G., "Setting a bonus-malus scale in the presence of other rating factors", ASTIN BULLETIN, vol. 27, no, 2, pp. 319-327, 1997.
[21] DENUIT, M. & CHARPENTIER, A., Mathematique De L'assurance Non-Vie: tarification et provisionnement. Paris: ECONOMICA, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 416-425
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pétrographie et géochimie des formations Lukoshiennes de Kisenge, Lualaba, RD Congo

[Petrography and geochemistry of Lukoshian formations at Kisenge, Lualaba, DR Congo]

Elie TSHINGULI[1], Albert KALAU[2], and Alphonse TSHIMANGA[3]

[1]Université de Kolwezi, Fac. Sciences, Dép. de Géologie, RD Congo

[2]ISTA Kolwezi, Section Géologie et Mines, RD Congo

[3]Université de Lubumbashi, Fac. Sciences, Dép. de Géologie, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work aims at the understanding of the petrogenesis of Lukoshian metamorphic formations in the Kisenge aera. Here are presented detailed petrographic study of the gneisses and amphiboles of this sector and the new geochemical data of major elements as well as a sketch of the geological map of the study area. The macroscopic petrographic study has distinguished, in the gneisses of the Kisenge sector, two lithological facies which are gneisses and granitic gneisses. And quartz veins are observed in amphiboles. The geochemical study on basis of major elements revealed that these gneisses derived from a metamorphic evolution of granites and granodiorites of calc-alkaline series. They are therefore formed in a geodynamic context of subduction. While the amphiboles are of basic composition, resulting from the metaborphism of gabbro

KEYWORDS: gneiss, granitic gneiss, amphibole, geochemistry.

RESUME: Ce travail est une contribution à la compréhension de la pétrogenèse des formations métamorphiques Lukoshiennes dans le secteur de Kisenge. Nous présentons les résultats d'une étude qui aborde d'abord l'aspect pétrographique détaillé des gneiss et des amphibolites de ce secteur ainsi que des nouvelles données géochimiques concernant les éléments majeurs. Une esquisse de la carte géologique du secteur d'étude sera également présentée. L'étude pétrographique macroscopique a permis de distinguer dans les gneiss du secteur de Kisenge, deux facies lithologiques qui sont les gneiss (ss) et les gneiss granitiques. Des filons de quartz sont également observés dans les amphibolites. L'étude géochimique basée sur des éléments majeurs a révélé que ces gneiss proviennent d'une évolution métamorphique des granitoïdes appartenant à la série calco-alcaline. Ceux-ci se seraient donc formés dans un contexte géodynamique de convergence des plaques, tandis que les amphibolites de composition basique, seraient issues du métamorphisme d'un gabbro ; il s'agit d'une ortho-amphibolite.

MOTS-CLEFS: gneiss, gneiss granitique, amphibolite, géochimie.

1 INTRODUCTION

La région de Kisenge est constituée par les formations appartenant au Lukoshien (J.Lepersonne, 1974). Le secteur de Kisenge appartient à une vaste pénéplaine relativement monotone, s'étendant jusqu'à la frontière Angolaise, et dont l'altitude

moyenne est légèrement supérieure à 1000m. Ce secteur est drainé par deux rivières principales à savoir : La LUKOSHI au Nord et la LUASHI au Sud, toutes orientées plus ou moins ESE - WNW.

2 GÉOLOGIE

Les formations géologiques de ce secteur appartiennent au craton du Congo. Elles sont situées à l'extrême Sud de la vaste région du Kasaï-Lomami-Lulua qui consiste en un complexe des roches métamorphiques et ignées.

Les données chronologiques fournissent quatre groupes d'âges pour ce complexe : 1850, 2125, 2650, et 3.280 millions d'années (Cahen et Lepersonne, 1967) et le situe, par conséquent, dans l'Archéen.



Fig. 1. Carte administrative de la RD Congo avec localisation de Kisenge

Trois entités géologiques majeures peuvent être distinguées de bas en haut:

- Le substratum cristallophyllien ou « basement », composé de granites, gneiss granitoïdiques et gneiss (CAHEN, 1954; CAHEN et LEPERSONNE, 1967).
- La formation (ou complexe) de LUKOSHI, qui affleure dans les parties Nord de la région du Kasaï – Lomami – Lulua et à laquelle appartiennent les couches de Kisenge. Elle repose probablement en discordance sur le substratum cristallophyllien.

La formation de LUKOSHI est composée des phyllites, schistes sériciteux, schistes talqueux, quartzites, arkoses, conglomérats métamorphiques, fortement tectonisés ; des roches de type amphibolites leur sont associées et appartiennent également à cette unité (Cahen et Lepersonne, 1967).

- La couverture des formations plus récentes comprend :
  - ✓ des sables, des grès et des quartzites d'âges MESOZOIQUE et CENOZOIQUE qui recouvrent, en partie, le substratum et la formation de LUKOSHI
  - ✓ des latérites qui recouvrent la majeure partie des terrains de la région occultent l'affleurement des roches sur les plateaux et rendent difficile l'observation des contacts géologiques. Ces latérites sont d'aspect scoriacées ou concrétionnées et emballent généralement des fragments des roches cristallophylliennes et métamorphiques constructives des terrains sous-jacents (Doyen, 1974).
  - ✓ des alluvions.

Cet article est une contribution à la compréhension de la pétrogenèse des formations métamorphiques et magmatiques Lukoshiennes. Nous présentons une étude pétrographique du secteur et des nouvelles données géochimiques des éléments majeurs.

Dans le secteur de Kisenge, trois unités géologiques bien distinctes orientées plus ou moins Est-Ouest, se succédant comme suit du Nord au Sud, ont été reconnues (Polinard, 1952) :

- UNITE-A: des séricitoschistes (micaschistes) et des quartzites affleurant entre les rivières LUKOSHI et LUASHI. Ces couches forment des amas discontinus dont l'extension latérale est mal connue.
- UNITE-B: des amphiboloschistes à filons de pegmatites et intrusions de gabbro, disposées dans l'axe de la rivière LUASHI. Les filons de pegmatites recoupent parfois également les amphiboloschistes et constitueraient d'anciens sédiments schisteux particulièrement métamorphisés.
- UNITE-C: des granites, affleurant au Sud de la rivière LUASHI.

Selon DOYEN (1974), on peut distinguer une zone de gneiss et une zone granitique se succédant au Sud de l'unité-B.

La cartographie de toutes ces formations a abouti à l'établissement d'une carte géologique (Figure 2) ci-dessous :

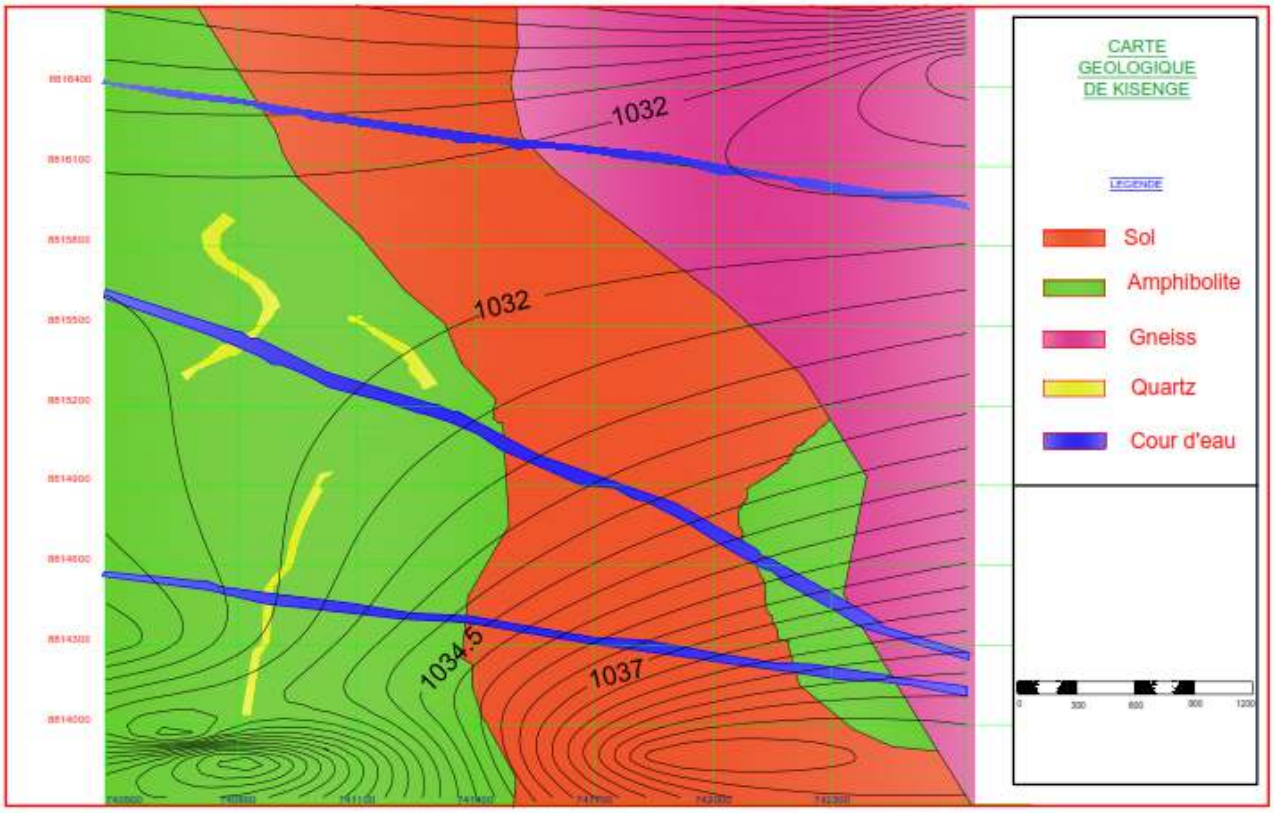


Fig. 2. Esquisse de la carte géologique de la région de Kisenge

3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 PÉTROGRAPHIE

Les résultats présentés et discutés dans cette partie concernent les observations macroscopiques à l'affleurement dans le secteur de Kisenge.

Le secteur de Kisenge regorge des formations métamorphiques et magmatiques du Lukoshien. Ces formations sont essentiellement des gneiss, des gneiss granitiques et des amphibolites. Dans ces amphibolites, les filons de quartz sont observés et les amphibolites sont les plus importants.

3.1.1 GNEISS

Dans le secteur de Kisenge, les gneiss sont constitués des minéraux habituellement observés dans ce type de roches. Il s'agit du quartz, de la biotite, du feldspath mais aussi, dans quelques parties, de la muscovite tous suffisamment identifiables

à l'œil nu. Leur description est présenté ci-dessous : on remarque des petits lits blancs alternés par des lits noirs ; les lits blancs (quartz ou feldspath) sont tantôt très épais mais moins abondants par rapport à ceux sombres (biotite) très abondants. Les gneiss sont durs par rapport aux quartzites et très abondants du côté de Nsenga. Ils ont une structure massive et dans un état d'altération moins avancé et moins abondant vers Lwashie où l'état d'altération est avancé.

Ces gneiss sont constitués par les minéraux suivants:

- Quartz : de couleur blanchâtre ; il est difficile de déterminer la taille car, étant sous forme des lits blancs de tailles variables, soit millimétriques, soit centimétriques variant de 0,3cm à 2cm ;
- Biotite : abondante, en forme des lits noirs de taille millimétrique, moins dure et altérable;
- Feldspath : présent dans les lits blancs de la roche, de couleur ''blanc laiteux'',il est moins abondant ;
- Muscovite : de couleur blanchâtre, de taille variant entre 0,5 à 1,5 cm sous forme des lamelles noyant le quartz. Cela a été signalé vers Masajila.

3.1.2 GNEISS GRANITIQUE

Dans ces roches la structure magmatique est encore perceptible et la foliation est peu développée. Les minéraux clairs sont beaucoup plus abondants que les minéraux sombres. Il s'agit des roches leucocrates essentiellement composées du quartz, du feldspath et de la muscovite. L'amphibole et la biotite sont aussi observées.

Quant à ce qui concerne leur genèse, Rumvegeri (1987) avait émis l'hypothèse selon laquelle elles proviendraient de l'évolution métamorphique des orthogneiss.

3.1.3 AMPHIBOLITES

Les amphibolites, de couleur bleu-sombre, sont compactes, finement grenues et parfois traversées par des veines roses ainsi que des filonnets de quartz. Elles présentent une stratigraphie fantôme sur le terrain et contiennent en leur sein des roches de quelques minéraux observables qui seraient des serpentinites. Les amphibolites ont été retrouvées au niveau de la rivière Lwashie à Kafuata et à Kamata (Sawila).

3.2 GÉOCHIMIE

25 échantillons des gneiss, des gneiss granitiques et des amphibolites ont été soumis à une analyse chimique de roches totale pour des éléments majeurs par spectrométrie d'absorption atomique. Tous ces échantillons ont été préalablement broyés avant d'être soumis aux analyses. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1):

Tableau 1. Composition chimique des formations Lukoshiennes affleurant dans le secteur de Kisenge

N° Echant	.Litho	SiO2	Ti02	Al203	Fe0(tot)	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P205
1	Amphibolite	45,56	0,16	7,34	19,7	1,34	7,56	12,76	2,35	2,41	0,06
2	Amphibolite	47,67	0,97	5,53	18,89	1,76	8,89	11,63	1,9	1,9	0,03
3	Amphibolite	47,67	0,83	4,67	19,87	1,41	8,33	10,89	3,67	1,6	0,04
4	Amphibolite	49,78	1,18	4,98	18,98	1,01	7,01	11,34	2,03	3,09	0,019
5	Amphibolite	42,54	2,22	13,85	11,37	1,15	13,41	11,35	2,5	0,18	0,16
6	Amphibolite	37,62	0,06	21,02	14,4	0,64	9,76	9,96	2,91	0,1	0,01
7	Amphibolite	41,86	2,38	13,29	14,38	0,14	10,98	11,38	2,51	1,33	0,12
8	Amphibolite	45,26	0,71	11,04	14,12	0,28	12,41	11,87	1,63	2,1	0,19
9	Amphibolite	41,28	1,22	13,17	16,11	0,3	9,97	11,76	2,41	2,81	0,02
10	Gneiss	71,41	0,21	12,12	5,87	0,02	0,28	3,7	2,28	3,07	0,04
11	Gneiss	74,23	0,16	11,22	4,98	0,03	0,2	2,78	3,33	2,43	0,04
12	Gneiss	70,98	0,18	12,45	4,08	0,02	1,49	4,01	4,04	1,56	0,01
13	Gneiss	71,18	0,11	11,56	5,12	0,015	0,29	3,89	3,89	3,02	0,01
14	Gneiss	70,05	0,6	15,01	4,93	0,04	1,32	1,69	1,09	4,06	0,16
15	Gneiss	68,85	0,62	15,6	5,04	0,03	2,14	1,48	1,71	3,58	0,17
16	Gneiss	69,5	0,63	15,71	4,04	0,04	1,02	2,51	1,59	4,02	0,15
17	Gneiss	69,9	0,62	15,9	5,11	0,05	1,3	0,49	1,6	3,97	0,16
18	Gneiss	68,5	0,67	17,1	5,05	0,05	2,24	0,52	1,53	3,99	0,14
19	Gneiss	68,3	0,63	16,8	5,98	0,04	1,22	0,64	1,78	4	0,12
20	Gneiss	67,44	0,67	17,71	5,04	0,019	0,97	2,61	4,34	1,05	0,01
21	Gneiss granitique	75,27	0,15	11,78	4,78	0,03	0,3	1,73	4,89	0,2	0,01
22	Gneiss granitique	76,68	0,11	13,89	4,79	0,018	1,2	0,89	2,45	0,23	0,01
23	Gneiss granitique	71,83	0,26	14,48	5,89	0,03	1,37	1,87	4,89	0,26	0,01
24	Gneiss granitique	73,65	0,19	14,87	4,78	0,019	0,9	1,03	2,67	1,01	0,01
25	Gneiss granitique	74,89	0,2	11,89	5,67	0,018	0,89	1,45	3,01	1,04	0,01

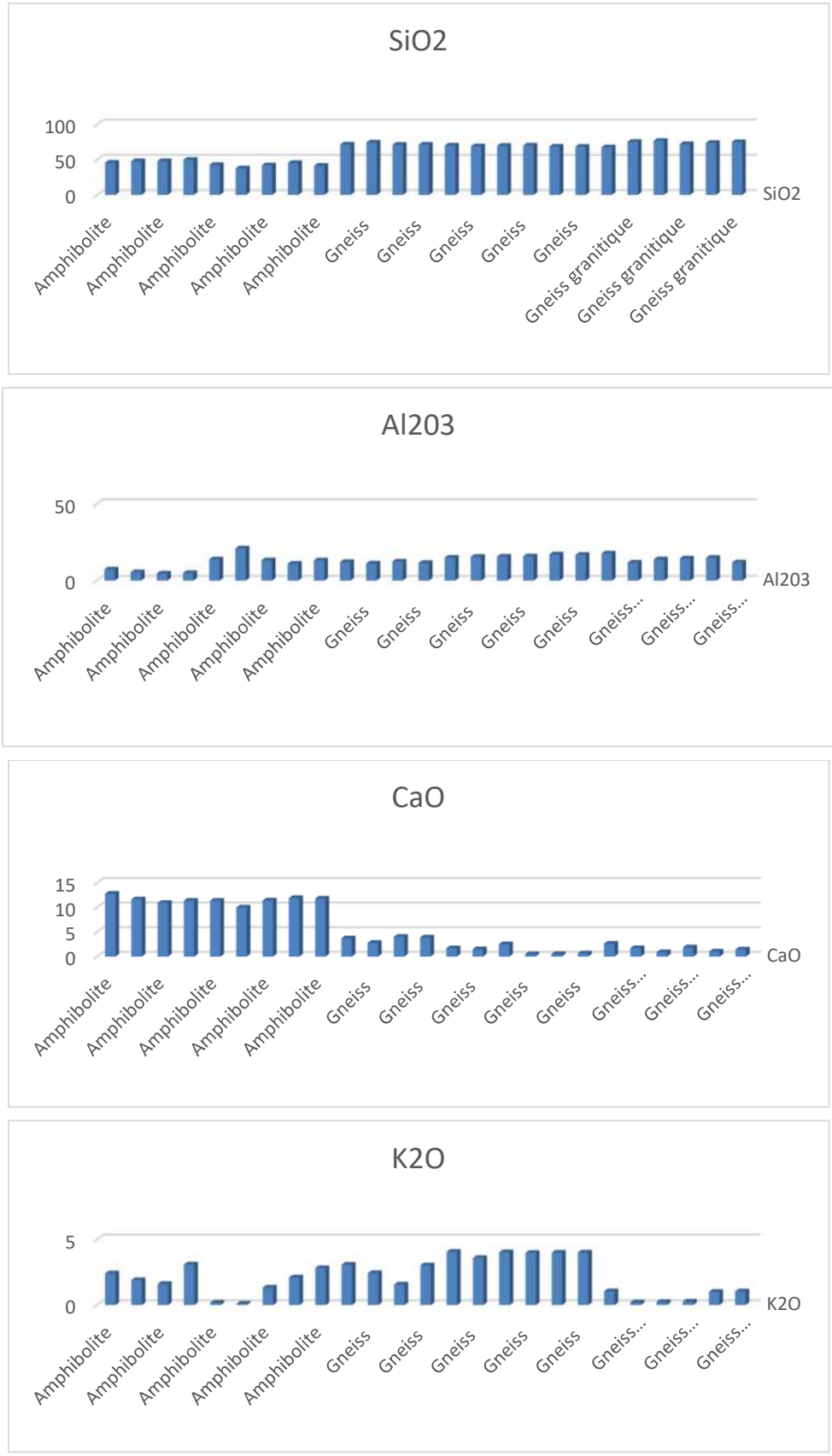


Fig. 3. Variation des teneurs en SiO2, Al2O3, CaO et K2O des gneiss et amphiboles du secteur de Kisenge

Les gneiss et gneiss granitiques possèdent des teneurs élevées en silice et en alumine contrairement à celles observées dans les amphibolites. Les teneurs en alcalins et CaO sont moins négligeables dans les gneiss, les gneiss granitiques et même dans les amphibolites (CaO). Les teneurs élevées dans les gneiss en association avec les alcalins sont en relation avec la présence du quartz, des feldspaths et des micas dans les gneiss.

En se basant sur la teneur en SiO2, les gneiss et gneiss granitiques de Kisenge sont de composition acide (SiO2>66%), tandis que les amphibolites sont de composition basique (SiO2 comprise entre 37,62% et 49,78%).

3.3 CLASSIFICATION

Le diagramme TAS des roches plutoniques de PANK-COX-BELL(1979), démontre que les gneiss du secteur de Kisenge sont issus de l'évolution métamorphique de granite et granodiorite. Tandis que les amphibolites sont issues du gabbro (Figure 4).Et suivant le diagramme TAS de Middlemost (1975), les amphiboles du secteur de Kisenge appartiennent aux roches subalcalines (Figure 5A).

Le diagramme de Pecerillo et Taylor (1976) démontre que les gneiss et gneiss granitiques du secteur de Kisenge appartiennent aux domaines calco-alcalins et calco-alcalins fortement potassiques (Figure 5B), prouvé par le diagramme de Miyashiro (1975) qui les fait correspondre aux séries tholéiitiques (Figure 6). Cette série est caractérisée par un rapport alcalins / silice faible.

3.4 EVOLUTION DE LA CRISTALLISATION

Le diagramme de Harker, des oxydes par rapport à SiO2, donne les caractéristiques des tendances d'évolution de la cristallisation. Les corrélations positives entre SiO2 et les alcalins et celles négatives entre SiO2 et les autres oxydes témoignent d'une cristallisation fractionnée, les éléments ferromagnésiens ayant cristallisés les premiers. Ces gneiss étant appauvrit en ferromagnésiens, la petite quantité des ferromagnésiens a contribuée à la formation de l'amphibole ; le magma résiduel a cristallisé les micas et a ensuite aboutit à la formation du quartz.

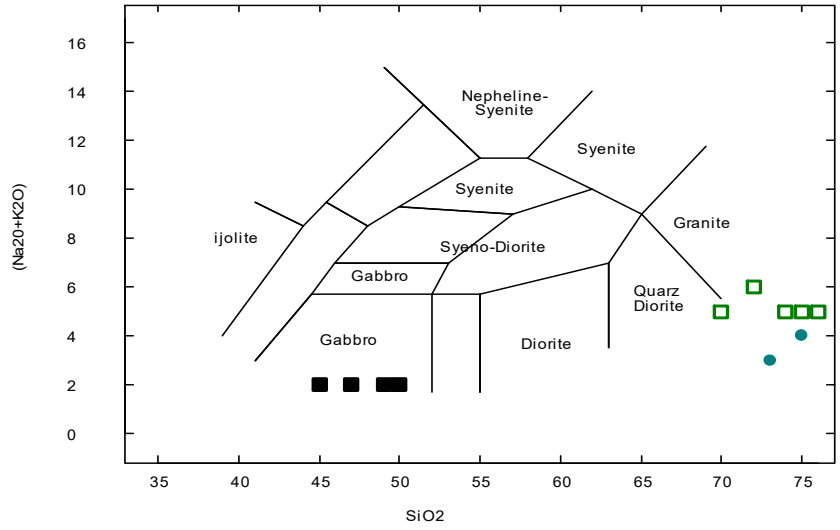


Fig. 4. TAS SILICA-ALKALIES de PANK-COX-BELL (1979) ; carré noire : amphibolite ; carré vert : gneiss ; point bleu : gneiss quartzitique

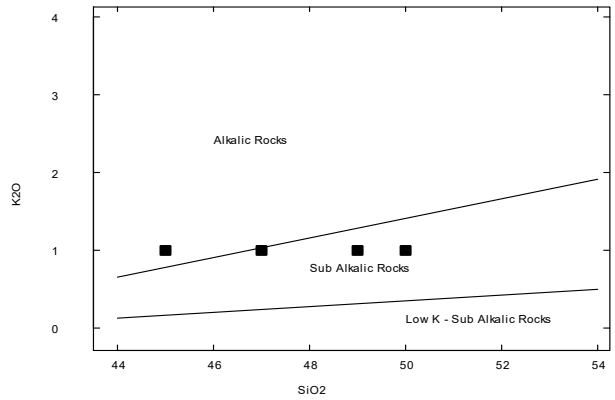


Figure 5 A

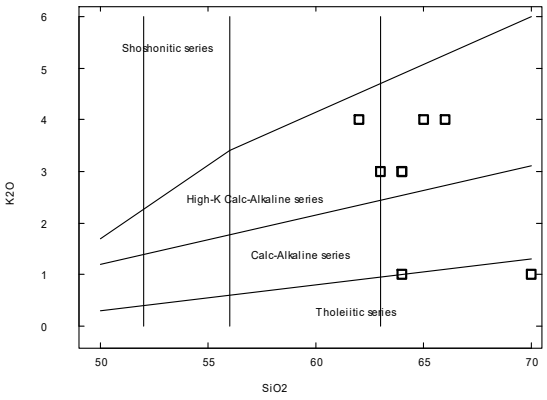


Figure 5 B

Fig. 5. A) TAS SILICA-K2O de Middlemost (1975), carré noire : amphibolite B) SiO2 VS K2O, Vue du Gneiss (Carré blanc) selon Pecerillo et Taylor (1976)

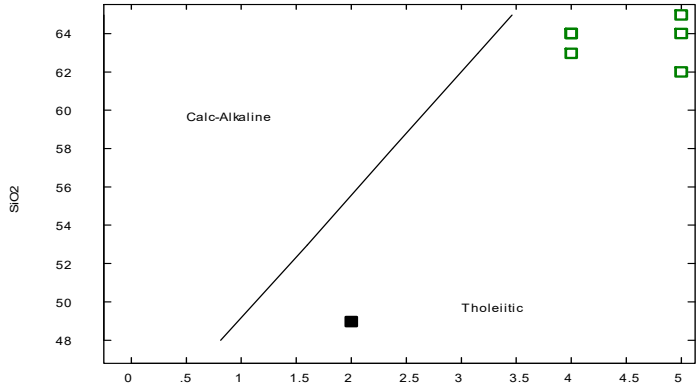


Fig. 6. TAS SILICA-ALKALIES SiO2 VS (Na2O + K2O) selon Miyashiro, 1975 (Carré noir : amphibole ; carré vert blanc : gneiss)

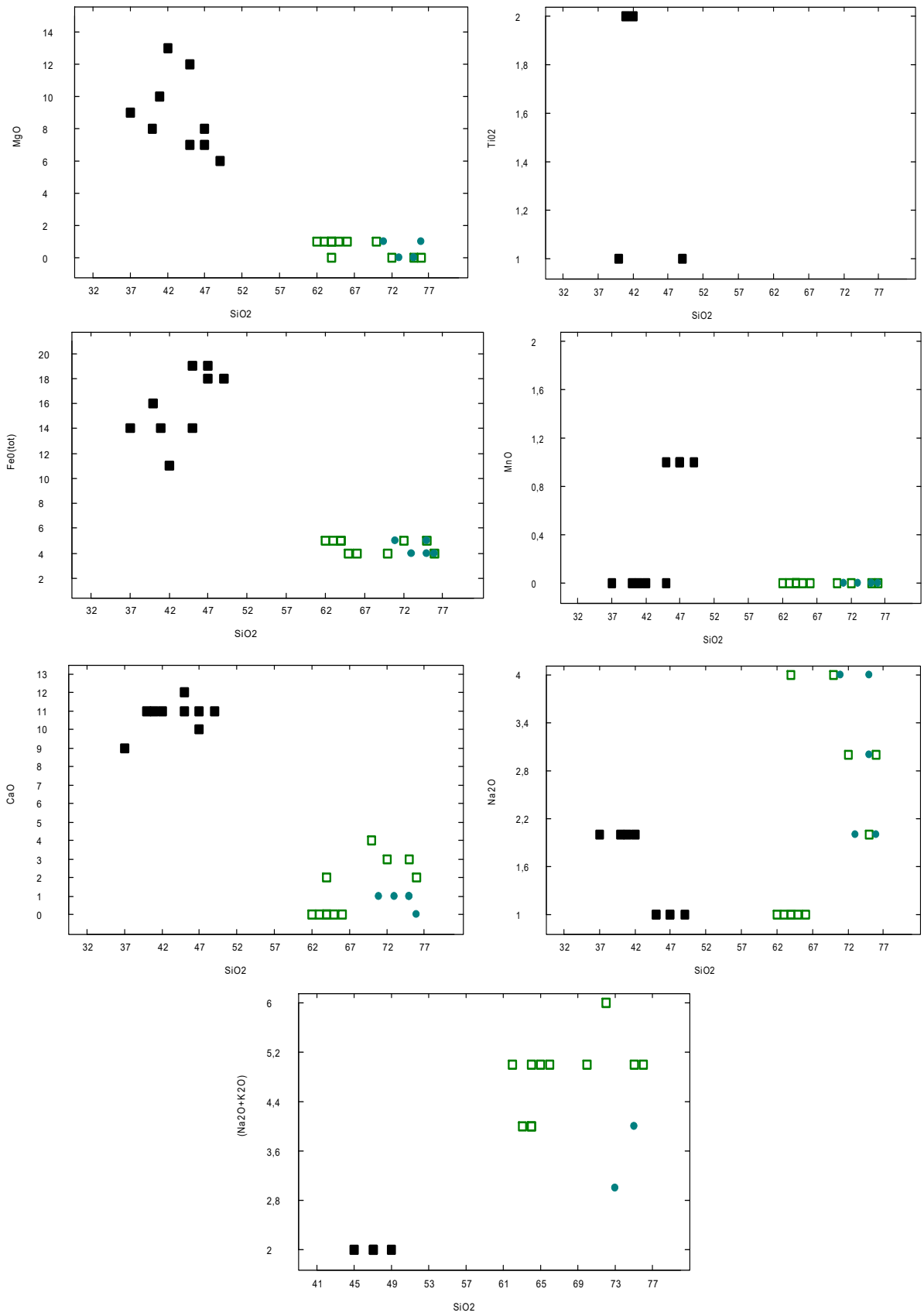


Fig. 7. Diagrammes de Harker pour les gneiss et les amphiboles du secteur de Kisenge. (Carré noire : amphibolite ; carré vert : gneiss ; point bleu : gneiss quartzitique)

4 CONCLUSION

Les gneiss et amphiboles du secteur de Kisenge font partie des formations Lukoshiennes. L'étude pétrographique, dans ce secteur, montre la présence des gneiss et des amphiboles. Les premiers sont répartis en deux facies lithologiques qui sont les gneiss et les gneiss granitiques. Les amphiboles comportent des filons de quartz.

Ces gneiss comportent une foliation gneissique bien marquée qui porte une linéation minérale. Dans les gneiss granitiques, la structure granitique est encore perceptible et la foliation est peu marquée.

Les amphibolites, compactes et finement grenues, sont parfois traversées par des veines roses ainsi que les filonnets de quartz. Elles présentent une stratigraphie fantôme sur terrain et contiennent en leur sein des roches de quelques minéraux observables qui seraient des serpentinites.

L'étude géochimique montre que ces gneiss sont riches en silice et en alumine et sont de composition intermédiaire à acide. Ils sont issus de l'évolution métamorphique des granites et des granodiorites de la série calco-alcaline. Ils se seraient donc formés dans un contexte géodynamique de subduction. Tandis que les amphiboles sont de composition basique, issues du métamorphisme du gabbro. Les corrélations positives entre SiO2 et les alcalins et celles négatives entre SiO2 et les autres oxydes témoignent d'une cristallisation fractionnée, les éléments ferromagnésiens ayant cristallisés les premiers.

REFERENCES

[1] Cahen, L. 1954. - Extension et âge d'une minéralisation Cu-Pb-Zn en Afrique centrale et australe. Bull. Soc. Belge Géol., t. LXIII, pp. 90-100.

[2] Cahen, L.1963. Grands traits de l'agencement des éléments du soubassement de l'Afrique centrale, esquisse tectonique au 1/500000, ASGB, Liège, t. 85, 6, 183-195 ;

[3] Cahen, L. et Lepersonne, J. (1967) The Precambrian of the Congo, Rwanda and Burundi, pp. 143-290, in: K. RANKAMA., ed., The Precambrian, III, J. Wiley, London.

[4] Doyen L, 1974. Etude métallogénique des gisements de manganèse de Kisenge-Kamata-Kapolo. Thèse de l'Université Libre de Bruxelles. p. 1027

[5] Irvine, T. N. et Baragar, W. R. A.1971.A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences 8, 523–548.

[6] Lepersonne J., (1974). Carte géologique du Zaïre. Musée Royal d'Afrique Centrale (Bruxelles), échelle 1 : 2000000. p.1.

[7] Middlemost, E. A. K.1985. Naming materials in the magma /igneous rock system. Earth Sci. Rev. 37, 215–224.

[8] O'Connor, J. T.1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldsparratios. In: US Geological Survey Professional Paper B525. USGS, 79–84.

[9] Polinard, 1952. - Les richesses minérales du Congo belge. Encyclopédie du Congo belge, t. II, ch. III. Bruxelles (1952).

[10] Rumvegeri, B. Juillet 1987, le Précambrien de l'Ouest du lac Kivu (Zaïre) et sa place dans l'évolution géodynamique de l'Afrique centrale et orientale : Pétrologie et tectonique, vol. I thèse doct. Faculté des sciences, département de géologie, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo, 279p ;

[11] Shand, S. J.1943. Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite.New York: John Wiley & Sons.

[12] Gradin G., Perseil E., 1978. Evolution mineralogique du manganèse dans trois gisements d'Afrique de l'Ouest : Mokta, Tambao, Nsuta. Mineral. Deposita, vol. 13, pp. 295-311

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 426-432
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contrôle dimensionnel des pièces mécaniques sans contact basé sur la transformation Hough dans le traitement d'image

[Dimensional control non-contact mechanical parts based on Hough transformation in image processing]

Jean Claude Mukaz Ilunga[1] and Dany Katamba Mpoyi[2]

[1]Metrologie, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

[2]Mécanique, Institut Supérieur des Techniques Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Currently with the evolution of manufacturing technology such as high speed machining additive manufacturing... where mechanical parts are mass produced in industrial production, and the workload of traditional manual control is heavy and imprecise, the control efficiency is low, a contactless control system based on image processing is presented. The control system hardware includes a light source, optical microscope and computer, the control system adopts the transmitted illumination to highlight the contour function of mechanical parts. The pretreatment is first done to the image captured by the Matlab software, then threshold segmentation and edge contour extraction are conducted; and finally, to improve geometric element detection accuracy, which is based on the Hough transformation algorithm. The results show the validity of the method and the feasibility of the algorithm in the system, it improves the efficiency of the measuring system and performs the measurement in line without contact of mechanical parts.

KEYWORDS: mechanical pieces; treatment of picture; dimensional control; control without contact; Transformation of Hough.

RÉSUMÉ: Actuellement avec l'évolution de la technologie de fabrication tel que la fabrication additive UGV (usinage à grande vitesse) etc… ou les pièces mécaniques sont produites en masse dans la production industrielle, et la charge de travail du contrôle manuelle traditionnelle est lourde et imprécis, l'efficacité contrôle est faible, un système de controle sans contact basé sur le traitement des images est présentée. Le matériel du système de contrôle comprend une source de lumière, le microscope optique et ordinateur, le système de contrôle adopte l'illumination transmise pour mettre en évidence la fonction de contour de pièces mécaniques. Le prétraitement est d'abord effectué à l'image capturée par le logiciel Matlab, puis segmentation de seuil et l'extraction de contour de bord sont menée ; enfin, a d'améliorer la précision de détection des éléments géométriques, qui repose sur l' algorithme transformation de Hough. Les résultats montrent la validité de la méthode et la faisabilité de l'algorithme dans le système, il améliore l'efficacité du système de mesure et réalise la mesure en ligne sans contact de pièces mécaniques.

MOTS-CLEFS: pièces mécaniques ; traitement d'image ; contrôle dimensionnel ; contrôle sans contact ; Transformation de Hough.

Corresponding Author: Dany Katamba Mpoyi

1 INTRODUCTION

Les pièces mécaniques sont les principales unités qui composent les Machines. Ils jouent un rôle très important dans divers domaines de l'économie nationale, et ils sont produits avec de grandes quantités dans l'industrie. Le contrôle du paramètre de dimensionnel est le point clé dans le processus de fabrication de pièces mécaniques, bien qu'il existe une variété de méthodes de controle traditionnelles, par exemple : contrôle par attribue (calibres), contrôle par mesurage (: pied à coulisse, micromètre, jauges, étriers micrométriques), Dont fonctionnement est simple, mais ils ont des inconvénients, y compris la charge de travail est lourde, l'efficacité de contrôle est faible, il peut être facilement influencé par plusieurs facteurs, et ne peut pas être utilisé dans contrôle en ligne, les exigences de contrôle de la masse produit et l'automatisation de la production ne peut pas être satisfait. Donc, dans cet article, nous avons présenté Système de contrôle sans contact des dimensions. Ce système peut réaliser le contrôle de dimension sans contact pour les pièces mécaniques. Il est basé sur le traitement de l'image est un processus intelligent, automatisé, et méthode de controle flexible. Il peut accueillir avec le modèle de fabrication moderne et avancé Technologie de fabrication. Elle présente les caractéristiques suivantes: haute précision, rapidité et sans contact, donc dans cet article, nous proposons une nouvelle Méthode de haute précision sans-contact de cotrole basée sur le traitement d'image, cette méthode peut profiter pleinement des grands avantages de la technologie de traitement d'image, il peut améliorer la productivité des pièces mécaniques, garantissent le traitement qualité, promouvoir le développement et le progrès de la mécanique industrie des pièces. Comme la technologie de contrôle de vision industrielle a caractéristiques supérieures au cotrole traditionnelle.

Alors ces dernières années, il a été largement utilisé dans de nombreuses industries champs de mesure et de contrôle [1]. Une méthode de mesure sans contact de Les paramètres spatiaux du tube de courbure basés sur le multi-vision sont présentés par Tian Zhang et al. [2], qui peut résoudre les problèmes rencontrés difficile d'assurer la précision des mesures et la l'efficacité de la mesure n'est pas élevée dans le paramètre spatial mesure de tubes coudés complexes et de grande taille. Un stylo lumineux système de mesure basé sur la vision artificielle sur site la mesure des pièces à grande échelle a été développée par Shuai Fu et al. [3], il peut résoudre les problèmes que l'énorme volume de l'équipement de mesure traditionnel en raison de qu'il n'est pas facile à transporter, mais la mesure du système la précision ne peut que répondre à l'exigence de mesure sur site de pièces de grande taille avec une précision moyenne. Zhongfei Wang et al. [4] compte tenu de la demande réelle à l'épaisseur détection de flocons, un système de détection est conçu et réalisé qui repose sur la vision artificielle. Ce système peut répondre aux exigences de détection de l'épaisseur des flocons. Xiaolin Zhu et al. [5] utilisent la technologie de vision artificielle pour mesurer pièces de machine, qui peuvent réaliser la mesure de général courbes planes. Un système de mesure basé sur la vision artificielle, est investi par B.M.Kumar et al. [6] mesurer la surface rugosité des rotors. Pour réaliser la mesure de la erreur de circularité de pièces cylindriques, M.A.Ayub et al. [7] former un système de mesure de vision artificielle. Une vision artificielle Le système de mesure est conçu et construit par E.S.Gadelmawla et al. [8], qui permet de mesurer les paramètres géométriques de l'épi engrenages et atteindre une grande précision de mesure pour les petites tailles engrenages. N. Herakovic et al. [9] proposent d'utiliser la vision artificielle pour mesurer le diamètre et la rondeur des anneaux soudés, à travers les résultats de mesure, ils peuvent déterminer si le Les anneaux de soudure peuvent répondre aux exigences de qualité. La fissure la longueur de l'outil mécanique est mesurée avec la vision artificielle la technologie de K.khalili et al. [10]. K.D. Lawrence et al. [11] utiliser avec succès la technologie de la vision artificielle et de l'image traitement pour développer un système de mesure automatique, système peut réaliser la mesure de l'alésage du cylindre. Mais si ce système veut effectuer la détection de défaut des cylindres, il doit poursuivre son développement pour augmenter le traitement de l'image

2 EVALUATION DES PARAMETRES INFLUENTS AU CONTROLE DIMENSIONNEL

2.1 DIAGRAMME D'ISHIKAWA

Nous sommes basés sur le diagramme d'ISHIKAWA pour arriver à évaluer tous les paramètres qui influence le contrôle traditionnel.

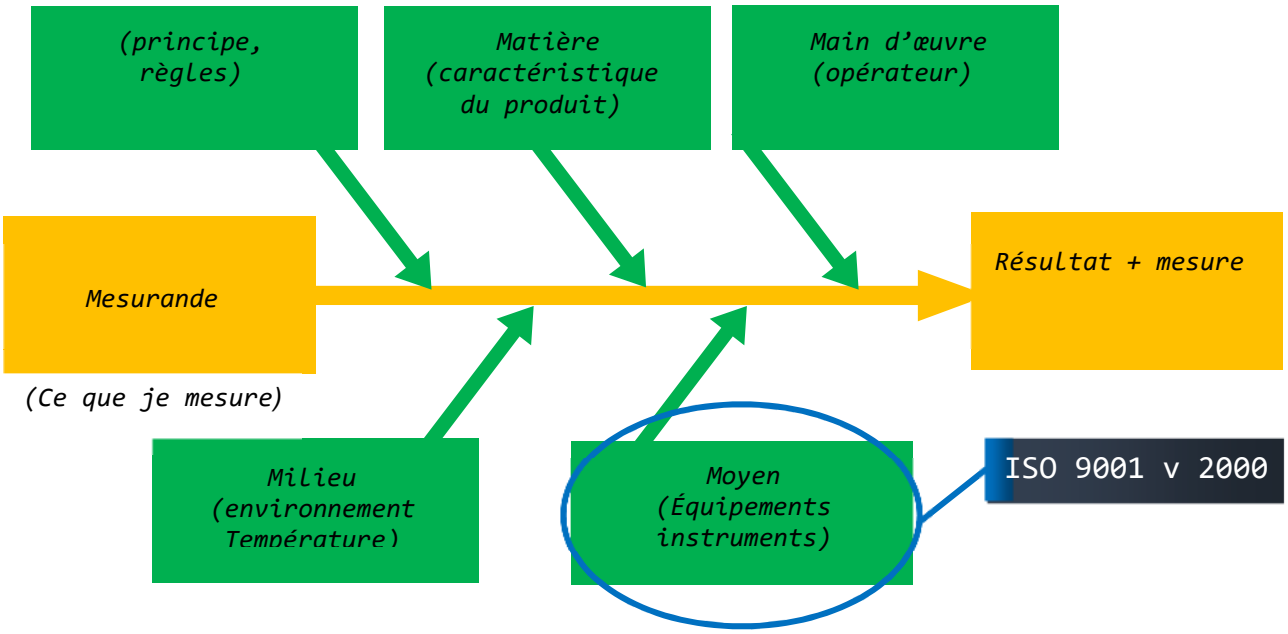


Fig. 1. Diagramme Causes-Effet d'incertitude de mesurage

3 COMPOSITION DU SYSTEME DE CONTROLE

Le système de controle des dimensions des pièces mécaniques est composé de deux parties, à savoir le système matériel et le logiciel, le système matériel est constitué de la lumière la source, la pièce, une caméra, et un ordinateur. La source de lumière est utilisée pour fournir une éclairage pour le système de controle, il peut directement influencer la qualité des images capturées. L'accomplir l'acquisition du signal d'image se fait à travers la caméra, qui est comme les yeux des personnes. La fonction d'image doit transmettre le signal de l'appareil photo à l'ordinateur. L'ordinateur peut recevoir les images sorties par la carte d'acquisition d'image, puis faire l'image En traitement. Le système logiciel comprend les fonctions modules de capture d'image, prétraitement d'image, détection de éléments géométriques et controle de dimensions. Parce que certains le bruit inutile est inévitablement dopé dans la capture d'image appareil et le processus de transmission des images, les images que nous capturés sont en réalité différents des images idéales. Donc image le traitement. Une fois la capture d'image terminée, le prétraitement de l'image devrait être d'abord fait aux images. De cette façon, nous pouvons réduire l'influence négative du bruit. Dans ce système, le rétro-éclairage est le type d'éclairage idéal pour les pièces mécaniques système de mesure de dimension, car seul un contour la surface des pièces mécaniques est nécessaire pour Le controle des dimensions. Parce que les pièces mécaniques ont une certaine épaisseur, dans ce système de mesure télé centrique est appliqué pour éviter l'effet d'épaisseur.

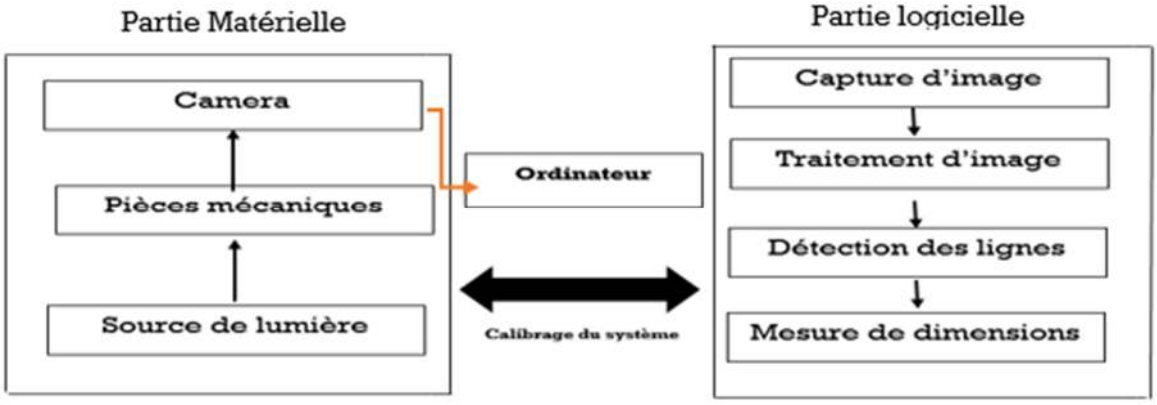


Fig. 2. Composition du système de controle

3.1 FLUX DE L'ALGORITHME

Après avoir réalisé les images des pièces mécaniques, la médiane le filtre est d'abord adopté pour éliminer le bruit; deuxième seuil la segmentation est faite à l'image des pièces mécaniques, puis extraire le bord de la cible de mesure. Un des challenges de l'analyse d'image numérique dans ce système de controle est la détection de forme, qui est une partie importante des pièces mécaniques. Cependant, pour la recherche directe et la détection des paramètres nécessaires, détectent et mesurent dans cette mesure Le système est constitué de lignes et de cercles sur les pièces mécaniques. L' algorithme de transformation hough a longtemps été une méthode standard pour détecter des lignes et des cercles dans le traitement d'images. Mais si on utilise l'algorithme de transformation de Hough traditionnel, par ce quel est à la fois lente et gourmande en mémoire, il nécessite beaucoup de calcul. Donc finalement l' algorithme de transformation Hough révisé est appliqué dans ce système de mesure à obtenir les éléments géométriques nécessaires pour mesurer ou controlé les pieces mécaniques.

Dans ce système de mesure de dimension qui repose sur traitement des images, les objectifs de mesure ou controlé pièces mécaniques, car elle Implique principalement deux paramètres : les lignes et les cercles, donc après faire le pré-traitement de l'image et la détection de bord à l'image des pièces mécaniques, la transformation de Hough révisée est la première utilisée pour détecter les paramètres de géométrie des lignes et des cercles sur l'image, puis la hauteur de la pièce mécanique, le diamètre et l'emplacement des cercles peuvent être confirmés par la relation entre les deux paramètres de géométrie détectés. En calculant les coordonnées des cercles, nous pouvons obtenir l'angle entre les deux cercles adjacents et le cercle central. Si les valeurs des angles sont toutes quatre-vingt-dix, on peut obtenir la conclusion que les quatre petits cercles sont équidistants su les pieces mécaniques. Enfin basé sur la conversion de dimension coefficient de calibration du système, la valeur réelle mesurée valeurs de la dimension des éléments structurels des pièces mécaniques peut être obtenu.

L'algorithme suivant permet le calcul de la transformation de Hough :

$M_{i,j}$ sont les valeurs binaires de l'image originale : $M_{i,j} \in \{0,1\}$
Pour p de 1 à N_θ
    Pour q de 1 à N_ρ
        $A_{p,q} = 0$
Pour i de 1 à N_1
    Pour j de 1 à N_2
        Pour p de 1 à N_θ
        q = Arrondi $\left\{\frac{1}{h_\rho}\left[i\cos\left(\frac{p}{180}\pi\right) + j\sin\left(\frac{p}{180}\pi\right)\right] - \rho_{min}\right\}$
        $A_{p,q} = A_{p,q} + 1$ si $M_{i,j} \neq 0$

Détection de paramètres géométriques

a) Principe de détection des lignes

Le principe de détection des lignes basées sur la transformée de Hough est de transformer tous les points sur les lignes droites dans l'espace image en un certain point dans l'espace des paramètres. Principe de détection des lignes sur la base de la transformation de Hough est la suivante :

L'équation paramétrique d'interception de pente d'une droite en X-Y

y = px + q (1)

Les paramètres p et q sont respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la ligne.

L'équation (1) peut être réécrite comme suit :

q = −xp + y (2)

Donc, la méthode de détection des lignes basée sur la transformation de Hough est-ce que les points colinéaires dans l'espace image sont mappés en simultané lignes droites dans l'espace des paramètres.

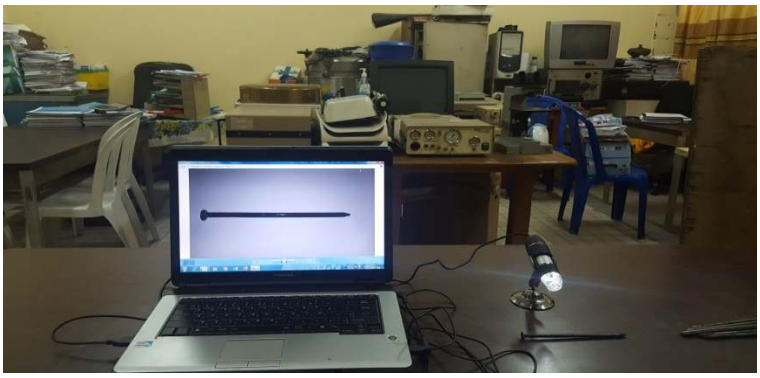


Fig. 3. Acquisition du clou via un microscope optique



Fig. 4. Capture numérique du clou

4 RÉSULTATS DE CONTROLE

La partie logicielle de la dimension des pièces mécaniques système de mesure et controle est développé sous Matlab. La mesure équipement de système de controle dimensionnel de pièces mécaniques . L'image des pièces mécaniques extraite par Le système matériel que nous avons construit est illustré le dimensionnement des éléments géométriques sur la pièce mécanique est *Figure 2.8.*

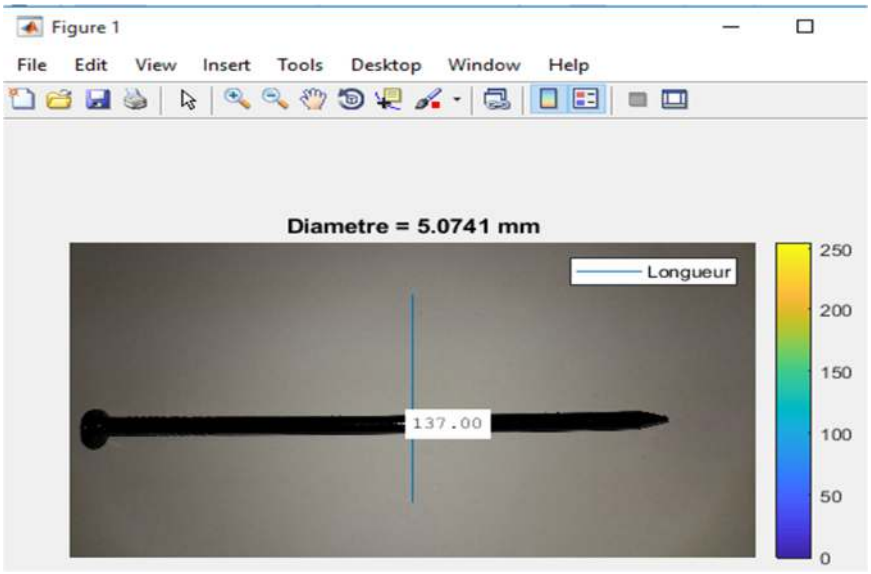


Fig. 5. Capture numérique du clou

Table 1. Résultats du controle

CLOUS	DIAMETRE(mm)	LONUEUR(mm)	OBSERVATION
1	5.3333	144.00	OK
2	4.7407	128.00	OK
3	5.0741	137.00	OK
4	5	139.00	OK
5	4.8143	129.00	OK
6	4.7778	120.00	OK
7	4.444	129.00	OK
8	4.7778	135.00	OK
9	4.6667	126.00	OK
10	5.0741	137.00	OK

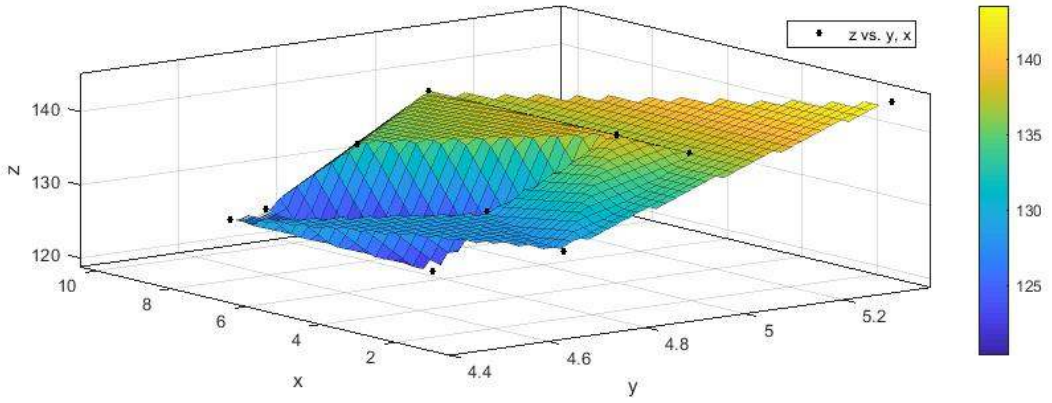


Fig. 6. Résultat du controle

5 CONCLUSION

Pour réaliser les mesures ou controles sans contact des pièces mécanique et améliorer l'efficacité de la dimension des pièces mécaniques,, cet article introduit un paramètre de dimension système de mesure et de controle basé sur la technologie de traitement. Ce système de mesure sans contact prend les pièces mécaniques comme cible de mesure, à travers méthodes raisonnables d'acquisition d'image, traitement d'image, détection des contours et localisation des éléments géométriques, la mesure sans contact rapide de la dimension des pièces mécaniques est réalisés, les résultats expérimentaux montrent la faisabilité de la système de mesure ou de controle , et l'efficacité.

REFERENCES

[1] Jing Guo, Hua Luo, and Tao Zhang, “Machine vision and application,” Electronic.vol. 27, pp. 185-188, July 2014.
[2] Tian Zhang, Chengtong Tang, and Jianhua Liu, “Bend tube spatial parameter measurement method based on multi-vision,” Chinese Journal of Scientific Instrument.vol. 34, pp. 260-266, 2013.
[3] Shuai Fu, Liyan Zhang, and Nan Ye, “Light pen based on-site vision measurement system for large workpieces,” Chinese Journal of Scientific Instrument.vol. 36, pp. 430-437, 2015.
[4] Zhongfei Wang, Maosong Lin, and Yong Peng, “Detecting thickness of micro flakes based on computer vision,” Chinese Journal of Scientific Instrument.vol. 21, pp. 36-38, 2013.
[5] Xiaolin Zhu, Chenghui Gao, and Bingwei He, “Investigation into vision detection system for 2D geometric features of mechanical parts,” Chinese Journal of Scientific Instrument.vol. 8, pp. 199-203, 2010.
[6] B.M.Kumar, M.M.Ratnam, “Machine vision method for non-contact measurement of surface roughness of a rotating workpiece,” Emerald Journal.vol. 35, pp. 10-19, 2015.

[7] M.A.Ayub, A.B.Mohamed, and A.H.Esaa, "In-line inspection of roundness using machine vision," Procedia Technology.vol. 15, pp. 808- 817, 2014.
[8] E.S.Gadelmawla, "Computer vision algorithms for measurement and inspection of spur gears," Mearment.vol. 44, pp. 1669-1678, 2011.
[9] N.Herakovic, F.Trdic, and J.Skvarc, "A machine vision system for automated quality control of welded rings," Machine Vision and Applications.vol. 22, pp. 967-981, 2011.
[10] K.khalili, M.Vahidnia, "Improving the accuracy of crack length using machine vision," Procedia Technology.vol.19, pp. 48-55, 2015.
[11] K.D.Lawrence, B.R.Moorthy, "Evaluation of image based Abbott Firestone curve parameters using machine vision for the characterization of cylinder liner surface topography", Measurement. vol.55, pp. 318 334, 2014.
[12] Argialas, D.P. et Mavrantza, O. D., 2004. Comparison of edge detection and Hough transform techniques forthe extraction of geologic features.
[13] The InternationalArchives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34, 1-6. Ballard, D.H., 1981. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. Pattern Recognition, 13, 2.
[14] Bandeira, L., Barreira M., Pina, P. et Saraiva, J., 2008. A comparison of automated crater detection methods.
[15] Bosellini, A., 1989. La storia geologica delle Dolomiti. Edizioni Dolomiti, 148 p.
[16] Casas, A.M., Cortes, A.L., Maestro, A., Soriano, A.M., Riaguas, A. et Bernal, J., 2000. LINDENS: a program for lineament length and density analysis. Computers and Geosciences, 26, 1011-1022.
[17] Cassinis, G. et Perotti, C.R., 2007. A stratigraphic and tectonic review of the Italian Southern Alpine Permian.Palaeoworld, 16, 140-172
[18] Hough Transform. South African Journal of Geology, 109, 555-560.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 433-444
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse socioculturelle des propos et philosophies attribués aux animaux chez les Moose du Burkina Faso

Patrice KOURAOGO

Sociologue, Chargé de Recherche, CNRST- INSS, Burkina Faso

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this article, we explore the proximity or even the complicity that exists between the animal world and the human world in the Moose of Burkina Faso through the distribution of thoughts, proposals and philosophies to animals. This phenomenon may be perceived as a sociological fact or a cultural vehicle that is not only available from oral genres and media but also on the basis of the wildlife, ecological and cultural heritage of this community. Part of the hypothesis that the attribution of proposals makes it possible to denounce the faults of men without frustration and to influence the social and cultural life of Moose, the study comes to the conclusion that, indeed, these propositions are social realities and of oral literature having an undeniable impact on the social life of the skin by playing the role of cultural and identity imprints, by expressing the realities of the environment, by containing values, customs, habits of this community and in objective of moaaga education.
Finally, the study proposes to revalorize by judiciously exploiting the channels which are the media, the cinema, the Internet, the writing for the fixer and bringing it closer to the young generation.

KEYWORDS: animals, Moose, Burkina Faso.

RÉSUMÉ: Dans cet article, nous explorons la proximité ou même la complicité qui existerait entre le monde animal et le monde humain chez les Moose du Burkina Faso à travers l'attribution des pensées, des propos et des philosophies aux animaux. Ce phénomène peut être perçu comme un fait sociologique ou culturel car non seulement il appartient aux genres oraux et allusifs du milieu mais il renseigne sur le patrimoine faunique, écologique et donc culturel de cette communauté. Partie de l'hypothèse que l'attribution des propos permet de dénoncer les défauts des hommes sans frustrer et influerait sur la vie sociale et culturelle des Moose, l'étude arrive à la conclusion qu'effectivement, ces propos sont des réalités sociales et culturelles de la littérature orale ayant un impact indéniable sur la vie sociale des Moose en jouent le rôle d'empreintes culturelles et identitaires, en exprimant les veçus du milieu, en contenant des valeurs, des mœurs, des habitudes de cette communauté et ce, conformément à l'objectif de l'éducation moaaga.
Enfin, l'étude propose de les revaloriser en exploitant judicieusement les canaux que sont les médias, le cinéma, l'internet, l'écriture pour les fixer et les rapprocher de la jeune génération.

MOTS-CLEFS: animaux, Moose, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Certains faits sociaux semblent nous rappeler que la frontière qui existe entre le monde animal et le monde humain est très mince. D'ailleurs, même si l'animal ne peut pas être appelé "l'homme" en raison de l'absence formelle de certaines facultés (langage, réflexions, raisonnement, etc…), historiquement et philosophiquement, l'Homme fut taxé d'être le premier des animaux. Dans tous les cas, l'homme et l'animal, tous deux des espèces du même univers tantôt se combattent, tantôt se complètent en se rendant service au point qu'on peut légitimement parler de « l'animalisation de l'homme » tout comme « l'humanisation de l'animal ». Dans toutes les communautés humaines, le rôle des animaux n'est pas à démontrer. Chez les

Corresponding Author: Patrice KOURAOGO

Moose, les animaux domestiques et sauvages meublent le quotidien des personnes et des communautés mais également marquent leurs histoires et leurs actions. De la compagnie de l'homme à l'écriture commune des histoires de peuplement en passant par leur contribution à l'éducation humaine, les animaux occupent une place de choix dans la vie humaine. Dans cette étude, nous nous intéressons aux propos et philosophies prêtés aux animaux pour assurer une éducation aux individus dans les communautés humaines. Précisément, il est question (objectif) d'analyser la place des animaux dans la vie des Moose à travers les propos et philosophies qu'on les attribue et de mesurer le poids de ces philosophies dans la construction de la vie sociale et culturelle des personnes. Notre problématique principale est : pourquoi attribuer des propos aux animaux, quel peut est l'impact de ces philosophies animales sur le quotidien des individus et quelles perspectives pour leur valorisation ?

Les questions de recherche associées tournent autour du fondement de ce phénomène sociologique et culturel d'attribution de propos aux animaux, de l'utilité de ces propos dans l'éducation multidimensionnelle des Moose, de la problématique de leur revalorisation et transmission aux jeunes générations.

L'hypothèse centrale est : l'attribution des propos aux animaux fait partie des genres allusifs de la littérature orale qui permet de dénoncer les défauts des personnes sans frustrer, qui influe sur la vie sociale et culturelle des Moose et peut-être davantage valorisée.

Notre article tourne autour des points saillants que sont : méthodologie de collecte des données (1), analyse et interprétation des résultats (2), discussion et perspectives (3).

2 MÉTHODOLOGIE DE COLLECTE DES DONNÉES

Traiter un tel thème oblige le rédacteur à mettre l'accent sur la méthode qualitative car la quantification semble ne pas avoir une importance dans ce sujet. Ainsi, dans le cadre du traitement du sujet sur les propos attribués aux animaux dans le contexte moaaga, nous avons collecté un échantillon de ces propos à travers les écoutes à plusieurs occasions de causeries ordinaires, de contages, d'émission de proverbes et devises dans plusieurs localités du pays comme Koudougou, Ouagadougou, Boulsa, Kaya. C'est par cette méthode que nous avons obtenu un répertoire d'une trentaine de propos d'animaux qui nous ont été livrés par les locuteurs moorephones (conteurs, griots, sages, simples citoyens) avec qui nous avons vite échangé après chaque émission d'un propos autour de la signification, de la raison de son usage et surtout de l'impact visé par cette utilisation. Ensuite, après cette phase de collecte, nous avons fait un travail de transcription et de traduction pour faciliter leur exploitation et compréhension dans les deux langues que sont le moore et le français. Enfin, sur la question de l'impact de ces propos et surtout dans le cadre de recherche de perspectives pour assurer leur exploitation, nous avons mené des entretiens auprès des citoyens simples (30) et de personnes ressources (10).

3 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La littérature orale revêt un intérêt particulier pour la sociologie de la culture (notre spécialité) surtout dans le contexte africain et burkinabè où il y a un rapport étroit entre la connaissance de plusieurs aspects de la vie collective et individuelle et l'oralité. Pendant plusieurs siècles et même de nos jours, l'oralité a valeur d'écriture au sens de conservation des mémoires et terreau des manières de vivre des individus et des communautés. Les propos attribués aux animaux s'inscrivent résolument dans la lignée des genres oraux dont la caractérisation s'avère nécessaire avant toute analyse de leur rôle.

3.1 CARACTÉRISATION DES PROPOS ET PHILOSOPHIES ATTRIBUÉS AUX ANIMAUX

Notre espace de recherche est une partie du *« Moogo »* et le Moogo est le pays des Moose[1], les Moose formant l'ethnie majoritaire du pays. Il occupe toute la zone centrale du Burkina Faso soit environ 63.500 km² correspondant au 1\5 du territoire national.

Tout comme les contes, les légendes, les proverbes et les devises, nous pouvons dire que les propos d'animaux peuvent être pris comme des faits sociologiques, c'est-à-dire des faits pouvant être soumis à une analyse scientifique aux fins d'en

[1] Dans certains écrits, on verra le terme Mossi (au pluriel comme au Singulier). Il est francisé et est usité pour désigner la même population ou ethnie du Burkina Faso. Les intéressés eux-mêmes préfèrent la désignation Moose (pluriel) et Moaaga (singulier).

découvrir les logiques de leur usage et leur portée. Ils sont donc des réalités sociales et culturelles qui font appel à des acteurs qui les font vivre et à des conditions d'usage.

Ils sont définis comme des outils oraux ou des genres allusifs utilisés par des moorephones et servant à éviter de frustrer les individus tout en dénonçant des défauts humains. Il n'y a pas de moments spécifiques d'émission de ces propos car il n'existe pratiquement pas de séances spécifiques. Ils sont entendus lors de causerie, de contes, dans les proverbes et devises ou chez les griots. Ils ont un caractère spontané dans leur usage comme le reconnait Ouedraogo P. Clément[2]: *«Au pif, c'est toujours dur de citer des propos allusifs comme les propos d'animaux ou les proverbe. Ils sont toujours contextualisés et viennent de façon naturelle ».*

En outre, avant de revenir en profondeur sur leur impact dans la vie sociale des Moose, nous pouvons dire que ces propos sont des empreintes culturelles et identitaires car ils expriment les réalités du milieu, contiennent les valeurs, les mœurs, les habitudes et les souhaits de cette communauté et ce, conformément à l'objectif de l'éducation moaaga. Cette éducation moaaga vise :

« *Un objectif harmonieux et cohérent avec des acteurs différents suivant un programme non planifié au sens de l'école mais suffisamment diversifié pour englober toutes les dimensions humaines. Elle entretient un lien ombilical avec la culture qui demeure le socle sur lequel, elle se bâtit. Tout cet arsenal éduqua-culturel vise une socialisation complète des jeunes Moose»*[3].

Pour rappel, la socialisation est :« *l'ensemble des processus par lesquels l'individu s'intègre pendant l'enfance à la société* » selon Emile Durkheim[4], et demeure « *la transmission des valeurs et des traditions d'une génération à une autre* ».

Enfin, les propos d'animaux témoignent de richesses écologiques et fauniques car ils contiennent des savoirs et des connaissances sur l'environnement végétal et animal immédiat de Moose. Par exemple, lors qu'on dit : *« l'hyène/ le livre/ le charognard a dit que*… », cela suppose aussi bien que l'émetteur ou le récepteur du propos connait non seulement ces espèces animales mais sait aussi dans quel environnement végétal elles évoluent.

La liste des animaux du répertoire : charognard, serpent, pintade sauvage, lièvre, l'hirondelle, hyène, l'oiseau-perceur, chien, chat, souris, pintadeau, tortue, margouillat, l'épervier, chauve-souris, varan, poule, boa, tortue, reflète un riche patrimoine animalier moaaga. On y découvre une variété faunique.

Enfin, les propos et leurs auteurs mis en spectacle ou en scène traduisent une symbiose et une complicité entre l'espèce humaine et animale, toute chose qui traduit une proximité légendaire entre les Moose et les animaux.

En effet, la légende du peuplement des Moose raconte une rencontre entre la princesse Yennenga et un chasseur. Un garçon naquit de ce mariage et fut nommé *Ouédraogo*[5]*,* qui signifie « étalon » en souvenir de la circonstance de leur bonne rencontre. L'étalon est devenu l'emblème national. Ouédraogo devient l'ancêtre des Moose. Plus de 20% des Moose ont pour nom de famille Ouédraogo.

Quant aux rapports entre Hommes et animaux, le compte rendu de lecture de *Jean-François Dortier*[6] et l'examen des thèses de trois(03) auteurs nous proposent une synthèse assez instructive. L'interrogation, l'homme est-il animal par nature? est transversalement traitée par trois ouvrages : *Le singe est en nous(*Waal, 2006), *Critique de la déraison évolutionniste. Animalisation de l'homme et processus de « civilisation»* (Juan, 2006), *Nouvelle Histoire de l'Homme (*Picq, 2005). La question qui parcourt ces trois est : les animaux sont-ils de bons modèles pour étudier l'humain ? Ou encore, il y a de l'animal en nous, à quel animal nous comparer ? Elle soulève les trois (03) problématiques: la nature animale, la nature humaine et, accessoirement, la nature de la science qui les étudient.

Jane Goodall découvrit un mode de vie complexe chez les chimpanzés : l'organisation en bandes, la richesse des relations interpersonnelles, les luttes pour le territoire, le cassage des noix et la pêche aux termites mais aussi de la brutalité des mâles.

---

[2] Entretien réalisé avec Monsieur Ouédraogo Pengwendé Clément, Secrétaire des Affaires Etrangères le 16 Août en 2018, à Ouagadougou.

[3] P. KOURAOGO, Patrimoines culturels oraux et développement au Burkina Faso: Analyse socioculturelle des contes et légendes, des proverbes et devises moose, Université Mohammed V Souissi / Rabat, 2012, p72

[4] E. DURKHEIM, *Education et sociologie*, Paris, Alcon, 1893, p19.

[5] Ouédraogo est composé de *ouéfo* (cheval) et de *raogo* (mâle). Ce qui donne l'Etalon. L'étalon est devenu l'emblème national. Ouédraogo devient l'ancêtre des Moose. Plus de 20% des Moose ont pour nom de famille Ouédraogo.

[6]https://www.scienceshumaines.com/l-homme-est-il-animal-par-nature_fr_14493.html: consulté le 14/09/ 2018

Dans son livre[7],Waal découvre cette violence chez les chimpanzés due à la lutte pour le pouvoir. Cependant, les chimpanzés manifestent aussi des comportements moraux car une chimpanzé qui prend soin un oiseau blessé tombé et des bonobos qui aident un chimpanzé handicapé en sont les preuves. F. De Waal conclut, que s'il y a bien du « singe en nous », cette nature simiesque emprunte à la fois à l'agressivité du chimpanzé et au pacifisme du bonobo.

Salvador Juan[8]se montre très critique des conclusions de Waal. Pour le sociologue, « l'animalisation de l'homme » est le principal péché scientifique d'une idéologie évolutionniste qui marque profondément l'esprit des sciences sociales. L'ouvrage[9] de Pascal Picq, se veut plus mesurer et se préoccupe de *« déconstruire les idéologies »* qui ont placé l'homme au-dessus de l'animal, de la femme, des primitifs, de l'enfant, etc., en s'appuyant sur des modèles d'évolution aujourd'hui dépassés.

Ce développement nous permet de rappeler le lien ombilical entre Hommes et animaux et donc de qualifier leurs propos qu'on leur prête des philosophies de vie aidant les personnes dans leur quotidien. Il convient d'examiner les fondements et les objectifs de l'attribution des propos aux animaux.

3.2 FONDEMENTS, CANAUX, OBJECTIFS DE L'ATTRIBUTION DES PROPOS OU PHILOSOPHIES AUX ANIMAUX : DE LA NÉCESSITÉ DE DIRE LES CHOSES SANS FRUSTRER

Le fondement principal de l'attribution des propos aux animaux est l'allusion. L'allusion[10]du latin *ad* : « vers », et de *ludere* : « jouer », soit *allusio* : « jeu verbal », est une figure de style qui consiste à évoquer sans les nommer explicitement des personnes, des événements (*allusion historique*), des faits ou des textes supposés connus. Elle provoque dans l'esprit un rapprochement rapide entre les personnes, les choses, les époques ou les lieux.

Voilà pourquoi nous avons affirmé que les propos des animaux sont des genres « allusifs » au même titre que les chants de femmes, les devises, les proverbes, les contes etc. Ces genres selon Oger[11], sont composés dans l'intention de communiquer les idées, les sentiments et les émotions des membres d'une société donnée. Ils permettent de faire entendre les messages sans nommer les cibles. Chez les Moose, ces genres sont une catégorie d'émissions de sentiments dont le principe consiste, non pas à adresser directement le message à son destinataire mais à miser sur la possibilité que celui-ci l'entende par hasard. Le principe consiste à ne pas prononcer le nom de la personne critiquée. C'est une règle de jeu en vigueur qui illustre une forme de civilité entre les membres de la communauté. Il est communément admis, en vertu de ce principe, que « *nul ne saurait s'en prendre ouvertement à une personne exprimant une critique voilée tant qu'elle n'a pas mentionné son nom* » ou « *on ne saurait faire la bagarre avec une personne qui, dans ses propos malveillants, n'a pas prononcé votre nom* » (« *Ka pud m yuur zabr toama*»).

Faire parler les animaux à la place de la mère, du père, du mari, de la femme, des chefs, des anciens, est un formidable moyen d'assener des vérités, de dénoncer des tares, de critiquer des comportements amoraux et de susciter la discipline et la conversion des membres d'une famille, d'une société et d'une communauté sans prendre le risquer de s'adresser vertement à quelqu'un. Derrière chaque propos attribué à un animal ou à un autre élément de l'environnement, on peut lire un message digne d'intérêt qui est adressé soit à tout membre du groupe, à une catégorie et à toute la communauté.

Ainsi, par les canaux de l'allusion, du détournement, de l'ironie, d'une civilité bien vaillante, l'attribution des propos aux animaux permet d'atteindre des objectifs de châtier, de dénoncer, de s'opposer et même d'éduquer sans choquer car on dissimile les vérités dans les généralités en les faisant sortir dans la bouche des bêtes.

D'ailleurs, qui ira contester ou demander des comptes au chat, à l'épervier ou au charognard parce qu'il aurait dit quelque chose qui ne rencontre pas votre assentiment ? Un éventuel plaignant le trouvera où et même s'il le trouve, l'animal restera muet puisqu'il n'est dépourvu de langage. Cette attribution des propos est une technique ou une stratégie qui fait parler des êtres qui ne parlent pas d'habitude. On leur fait porter le chapeau.

---

[7] Frans de Waal , 2006, *Le Singe en nous*, Fayard, France, Paris, 338p

[8] Salvador Juan, 2006, *Critique de la déraison évolutionniste. Animalisation de l'homme et processus de civilisation,* Paris, L'Harmattan, collection 'Sociologies et environnement, 438 p

[9] Pascal Picq, 2007, *Nouvelle histoire de l'homme*, Perrin, France Paris, 334p

[10] https://fr.wikipedia.org/wiki/Allusion: consulté le 15/09/2018

[11] Oger KABORE, *le message des meules : chants allusifs de femmes Moose et Gurunse (Burkina Faso)*, cultures sonores d'Afrique IV, publié sous la direction de Junzo KAWADA, Institut de Recherche sur les Cultures populaires du Japon, Université Kanagawa, Yokohama, Japon, 2008. P.83-84.

Abdellah Hammouti[12], dans sa communication " *la figure du chacal dans les contes populaires maghrébins»*, dresse un portrait robot du chacal, trouve son équivalent au sens humain qui serait un : «*homme avide, cruel qui profite des victoires des autres en s'acharnant sur les vaincus (charognard). Tout comme le loup, il se caractérise par sa voracité, sa férocité et sa cruauté* ». A travers cette dénonciation des comportements antisociaux par l'image du chacal, on peut tirer de bonnes leçons d'humilité, de courage au travail et la promotion de l'honnêteté.

Travaillant sur le rapport entre contes traditionnels ouest-africains et anthropomorphisme, Kouacou (2010 : 125), trouve du sens à une éducation morale au moyen de l'affabulation animale. Pour rappel, l'anthropomorphisme[13] est l'attribution de caractéristiques du comportement ou de la morphologie humaine à d'autres entités comme des dieux, des animaux, des objets, des phénomènes, voire des idées. Pour lui, l'idée d'une connivence de l'espèce humaine avec animalité, la place de choix accordée aux animaux en leur faisant des personnages importants dotés d'une valeur déterminée, négative ou positive et leur convocation sur la scène de la littérature orale traditionnelle permettent de tenir un discours sur l'attitude, bonne ou mauvaise, des humains :

« un 'passage au scanner'' dans l'économie de la narration pour en déceler, respectivement et selon le rôle que chaque membre du corps social est supposé jouer, ''les symptômes'' à même de mettre à mal le fonctionnement régulier et normal de la société par le truchement de personnages animaux interposés dont ils sont le reflet. » conclut-il

Cécile Leguy (2006 : 17) précise le bienfondé de cette nécessaire sollicitation de l'affabulation animale dans l'enseignement de la morale sociale :

« Les énoncés attribués aux animaux semblent faire la leçon aux humains. Fondées sur l'observation, les formules sont généralement évidentes. On connaît les habitudes de chaque animal, parce qu'on le chasse, parce qu'on l'élève et qu'il est le héros de contes bien connus. L'observation est l'une des principales qualités de l'homme… et celui-ci, observateur du monde animal, se définit et choisit ses comportements par comparaison avec cette altérité proche ».

Koulsy Lamko (2002 : 48) est catégorique : « *c'est dans l'animal qu'il faut creuser pour déterrer les limites de l'homme* ». Enfin, Cécile Leguy qui semble avoir compris la dimension éducative de la mise en acte des animaux dans les récits traditionnels, souligne : « *Chaque animal peut ainsi présenter un comportement ou une qualité remarquables, que l'on peut lire comme des leçons de sagesse dictées par la nature* » (Leguy, 2006 : 18). Mais qu'en est-il de notre répertoire ?

3.3 PRÉSENTATION ET ANALYSE DE L'ÉCHANTILLON DE PROPOS COLLECTÉS : ÉTUDE DE L'IMPACT POSSIBLE DES THÉMATIQUES ABORDÉES DANS LE QUOTIDIEN DES MOOSE

On retiendra avec Badini[14]que l'organisation sociale des Moose se fonde sur l'autorité omniprésente du *rogem'mik* ou du *kudumdé*[15]. Cette autorité justifie et légitime le fonctionnement de cette société. L'unité de base de la société moaaga est la référence à des êtres mythiques qui servira de ciment garantissant la cohésion du groupe familial et lui assurera sa force. Dans l'éducation des Moose, trois(03) concepts sont utilisés(« *Wuubi*[16] », qui désigne la bergerie, « *gulgo* » qui veut dire, entretenir l'enfant et « *Kibligu*[17]», qui veut dire tenir à l'œil) et se rapportent à toute action entrant dans le cadre de la formation des jeunes et de socialisation des adultes et basée sur ce fond culturel. Les thèmes de l'éducation et de socialisation chez les Moose viseront à cultiver les bonnes attitudes ou à dénoncer les défauts:

[12]A. HAMMOUTI, *Le Conte populaire dans le patrimoine marocain,* in Publications de l'Académie du Royaume du Maroc, Collection « Colloques », Rabat, Septembre 2005, p.60-72.

[13]https://fr.wikipedia.org/wiki/Anthropomorphisme: consulté le 16/ 09/ 2018

[14] A. BADINI, *Naître et grandir chez les Moose Traditionnels*, SEPIA-A.D.D.B,Paris-Ouagadougou, 1994, p.11.

[15] Traditions.

[16] En moore, ce terme veut dire *élever*, *nourrir*. Il consiste à octroyer les conditions pour le développement physique de l'enfant mais aussi à poser l'ébauche visible de comportements souhaités et conformes aux exigences de son sigré (commencement).

[17] Vient de *kibli* et consiste à surveiller l'enfant dans chacune de ses attitudes, dans chacun de ses comportements et même dans son discours tant du point de vue de contenu(les termes utilisés) que celui de la personne à qui on s'adresse.

« *Etant donné que les outils oraux sont des instruments d'éducation, l'échafaudage des bonnes manières dans les comportements des individus demeure une mission essentielle. Ces instruments visent à cultiver la conscience des bonnes attitudes vis-à-vis de nos semblables, dénoncent les défauts et promeuvent la sociabilité»*[18].

Les paroles d'animaux qui font partie de cette catégorie d'instruments d'éducation abordent les thèmes divers et cela dû également au fait qu'en Afrique, tous les éléments cosmologiques et anthropologiques participent à l'édification de la connaissance qui a un caractère global et vivant comme le faisait remarquer Hampâté Bâ[19], pour qui le "*connaisseur* " n'est jamais un spécialiste. C'est un généraliste car le même vieillard, par exemple, aura des connaissances aussi bien en pharmacopée, en science de la terre en science des eaux, qu'en astronomie, en cosmogonie, en psychologie.

3.3.1 PRÉSENTATION DU RÉPERTOIRE, ANALYSE DES THÈMES DÉVELOPPÉS ET DE LEUR IMPACT

Notre répertoire contient vingt-cinq (25) propos d'animaux. Ils portent sur des thématiques très vairées car embrassent tous les secteurs de la vie. Aussi, les animaux qui sont mis en scène ici appartiennent à plusieurs catégories possibles puisqu'on y trouve des reptiles, des oiseaux, des animaux (terrestres et aquatiques ; sauvages et domestiques). Cela traduit la qualité du répertoire qui représente l'hétérogénéité du monde animal et la riche diversité des thèmes.

Parlant de thèmes, partant du constat qu'il serait fastidieux de vouloir les analyser tous, nous avons procédé par un regroupement des propos par quelques axes ou volets de l'éducation moaaga. Il s'agit des volets de l'espoir, de l'endurance, de méchanceté, de l'apparence, du courage, d'éducation, etc…

Sur le thème de l'espoir, les Moose proposent d'adopter un profil de passivité sans jamais chercher à forcer les choses ni désespérer d'une situation. Dans cet axe, le charognard, l'hirondelle, l'hyène et la tordue nous livrent leur philosophie.

Pour le charognard (*yibrogo* en moore), il faut toujours manger ce que Dieu a immolé ou réservé pour toi : «***m rɪta wend sên ku kõ*** ». Cela voudrait signifie qu'il ne faut jamais forcer les choses. Il faut espérer et laisser faire car en voulant forcer, on peut se créer des ennuis. Ainsi, par ce propos, le charognard oppose sa philosophie à celle de l'épervier qui décrète: « ***m dita m yaong panga*** »(je mange à la force de ma poitrine). L'anecdote populaire dit qu'un jour, le charognard et l'épervier discutaient sur leur façon de se procurer à manger. L'épervier nargue l'autre qu'il attend toujours des carcasses pour se nourrir alors que lui, il mange quand il veut puisque dès qu'il voit l'oiseau qu'il veut, il le prend. Pour faire le test, l'épervier s'envola haut au ciel et fonça sur un oiseau perché au bois mort sous le regard du charognard. Sentant le danger, l'oiseau se sauva à la dernière minute et l'épervier vint fendre sa poitrine en percutant le bois. Le charognard s'approcher de son cadavre et dit : « ***mam rɪta wend sên ku kõ man***» (je mange ce que Dieu a immolé pour moi). Comme moralité, il ne faut jamais forcer les choses. Dans le même sens, dame l'hirondelle (***bakargo***) enseigne : « *nẽd fãn rasem-pouy la na ziri* » (la clairière de chacun est son palais), pour signifier que chacun doit être fier de qui lui appartient ou de ce qu'il gagne. Là encore, c'est l'espoir qui est exprimé. Il serait inutile de voir les grandes réalisations des autres et se morfondre. Il faut être fier, espérer et attendre son tour avec dignité. En outre, lorsqu'on a la santé, on a la plus grande richesse puisque l'espoir est permis. C'est pourquoi l'hyène(*katré*) dit: « ***zug poogr pa yelle ye , yɪn-masem wen bee*** »(pas d'inquiétude pour la blessure à la tête, pourvu qu'on ne soit pas mort). Autrement, la blessure quelle que soit sa profondeur ou sa localisation vaut toujours mieux que la mort. Cela enseigne que le blessé espère la guérison tandis que le mort n'espère plus rien. Enfin, pour emboucher la même trompette, la tordue (*kuuri*) avertit : « ***korgen vusem me ya sonma »*** *(*la respiration dans la gibecière n'est pas mal aussi) car il y a toujours espoir d'en sortir.

A travers ces quatre animaux, les Moose se font une belle philosophie sur l'espoir et s'encouragent de ne jamais désespérer.

Un autre axe de notre répertoire évoque le thème de l'endurance. Ce thème est capital car aussi bien le Moogo que le Burkina Faso sont réputés d'être des espaces peu arables. Il faut donc que les personnes qui y vivent, fassent preuve d'une endurance remarquable pour pouvoir survivre. Ici, la pintade, le chien, l'oiseau, la tortue, le margouillat seront des vrais enseignants de cette aptitude qu'il faut impérativement épouser dans l'espace moaaga.

Ainsi, lorsque la pintade sauvage (*weo-kaongo*) dit : *« **yɪk pind la kẽnde*** » (pour mieux voyager, il faut démarrer très tôt), elle insinue que dans l'optique d'avoir ou de chercher sa pitance, compte de la dureté et des affres de la vie, il faut se lever tôt,

[18] P. KOURAOGO, Patrimoines culturels oraux et développement au Burkina Faso: Analyse socioculturelle des contes et légendes, des proverbes et devises moose, Université Mohammed V Souissi / Rabat, 2012, p107-109

[19] A.HÂMPÄTE Bâ, *Réponses d'Amadou Hampâthé Bä à deux questions*, Fraternité Matin, quotidien ivoirien Fraternité matin, Abidjan, 1972.

ou en clair, il faut se munir de courage et d'endurance. Dans la même logique, le chien (*baaga*) trouve que : «***ned kende n saon nee ziiga*** » (mieux vaut marcher que de s'asseoir). Cela voudrait dire que celui ou celle qui est assis(e) n'agit point et n'aura rien. Du coup, il faut de l'endurance et d'efforts pour réussir. L'austérité, l'adversité et la dureté doivent certainement être surmontées et vaincues si l'on veut voir poindre un jour de ripaille comme le laisse savoir l'oiseau-perceur des arbres (*kolon-koaaga*) pour qui : « ***bum- kaam pas rit ti zug pa wing yee*** » (on n'obtient pas quelque chose de gras lorsque la tête ne s'échauffe pas). Le quotidien de cet oiseau est qu'il adore les vers gras qui vivent dans les troncs de grands arbres de la savane. Pour accèder à ce festin, il faut tailler ces arbres. L'oiseau-perceur le fait avec son bec. Comme l'adage populaire le dire : « *après l'effort, c'est la récompense* », on ne peut qu'être d'accord qu'il n'y a pas de réussite sans effort ou encore que la réussite s'obtient au bout de l'effort.

Une autre composante de l'endurance, c'est d'avoir un caractère teigneux ou avoir de la pugnacité dans tout ce qu'on entreprend. La tortue nous l'enseigne en avertissant : « ***man sa n da ka moog nif ne wennam, a ra nan maana man kougri*** »(si je m'étais pas montrée intraitable avec Dieu, il avait l'intention de me faire un caillou). Au-delà du caractère ironique et moqueur de cette déclaration, la tortue se dit que le plan de Dieu était de la faire en caillou mais elle aurait rougi les yeux et résister pour l'obliger à lui donner une forme de vie. Cela interpelle de ne pas se soumettre béatement à tout traitement, à toute tentative de nous maltraiter et invite à s'opposer aux tentatives de saboter nos réalisations. Ainsi, il faut de l'endurance et des efforts pour se prémunir des attaques.

D'ailleurs, on aime dire qu'il faut dans la vie avoir de la carapace pour pouvoir amortir les différents chocs et pour pouvoir endurer les coups devant de partout. Le margouillat (*bumpoaka*) a trouvé sa solution : «***yaa tiig roob la yeele. Siigba ya yak lui bala*** » (c'est la montée de l'arbre qui est pénible. Pour la descente, il suffit de se laisser tomber). Autrement, une fois l'objectif atteint, les autres misères ne sont plus sensibles car elles demeurent supportables. Il faut donc coûte que coûte arriver à la réalisation de nos envies qui désignent la place au sommet. Egalement, un autre oiseau, pour éviter d'être paresseux dans la confection de son nid et courir le risque d'être régulièrement battu par la pluie dit : « ***man sen ka nan gând yinga n kit tim meedem doogo*** » (comme je ne vais pas dormir dehors, je construis bien ma maison ». C'est une véritable de leçon d'une auto-prise en charge qui est présentée ici.

Néanmoins, même s'il est reconnu qu'il faut de l'endurance et souvent de prise de risque pour réussir, les Moose ont un attachement particulier au concept de prudence. Nous allons le découvrir par le biais des propos de l'oiseau peureux, du varan, de la poule et du margouillat à la queue coupée. Un oiseau de la savane a cette fâcheuse attitude de s'envoler immédiatement au moindre geste de l'humain ou bruit entendu. Cet oiseau peureux (*ganbgo*) prévient : « ***san yogen leese, bif yogen yike*** » (dans l'amusement, si l'homme fait un geste de lancée, il faut s'amuser à t'envoler). Pour lui, il n'y a pas de fatigue d'être prudent car le geste de lancée peut être faux plusieurs fois mais vrai aussi une fois. Dans ce cas, il peut demeurer catastrophique. Du coup, la prudence doit être de mise pour ne pas avoir des surprises désagréables. C'est la même philosophie détenue par l'oiseau nommé *kourib-kourib* dans son aventure avec varan. Il est rapporté que les deux sont allés prendre une potion magique leur permettant de se rendre invisibles pour les ennemis. Pour question de prudence, *Kourib-kouriba* a dit: «***rabɛm ba roogen meta*** »(c'est celui qui a peur qui entretient la maisons de son père) et s'est résolu à marcher prudemment à la lisière de la route. Le varan(*wiougu*), plus vaniteux, dit :« ***m ka nan dɩ tiim n le zesden yee*** » (je ne prendrai pas une telle potion et me cacher ou m'encombrer de prudence). Ce trop-plein d'orgueil lui a rendu nonchalant et il adopte l'attitude qui consiste à ce que lorsqu'un de ses yeux voit un danger, il se contente de le fermer et de dire que c'est à cet œil de répondre. Du coup, quand il voit un danger, au lieu de se sauver, il ferme l'œil et on vient le tuer. C'est donc un manque crucial de prudence comportemental dû à un orgueil démesuré.

Ce comportement du varan est aux antipodes de celui du margouillat à la queue coupée (*bumpoak zo-guingo*), qui, vu ses amères expériences avec les enfants chasseurs de margouillats a fini par comprendre leur message codé : « ***ket kete*** » (il est toujours là, il est toujours là). Ainsi, dès qu'il attend cela, il se cherche parce qu'il sait qu'il est recherché par des bambins et c'est l'un d'eux qui est aux aguets pour indiquer sa position exacte aux autres qui l'assommeront. Autrement, la recherche de la prudence doit passer même par l'apprentissage des codes et d'autres langages des ennemis. A l'échelle humaine, pour protéger sa vie ou ses intérêts, il faut apprendre la culture dont le langage et les habitudes de tous ceux qui forment une menace dans l'entourage.

Un autre volet de la prudence est l'observance de cette dernière dans la parole en évitant d'avoir confiance totale sur tierce personne. Il serait donc hasardeux de parier ou de jurer sur l'homme car il est le plus inconstant des êtres vivants comme le

reconnait Montaigne[20] dans son premier Essai, en ces termes: *« C'est un sujet merveilleusement vain, divers et ondoyant que l'homme. Il est malaisé d'y fonder jugement constant et uniforme »* (Essais, I, 1). C'est sur cette base que la poule (*noaag*) dit: «***mam kis dam gɛɛla man ka na kisem biig ye*** » (je peux défendre mon œuf mais jamais son poussin ». Elle voudrait signifier qu'elle ne jure pas sur son enfant (poussin) car celui-ci peut bien mal se comporter. Par contre, sur son œuf, elle peut jurer car l'œuf ne peut rien faire d'abord. En outre, tout poulet trouve que : *« **zi-neere n ku bamb saamba*** » (l'endroit propre a exterminé leurs ancêtres). En effet, dans les actes sacrificatoires qui sont légion en milieu moaaga, on balaie toujours la terre avant d'égorger le poulet. Du coup, les poulets se méfient de tout lieu proprement balayé. Voilà pourquoi, ils aiment déféquer dans ces endroits pour les salir comme pour conjurer les malheurs sur leur race. Ici, il s'agit de la prudence aussi.

Dans le Moogo tout comme toute communauté humaine, les éducateurs que sont les parents, les adultes, les vieux, etc… dénoncent farouchement la méchanceté. Elle empoissonne la vie sociale. Personne ne fait l'apologie de ce défaut et quiconque s'hasarde de le faire est mal vu. C'est le cas du boa(*rundungu*), lorsqu'il s'enorgueillit :« ***yen ka tuud bok yee, yen basdaame ti talg tu ti yen wa reege*** » (je n'ai pas besoin de me fatiguer pour creuser mon abri, je laisse les pauvres souris creuser et je viens m'en accaparer en m'installer au fond de la maison). Nous voyons donc, qu'il fait l'usage de la force et cette attitude est plus qu'égoïste. Pour éviter que la vie dans la société ou dans la communauté ne devienne un théâtre de règlement de comptes ou de luttes acharnées pour la domination des uns par les autres, la bonne ligne de conduite est de ne pas chercher à gâter les projets des autres. Voilà pourquoi le serpent ou le caméléon (*wafo, Gomtiougo*) avertit : «***ned pa saamda a to guleb ye*** »(personnes ne doit effacer les rayures ou pelage de l'autre). En clair, il ne faut pas piétiner l'intérêt d'autrui pour chercher le tien. Même si nous sommes dans la lutte de recherche de survie, la méchanceté dans la recherche des intérêts personnels ne doit pas être de mise.

Sinon, lorsqu'on est obnubilé par cette recherche d'intérêts au point de passer par la méchanceté gratuite, on tombe dans les déboires semblables à ceux de la chauve-souris(*zig-zanga*) qui s'était décidé à : « ***yet ta nan dod wende, weleg n douda menga*** » (il a voulu uriner et asperger Dieu. Malheureusement, ses urines lui reviennent en plein visage). La méchanceté finit toujours devant son propriétaire. D'ailleurs, l'imaginaire populaire stipule que c'est cela qui explique le fait que cette bestiole a toujours des yeux rouges et a la tête qui regarde le sol quand il s'accroche aux branches.

En lieu et place de la méchanceté, la solidarité doit être promue entre les membres d'une communauté comme gage de son renforcement et de partage de synergies. Lorsque le lièvre (*soamba*) dit:« ***m pa kumd n toa "pôn" yee, a koumda m meng "pôn"*** » (je ne pleurs pas le coup mortel envoyé à mon compère voisin lors de la chasse, je pleurs le coup qui sera dirigé à mon endroit), la société le trouvera moins compatissant. Selon le lièvre, ce qui arrive au voisin ne me regarde pas. Or, la bienséance sociale voudrait que ce qui arrive au voisinage vous émeutte car un proverbe moaaga dit : « *lorsque la maison de voisin brûle, il faut aider à éteindre car il peut se propager jusque chez toi* ». Pour être plus illustratif sur ce cas, un conte[21]intitulé : "il n'y pas de petite querelle " d'Amadou Hampaté Bâ a pour leçon principale qu'il faut toujours s'impliquer dans la résolution de toute mésentente pour éviter d'en être victime. Ainsi le manque de solidarité est peu toléré. Comme le laisse entrevoir S. Albert Balima[22],

« *la grande loi, la règle principale qui préside aux relations entre les différentes cellules du corps social, c'est la solidarité, l'entraide absolue, la cohésion nécessaire, indispensable à maintenir à l'intérieur du Moogo, pour que cet organisme vive et prospère. L'idée est que toute atteinte au groupe est un attentat à l'individu et que l'individu n'est rien sans le groupe ou en dehors du groupe* ».

Le dernier volet concerne des propos que nous n'avons pas classé dans des axes mais qui sont dignes d'intérêt et traitent chacun un thème précis. L'impression qu'on donne dans la société est importante. Un proverbe moaaga dit « ***d modg tib samdo lab ra bangd yee*** » (faisons tout qu'on nous imagine mais qu'on ne nous connaisse pas de fond en comble). C'est fort de ce

[20] https://www.scienceshumaines.com/montaigne-1533-1592-quel-inconstant-que-l-homme_fr_21334.html:consulté le 19/09/2018

[21] Ce conte explique que dans la maison d'un grand voyageur, plus précisément dans la case de sa mère très fatiguée par l'âge fut déclenchée une bagarre sans merci entre deux lézards à cause d'une mouche morte. Le chien qui était chargé par son maître de garder la maison sans bouger demanda respectivement au coq, au mouton, au cheval et au bœuf d'aller séparer les belligérants parce qu'il n'y a pas de petit conflit. Ils refusèrent tous chacun prétextant ne pas avoir le temps et de ridiculiser que ce n'était qu'une bagarre entre deux petits lézards. Les lézards ont fini par faire tomber, dans leur âpre lutte, l'huile sur le feu et la maison fut incendiée occasionnant la mort de la vieille mère. Pour aller informer le voyageur de la triste nouvelle, on chevaucha le cheval qui courut durant des heures et finit par perdre la vie sous le poids de la fatigue. Le coq et le mouton furent tués dans les préparatifs de l'enterrement, le bœuf fut immolé pour les funérailles. Seul le chien a été épargné et a même été récompensé (par les os et certaines charognes des autres).

[22] S. BALIMA, Légendes et histoires des peuples du Burkina Faso, A Conseils, Paris, 1996, p.94.

constat que le chat(*Yuuga*) s'est plaint auprès du chien (*baaga*) : **« *fo sên kênd weogên wa, laf mi wa zakên tiib yuus foo sagba wusgâ maam da teedame ti fo koodame. Yaa ka- manga waar daare la mam bang ti foo ka kood ye*** » (le fait que toi chien suive les hommes aller au champ et qu'au retour on te sert un plat me faisait penser que tu cultivais. C'est le jour où les hommes sont restés cultiver aux alentours de la maison que j'ai compris que tu ne cultive jamais ». Il ressort donc que le chien donnait une bonne impression, une apparence, peut-être trompeuse. Lorsque l'impression est trompeuse également, la société n'apprécie pas trop car, elle conduira à la vanité et l'orgueil qui poussent à vivre au dessus de ses capacités réelles.

Nous avons évoqué plus haut la notion de prudence, elle peut être associée à celle du détail car la prudence sans les détails souvent serait vaine. Cependant, dans certains cas, il est préférable de se passer des détails car on aime dire que c'est « *dans le détail qu'il y a le diable* ». C'est ce qui découle de la conversion entre la petite souris et sa mère. Un jour, la petite souris (*yongre*) a posé la question à sa mère: « ***yuug konbg yaa waana*** »(quelle est le pelage du chat) ? Celle-ci répond : « ***bumb sên wat ne wubsgou la leebd ne wubsgou m ka toe banga konbg yee*** » (quelqu'un qui vient avec la poussière et qui repart dans la poussière, il est difficile de voir et de connaitre son pelage). La leçon est que dans une situation de sauve-qui- peut, on n'a pas le loisir de voir les détails. Justement, pour vivre souvent mieux, il faut fermer les yeux sur les détails et c'est le conseil du pintadeau (**kaong-bila**) qui note:« ***mam sikam mênga tûnd noag bala, ka rên n miime ti pa mamn ma yee*** » (j'ai adopté la poule comme mère mais je suis conscient qu'elle ne l'est pas ». Dans les activités d'élevage en milieu moaaga, prétextant que la dame pintade est trop turbulente et ne prendra pas soins des pintadeaux ou leur transmettrait ses comportements rebelles, l'éleveur des volailles retirent les œufs de pintade pour les confier à la poule taxée de plus douce et de plus "maternalisante" qui éclose les pintadeaux. C'est dans ce contexte que le pintadeau affirme cette assertion. A notre entendement, il voudrait signifier qu'il faut toujours adopter un profil bas dans chaque situation pour s'en sortir dans la vie. Autrement, éviter des détails serait se faire une philosophie globalisante et rassurante pour le déroulement acceptable de notre vie.

Chez les Moose, parmi les meilleures attitudes enseignées, il y a le respect scrupuleux de la discipline et de ce qu'on est né trouvé comme valeurs ou habitudes. A. Balima affirme :

« *Le moaaga est respectueux des us et coutumes de son pays (…) sa mentalité est totalement disciplinée. Il est un être soumis, passionné de l'ordre aimant s'effacer devant ses aînés ou ses chefs en présence desquels il adopte une attitude humble…* »[23].

Cela implique l'adoption et le suivi des pas des parents et des éducateurs. La leçon semble acquise par l'oiseau (*tengên - donlgo*) qui assimile que « **mam s*ên* kuuda, kam yaam n bee kuubyee, Ya yaab ku n baase n kon a ba ti y*ên* men basen kon yee** » (je ne marche penché par mon propre plaisir, c'est l'attitude que mon grand-père a laissé à mon père qui à son tour me l'a léguée). Ici, ce sont les notions de l'éducation et surtout de transmission des valeurs qui sont mises en exergue. Pour s'assurer d'une bonne socialisation, l'individu moaaga doit prendre le legs des devanciers.

Enfin, la vie étant un éternel et un perpétuel combat, il faut le courage, autre notion voisine de l'endurance. Le lièvre nous en donne l'exemple en disant :« ***ya sû-kelem la guem*** »(il faut du courage pour avoir le sommeil). En réalité, le lièvre a toujours son abri sommaire et mal construit. Comme il fait l'objet de chasse aussi bien des hommes que des chiens, il semble exposé à tout moment. Dans cette situation, la vie n'est possible que par le courage et savoir être peu soucieux de ce qui arrivera pour pouvoir fermer l'œil. Être chaque fois aux aguets, pour un Homme, finit par développer la paranoïa. Il faut être moins soucieux souvent pour mieux vivre.

3.3.2 IMPACT DES PROPOS ET PHILOSOPHIES D'ANIMAUX DANS LA VIE DES MOOSE

L'impact le plus direct de ces propos est sur l'éducation et la culture des Moose. L'éducation forme les aptitudes nécessaires à l'homme pour dompter la nature et la culture lui confère des attitudes plus indiquées pour une socialisation réussie dans un groupe donné. L'éducation fait usage des instruments, des procédés assurant l'assimilation et l'intériorisation des aptitudes et attitudes. A côté des contes et légendes, les proverbes et devises, les propos allusifs s'illustrent comme des instruments favoris pour forger la volonté générale (conscience collective) dans les consciences individuelles. Du coup, nous pouvons en déduire qu'ils sont des outils de la promotion de la cohésion sociale, laquelle cohésion est déterminante dans toutes les actions en

[23] S. A. BALIMA, *Légendes et Histoires des peuples du Burkina Faso*, J.A. Conseil, Paris, France, 1996, p.98.

société : « *L'oralité accorde une puissance mystique à la parole : il s'agit de la force des mythes et des légendes dans la conscience collective* »[24], concluaient Barthélémy et Coulibaly.

De ce qui précède, nous pouvons dire que les propos attribués aux animaux sont des éléments sociaux et culturels exercent des fonctions éminemment nécessaires pour l'ensemble des individus moose. Ces fonctions vont de la satisfaction des besoins primaires d'inculquer le savoir-vivre dans un tissu social teinté de couleurs culturelles au maintien de la cohésion sociale et communautaire.

Comme le dit bien Sidnaaba[25], PDG de la Radio privée Savane F.M, un conte, une légende, un proverbe, une devise ou un propos attribué à un animal contient toujours un message caché:

« On dit que c'est celui qui est malin qui reconnaît la saveur du beurre de karité. Par analogie et comparaison les genres allusifs rassemblent, distraient, sensibilisent et éduquent les auditeurs. Si tu arrives à déchiffrer les paroles énigmatiques à travers les images du lièvre et de l'hyène, tu comprendras ce que cela signifie(…) si on vous parle, dans les contes ou autre, du lièvre et de sa femme, depuis quand avez-vous vu et entendu le lièvre se marier ? C'est de l'imagination à explorer par le récepteur ».

Dans cette même logique, Zakia Iraqui Sinaceur[26], dans sa communication " les mille et une vertus du conte", montre combien l'étude d'un genre littéraire comme le conte ou nos objets d'étude peut-être utile pour les membres d'une société. Ces genres font des personnages généralement rusés qui jouent des tours et dénonce les défauts de l'homme, les travers de la société dans des situations amusantes et comiques. Elle conclut que le « *patrimoine langagier thésaurise des savoirs ancestraux et de ce fait, cimente et régule les relations entre membres d'une communauté* ». Quelles peuvent être les perspectives pour revaloriser ces propos ?

4 DISCUSSION ET PERSPECTIVES POUR EXPLOITER AU MIEUX CES PHILOSOPHIES

Au regard de nos résultats, il ressort nettement que l'usage des propos des animaux est une création intellectuelle et mentale des éducateurs pour édulcorer leur responsabilité dans la dénonciation des tares de la société et pour promouvoir les bonnes attitudes.

Cela peut nous faire penser à une fuite de responsabilité de l'Homme vis-à vis de la société parce qu'il ne semble en mesurer d'affronter son semblable en dénonçant les comportements inacceptables. Nous le disons par qu'il est d'ailleurs curieux qu'on attribue la parole à des êtres qui n'ont pas la faculté d'ouvrir la bouche.

Mais ce procédé à quelque chose de positif parce qu'il permet d'enrôler la vérité, le souhaitable ou le vouloir dans cette forme, c'est-à-dire dans la bouche des êtres auprès de qui on ne peut pas aller épiloguer ou débattre. Cette technique permet aux éducateurs de rendre le discours éducatif solennel, irréfutable et indiscutable. En plus, il évite d'humilier les personnes à qui on reprochait tel ou tel comportement. Comme le témoigne Nelson Mandela[27]: « *j'ai appris qu'humilie quelqu'un, c'est le faire souffrir inutilement. Même quand j'étais enfant, j'ai appris à vaincre mes adversaires sans les déshonorer*».

Ainsi, par l'attribution des propos aux animaux, tout comme par d'autres procédés, les éducateurs moose employaient une pédagogie typiquement et culturellement africaine qui privilégie l'acquisition des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être par l'observation, la dénonciation voilée, l'imitation et l'émulation exactement dans la même vision décrite par Mandela qui explique : «*j'ai acquis les connaissances surtout par l'observation. Nous étions censés apprendre par l'imitation et l'émulation, pas en posant des questions* ». Il explique comment il était stupéfait du nombre et la nature des questions que les enfants des Blancs posaient à leurs parents et l'empressement de ces derniers de répondre. En Afrique, les questions sont ennuyeuses ; les adultes donnaient simplement l'information nécessaire…la vie est façonnée par la coutume, le rituel et les tabous.

[24] J.-Cl. Berhtelemy , Ab. Coulibaly, Culture *et développement*, Actes du 5 éme forum de Bamako, L'Harmattan, Paris, 2006, p.22.
[25] Entretien réalisé le 20 Juillet 2018 dans les locaux de Savane FM à 14heures, à Ouagadougou, en Français.
[26] Publications de l'Académie du Royaume du Maroc Collection « Colloques » : Le Conte population dans le patrimoine marocain in « les mille et une vertus du conte », Rabat, Septembre 2005, p.33.
[27] Nelson Mandela, un long chemin vers la liberté,1994, traduit par Jean Guiloineau, Fayard, paris, France, 768p, p17

Dans un monde en pleine mutation où l'éducation des jeunes générations dispose de plusieurs biais mais manque visiblement d'efficacité, revenir à ces genres de procédés ne serait pas inutile. Nous pensons que des perspectives peuvent être proposées afin exploiter au mieux ces philosophies des animaux.

D'abord, comme ces propos mettent en scène des animaux, une exploitation judicieuse peut être imaginée aussi bien en bandes dessinées qu'en dessins animés. Ainsi, connaissant la proximité des enfants avec les animaux, cela est un créneau porteur d'inculcation des bonnes attitudes chez les jeunes esprits.

Aussi, compte tenu du fait que les enfants ont des facilités d'accès aux médias et délaissent les genres oraux de leur propre culture et terroir, il faut intelligemment utiliser les plateformes modernes. Cette réalité est décrite par Sid-naaba[28] (PDG de savane FM) lors d'une de nos enquêtes sur le rapport entre les contes et les médias, en ces termes: « *Par exemple un enfant qui peut prendre une télécommande pour zapper et sélectionner parmi autant de scènes et d'émissions celle qui lui plaît n'a pas le temps pour capter une radio où il entendra que l'hyène a fait ceci, le lièvre a fait cela* ».

Les propos des animaux peuvent être insérés dans l'éducation des jeunes enfants par le biais des médias et des nouvelles technologies de la communication que sont l'internet avec les multiples réseaux sociaux. Il suffit d'imaginer des insertions stimulantes des ces propos dans les différentes offres sur internet qui accrochent les jeunes esprits. Par exemple, nous pensons aux blogues ou à des pages destinées aux jeunes où les bêtes rivalisent de philosophies et où des petits devinettes ou exercices sur ces propos sont proposés aux internautes.

Enfin, l'écriture comme moyen de fixation de ces genres oraux n'est pas à négligée. Lorsque nous avons entamé cette étude, nous nous sommes rendu compte du vide littéraire dans ce domaine. Il faut combler ce vide en collectant, en traitant et en publiant des fascicules ou des recueils sur ces propos des animaux. De cette façon, ils sont fixés et peuvent être consultés aussi bien par les curieux que par des professionnels de la littérature ou du cinéma qui pourront s'en inspirer dans la rédaction des œuvres littéraires et dans les réalisations des films.

Telles sont quelques propositions non exhaustives que nous pensons pouvoir sobrement revaloriser les propos attribués aux animaux dans les espaces éducatifs burkinabè.

5 CONCLUSION

En définitive, il ressort que l'attribution des propos au animaux fait partie intégrante des genres oraux et allusifs inventés pour assurer l'éducation des être humains. A l'interrogation principale de savoir pourquoi attribuer des propos aux animaux, quel peut est l'impact de ces philosophies animales sur le quotidien des individus et quelles perspectives pour leur valorisation, plusieurs réponses ont été apportées. Il a convenu d'abord de qualifier ces propos des faits sociologiques, donc des réalités sociales et culturelles qui font appel à des acteurs qui les font exister. Il n'y a pas de moments spécifiques d'émission de ces propos car ils sont entendus lors de causerie, de contes et dans les proverbes et devises, ou chez les griots. Ils ont un caractère spontané et témoignent de richesses écologiques et fauniques car ils contiennent des savoirs et des connaissances sur l'environnement végétal et animal immédiat de Moose. Le fondement principal de l'attribution des propos aux animaux est l'allusion c'est-à-dire évoquer sans les nommer explicitement des personnes, des événements (*allusion historique*), des faits ou des textes supposés connus. Chez les Moose, faire parler les animaux à la place de la mère, du père, du mari, de la femme, des chefs, des anciens, est un formidable moyen d'assener des vérités, de dénoncer des tares, de critiquer des comportements amoraux etc... L'analyse de votre répertoire a permis de dégager des thèmes à enseigner pour obtenir de bons comportements. Au niveau de la discussion, la critique principale est que cette attribution des propos est une création intellectuelle et mentale des éducateurs pour édulcorer leur responsabilité, ce qui s'apparentera à une fuite de responsabilité mais l'avantage est que ce style rend le discours solennel, irréfutable et indiscutable. En termes de perspectives de valorisation de ces philosophies des animaux, nous avons leur exploitation dans les bandes dessinées et dans les dessins animés, l'exploitation des médias, de l'internet par le truchement des réseaux sociaux et l'écriture comme moyens de les fixer pour assurer leur bonne survie et utilité sociale.

[28] Entretien réalisé le 20 Juillet 2018 dans les locaux de savane FM à 13 heures à Ouagadougou

REFERENCES

[1] BADINI A., 1994, *Naître et grandir chez les Moose Traditionnels*, SEPIA-A.D.D.B,Paris-Ouagadougou, p.11.

[2] KOUACOU J. R., 2010, Le Roman de Renart : une interpellation à la conscience humaine, *Lettres d'Ivoire* N° 009, Revue Scientifique de Littératures, Langues et Sciences Humaines de l'Université de Bouaké : 131-142.

[3] LAMKO K., 2002. *La Phalène des collines*. Paris, Le Serpent à plumes, 222 p.

[4] LEGUY C., 2006. Sagesses animales : à propos des proverbes africains, *Notre Librairie* n°163 : 17-21.

[5] BALIMA S., 1996, Légendes et histoires des peuples du Burkina Faso, A Conseils, Paris, p.94.

[6] KOURAOGO P., 2012, Patrimoines culturels oraux et développement au Burkina Faso: Analyse socioculturelle des contes et légendes, des proverbes et devises moose, Université Mohammed Vsouissi / Rabat, p72

[7] DURKHEIM E., 1893, *Education et sociologie*, Paris, Alcon, p19.

[8] FRANS DE WAAL, 2006, le singe en nous, fayard, France, Paris, 338p

[9] SALVADOR J., 2006, *Critique de la déraison évolutionniste. Animalisation de l'homme et processus de civilisation,* Paris, l'Harmattan, collection 'Sociologies et environnement, 438 p

[10] PICQ P., 2007, *Nouvelle histoire de l'homme*, Perrin, France Paris, 334p

[11] KABORE O, 2008, *le message des meules : chants allusifs de femmes Moose et Gurunse (Burkina Faso)*, cultures sonores d'Afrique IV, publié sous la direction de Junzo KAWADA, Institut de Recherche sur les Cultures populaires du Japon, Université Kanagawa, Yokohama, Japon, P.83-84.

[12] HAMMOUTI A., 2005, *Le Conte populaire dans le patrimoine marocain,* in Publications de l'Académie du Royaume du Maroc, Collection « Colloques », Rabat, p.60-72.

[13] SINACEUR Z.I., 2005, *les mille et une vertus du conte,* in Publications de l'Académie du Royaume du Maroc, Collection « Colloques », Rabat, p.60-72, p.33.

[14] HÂMPÄTE Bâ A., 1972, *Réponses d'Amadou Hampâthé Bä à deux questions*, Fraternité Matin, quotidien ivoirien Fraternité matin, Abidjan.

[15] BERTHELEMY J.-Cl., COULIBALY Ab., 2006, Culture *et développement*, Actes du 5 éme forum de Bamako, L'Harmattan, Paris, p.22

[16] MANDELA N, 1994, un long chemin vers la liberté, traduit par Jean Guiloineau, Fayard, paris, France, 768p, p17.

[17] https://www.scienceshumaines.com/l-homme-est-il-animal-par-nature_fr_14493.html: consulté le 14/09/ 2018

[18] https://fr.wikipedia.org/wiki/Allusion: consulté le 15/09/2018

[19] https://fr.wikipedia.org/wiki/Anthropomorphisme: consulté le 16/ 09/ 2018

[20] https://www.scienceshumaines.com/montaigne-1533-1592-quel-inconstant-que-l-homme_fr_21334.html: consulté le 19/09/2018

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 445-456
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les effets de la Mosaïque Africaine du Manioc à Kindu et ses environs (RD Congo)

[The impact of African cassava mosaic in Kindu and its surroundings (DR Congo)]

Martin MUTUZA BAKUZEZIA

ISEA-Maniema, ISP-Kibombo, ISDR-Kindu, Université de Kindu, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The African Mosaic of the Cassava is a disease caused by a ***geminivirus*** transmitted by the white fly (*Bemisia tabaci*) in the intertropical zone. This virus contributes to significant drops of the output of the cassava in several African countries, of which the Democratic republic of Congo, where the reduction in the production would be currently allotted to him. For better appreciating the importance of its effects, a study was conducted on fields of cassava to Kindu and its hinterlands in the province of Maniema as a Democratic republic of Congo of 2017-2018. Parameters related to the disease (the incidence, the foliar rate of attacks, the index of gravity of the symptoms and the loss of output) were studied. The study carried out with Kindu showed an average incidence of the disease of 72.26% and one average rate of foliar attack of 75.41%. For the other sites/localities retained the incidences of the disease varied from 91.7% (Mikonde Pk5); 86.6% (Kampala Pk 11); 83.28% (Katako Pk7); 74.62% (Shenge Pk4); 73.38% (Lukungu Pk7) with 38.04% (Lwama Pk7), whereas the rate of foliar attack of the sick seedlings by sites varied from 85.48% to 53% is an average of 72%. In addition, 74.6% of the seedlings studied expressed the disease. Sick seedlings have IGS (Index of Gravity of the Symptoms) worrying (2 to 5), likely cause a drop in the production in the studied zones. The economic impact of the African mosaic resulted in a loss of output at the level of the tubers reducing to a significant degree the efforts of the country farmers. The results got in this study show a relatively worrying situation clearly, deserving a constant intervention. The characterization of the virus, the agronomic research and the creation of the new varieties of cassava tolerant and/or resistant to the African mosaic would prove to be essential.

KEYWORDS: African mosaic, Disease of the Cassava, Lower output, Propagation of pandemic, IGS (Index of Gravity of the Symptoms).

RESUME: La Mosaïque Africaine du Manioc est une maladie causée par un ***geminivirus*** transmis par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*) dans la zone intertropicale. Ce virus contribue à une baisse importante du rendement du manioc dans plusieurs pays africains, dont la République Démocratique du Congo, où la diminution de la production lui serait actuellement attribuée. Pour mieux apprécier l'importance de ses effets, une étude a été menée sur des champs de manioc à Kindu et ses hinterlands dans la province du Maniema en République Démocratique du Congo de 2017-2018. Des paramètres liés à la maladie (l'incidence, le taux d'attaques foliaires, l'indice de gravité des symptômes et la perte de rendement) ont été étudiés. L'étude réalisée à Kindu a montré une incidence moyenne de la maladie de 72,26% et un taux moyen d'attaque foliaire de 75,41%. Pour les autres sites/localités retenus les incidences de la maladie ont varié de 91,7% (Mikonde Pk5) ; 86,6% (Kampala Pk11) ; 83,28% (Katako Pk7) ; 74,62% (Shenge Pk4) ; 73,38% (Lukungu Pk7) à 38,04% (Lwama Pk7), alors que le taux d'attaque foliaire des plants malades par sites a varié de 85,48% à 53% soit une moyenne de 72%. Par ailleurs, 74,6% des plants étudiées ont manifesté la maladie. Des plants malades ont des IGS (Indice de Gravité des Symptômes) inquiétants (2 à 5), susceptibles de faire baisser la production dans les zones étudiées. L'impact économique de la mosaïque africaine s'est traduit par une perte de rendement au niveau des tubercules réduisant de façon significative les efforts des paysans cultivateurs. Les résultats obtenus dans cette étude montrent clairement une situation relativement inquiétante, méritant une intervention soutenue. La caractérisation du virus, la recherche agronomiques et la création des nouvelles variétés de manioc tolérantes et/ou résistantes à la mosaïque africaine s'avèreraient indispensables.

MOTS-CLEFS: Mosaïque africaine, Maladie du Manioc, Baisse de rendement, Propagation de la pandémie, IGS (Indice de Gravité des Symptômes).

Corresponding Author: Martin MUTUZA BAKUZEZIA

INTRODUCTION

La mosaïque africaine est une maladie du Manioc qui a été décrite pour la première fois en Afrique de l'Est, notamment en Tanzanie par WARBURG (1894). Le virus responsable a été caractérisé par STOREY et NICHOLS (1938). Celui-ci appartient au groupe des **Geminivirus** transmis en zone intertropicale par la mouche blanche (*Bemisia tabaci*). Sa présence a été observée par la suite, au cours de la première moitié du 20 è siècle, dans la plupart des pays d'Afrique intertropicale (KONATE et al, 1995 ; FARGETTE, 1987).

Actuellement elle atteint en Afrique, la quasi-totalité des pieds de manioc cultivés. Les pertes de production s'échelonnent entre 5 et 95% suivant la variété utilisée et les conditions d'environnement et de cultures considérées (THRESH, et al 1997 ; LEGG 1999). L'Afrique centrale ne semble pas épargné par ce fléau ; le virus a, en effet, été identifié au Cameroun, au Congo, en République Démocratique du Congo et au Gabon (LEGG et FAUQUET 2004).

Pour ce qui est de Kindu et ses environs, aucun travail scientifique n'a été réalisé sur la mosaïque du manioc dans le but d'identifier les virus qui seraient responsables de la maladie dans la ville et ses hinterlands. Signalons toutefois l'étude de Bernard SANGO et MUCHAPA MUSIWA (2010) mais celle-ci s'était focalisée uniquement sur l'incidence de la mosaïque Africaine du manioc sur trois cultivars introduit par la Caritas (Liyayi, Sawasawa, et Sukisa) et les dégâts dus aux ravageurs et d'autres maladies associées.

Les objectifs poursuivis par cette recherche étaient de mener une étude urgente pour rendre compte de l'ampleur des dégâts de la mosaïque Africaine à Kindu et ses environs, de façon à mettre en place une stratégie de gestion de la maladie.

La présente étude se propose de mettre en évidence les indices de la mosaïque africaine, d'évaluer l'ampleur de la contamination à Kindu et de préciser dans quelle mesure elle aurait réduit la consommation de manioc, aliment de base du pays en générale et de la province du Maniema en particulier.

PROBLÉMATIQUE DES IMPACTS NÉGATIFS DE LA MOSAÏQUE DU MANIOC À KINDU

Le manioc, l'une des cultures vivrières importantes en République démocratique du Congo, joue un rôle limitant tant dans la contribution à la sécurité alimentaire qu'à l'expression de la génération des revenus. Le manioc constitue l'aliment de base pour environ 70% de la population de la R.D.C. il constitue une excellente source de colories peu couteuse pour la population des pays en développement. D'après les statistiques agricoles en RDC, le manioc vient en tête des produits vivriers (MAHUNGU, 1984).

L'habitude alimentaire liée à la consommation du manioc est très développée au sein de la quasi-totalité de la population de Kindu. Des tentatives de substitution du manioc par d'autres denrées sembleraient très difficiles, du moins dans le contexte actuel où la maladie n'a pas encore atteint son apogée. Il n'existerait pas dans la province du Maniema un aliment pouvant se substituer au manioc en cas de pénurie, du fait du rôle que cette denrée joue dans les habitudes alimentaires, bien que d'autres tubercules et des céréales soient cultivés.

Une épidémie sévère du manioc y laisserait des conséquences durables au sein de la population, qui se traduirait sans doute par la malnutrition, la baisse de rendement au travail, une migration vers les zones non touchées. Cette situation pourrait être considérée comme une « catastrophe ». La maladie aurait évolué pendant longtemps d'une manière silencieuse, pour se révéler inquiétante ces dernières années, comme dans la plus part des pays africains d'ailleurs. Les symptômes caractéristiques de la maladie sur les plants n'ont jamais été constatés par les paysans de Kindu et ses environs comme un fait néfaste. C'est surtout l'apparition récente des plants à indice de sévérité élevé (4 ou 5) qui a commencé à attirer leur attention, car à ce niveau de sévérité, les plants deviennent chétifs avec une réduction de 80 à 90% de la surface foliaire, occasionnant des pertes de rendement importantes. Les paysans producteurs de manioc, qui, en majorité, ignorent l'existence de la maladie et ne disposent pas de méthode pour la combattre se plaignent de la situation.

Par ailleurs, la mise en place des nouvelles cultures, en mettant en place des boutures infectées, ne ferait que multiplier la charge virale, la réplication du virus ne s'opérant que dans de jeunes plants.

L'épidémiologie de la maladie virale transmise par le vecteur repose sur quatre principaux facteurs qui interagissent. Il s'agit de l'agent pathogène, des plantes hôtes, du vecteur et des paramètres environnementaux (MONDE, 2013).

Agent pathogène – Plantes – Vecteur - Environnement / Conditions climatiques

L'étude épidémiologique nécessite au préalable une connaissance approfondie de l'agent pathogène axée sur les aspects pathologique, sérologique et moléculaire. Une bonne connaissance de l'étendue des dégâts provoqués par la maladie est indispensable ; c'est ce qui fera l'objet de nos travaux sur terrain. Les résultats, qui vont en découler, peuvent apporter des informations utiles aux producteurs, aux ONG, aux pouvoirs publics et aux entités travaillant sur le manioc.

A la lumière des connaissances épidémiologiques, des méthodes de lutte contre la mosaïque africaine du manioc seront élaborées et testées, puis en milieu paysan, dans le but de contribuer à l'amélioration du rendement de cette culture dans la province du Maniema.

1 SITES, MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

1.1 SITES D'ÉTUDE

Ce travail a été mené à Kindu expérimentalement d'abord, puis dans certaines localités environnantes notamment Shenge (Pk4, route Kibombo), Katako (Pk7, sur la même route menant vers Kibombo), Lwama (Pk7, site universitaire), Mikonde (Pk5, route Kasongo), Lukungu (Pk7, route Kalima), et Kampala (Pk11, sur la route Kalima) ; pour vérifier les causes de la maladie de la mosaïque africaine du manioc et ces effets sur la culture de manioc (*Manihot esculenta*).

L'étude de l'évolution de la maladie a été réalisée à Kindu de Mars 2017 à Mars 2018. Quant aux autres localités et sites retenus, elles ont été réalisées d'octobre 2017 à juin 2018.

Cependant, la ville de Kindu se situe a 497m d'altitude, entre 25° 55' de longitude ouest, et 20° 57' latitude sud et elle est limitée :

- Au nord par le territoire de Kailo ;
- Au sud par le territoire de Kasongo et de Kabambare ;
- A l'est par le territoire de Pangi ;
- A l'ouest par le territoire de Kibombo et la province du Kasaï orientale (Nyongombe, 2006).



Fig. 1. Localisation du site d'étude

Source : Photo Projet ONG Usafi asbl

1.2 MATÉRIELS UTILISÉS

1.2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel végétal objet de l'étude était constitué uniquement par des plants de manioc (*Manihot esculenta*) issus de champs de Kindu et des différentes localités et/ou sites retenues.

1.2.2 MATÉRIELS NON BIOLOGIQUES

Comme matériels d'investigation, nous avons utilisé : un instrument de mesure de longueur (mètre à ruban, Décamètre) ; une pèse ; des fiches de collecte des données et stylos ; un appareil photo numérique ; des machettes, des houes ; et l'échelle de gravité de Cours (1951) qui nous a servi comme documentation pour la cotation des degrés de sévérité des symptômes.

1.3 MÉTHODES

L'étude des impacts négatifs et de la propagation de la mosaïque africaine a essentiellement porté sur les plants de manioc infectés ou non présent dans le champ à Kindu et des champs en milieu paysan de six sites retenus.

1.3.1 MÉTHODES DES CARRÉS

A Kindu, a été étudié un champ expérimental comportant plusieurs cultivars (plus ou moins cinq cultivars) dont la récolte des données a commencé trois mois après la mise place de la culture. Les mesures des paramètres phytosanitaires ont été faites mensuellement pendant 8 mois. Dans le champ, d'une superficie de 1ha, ont été délimités cinq carrés représentant chacun 12m².

Ces carrés étaient disposés de la manière suivante : 4 sur les angles et 1 au centre pour vérifier la vitesse de propagation au niveau d'une parcelle. La récolte a été effectuée dans le but d'évaluer le rendement des différents cultivars et le décalage entre les plantes infectées et non infectées.

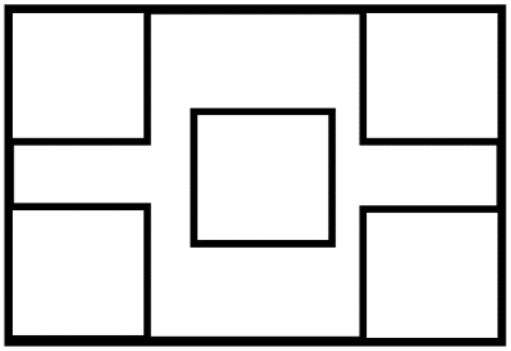


Fig. 2. Méthodes des 5 carrés

1.3.2 MÉTHODE PROSPECTIVE (RONDE PHYTOSANITAIRE)

Quelque temps après la mise en place de la première étude, une prospection pour déterminer l'impact de la maladie à grande échelle et les causes de sa propagation a été réalisée dans 85 champs de manioc répartis dans les sites/localités retenues d'une manière aléatoire.

Par site/localité, 14 champs ont été visité en moyenne. 2074 plants, dont 1570 pour l'estimation de l'incidence contre 504, ont été analysés. Aussi 37 cultivars différents du manioc ont-elles été identifiés. Cette prospection avait pour but de déterminer l'incidence de la maladie, l'impact de celle-ci sur le développement et le rendement du manioc, et d'identifier les causes de la propagation et les cultivars résistants ou tolérants.

1.3.3 ANALYSE DES DONNÉES

Des paramètres ont été mesurés et collectés, des moyennes ont été calculés pour : l'état phytosanitaire du manioc, le nombre de feuilles atteintes par plant, l'indice de sévérité, la population des mouches blanches, le poids de tubercules par plant et le nombre de tubercule par plant.

- ***L'état phytosanitaire du manioc ou incidence*** : a consisté à observer l'état des plants (malades ou sains), puis à déterminer le pourcentage des plants du manioc malades par simple comptage dans le champ ;
- ***Le nombre des feuilles atteintes par plant*** : a été utilisé pour déterminer la proportion des feuilles atteintes des plants malades, en vue d'évaluer la sévérité de la maladie. L'étude n'a été réalisée que sur la branche principale du plant ;
- ***Le nombre de population des mouches blanches (Bemisia tabaci)*** : a consisté à observer le nombre de mouche par plant sur les feuilles, en vue d'évaluer les fluctuations dans une parcelle ;
- ***L'indice de sévérité (ou indice de gravité des symptômes de Cours)*** : a conduit à apprécier le degré de gravité de la maladie sur les plants. L'échelle d'indice de gravité des symptômes (**IGS**) varie de 0 à 5. Les plants sains ont degré de sévérité 0.

Les plants malades ont un indice variant de 1 à 5, soit du moins au plus sévère. Cette échelle a conduit à coter les degrés de sévérité des symptômes de la manière suivante :

Degré 5 : feuilles réduites au 1/10^{è} de leur surfaces, rameaux atrophiés, la plante dépérit et meurt en quelques mois ;

Degré 4 : quasi-totalité des limbes recroquevillés, appareil végétatif réduit ;

Degré 3 : feuilles atteintes déformées, partiellement recroquevillées, appareil végétatif réduit ;

Degré 2 : taches couvrant la moitié du limbe, apparition des déformations foliaires ;

Degré 1 : taches jaunâtres couvrant 1/5è du limbe foliaire ;

Degré 0 : pas de symptômes.

L'évaluation des indices n'a été faite que sur les cinq dernières feuilles de chaque plant.

- *Le poids de tubercule par plant* : a été employé pour montrer l'incidence de la maladie sur le rendement du manioc. Les tubercules ont été récoltés et pesées par plant dans les champs retenus. Une moyenne arithmétique a été établie par cultivar, par champ récolté et en suite une moyenne générale a été tirée ;
- *Le nombre de tubercules par plant* : a été aussi déterminé dans des champs où la récolte a eu lieu pour évaluer l'impact de la maladie sur la tubérisation du manioc.

Les deux derniers paramètres ont été mesurés après la récolte. Le nombre de tubercules et le poids découlant des plants malades ont été relevés de même que ceux de plants sains. Des moyennes globales ont été calculées pour chacun des deux cas (sain et malade) ; de même ; un rapport entre le poids des tubercules des plants sains et des plants malades a été établi pour déterminer le quotient de la perte de rendement par cultivar.

1.4 DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Pendant notre investigation nous sommes confrontés à des difficultés entre autres :

- Le manque d'appareil nécessaire pour approfondir l'étude ;
- Le manque de laboratoire pour une connaissance préalable de l'agent pathogène axée sur les aspects pathologiques, sérologiques et moléculaire ;
- Le moyen financier nous a couté aussi bien que le moyen de transport et la communication.

2 PRINCIPAUX RESULTATS

2.1 PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les résultats des travaux sont présentés selon la nature ou le genre de sites utilisés dans l'identification ; urbain (Kindu expérimentalement) et les environs ou hinterland (Shenge Pk4, Katako Pk7, Lwama Pk7, Mikonde Pk5, Lukungu Pk7, Kampala Pk11).

2.1.1 EVOLUTION DE LA MALADIE EN ZONE URBAINE DE KINDU

A Kindu, l'étude effectuée dans le champ expérimental de manioc à la rive droite du fleuve (Alunguli) a porté sur 264 plants répartis dans les cinq carrés, comprenant cinq cultivars différents : Butamu, Kabombo, Mwezisita, Kavide et F100 qui sont des cultivars locaux dénommés en langue vernaculaire par les paysans.

2.1.1.1 INCIDENCE DE LA MALADIE AU COURS DU TEMPS SUR LES CINQ (5) CULTIVARS DE MANIOC À KINDU

Tableau 1. Incidence de la maladie sur les différents cultivars de manioc (en %) juillet 2017-Février 2018

Cultivars / Mois	Butamu		Kabombo		Mwezisita		Kavide		F100		Incidence moyenne
	E	%	E	%	E	%	E	%	E	%	
Juillet	42	83, 3	98	72,4	72	77,7	34	64,7	18	88,8	77,38
Août	42	71,4	98	75,5	72	81,5	34	67,6	18	72,2	73,64
Septembre	42	80,9	98	70,4	72	62,5	34	76,4	18	83,3	74,70
Octobre	42	76,1	98	71,4	72	72,2	34	70,5	18	77,7	73,58
Novembre	42	69,0	98	66,3	72	70,8	34	73,5	18	72,2	70,36
Décembre	42	78,5	98	63,2	72	70,0	34	61,7	18	66,6	68,00
Janvier	42	66,6	98	61,2	72	68,0	34	82,3	18	61,1	67,84
Février	42	59,1	98	83,6	72	84,7	34	58,3	18	77,7	72,78
Incidence moyenne	73,1		70,5		73,4		69,4		74,9		72,26

Les résultats montrent que tous les cultivars étudiés se sont révélés sensibles à la mosaïque africaine avec des nuances et ont présenté des incidences très élevées, qui oscillent de 69,4% à 74,9% pour une moyenne de 72,26%. Le cultivar Butamu a connu une baisse de l'ordre de 24,2% en 8mois. Cette chute peut être expliquée par l'élaboration des substances favorisant la résistance de la plante à la maladie.

Dans l'ensemble, l'incidence la plus faible a été enregistrée au mois de janvier (67,84%) et la plus élevée au mois de juillet (77,38%). Ces résultats mettent en évidence des paramètres climatiques qui ont une influence sur l'évolution de la maladie ; le mois de juillet étant une période favorable à l'expression de celle-ci (Mollard, 1987). Le mois de juillet correspond à la période de saison sèche, cette dernière favoriserait donc l'attaque foliaire des plants.

2.1.1.2 EVOLUTION DU TAUX D'ATTAQUE DES PLANTS MALADES DES CINQ CULTIVARS EN FONCTION DU TEMPS

Tableau 2. Evolution du taux d'attaque foliaire des plants malades à Kindu (%)

Cultivars / Mois	Kavide	Kabombo	Butamu	Mwezisita	F100	Taux moyen
Juillet	51,00	95	80,25	87,00	81,36	78,92
Août	52,70	85	77,94	83,60	90,63	77,97
Septembre	52,22	84	78,33	78,94	83,92	75,48
Octobre	53,60	89	73,28	77,11	83,37	75,27
Novembre	50,00	91	75,22	75,27	71,82	72,66
Décembre	51,90	80	77,00	80,38	82,22	74,3
Janvier	58,88	78,99	72,95	79,20	75,36	73,07
Février	65,00	82,47	74,83	77,64	78,49	75,68
∑	435,3	685,46	609,6	639,14	647,17	//////////////
X	54,41	85,68	76,2	79,89	80,89	75,41

Pour les cinq cultivars, se remarque une faible variation de taux foliaire à Kindu sur le pas de temps considéré (tableau n°5). Le plus faible taux (50%) a été au mois de novembre avec le cultivar Kavide, et le plus élevé (95%) au mois de juillet avec le cultivar Kabombo.

Les taux moyens sont en fait très élevés et varient de 54,41% à 85,68% avec une moyenne générale de 75,41%. Ceci montrerait localement la grande sensibilité de ces cultivars à la mosaïque africaine.

La variation temporelle du taux global d'attaque foliaire semble moins significative passant de 78,92% au mois de juillet à 75,68% au mois de février. Cette tendance devrait se traduire dans les différents niveaux de gravité des symptômes de la maladie.

2.1.1.3 EVOLUTION DU TAUX DES MOUCHES BLANCHES SUR LES PLANTS DE CINQ CULTIVARS EN FONCTION DU TEMPS

Tableau 3. Evolution du taux des mouches blanches à Kindu

Cultivars / Mois	Butamu		Kabombo		Mwezisita		Kavide		F100		Taux moyen
	E	%	E	%	E	%	E	%	E	%	
Juillet	05	12,5	04	10	07	17,5	10	25	04	10	15
Août	06	15,0	12	30	06	15,0	07	17,5	09	22,7	20
Septembre	11	27,5	10	25	10	25	05	12,5	05	12,5	20,5
Octobre	09	22,5	07	17,5	08	20	13	32,5	08	20	22,5
Novembre	06	15,0	05	17,5	12	30	12	30	10	25	22,5
Décembre	13	32,5	11	27,5	12	30	08	20	14	35	29
Janvier	04	10,0	06	15,0	05	12,5	04	10	03	7,5	11
Février	06	15,0	03	7,5	08	20	09	22,5	07	17,5	16,5
Taux moyen	18,75		18,12		21,25		21,25		18,77		19,62

Les résultats montrent que l'étude effectuée à Kindu sur la population des mouches blanches et les fluctuations dans le champ a porté sur 40 plants pour chaque cultivar.

Pour les cinq cultivars, se remarque une faible variation du taux des mouches blanches (*Bemisia tabaci*) sur le temps considéré, qui oscille de 18,12% à 21,25% pour une moyenne générale de 19,62. Dans l'ensemble, le taux le plus faible a été enregistré au mois de février (11%) et le plus élevé au mois de décembre (29%).

Ces résultats mettent en évidence les paramètres climatiques qui ont une influence sur le développement et l'évolution des mouches blanches. Le mois de décembre étant pendant la période pluvieuse ; cette dernière favoriserait donc le développement et les fluctuations des mouches blanches.

2.1.1.4 IMPACT D'INDICE DE GRAVITÉ DES SYMPTÔMES (IGS) SUR LE RENDEMENT DES CULTIVARS ÉTUDIÉS

Tableau 4. Impact d'IGS de la maladie sur le rendement à Kindu

Cultivar	Kabombo					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	17	17	17	17	17	-
Nombre de tubercules	41	37	26	22	19	-
Poids de tubercule en(Kg)	21,8	19,7	15,6	13,3	9,4	-
Cultivar	Mwezisita					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	15	15	15	15	15	-
Nombre de tubercules	34	30	20	19	15	-
Poids de tubercule en(Kg)	20,4	16,1	14,2	10,9	7,5	-
Cultivar	Kavide					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	21	21	21	21	-	-
Nombre de tubercules	41	38	30	21	-	-
Poids de tubercule en(Kg)	29,9	23,7	19,9	16,1	-	-
Cultivar	Butamu					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	15	15	15	15	15	-
Nombre de tubercules	45	34	28	20	16	-
Poids de tubercule en(Kg)	19,2	16,5	13,7	11,1	9,8	-
Cultivar	F100					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	10	10	10	10	10	10
Nombre de tubercules	32	27	22	19	15	13
Poids de tubercule en(Kg)	24,9	21,7	18,8	16,6	11,2	7,1
	Moyenne des cinq (5) cultivars					
IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	78	78	78	78	-	-
Nombre de tubercules	193	166	116	101	-	-
Poids de tubercule en(Kg)	116,2	97,7	82,2	68	-	-
Chute/baisse de rendement	-	84,07	70,7	58,5	-	-
Perte de rendement (%)	0	15,93	29,26	41,50	-	-

Les résultats montrent que l'IGS a un impact sur le rendement des cinq cultivars dans la zone de Kindu. Plus l'IGS augmente, plus le rendement chute. La baisse du rendement à l'indice 1 est de 84,07% (perte de 15,93%) ; à l'indice 2 de 70,7% (perte de 29,26) ; et à l'indice 3 de 58,5% (perte de 41,50%).

Ce pendant la production à l'indice 0 représenterait la performance normale, car la plante à ce stade n'est pas infectée. Les plantes malades, à multiples infections n'ont pas été prises en compte, seuls les plants atteints uniquement de la mosaïque africaine ont été retenus pour cette étude.

2.1.2 EVALUATION DE L'IMPACT DE LA MALADIE SUR LES SIX (6) SITES ENVIRONNANTS

Cette extension de l'étude aux environs participe à a comparaison de la manifestation de la mosaïque du manioc entre les six (6) sites considérés (Shenge Pk4, Katako Pk7, Lwama pk7 (site universitaire), Mikonde Pk5, Lukungu Pk7 et Kampala Pk11) et la tendance qu'elle dégage par rapport à la zone urbaine, tout en soulignant des paramètres climatiques et techniques culturales utilisée.

2.1.2.1 INCIDENCE DE LA MALADIE

Tableau 5. Incidence de la maladie dans les différents sites environs

Sites	Nombre des plants sains	Nombre des plants malades	Incidence (%)	Nombre des cultivars identifiés par site
Mikonde Pk5	19	210	91,70	6
Kampala Pk11	42	273	86,60	12
Katako Pk7	55	274	83,28	8
Shenge pk4	84	247	74,62	7
Lukungu pk7	177	488	73,38	10
Lwama Pk7	127	78	38,04	4
Total	504	1570	74,60	47

La maladie de la mosaïque africaine du manioc a été observée dans nombreux de champs visités ou identifiés des six sites d'environs. Son incidence varie d'une localité à une autre et d'un cultivar à un autre. La présence du vecteur de la maladie c'est-à-dire la mouche blanche a été aussi notée dans les dites localités considérées y ont manifesté une sensibilité à la mosaïque, mais à des de degrés divers.

Sur 2074 plants analysés, 504 plants étaient sains et 1570 étaient malades, exposant une incidence moyenne de 74,60%. L'incidence la plus élevée a été enregistrée dans la localité de Mikonde (91%) et la plus faible à Lwama (site universitaire) (38,04%). On constate que cette variation de l'incidence de la maladie s'expliquerait par les techniques culturales utilisées, notamment la densité, qui était faible à Mikonde qu'à Lwama où elle était bien respecter (1mx1m). Cela s'expliquerait aussi par les matériels végétaux utilisées, qui étaient locales à Mikonde qu'à Lwama où s'étaient le cultivar hybride entre le cultivar local et le *Manihot glaziovii*.

2.1.2.2 NIVEAU DE SÉVÉRITÉ DE LA MALADIE

On a utilisé dans ce travail deux paramètres pour étudier la sévérité de la maladie. Il s'agit du taux d'attaque foliaire et de l'indice de gravité des symptômes (IGS) de Cours (1951). La sévérité de la maladie est décrite par le niveau d'expression des symptômes sur les feuilles des plants malades. Elle est appréciée par le nombre des feuilles atteintes par plants qui traduit le taux d'attaque et l'état de dégradation de celles-ci lié à la dépigmentation et la réduction de la surface foliaire, phénomènes qui entravent le développement des tubercules par limitation de la photosynthèse.

L'état de dégradation des feuilles est mesuré par l'échelle de Cours (IGS)

TAUX D'ATTAQUE FOLIAIRE

Tableau 6. Le taux d'attaque foliaire des plants malades par site/localité

Sites/ localités	Attaque foliaire en (%)
Mikonde Pk5	85,48
Kampala Pk11	83,00
Lukungu Pk7	80,00
Katako Pk7	71,86
Shenge Pk4	59,00
Lwama Pk7	53,00
Taux moyen	72,00

Le taux d'attaque foliaire est le pourcentage des feuilles des plants présentant des symptômes de maladie. Ce taux est élevé dans les localités de Mikonde, Kampala, Lukungu, et Katako ; variant de 71% à 85%, mais il est légèrement au-dessous de la moyenne à Lwama (53%) et à Shenge (59%).

Signalons en passant que ces deux derniers sites sont à la rive gauche du fleuve Congo et sont voisins non loin de la petite, donc ils sont situés à un même climat. Ces paramètres climatiques pourraient expliquer le rapprochement de taux d'attaque foliaire dans ces deux sites.

INDICE DE SÉVÉRITÉ OU INDICE DE GRAVITÉ DES SYMPTÔMES (IGS) DE LA MALADIE SUR LE RENDEMENT

Tableau 7. Répartition des plants en fonction de l'IGS, Cours (1951)

IGS	Nombre de plants	%
1	507	32,29
2	648	41,27
3	285	18,15
4	118	07,51
5	12	00,76
Total	1570	100

Le niveau de gravité de la maladie est évalué par le taux d'attaque foliaire et l'indice de la gravité des symptômes qui sont complémentaires.

Le taux d'attaque foliaire est le pourcentage des feuilles atteintes sur les plants malades et l'indice de sévérité décrit l'état de dommage occasionné par la maladie sur les feuilles. Ces dommages se traduisent par la réduction de la surface foliaire, l'enroulement de la feuille sur elle-même et la dépigmentation (tâches jaunes et vert claire).

L'indice de sévérité varie de 0 à5. L'indice 0 désigne les plants sains, et les indices 1 à 5 représentent les plants malades dont l'aggravation de la maladie engendrerait la hausse de l'incidence de sévérité. On constate d'après ces résultats, que 67% des plants infectés dans les six sites/localités affichent des indices de sévérités qui varient de 2 à 5.

Cette situation serait inquiétante car à partir de l'indice 2, la production est divisée de par 2, et, à partir de l'indice 3 la baisse de production atteint les trois-quarts, elle chuterait donc de moitié ou de deux tiers proportionnément à l'étendu du champ. Ce ci affecterait sensiblement le rendement à l'échelle des champs étudiés.

IMPACT DE L'IGS DE LA MALADIE SUR LE RENDEMENT DES CHAMPS

Tableau 8. Impact d'IGS sur le rendement

IGS	0	1	2	3	4	5
Nombre de plants	22	22	22	22	-	-
Nombre de tubercules	41	37	26	21	-	-
Poids de tubercules	23,8	20,7	15,6	13,3	-	-
Baisse/chute de rendement(%)	-	86,97	63,02	55,8	-	-
Perte de rendement (%)	-	13,03	36,98	44,2	-	-

« Plus l'indice de sévérité augmente, plus le rendement chute » tel est l'enseignement tiré de l'impact de l'IGS de la maladie sur le rendement des sites retenus. Les mêmes résultats attestent que le volume de tubercules par plant diminue avec la gravité de la maladie. Pendant les récoltes, le nombre des plants manifestant la maladie à l'indice 4 et 5 a été statistiquement insuffisant et n'a pas été prise en compte dans l'analyse des données.

La chute de rendement et l'inhibition du développement des tubercules s'expliqueraient par le niveau de dégradation des feuilles. Celles-ci sont responsables de la photosynthèse, opération par laquelle les glucides (amidon) sont synthétisés et stockés au niveau des tubercules.

La dégradation des feuilles a, ainsi, une répercussion directe sur le rendement du manioc, soit sur le volume de production, ce qui induit un impact économique négatif chez les cultivateurs.

2.1.3 ETUDE DES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES DES DIFFÉRENTS CULTIVARS

Parmi les 37 cultivars étudiés, 34 ont manifestés clairement les symptômes de la mosaïque, seuls 3 d'entre eux étaient indemnes au moment de l'identification. Il s'agit de : Kelenga (nom vernaculaire donné par les paysans) ; Sawasawa et Liyayi, des cultivars introduits par la Caritas/Kindu.

Ces trois cultivars pourraient être des cultivars qui tolèrent ou qui résistent à la mosaïque africaine. On a noté aussi 5 cultivars de manioc doux parmi les 45 identifiés. Celui-ci ne contient pas d'acide cyanhydrique, et sa consommation peut se faire à l'état frais ou cuit sans passer par le rouissage.

Ainsi, l'examen de ces données autoriserait à déduire que la plupart des cultivars de manioc cultivés à Kindu et ses environs sont vulnérables à la mosaïque africaine, ce qui peut induire une baisse ou perte de rendement chez beaucoup de producteurs de manioc. Or si ces trois cultivars résistants peuvent être largement diffusés auprès des cultivateurs, on améliorerait le rendement des champs de Manioc.

2.2 DISCUSSION DES RESULTATS

Le manioc est le premier produit vivrier cultivé en République démocratique du Congo. Sa culture est pratiquée sur toute l'étendue du territoire national et conduit à nourrir la quasi-totalité de la population.

Cette culture vitale pour le pays mérite d'y accorder une attention particulière et surtout de la protéger contre la mosaïque africaine qui est une maladie dévastatrice. Celle-ci a été signalée dans plusieurs pays africains comme la première menace contre la culture du manioc. C'est une maladie virale due à un Geminivirus transmis par un vecteur, la mouche blanche (*Bemicia tabaci*). Les épidémies qu'elle a causées en Afrique de l'est ont été désastreuses (Gibson, et al. 1996 ; Legg et Fauquet, 2004), ayant engendré d'énormes pertes de rendement.

C'est cette situation qui aurait suscité une inquiétude à Kindu, justifiant la mise en place d'un projet d'étude relative à la mosaïque africaine du manioc.

L'incidence moyenne de la maladie, observée en 8 mois à Kindu expérimentalement (juillet 2012 à février 2013), et en 9 mois dans les six autres sites/localités (Octobre 2012 à juin 2013), a montré des résultats quelque peu dissemblables. D'environ 72,26% à Kindu, elle est respectivement de 91,70%, 86,60%, 83,26%, 74,62%, 73,38%, et 38,04% ; (avec une moyenne de 74,60%) dans les sites/localités : Mikonde Pk5, Kampala Pk11, Katako Pk7, Shenge Pk4, Lukungu Pk7 et Lwama PK7 (site universitaire) (tableau n°). La plus faible incidence a été enregistrée dans le site universitaire Lwama Pk7 (38,04%) et la plus élevée à Mikonde Pk5 route Kasongo (91,70%).

Cette situation est alarmante et mériterait une attention particulière, car la quasi-totalité des plants du manioc sont infectés. Ce la fait pensé que le non respect des techniques culturales notamment la densité serait un facteur favorisant la propagation mais aussi l'écimage répété (récolte des feuilles). Par ailleurs, on redoute l'introduction dans cet espace d'une souche très virulente ou même des phénomènes de coïnfections qui aggraveraient la situation, comme ce la a été observé dans d'autres pays de la région (Harroson et al, 1997 ; Fondong et al, 2000).

Au début des années 1990, une épidémie de la mosaïque africaine du s'est déclenchée en Ouganda avec une incidence ayant occasionnée une perte de production de plus de 82% (OTIM-NAPE et al, 1997 ; Gibson et al, 1996). Ainsi, l'incidence à Kindu qui se situe à 74,60% est très élevée, et pourrait être vraisemblablement dommageable pour la culture du manioc dans les sites étudiés.

En effet, la souche Ougandaise (EACMV-Ug) est particulièrement virulente, et sa vitesse de propagation est de 20 à 50 m/an (Legg et Ogwal, 1998). L'identification de la souche virale à Kindu et des enquêtes répétés pourraient conduire à la détermination de la vitesse de la propagation du virus. L'importance de l'incidence pourrait être justifiée aussi par la grande sensibilité à la maladie de la mosaïque des 47 cultivars de manioc étudiés. En effet, 44 cultivars sur 47 ont clairement manifesté des signes de maladie, selon des taux de sévérité divers et élevés. Il serait nécessaire qu'un test d'expérimentation s'applique aux trois cultivars.

3 CONCLUSION

Ce travail, le premier de ce genre en Province du Maniema en particulier et en République démocratique du Congo, constitue une source non négligeable d'informations techniques, pouvant orienter une action de recherche phytopathologique, virologique et agronomique. Il signale que la Mosaïque Africaine du Manioc existe bien en province du Maniema et particulièrement à Kindu et ses environs et que les symptômes sont indicateurs d'une baisse de production, comme cela prouvé ailleurs. Cet état des connaissances pourrait être guidé par des tests d'expérimentations et d'analyses poussées pour mieux comprendre l'expansion du phénomène dans le pays en général et dans la province du Maniema en particulier. Il est probable que le Manioc de Kindu présente une grande diversité génétique, le nombre de cultivars différenciables morphologiquement est important.

En effet, la culture du Manioc en République Démocratique du Congo en générale et dans la province du Maniema en particulier est essentiellement pratiquée par des paysans qui utilisent des méthodes traditionnelles ou empiriques. La démarche utilisée a consisté à faire l'état de la situation actuelle concernant la Mosaïque Africaine car on estime que c'était nécessaire avant de passer à la phase expérimentale très poussée. Les résultats de cette étude ont démontré que le Manioc du Maniema est exposé aux effets de la Mosaïque Africaine et qu'une situation catastrophique en découlerait probablement si rien n'est fait, de plus il faut sauvegarder qualitativement et quantitativement la couverture foliaire dont les feuilles tendres sont consommées. Trois cultivars (Sombe Kelenga local ; Sawasawa ; et Liyayi) supposés tolérants ou résistants peuvent être largement diffusés auprès des cultivateurs pour améliorer le rendement des champs de Manioc. L'identification du virus responsable de la maladie, la création de nouvelles variétés et la mise en place d'un laboratoire pour la production des plants in vitro sont envisageables.

Des actions doivent être menées afin d'améliorer le matériel végétal local car les cultivars tolérants ou résistants provenant de programmes de sélection sont toujours peu acceptés par les paysans (fortes ramifications, feuilles peu intéressantes pour la consommation). Il serait nécessaire de réglementer les mécanismes de transfert de boutures, le contrôle et la distribution de boutures saines, la sélection des cultivars, l'éducation des paysans pour le choix des boutures, l'amélioration des techniques culturales et la maitrise des différents paramètres agronomiques.

REFERENCES

[1] 2006, Mémento de l'agronome édition Great P1212 ;

[2] COURS G., 1951. Le Manioc à Madagascar. Mémoire de l'institut scientifique de Madagascar, série B, Biologie Végétale3 : 203-416 ;

[3] FARGETTE D., 1987. Epidémiologie de la Mosaïque Africaine du Manioc en Côte d'ivoire. Thèse ORSTOM. Paris 243p ;

[4] FARGETTE C., FAUQUET C. & THOUVENEL JC. 1985. African cassava mosaic virus. Annals of applies biology, 106 : 285-294 ;

[5] FAUQUET C., FARGETTE D. & THOUVENEL J.C., 1987. Impact de la mosaïque africaine du manioc sur la croissance et le rendement du manioc. Actes du séminaire YAMOUSSOUKRO. CTA, ORTOM. 19-22 ;

[6] KONATE G., BARRO N., FARGETTE D., SWANSON M.M & HARRISON B.D., 1995. Occurrence of while fly-transmitted Geminivirus in crops in Burkinafaso, and their serological detection and differentiation. Annals of applies biology, 126: 121-129;

[7] FONDONG V. N., PITA J. S., REY M.E.C., BEAUCHY R.N. & FAUQUET C.M., 2000. Evidence of synergism between africa Cassava Mosaic Virus and a new double-recombinanant geminivirus infecting cassava in Cameroon;

[8] GIBSON R.W., LEGG J.P. & OTIM-NAPE G.W., 1996 Unuasually severe symptom is a characteristic of the current epidemic of mosaic virus disease of Cassava in Uganda.

[9] HARRISON B. D., OTIM-NAPE G. W., ROBISSON D.J., 1997. Role of a novel type of double infection in the Geminivirus-induced of severe cassava mosaic in Uganda.

[10] LEGG J.P., 1999. Emergence, spread and strategies for controlling the pendemic of Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa. Crop protection. 18: 627-637

[11] MAHUNGU, 1984. Rapport PRONAM;

[12] MONDE G., Questions spéciales des productions, Cours Inédit Faculté des sciences agronomiques, Université de Kindu, 2013 ;

[13] NTAWURUHUNGA P., OKUJA O., LEGG J.P., BEMBE A. & OBAMBI M., 2002. Situation de la maladie pandémique virale de la mosaïque du manioc en République du Congo, 37p ;

[14] LEGG J.P., 2004. The effect of cassava geminivirus on symptom severity, growth and root yield of cassava mosaic virus disease-susceptible cultivar in Uganda;

[15] SANGO ET MUCHAPA, 2010. Incidence de la mosaïque Africaine du manioc sur trois cultivars introduit par la Caritas (Liyayi, Sawasawa, et Sukisa) Mémoire FSA-UNIKI 2010 ;

[16] STOREY J., & NICHOLS R.F.W., 1938. Studies on the mosaic of cassava. Annals of applies Biology 25: 790-806.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 457-466
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La communication persuasive : Remède pour une régulation plus optimale de la circulation routière - Cas de la ville de Kolwezi

John MUZEMBE KANDAL

Faculté des Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Kolwezi, Province du Lualaba, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Instead of being misled by degrading practices with unsubmitted, the units of the traffic police would play the persuasive role. They would, in fact, help drivers to avoid bad behavior while driving.
In the context of the excessive delinquency of drivers, it would be better to apply persuasive communication in the model of likely elaboration. This model will allow all drivers to be familiar with messages having the persuasive power in pushing those of the central traffic as well as the peripheral ones to manifest a positive change in their behavior (though they are strongly or weakly implicated) with regards to cognitive or/and affective factors.

KEYWORDS: persuasive communication, road traffic, Kolwezi.

RESUME: Plutôt que de se fourvoyer dans des pratiques avilissantes avec les conducteurs insoumis, les éléments de la Police de Circulation Routière pourraient jouer la carte de la persuasion. Ils amèneraient ainsi les chauffeurs à éviter les mauvais comportements au volant.
Dans le contexte de la délinquance accrue des conducteurs, il s'agit, entre autres, de faire usage de la communication persuasive, dans le modèle de probabilité d'élaboration. Lequel modèle permet d'exposer tous les conducteurs aux messages ayant la force persuasive à même de pousser ceux de la route centrale comme ceux de la route périphérique à manifester un changement positif dans leur comportement (qu'ils soient fortement ou faiblement impliqués) de par les facteurs cognitifs et/ou affectifs.

MOTS-CLEFS: communication persuasive, circulation routière, Kolwezi.

1 INTRODUCTION

Les routes du monde entier, plus encore celles des centres urbains, tuent énormément. Des vies fauchées par des véhicules sont plus nombreuses que celles emportées par certaines maladies jugées trop graves. Entre autres, le sida, le paludisme, Ebola.

Le comportement de biens de conducteurs est, lui aussi, à la base de multiples accidents de circulation, créant ainsi une insécurité routière grandissante au jour le jour. Au Congo démocratique, en général, à Kolwezi, en particulier, la police de circulation routière (P.C.R) est mise en place. Elle tente de réguler la circulation afin d'éviter les accidents sur les artères, mais pire elle négocie à sa manière avec les conducteurs, ce qui laisse entrevoir une communication inefficace, si pas négative entre eux. Et surtout, trop dangereuse pour tous les usagers de la route.

Voilà pourquoi, nous avons tenu à nous pencher sur cette communication afin de proposer celle qui tenterait de mettre fin à tout comportement jugé préjudiciable sur les voies de circulations routières tout en signalant que ce qui est dit de la ville de Kolwezi peut bien être extrapolé à toute la République Démocratique du Congo parce que le comportement des éléments de la Police de circulation routière (P.C.R) reste le même sur toute l'étendue du pays.

Corresponding Author: John MUZEMBE KANDAL

2 ESQUISSE D'UN ETAT DES LIEUX DE LA CIRCULATION ROUTIERE DANS UNE VISION PROJECTIVE

Annoncer que l'automobile est un des grands meurtriers dans le monde n'est nullement un outrage. Des pays riches aux pays pauvres, les dégâts sont les mêmes. Bergeron déclarait à ce propos, il ya un temps : « La planète compte présentement six milliards d'habitants. On peut grosso-modo considérer que quatre milliards sont morts depuis le début du xx è siècle, qui aurait donc vu se succéder autour de 10 milliards d'êtres humains. De ce total, un sur vingt a été blessé par l'automobile, bien plus que par la guerre ».[1]

Tout porte à croire qu'en ce début du XXI ème siècle, le nombre d'automobiles augmente ainsi que celui des humains sur la terre. Ipso facto, les accidents de circulations se multiplient autant de fois.

La ville de Kolwezi vit les effets similaires. Il ya quelques décennies, elle a été une entité urbano-rurale, chef-lieu du District du Lualaba où seul le charroi automobile de la GECAMINES[2] était visible sur les artères et assurait le transport de tous les habitants de la ville ou presque. Les accidents de circulation routière étaient quasiment rares. Lorsqu'il y en avait un, c'était un événement. Et le « bouche à oreille » fonctionnait le mieux possible. Aujourd'hui, cette ville est devenue, avec le découpage territorial, le chef lieu de la Province du Lualaba. Les changements spectaculaires s'observent dans tous les domaines de la vie. Différentes représentations provinciales, nationales et internationales existent désormais, le boom minier ayant déjà auparavant apporté pour sa part des effets positifs qui ont permis à certains habitants de se doter des biens mobiliers et immobiliers de tout genre. Les moyens de locomotion ont alors explosé en nombre eux aussi. Cet épanouissement a doté la ville d'un charroi automobile très important. Ce dernier oblige chaque usager de la route d'être sur ses gardes et provoque ainsi une insécurité routière sans égal depuis l'existence de cette entité. Si rien n'est fait pour sécuriser la population, l'automobile figurera toujours en tête sur la liste des meurtriers comme en témoignent les statistiques.

3 DIAGNOSTIC ET EVOCATION DES ELEMENTS STATISTIQUES

A Kolwezi uniquement, en 2017[3], les statistiques présentées par la Police de circulation routière étonnent et présagent un grand danger de la route :

3.1 CATEGORIES DES ACCIDENTS ET NOMBRES DES CAS

Le premier cas reprend les nombres d'accidents sans tenir compte du nombre des véhicules concernés par chacun des accidents. Qu'il y'ait un, deux, trois véhicules etc. Ce qui compte c'est le fait qu'il s'agit d'un accident seulement. Voilà ci-après le tableau reprenant tous les cas :

Tableau 1. Catégories des accidents

CATEGORIES DES ACCIDENTS		NOMBRE DES CAS
1	Accidents mortels	58
2	Accidents avec blessés graves	89
3	Accidents avec blessés légers	45
4	Accidents avec personnes traumatisées	45
5	Accidents avec dégâts matériels importants	88
6	Accidents avec dégâts matériels légers	53
7	Accidents sans dégâts matériels	36
TOTAL		414

[1] Bergeron, R., Le livre Noir de l'Automobile : Exploration du rapport Malsain de l'homme contemporain à l'Automobile, Hypothèse, Montréal, 1999. P. 47.

[2] La « Générale des Carrières et des Mines », la plus grande entreprise minière du Congo à l'époque.

[3] Rapport annuel de la PCR, 2017.

3.2 BILAN DES ACCIDENTS

Ce point reprend les dégâts enregistrés lors des accidents. Il s'agit d'un bilan humain et/ou matériel :

Tableau 2. Bilan humain

LIBELLES		NOMBRE
1	Tuées	59
2	Blessées graves	218
3	Blessées légères	82
4	Traumatisées	76
TOTAL		435

Tableau 3. Bilan matériel

LIBELLE		NOMBRE
1	Dégâts matériels importants	234
2	Dégâts matériels légers	140
3	Sans dégâts matériels	37
TOTAL		411

3.3 NATIONALITES DES PERSONNES IMPLIQUEES

La police reprend ici les différentes nationalités des personnes impliquées dans les différents accidents. Les congolais battent le record. :

Tableau 4. Nationalités des personnes impliquées dans les accidents

NATIONALITE		NOMBRE DES CAS
1	Congolais-congolais	298
2	Congolais-étrangers	09
3	Etrangers-étrangers	01
4	Congolais seul	94
5	Etranger seul	01
TOTAL		414

3.4 CAUSES DES ACCIDENTS

La police de circulation routière a pu relever les causes des différents accidents repris dans le tableau n°5. Mais il faut noter qu'elle n'a pas pensé, à dessein ou par oubli, à la communication de ses éléments et les conducteurs sur les voies publiques.

Tableau 5. Causes des accidents

CAUSES		NOMBRE
1	Excès de vitesse	174
2	Ivresse au volant	24
3	Violation de sens unique	1
4	Imprudence des piétons	33
5	Imprudence des conducteurs	23
6	Imprudence des motocyclistes	17
7	Imprudence des cyclistes	02
8	Mauvais dépassement	37
9	Mauvais croisement	12
10	Mauvais état de la route	01
11	Non respect de priorité	17
12	Non respect de distance	14
13	Non respect de sens de circulation	17
14	Fausse manœuvre	24
15	Panne technique	16
16	Mauvais stationnement	02
TOTAL		414

3.5 JOURS

La police a donné les statistiques des accidents selon les jours de la semaine afin de juger lesquels où se produisent beaucoup d'accidents. Comme il faut s'y attendre, les week-ends produisent plus d'accidents que dans la semaine :

Tableau 6. Accidents survenus selon les jours de la semaine.

JOURS		NOMBRE
1	Lundi	55
2	Mardi	49
3	Mercredi	57
4	Jeudi	50
5	Vendredi	56
6	Samedi	75
7	Dimanche	72
TOTAL		414

4 CONSTAT SUR BASE DES MACHINATIONS (CONDUCTEURS-PCR) ET SES CONSEQUENCES

L'idée d'un accident de circulation évoque souvent celle de ses causes. Ainsi, dirions-nous que le facteur humain demeure la principale cause des accidents. Plusieurs accidents auraient dû être évités, n'eût été le manque de vigilance, de responsabilité, de sensibilisation des conducteurs, et le sérieux de la P.C.R dans ses prestations, etc.

Toutefois, les plus grands facteurs humains responsables de la grande majorité des accidents de circulation et responsables des multiples décès sur nos routes sont : l'alcool au volant, la vitesse excessive, l'omission du port de la ceinture de sécurité, l'imprudence soit des conducteurs, soit des autres usagers de la route ainsi que la « négociation » entre la P.C.R et les conducteurs.

4.1 L'ACOOL AU VOLANT

L'alcool constitue le plus grand facteur d'accidents (surtout la nuit) alors que la grande majorité de gens se retrouvent encore sur les artères. C'est même la première cause d'accident de circulation, car l'excès de vitesse relève aussi souvent de cela.

Si autrefois, les conducteurs pouvaient se permettre même de boire au volant, de nos jours la loi sur le code de sécurité routière (article 8, alinéa 8.3 du Nouveau code de la route) a permis d'imposer des peines plus sévères aux contrevenants de la route, surtout en ce qui concerne la conduite en état d'ébriété. Ladite loi inclut une tolérance zéro en cette matière. Il est question de persuader les conducteurs à afficher un comportement digne au volant en gardant leur état physique et psychique normal.

Il revient, en cette matière, à la P.C.R de coordonner les opérations d'intensification des barrages routiers, par exemple, afin de détecter l'alcoolémie tant modérée qu'élevée par un alcotest, étant donné qu'une simple observation ne le permettrait pas. Cette police est malheureusement complice et se montre active uniquement lorsqu'un accident venait à se produire.

4.2 LA VITESSE EXCESSIVE

Il s'agit de la deuxième, si pas la première, cause d'accident sur nos routes. Les conducteurs roulent au-delà des limites de vitesse permises (Articles 16,17,18 du Nouveau code de la route), provoquant ainsi des accidents mortels et des blessures, sans compter les dégâts matériels sur les véhicules. Cette situation est souvent due à l'inexpérience des jeunes, au goût et à l'habitude du risque, à la valorisation sociale de la vitesse et de la performance, à l'ivresse au volant ainsi que la pression des pairs soucieux de gagner du temps.

Il convient de signaler que la problématique de la vitesse est beaucoup plus liée à l'environnement de conduite, au véhicule, aux conditions de circulation, de même qu'aux attitudes et perceptions des conducteurs eu égard à la vitesse et à leurs relations coupables entretenues avec les éléments de la P.C.R.

4.3 L'OMISSION DU PORT DE LA CEINTURE DE SECURITE

Le port de la ceinture de sécurité est mondialement obligatoire parce qu'il est question de la meilleure mesure de protection passive des occupants d'un véhicule.

Ainsi donc, l'omission ou le refus de porter la ceinture constitue une infraction au code de la sécurité routière au même titre que le non-respect d'un panneau d'arrêt et de feu rouge (article 91 du Nouveau code de la route). Cela nécessite alors une meilleure sensibilisation des automobilistes. A Kolwezi, 90% restent très réfractaires au port de la ceinture. A l'exception des chauffeurs des entreprises privées par crainte de se voir débauchés.

4.4 LA « NEGOCIATION » ENTRE LES CONDUCTEURS ET LES ELEMENTS DE LA PCR

Il s'agit, en R.D. Congo, d'une pratique courante, qui consiste en une perception illégale (illicite) faite par des éléments de la PCR chez les automobilistes. En leur jargon, c'est un « rapport » fait à la PCR qui, en retour, laisse aux conducteurs la latitude de circuler librement. Un espace de négoce est alors créé entre les deux camps. De quoi affirmer que de cette racine latine « négoce » est née une négociation qui implique « l'espace du marché, l'espace de l'agora ou du forum : l'espace public par excellence, qui réunit des acteurs qui se reconnaissent mutuellement à la fois par leur identité (ce qu'on les sait être) et par leur statut (ce qu'ils représentent) »[4]. Cela donne lieu, lors de cette rencontre, à un processus de communication.

Une négociation qui réunit donc des partenaires d'une communication sur l'enjeu qu'ils ont en commun. Dans le cas d'espèce, l'enjeu est l'argent recherché par les éléments PCR auprès des conducteurs et ces derniers recherchent, de leur part, la libre circulation sur les routes de la ville et du pays. Voilà qui constitue un danger et crée des risques d'accident. Circuler librement sur des artères ne tient compte ni des autres ni de la loi, celle-ci étant déjà bradée.

Puisque cette gangrène n'est pas facile à éradiquer socialement, nous tentons d'apporter une thérapie scientifique du point de vue communicationnel. Dans ce cadre, la négociation ne sera plus une communication qui prend une position rigide et inflexible. Celle d'un élément PCR qui impose de l'argent, qu'on le veuille ou pas. Bien au contraire, négocier devient « communiquer de manière à persuader l'autre à réfléchir, créer, bâtir, partager et améliorer ensemble ». [5] Il est question pour

[4] Lamizet, B. et alii, Dictionnaire encyclopédique des Sciences de l'Information et de la Communication, ellipse, Paris, 1997, pp. 403, 404.
[5] Ouaret, A., Bâtir sa stratégie de communication et de développement personnel, Ed. Grand Alger Livre, Alger, 2008. P.231.

nous de trouver une stratégie de communication ayant pour objet de transformer les positions et les dogmes en recherchant des intérêts en jeu tout en évitant le conflit, l'échec ou la rupture.

La bonne démarche consisterait à changer le comportement des uns et des autres. Mais à en croire Cossette et Daignault, « la modification d'un comportement sera beaucoup plus difficile à accepter s'il s'agit d'une habitude solidement ancrée »[6]. C'est le cas de la R.D. Congo en général et de la ville de Kolwezi en particulier où cette pratique permet à tout le groupe de remplir ses poches vu la modicité des salaires. C'est pourquoi, au lieu du marketing social qui, bien entendu, vise le changement d'un comportement jugé préjudiciable pour l'individu et la société dans laquelle il évolue, nous avons souhaité travailler avec la communication persuasive de par ses multiples théories et modèles riches en étapes permettant la modification des attitudes et des comportements.

5 THERAPEUTIQUE : LA COMMUNICATION PERSUASIVE

5.1 DU MARKETING SOCIAL A LA COMMUNICATION PERSUASIVE

5.1.1 LE MARKETING SOCIAL

Le terme « marketing social » trouve ses origines au début des années 1970 grâce aux professeurs de marketing Kotler et Zaltman[7]. Ils suggéraient dans leur article ce terme pour distinguer un marketing voué à l'amélioration du bienêtre collectif de celui plus classique développé pour l'industrie et le commerce. Ils sont également les premiers à considérer, par définition, le marketing social comme étant une technique du changement social. Plus tard, ce terme cessera d'être une technique pour faire adopter une idée sociale pour devenir un moyen d'influencer les comportements individuels délibérés (par opposition aux comportements imposés par la loi ou la répression, par exemple).

Aujourd'hui, le marketing social a investi de nombreuses sphères de la vie humaine : la santé (tabagisme, rapports sexuels non protégés, obésité, …), l'environnement (recyclage, pollution, protection de la forêt, …), l'éducation (alphabétisation, orientation scolaire, …), la sécurité routière (alcool au volant, vitesse, port de ceinture de sécurité, …), l'implication citoyenne (don de sang, bénévolat, participation électorale, …), voire la religion.

Au sigle mnémotechnique dit des « 4Ps », Gerard Hastings[8] proposera les « 4As » plus adaptés au domaine social, pense-t-il. Chaque A correspond à une qualité à démontrer lors d'une campagne de marketing social. Il s'agit d'un comportement que l'on désire faire adopter. Nous voulons ainsi nager avec Gerard dans le sens de sa vision.

Le premier A : le comportement prôné doit être attrayant, désirable. Concernant les conducteurs délinquants de Kolwezi, du Congo, quel est le comportement désirable à leur présenter pour les faire changer ? C'est le défi du premier A, surtout quand on se souvient que le niveau d'études de la plupart de ces conducteurs est nul et qu'ils ont commencé comme percepteur dans les taxi-bus pour apprendre à conduire sans avoir été dans des auto-écoles.

Le deuxième A : le comportement doit être abordable. C'est-à-dire qu'il ne doit pas exiger trop d'efforts physiques ou psychologiques. Quel est ce magicien qui peut changer le comportement de ces conducteurs sans moindre effort ? On vise ici les bénéfices à tirer lorsqu'on s'est bien comporté. Est-ce facile à Kolwezi ? Il reconnait déjà lui-même qu'il n'est pas facile, par exemple, de faire cesser de fumer à quelqu'un. Pire c'est qu'il ne sera pas aisé de faire changer facilement un chauffeur délinquant.

Le troisième A : le comportement doit être accessible. Il s'agit de la faisabilité du comportement à adopter. Si on est capable d'exécuter un comportement, est-ce à dire qu'on est nécessairement disposé à l'exécuter ? Là encore nous pensons qu'avec les conducteurs de Kolwezi, il ne sera pas facile.

Le quatrième A : le comportement doit être apprécié. Ces conducteurs trouvent-ils du plaisir à changer volontairement? Si tel était le cas, il n'y'aurait pas ce que nous déplorons sur nos routes.

---

[6] Cossette, C. et Daignault, P, La publicité sociale, télématique, Québec, 2011. P. 23.
[7] Kotler, Philip & Gerald Zaltman, « Social Marketing : an Approach to planned social change *». Journal of Marketing*, 35. 1971.
[8] Gerard, Hastings, Social Marketing : Why should the Devil Have all the Best Tunes ? ,Oxford: Elsevier, 2007.p.16

Les quelques défis à relever avec les « As », comme les « Ps » aussi nous ont fait penser que la communication persuasive serait la meilleure avec les conducteurs congolais en général, et Kolweziens en particulier.

5.1.2 LA COMMUNICATION PERSUASIVE

On lit sur Wikicréa[9] que la communication persuasive est un type particulier de communication qui consiste à formuler un message de façon à influencer les attitudes, les opinions et le comportement d'autrui.

La communication persuasive passe par une succession d'étapes. Celles-ci sont cognitives, affectives, conatives et précèdent un résultat donné, une modification d'attitude ou de comportement. Elle compte en outre plusieurs théories et modèles. Entre autres le modèle d'apprentissage ou learn-feel-do, dérivé du modèle A.I.D.A[10] de Elmo LEWIS inventé en 1898 ; le modèle de dissonance ou do-feel-learn ; le modèle de probabilité d'élaboration.

Dans le contexte congolais, nous avons opté pour le modèle de probabilité d'élaboration. Inventé par Petty et Cacioppo, il met « en évidence le rôle de l'implication dans la lecture des messages. Ses auteurs identifient deux routes persuasives dépendant du degré d'élaboration du message par les personnes, lequel degré d'élaboration dépend lui-même de l'implication des personnes vis-à-vis de la situation concernée et de leur capacité à traiter l'information communiquée. »[11] Ces deux routes sont :

a) La route centrale :

Dans un fort degré d'élaboration, certaines personnes se sentent impliquées et changent d'attitude et/ou de comportement après la perception et l'analyse d'un message reçu. Tellement motivées, ces personnes sont capables de traiter et d'analyser le message de manière rationnelle. Elles vont droit à l'essentiel du message.

Par exemple, un automobiliste, placé sur la route centrale, et qui ayant suivi des messages publicitaires sur des accidents de circulation, est capable de rechercher les causes de l'accident, les dégâts et réfléchir sur comment améliorer sa conduite afin d'éviter les risques d'accident. Ce qui est différent de celui qui est placé sur la route périphérique.

b) La route périphérique :

A faible implication, elle concerne les peu impliqués qui ne s'intéressent pas à l'information centrale du message. C'est la plus grande catégorie des conducteurs congolais. 70% à peu près. Dans le même message publicitaire, le conducteur de la route périphérique va, lui, se concentrer sur la beauté de la voiture endommagée, celle de la femme décédée dans cet accident, les biens de valeur sortis du véhicule, etc.

Voilà qui donne lieu à deux implications différentes :

- L'implication faible :

Ici, le récepteur, disons l'automobiliste, est attentif et réagit aux éléments annexes, secondaires d'un message diffusé au lieu de s'intéresser à l'information centrale. La PCR devrait, dans ce cas, bien travailler la mise en forme des messages ainsi que l'ensemble des signes composant ce message afin de susciter l'affection.

- L'implication forte :

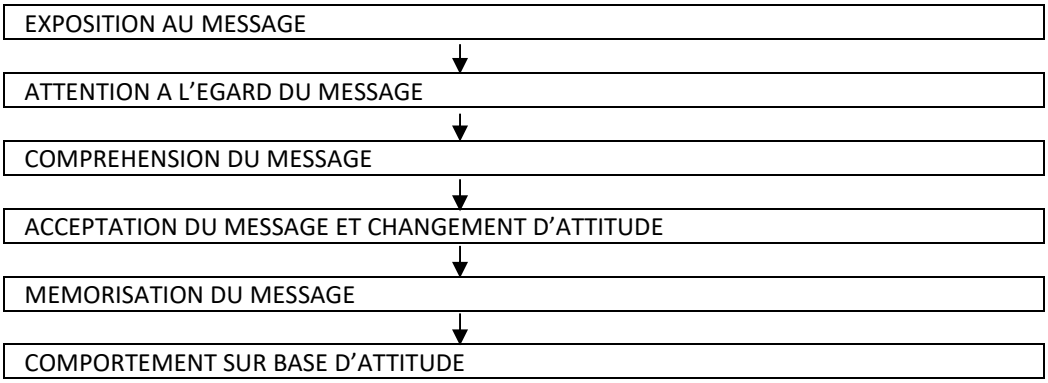
Les individus ou conducteurs impliqués traitent activement et volontairement les informations fondamentales du message afin de déterminer l'élément central de la communication. La PCR devrait alors multiplier des messages publicitaires faisant état des accidents de circulation. Surtout des accidents ayant causé mort d'hommes.

[9] En ligne : Explorys, *la communication persuasive : un outil pour les entrepreneurs*, wikicréa. 22/02/2018.
[10] A.I.D.A :- attirer l'**A**ttention.
- susciter l'**I**ntérêt.
- provoquer le **D**ésir
- déclencher l'**A**chat.
[11] Malaval, P., et alii, Pentacom, Pearson, Paris, 2008. P.27.

De ces deux implications, deux réactions seront chaque fois attendues :

- Pour ceux de la route centrale, donc à forte implication, l'essentiel ressortirait de ce qui est cognitif. Réfléchir sur les responsabilités du conducteur, rechercher les causes des accidents et penser aux dégâts après. Ce qui donne à relever l'affectif après. Le changement d'attitude et/ou de comportement tient donc avant tout à ce qui est rationnel.
- Quant à ceux de la route périphérique, c'est-à-dire à faible implication, les facteurs affectifs priment par rapport à la perception des messages. Il manque ici le traitement cognitif de l'information. Il faut une approche séductrice, persuasive de la communication. Marie-Christine PIPERINI rassure, sur ce point : « Des recherches dans le champ de la communication persuasive ont montré que le changement d'attitude faisait suite à la réception d'un message persuasif, et en particulier, que des messages utilisant la peur pouvaient agir efficacement sur les attitudes et les comportements »[12]. La PCR devrait, par exemple, multiplier des publicités d'accident où le conducteur est lui aussi décédé. Cela affecterait sans doute les faiblement impliqués et les résultats seraient parfois aussi importants que ceux des automobilistes à implication forte. Comme institution, organisation, la PCR doit donc tenir compte de l'émotion et la susciter en créant des messages adaptés. C'est une constante de la communication.

Petty et Cacioppo suggèrent que « l'efficacité du message dépende de la capacité du plan de communication qui expose les conducteurs au message et attire leur attention ».[13] Cela fait, nous notons que la modification d'attitude (objet même de cette communication) n'est envisageable qu'à condition que le message soit compris et suivi d'une adhésion. Il porte, dira-t-on alors, une vraie valeur persuasive. Ainsi la PCR devra-t-elle vérifier si son message est convaincant et persuasif afin d'espérer un impact sur les automobilistes. Elle pensera, pour ce faire, aux étapes suivantes[14] :



Il sied de signaler que trois variables essentielles peuvent permettre de comprendre et d'expliquer ce processus de communication : les motivations des personnes concernées par les messages, leur capacité à traiter ces informations et leur opportunité à les traiter. Cela grâce à l'affectif et aux humeurs dus à une certaine peur liée aux messages auxquels on est exposé.

5.2 LA STRATEGIE MENAÇANTE ET L'EMOTION DE PEUR

Pénélope DAIGNAULT, dans sa thèse[15] lie les effets de la peur à la persuasion. Cette peur viendrait de la stratégie menaçante. Celle-ci produirait un stimulus communicationnel qui tenterait de provoquer une émotion de peur chez les

[12] En ligne : Marie-Christine PIPERINI, L'effet paradoxal de la communication persuasive en sessions d'éducation pour la santé. Revue canadienne des sciences du comportement, 2012/6(vol. 24) : 533-546.
[13] Malaval, P. et alii, Op. Cit., p. 29
[14] Idem.
[15] Pénélope Daignault, L'implication multidimensionnelle des récepteurs comme indicateur de l'efficacité de l'argument de crainte, cas des campagnes de sécurité routière, thèse, département de l'information et de la communication, faculté des Lettres, Université Laval, Québec, Canada, 2007.

conducteurs quand on leur expose les conséquences indésirables d'un comportement préjudiciable au volant. En revanche, la peur est une réponse émotionnelle qui, de concert avec une certaine évaluation cognitive, peut donner lieu à un changement d'attitude, de comportement ou d'intention envers un comportement malsain.

Elle en arrive à la conclusion qu'un degré modéré de crainte est le plus efficace en terme de changement persistant d'attitude. C'est ce qui jette un pont entre la peur et la persuasion lorsque le processus affectif est relié au traitement de l'information menaçante. Cela rejoint ce que nous avons dit plus haut concernant les « As » : un changement de comportement sans aucun effort est donc loin d'être imaginé dans le cas des conducteurs congolais. Le modèle de probabilité d'élaboration de Petty et Cacioppo marche donc avec la stratégie axée sur la crainte en termes de persuasion et s'avère le mieux indiqué pour le changement de comportement des conducteurs de Kolwezi, bref, du Congo en général.

6 SIMILATION DES RESULTATS EN PERSPECTIVE

La communication persuasive comme thérapie dans le cadre de la circulation routière à Kolwezi, en particulier, et en R.D. Congo, en général, pourrait donner des résultats meilleurs. Il est certain que le peuple congolais n'est pas inchangeable. L'on se souviendra que quelques années seulement avec Laurent Désiré Kabila au pouvoir, un changement radical a été observé dans le comportement du Congolais. Cela grâce à la persuasion. Nous estimons donc que les statistiques telles que présentées par la police nationale de circulation routière peuvent bien s'améliorer dans un premier temps de 50%, et au fil des années, baisser jusqu'à un niveau tolérable, parce qu'on ne peut en aucun cas prétendre mettre fin à l'insécurité routière quels que soient les miracles que l'on peut opérer. Sinon, les pays occidentaux avec tous les moyens mis en œuvre y seraient déjà parvenus. L'homme reste et restera toujours lui-même la cause principale des accidents routiers aussi longtemps qu'il vivra sur la terre.

7 CONCLUSION

Cette recherche a montré enfin que les éléments de la Police de Circulation Routière, (P.C.R) à Kolwezi, ayant une expertise pour réguler la circulation usent des moyens peu ou pas loyaux non pour le bien du public usager de la route, mais juste pour satisfaire leurs besoins égoïstes. Voilà qui a amené le chercheur que nous sommes à proposer, au lieu du marketing social, la communication persuasive. Celle-ci permettrait, à travers ses étapes (cognitives, affectives, conatives), de corriger tant soit peu le comportement des conducteurs et des autres usagers de la route afin d'éviter, si non de réduire, le nombre des accidents provoqués sur nos artères par le facteur humain dans toutes ses dimensions. Aussi faut-il ajouter que la « conceptualisation de la peur illustre la pertinence de tenter de provoquer, dans des campagnes de prévention, des comportements à risque en comparaison avec un ton informatif et éducatif »[16], le tout dans un esprit de persuasion sur les usagers de la route afin de tenter d'amoindrir l'insécurité routière.

[16] Idem.

REFERENCES

[1] Bergeron, R., Le livre Noir de l'Automobile : Exploration du rapport Malsain de l'homme contemporain à l'Automobile, Hypothèse, Montréal, 1999.
[2] Cossette, C. et Daignault, P, La publicité sociale, télématique, Québec, 2011.
[3] Gerard, Hastings, Social Marketing : Why should the Devil Have all the Best Tunes ?, Oxford: Elsevier, 2007.
[4] Kotler, Philip & Gerald Zaltman, « Social Marketing : an Approach to planned social change *». Journal of Marketing*, 35. 1971.
[5] Lamizet, B. et alii, Dictionnaire encyclopédique des Sciences de l'Information et de la Communication, ellipse, Paris, 1997.
[6] Malaval, P., et alii, Pentacom, Pearson, Paris, 2008.
[7] Ouaret, A., Bâtir sa stratégie de communication et de développement personnel, Ed. Grand Alger Livre, Alger, 2008. P.231.
[8] Explorys, *la communication persuasive : un outil pour les entrepreneurs*, wikicréa. 22/02/2018.
[9] Marie-Christine PIPERINI, *L'effet paradoxal de la communication persuasive en sessions d'éducation pour la santé.* Revue canadienne des sciences du comportement, 2012/6(vol. 24) : 533-546.
[10] Pénélope Daignault, L'implication multidimensionnelle des récepteurs comme indicateur de l'efficacité de l'argument de crainte, cas des campagnes de sécurité routière, thèse, département de l'information et de la communication, faculté des Lettres, Université Laval, Québec, Canada, 2007.
[11] Rapport annuel de la P.C.R, 2017

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 467-476
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Carbon stock assessment in the woody biomass of cocoa and rubber farms: Case of Indénié-Djuablin region in eastern Côte d'Ivoire

Ménéké Distel KOUGBO[1], Djah Francois MALAN[1-2], Yao Lambert KOUADIO[1], Danho Fursy Rodelec NEUBA[1-2], and Moussa KONE[1]

[1]UFR Sciences de la Nature, Ecology and Biodiversity Unit, Nangui Abrogoua University, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Institut Botanique AKÉ ASSI d'Andokoi (IBAAN), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study aims to analyze the management, diversity and the uses of shade trees and then to evaluate the carbon stock in the woody biomass of cocoa and rubber farms. Density and diversity of shade trees were evaluated in 54 plots of 2500 m^2 each, distributed in different cocoa and rubber farms which age varies from one year to more than 15 years. In addition, an investigation was carried out among the peasants to determine the uses of shade trees. The amount of carbon stored in woody biomass of these farms is calculated using allometric models of biomass. In total, 20 species of shade trees were inventoried in cocoa farms and 10 in rubber farms. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. and *Persea Americana* Mill. are the most important species of these agrosystems. In general, the shade trees provide medical and food products, firewood and timber to farmers. These trees also prevent desiccation of young crop plants and provide nitrogen to soil. The average amount of carbon stored in woody biomass ranges from 50.85 to 145.14 tC/ha in cocoa farms and from 7.04 to 176.68 tC/ha in rubber farms. Shade trees contribute more than 87 % of this amount of carbon in cocoa farms, and only about 17 % in rubber farms. Agroforestry practice in perennial farms contributing to the conservation of multipurpose tree species and would boost the carbon stock in the agricultural sector.

KEYWORDS: Carbon stock, shade trees, plantation, Indénié-Djuablin region.

1 INTRODUCTION

Carbon dioxide (CO_2) is one of greenhouse gases whose the increase in atmosphere is frequently contributing to the reheating of the planet [1]. Carbon, which is one of the components of this gas, is the subject of many exchanges between the various terrestrial, atmospheric and oceanic constituents which form the global carbon cycle. Carbon storage, in the form of woody biomass, is one of the recommended solutions to fight against the climate change [2]. Forest ecosystems capture approximately 9.2 Gt of CO_2 emissions per year while, the emissions of this gas due to land use change is estimated to 4 Gt annually [3]. In the world, this land use change generally profits to expanding agricultural land [4]. In West Africa, particularly in Côte d'Ivoire, this situation is most alarming. Indeed, under the impulse of an economic policy based on agriculture, Ivorian forest lost more than 80 % from 1960 to the beginning of the 21st century [5]. Furthermore, most of this deforestation (96%) took place in unprotected agricultural areas [5]. The regions most affected by this situation are those of the first great cocoa producing areas, such as the regions of the former cocoa loop [6]. In these areas, today and more than elsewhere, the orchard is old and, the forest, ideal cultural precedent, is scarce. Furthermore, to optimize their source of income, farmers opt for new cultural practices.

Thus, following several popularization campaigns of cocoa replanting techniques on non-forest cultivation history [7], some are moving towards so-called improved cocoa plants that do not tolerate, however, shading [8]. Others, on the other hand,

replace old cocoa farms and fallows with rubber trees [9] [10], motivated by the substantial economic contribution of this crop [11]. All this leads progressively to the abandonment of the ancient practice of plantations associated with several ligneous preserved or introduced for various uses. Yet, this ancient practice was considered as an important tool for carbon sequestration in the farms [12] [13] [14]. All of the above suggests that changing agricultural practices could significantly reduce the carbon stock in these areas.

This worrying assumption has mobilized the realization of numerous studies evaluating the carbon stock in the agrarian systems of tropical countries. Some focused only on cocoa-based agroforestry systems [15] [16] [17] while others were interested in cultivated plants in particular, those of cocoa and rubber farms [18] [19] [20]. In West Africa, particularly in Côte d'Ivoire where the agrarian landscape is dominated by cocoa and rubber farms [21], these studies are scarce. When they exist, they only concern the above-ground biomass of woody species associated with cocoa farms [22]. However, the amount of sequestered carbon is a function of tree species, geographic areas, planting densities and management of the system [23].

The present study aimed thus, to evaluate the quantity of carbon stored in woody biomass of cocoa and rubber farms in relation to the age of these agrosystems in Indénié-Djuablin region. This region was an important area of the former "cocoa loop" where cocoa and rubber are growing at the expense of forests [6]. Specifically, it aimed to analyze first the management, diversity and uses of the shade trees in these farms, then to evaluate, according to the age classes of the farms, the carbon stock sequestered by the preserved ligneous and the cultivated plants.

2 Material And Methods

2.1 Presentation of the study area

The Indénié-Djuablin region is located in the eastern part of Côte d'Ivoire, between latitudes 5°53' and 7°10' North and longitudes 3°10' and 3°4' West (Fig. 1). It is subjected to the subequatorial climatic mode [24] with a precipitation annual average of 1.300 mm and an average temperature of 26.3° C. Concerning the relief, it is not very rough with an altitude ranging between 130 and 450 m. This region is characterized by the presence of strongly, moderately and weakly desaturated ferralitic soils with granite soils [25]. The original vegetation belongs to the mesophilic sector of Guinean domain, precisely to the type "semi-deciduous forest with *Celtis* spp., and *Triplochiton scleroxylon* K. Schum." [26].

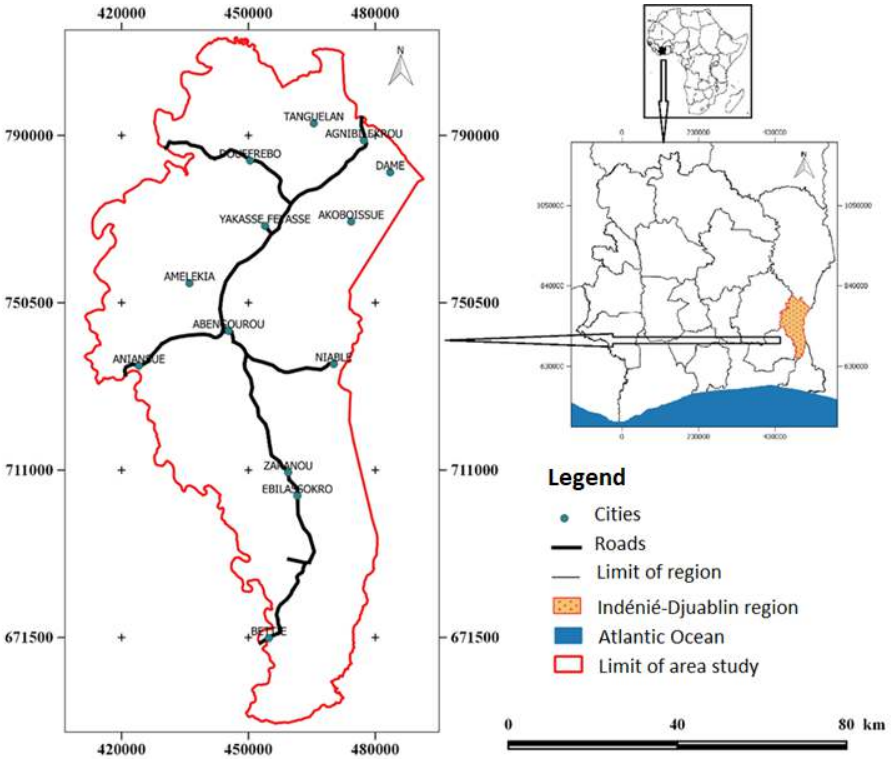


Fig. 1. Location of the study area

2.2 DATA COLLECTION

The sampling was carried out in 27 cocoa farms and 27 rubber farms of Indénié-Djuablin region. For each type of farm, the plots were distributed according to the crop plants stage development (less than 5 years: n = 9. 5-15 years: n = 9. more than 15 years: n = 9). Nine replenishing forest plots serving as controls were also surveyed. Within each farm, a plot of 2500 m^2 (50 m × 50 m) was set up to take into account the minimum area of the different strata [27], [28]. Then all the woody individuals over 2.5 cm in diameter that were there, except crop plants were identified and counted. In these same plots, the diameter at breast height (dbh) of trees including crop plants was measured. Before that stage, information on the uses made of tree species in different farms were collected with the farmers.

2.3 DATA ANALYSIS

2.3.1 WOODY MANAGEMENT IN COCOA AND RUBBER FARMS

Management of woody other than crop plants in farms was analyzed on a density basis. To do this, individuals of of woody species were divided into three diameter classes as defined by [22] including woody recruits (2.5 cm <dbh> 5 cm), young trees (5 cm <dbh> 10 cm) and mature trees (dbh> 10 cm). In each type of farms and for each diameter class, the number of woody trees counted on extent of 2.500 m^2 was reported per hectare.

2.3.2 DIVERSITY OF LIGNEOUS IN COCOA AND RUBBER FARMS

The species richness of the companion trees was calculated for each type of farms. The diversity of these trees was assessed using Shannon diversity index (H ') and Pielou equitability (E) as well as the species importance value index (IVI). Specific richness provided information on the species number of a given environment. The Shannon index (Equation 1) and Pielou equitability (Equation 2) were used to assess the distribution of woody trees while the IVI (Equation 3) allowed to highlight the most important species in the agrosystem.

$$H' (bit) = - \sum_{i=1}^{S} (n_i/N) \log_2 (n_i/N) \quad (1)$$

$$E = H'/\log_2 S \quad (2)$$

$$IVI (i) = \text{relative dominance } (i) + \text{relative density } (i) + \text{relative frequency } (i) \quad (3)$$

In these formulas, H' is the Shannon diversity index, E is the Pielou equitability index, n_i is the number of individuals of species i, N is the sum of individuals of all species, S is the total number of species, lns the theoretical value of the maximum diversity attainable and IVI (i) the value of index of the species i. According to [29], the diversity is low when H' is less than 3, average if H' is between 3 and 4 and high when H' is greater than or equal to 4. As for the equitability index (E), it tends to 1 when the species have a regular distribution. It is close or equal to 0 when species have an irregular distribution [30].

2.3.3 CARBON STOCK ASSESSMENT IN LIGNEOUS BIOMASS OF FARMS

Following the recommendations of [31], this evaluation only concerned woody individuals whose dbh was greater than or equal to 5 cm. Thus, the dbh measurement of these trees helped to estimate the aerial (AGB), root (BGB) and total (Bt) wood biomasses of the different agrosystems. The aerial biomass of *Theobroma cacao* and *Hevea brasiliensis* plants were obtained using respectively the allometric equations (4) and (5) respectively developed by [32] and [33]. For that of woody individuals other than crop plants, the allometric equation (6) was used [34]. The root biomass of a woody individual is estimated at 24% of its aerial biomass [1] and its total biomass is obtained by adding its aerial biomass to its root biomass. Finally, the carbon stock sequestered by each woody individual was obtained by multiplying the total biomass by the carbon fraction (CF) ratio which was 0.47 [1].

$$AGB_{Theobroma\ cacao} = 10^{(-1.625 + 2.63 \times \log(dbh))} \quad (4)$$

$$AGB_{Hevea\ brasiliensis} = \text{Exp}\ (-3.1426) \times (dbh)^{2.69273} \quad (5)$$

$$AGB_{Other} = 0.0673 \times (\rho \times (dbh)^2 \times H)^{0.976} \quad (6)$$

In these formulas, AGB is the aerial biomass expressed in Kg ; dbh, the diameter at breast height measured in cm; H, the height of the tree measured in m and ρ is the specific density of a species expressed in $g.cm^{-3}$. Specific density determination

was made using the Global wood base density database [35]. For species for which there is no available literature on the density, the default value (ρ default = 0.58 g.cm^{-3}) was used as recommended by [36].

2.4 STATISTICAL ANALYSIS OF THE DATA

The data was analyzed with R (version 3.5.1) [37]. In each farm type, the diversity parameters (specific richness, Shannon's index and Pielou equitability) and carbon stock were compared between the three age classes. To do this, one-way analysis of variance (ANOVA) was performed after checking the normality and homogeneity of the variables. In case of a significant difference between the means for a given parameter, the Tukey test was immediately applied at the 5% threshold. The latter makes it possible to classify and know which age class are different [38]. In the absence of normality and/or homogeneity of the variables, non-parametric Kruskal-Wallis tests were applied.

3 RESULTS

3.1 MANAGEMENT OF WOODY IN THE COCOA AND RUBBER FARMS

The average number of woody recruits, young trees, and mature trees in secondary forests was respectively of 306.67, 255.56 and 388.89 stems/ha (Fig. 2). In cocoa farms, no woody recruit was collected, whatever the age class of the farms, while that of young trees decreases from one age class to another. Of 17.78 stems/ha for cocoa farms less than 5 years old, this density is zero in farms of more than 15 years old. Only the density of mature trees persists in these farms. She is 146.67 stems/ha for farms under 5 years, 96.11 stems/ha for those of 5 to 15 years and 166.11 stems/ha for farms more than 15 years old. At the level of the rubber farm, there is not woody recruits and young trees since young farms. Only the density of mature trees remained stable in farms under 15 years old. This density was of 40.00 stems/ha for farms under 5 years old and of 33.33 stems/ha for those of 5 to 15 years old.



Fig. 2. Density of the woody companions in cocoa and rubber farms

3.2 DIVERSITY OF WOODY IN THE COCOA AND RUBBER FARMS

In all cocoa farms, 20 species woody companions were identified, distributed in 17 genera and 14 families. However the average value of species declined significantly (F = 15; P <0.001) from young to old farms (Table 1). This average was of 5.17 species in cocoa farms under 5 years, of 2. 00 species in those of 5 to 15 years and 2.33 species in cocoa farms of more than 15 years. Like average species values, those of the Shannon Diversity Index varied and declined significantly (F = 4.808; P <0.001) with the age of the farms (Table 1). In the rubber farms, 10 species woody companions were recorded, distributed into 10 genera and 8 families. No woody species other than rubber trees, was collected on farms over 15 years while an average of

2.17, 2.00 species was observed in farms less than 5 years old and those of5 to 15 years old (Table 1). Moreover, these observed values did not differ significantly as were the average values of the diversity index and the Pielou equitability.

Persea americana Mill., *Entandrophragma angolense* (Welw.) C.DC., *Alstonia boonei* Wild., *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W.Wight, *Ceiba pentandra* and *Trema orientalis* (L.) Blume were the tree species constantly recorded in cocoa farms (Table 2). However, considering both relative density, frequency and dominance, *Persea americana* and *Ceiba pentandra* are dominant (IVI> 5 0%) respectively in cocoa and rubber farms.

Table 1. Variation of the woody diversity in cocoa and rubber farms

Agrosystems	Age class	Specific Richness	Shannon index	Pielou
Forest	**> 15 years**	15.00±0.37	3.53±0.06	0.90±0.01
Cocoa farms	**≤ 5 years**	5.17±0.39a	0.72±0.10a	0.30±0.03a
	5-15 years	2.00±0.42b	0.24±0.09b	0.17±0.06a
	≥ 15 years	2.33±0.27b	0.37±0.09ab	0.27±0.05a
Rubber farms	**≤ 5 years**	2.17±0.80	0.26±0.16	0.13±0.07
	5-15 years	2.00±0.56	0.30±0.16	0.15±0.08
	> 15 ans	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

For each column and for each type of agrosystem, the values followed by the same letter are not significantly different at the 5% threshold (Tukey test)

Table 2. Dominant Tree Species in Cocoa and Rubber Farms: Scientific Names, Degree of Presence (D), relative Dominance (Dor) and Importance Value Index (IVI)

Agrosystms	Species	D (%)	Dor (%)	IVI
Cocoa farms	*Persea Americana*	**87.67**	15.74	**59.13**
	Entandrophragma angolense	**83.33**	10.89	38.92
	Ceiba pentandra	**50**	22.53	37.35
	Cola nitida	33.33	15.31	34.78
	Alstonia boonei	**66.67**	10.25	32.93
	Trema orientalis	**50**	2.05	20.63
	Albizia adianthifolia	**66.67**	4.51	19.38
Rubber farms	*Ceiba pentandra*	33.33	**75.98**	**115.37**
	Persea americana	33.33	4.43	43.83
	Garcinia kola	16.67	2.19	24.16

3.3 WOODY TREES USES BY FARMERS

Woody trees generally associated with crop plants were known to have therapeutic properties (Table 3). Some of them, such as *Entandrophragma Angolense*, *Albizia adianthifolia*, *Ceiba pentandra*, *Alstonia boonei* and *Trema orientalis* were used to shade young cocoa trees and to fertilize the soil. Others, on other hand, constituted a source of food or income. These species included *Persea americana*, *Cola nitida* (Wind.) Schott & Endl. and *Garcinia kola*. *Entandrophragma angolense* was used as lumber while *Albizia adianthifolia*. and *Cola nitida* were used as firewood.

Table 3. Uses of ligneous plants associated with crop trees : scientific names, use categories and relative density (Dr)

Species names	Use						Dr (%)
	Medicine	Food	Firewood	Construction	Shade	Soil fertilization	
Persea americana	*	*					20.31
Entandrophragma engolense	*			*	*	*	15.62
Cola nitida	*	*	*				13.28
Ceiba pentandra					*	*	10.17
Albizia adianthifolia	*		*		*	*	10.15
Alstonia boonei	*				*	*	9.37
Trema orientalis	*				*	*	7.81
Garcinia kola	*	*					6.25

3.4 CARBON STOCK ASSESSMENT IN WOODY BIOMASS OF COCOA AND RUBBER FARMS

Average values of carbon stored in cocoa trees were 5.41, 16.04 and 17.48 tC/ha respectively in plantations under five, five to 15 years and more than 15 years old (Table 4). The difference between these values is very significant ($F = 55.35$, $P < 0.001$). The amount of carbon stored in cocoa trees increased significantly from cocoa farms of less than five years to those over 15 years old. Whatever the age group of the cocoa farms, the amount of carbon stored in the companion trees did not differ significantly. This was also the case when the cocoa carbon stock is associated with that of the companion trees. This last observation was different in the rubber farms.

The average amount of stored carbon was 3.81 tC/ha in rubber trees less than five years old, 16.04 tC/ha in those aged five to 15 years, and 17.48 tC/ha in rubber farms older than 15 years (Table 4). These average values increased significantly ($F = 32.34$, $P < 0.001$) with the age of the rubber farms. Regardless of the age class of the rubber farms, the amount of carbon stored in the companion woody species did not differ significantly. However, when carbon stock of rubber plants was associated with that of companion trees of rubber plants, the mean values of the amount of carbon stored differed significantly ($F = 19.1$, $P < 0.001$) by one age class to another. The distribution of the amount of carbon stored by age class was the same as that stored in rubber plants.

Among the species of woody companions constantly found, *Ceiba Pentandra* was the one that stocked the most carbon (28.75% of carbon of tree species) (Fig. 3), followed by *Entandrophragma angolense* (18.67% of the carbon of the associated tree species). The woody companions such as *Cola nitida*, *Persea americana*, *Albizia adianthifolia*, *Alstonia boonei* and *Trema orientalis*, stored less carbon (4.35 to 9.69% of the carbon of companion woody species).

Table 4. Carbon stock variation in the woody biomass of cocoa and rubber farms

Agrosystems	Age class	Carbone stock (tC/ha)		
		Crop plants	Companions woody	All woody
Cocoa farms	≤ 5 years	5.41±0.60b	98.49±8.50a	103.90±8.20a
	5-15 years	16.04±0.85a	34.80±9.81a	50.85±10.39a
	> 15 years	17.48±0.70a	127.66±60.18a	145.14±60.58a
Rubber farms	≤ 5 years	3.81±0.29c	3.22±2.43	7.04±2.60c
	5-15 years	40.41±2.93b	39.37±23.92	79.79±25.96b
	> 15 years	176.68±8.83a	0,00±0,00	176.68±8.83a

For each column and for each type of agrosystems, the values followed by the same letter are not significantly different at the 5% threshold (Tukey test)

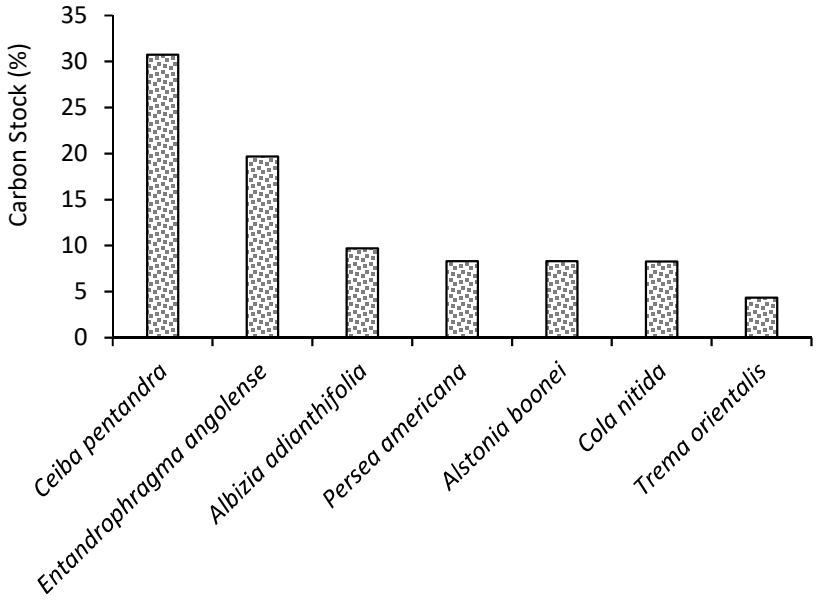


Fig. 3. Woody companions with the largest proportions of carbon stocks

4 DISCUSSION

Forests, plantations and field trees are potential carbon pits [39]. Thus, agroforestry practice contributes to the reduction of greenhouse gases concentration in the atmosphere [40]. However, in Côte d'Ivoire where cocoa and rubber farms dominate the agrarian landscape [21], the ancient practice associating perennial and other woody crops seems to be gradually declining.

In our study area, the density of woody recruits and young trees declined significantly from young plantations to old cocoa farms. However, that of mature trees remained more or less constant. This could be related to how these farms were set up and maintained. In fact, the peasants considerably reduce the number of woody individuals to make the best use of the new fields. However, some woody individuals, whose maintenance was of particular interest to them, were preserved. These include *Entandrophragma engolense*, *Ceiba pentandra*, *Albizia adianthifolia*, *Alstonia boonei* and *Trema orientalis*.

These trees are generally used for agronomic (soil fertilization and shade) and social (traditional medicine, timber) purposes. In addition, with the age of the farms, some of these woody plants, which became too important in number or useless, were eliminated for the growth of cocoa seedlings. At the same time, fruit trees such as *Cola nitida, Persea americana* and *Garcinia kola* were intentionally introduced by farmers. This could explain the fact that the densities of mature trees were statistically constant in the cocoa farms. Such observations were found in central Côte d'Ivoire [5], [41] and in the eastern Cameroon [42].

This form of tree management could explain the significant decline in diversity and number of companion woody companions species in cocoa farms. In addition, it determined the amount of carbon stored in the woody biomass of these farms. Indeed, the amount of carbon stored in cocoa trees increased significantly from young to old cocoa farms while, that stored in companion woods was high, but remained statically unchanged regardless of the age of the farms. However, the amount of carbon stored in the woody biomass of cocoa farms also remained statistically unchanged regardless of farms age. Woody companions stocked more carbon than cocoa trees. This was because farmers usually save in cocoa farms, trees such as *Entandrophragma engolense* and *Ceiba pentandra* that captured large quantity of carbon. This variation of the carbon stock in woody biomass of cocoa farms was also observed in Cameroon [16] and in Central America [17]. It was mentioned there that, compared to trees associated with cocoa farms, cocoa trees have the lowest performance for carbon sequestration. Therefore, abandoning agroforestry practice in cocoa farms could significantly reduce the carbon stock of these farms [16].

As in the cocoa farms of our study area, the density of woody recruits and young trees decreased significantly from young people to old rubber farms. However, the density of mature trees remained constant only in young farms. This situation arises from farmers' mistrust of root disease due to the presence of soil fungi, notably *Fomes lignosus* (Klotzsch) Bres. Indeed, this pathogenic fungus, responsible of the disease commonly known as *fomès*, is the leading cause of rubber tree mortality in plantations [43]. It is propagated either by rhizomorphous soil release or by contact between healthy roots and contaminated roots or infested woody debris. As a result, during the preparation of a field, the farmers cut down all the trees to the stump

and set the field on fire. Only a few tree species like *Persea americana* and *Garcinia kola* are intentionally introduced in young plantations by farmers

These species serve as both shade for young rubber trees and a source of traditional medicine. Their fruits were also consumed by the peasants. In addition, with the age of the farms, almost all these woody species were eliminated by the farmers in order to facilitate the height growth of the rubber trees for an optimal production of the latex.

Ceiba pentandra was considered as the potential host of the *Fomes lignosus* ansd according to farmers, the decomposition of individuals of this tree after slaughter in rubber farms plots entails a systematic attack of the plants by the fungus. They therefore prefer not to eliminate large diameter individuals on their farms that explained the dominance of this species in rubber farms. Thus, the low diversity of tree species in rubber farms would be linked to this way of managing these species. Nevertheless, these observations made suggest that peasants engaged more or less in agroforestry practice in the rubber farms in our area of study. However, unlike cocoa farms, the amount of carbon stored in the rubber trees increased significantly while that stored in the ligneous companions was low and remained statistically stable.

Moreover, by combining the amount of carbon stored in the companion woods with that of the rubber plants, the amount of carbon obtained increased significantly from the young to the old rubber farms. The amount of carbon stored in the woody biomass of these farms would be determined by the rubber plants. The more rubber farms become older, rubber plants store large amounts of carbon. This finding was also made in the Philippines [19]. It was observed there that biomass production and the carbon sequestration potential of rubber farms are strongly linked to the age of the farms. In northwestern Ghana, it was also found [18] that rubber trees store more carbon than cacao, oil palm (*Eleais guineensis* Jacq.) and orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). As a result, rubber farms can be considered as agrarian systems that do not affect the carbon pool of forests [44]. This suggests that the absence of woody plants other than rubber trees does not limit the carbon stock in the woody biomass of rubber farms. However, the age of plantations seems to be the determining factor for the carbon stock in their biomass.

5 CONCLUSION

This study aimed to evaluate the diversity of tree species and the amount of carbon stored in the woody biomass of cocoa and rubber farms. Investigations carried out in the Indénié Djuablin region have shown that peasants save or introduce different woody species on their cocoa and rubber farms for different uses. The density of mature trees that was estimated at more than five trees per hectare suggested a persistence of agroforestry practice on these farms. This practice ensured a good carbon stock in the woody biomass of cocoa farms, which was not the case in rubber farms. Certainly the cocoa plants stock small amounts of carbon, but the timber associated with crop plants stored high amounts of carbon. In rubber farms, on the other hand, the opposite situation was observed. Actually, the amount of carbon stored in rubber plants increased significantly with the age of the farms and was higher than that of the companion woody plants. Based on this observation, awareness raising on agroforestry practices in cocoa and rubber farms should be encouraged in agricultural countries such as Côte d'Ivoire. This will contribute to the conservation of multipurpose trees and create a carbon reservoir to limit the concentration of greenhouse gases in the atmosphere.

REFERENCES

[1] GIEC, Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres, Institute for Global Environnemental Strategies, Japon, 2006.

[2] M. Robert, La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. FAO, Rome, 2002.

[3] F-X. Dussud, I. Joassard, F. Wong, J. Duvernoy, Morel., Chiffres clés du climat : France et monde, Edition Repères, 2016.

[4] S. Chakravarty, S. K. Ghosh, C. P. Suresh, A. N. Dey and G. Shukla, Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies, In: Clement A. Okia (Ed.), Global Perspectives on Sustainable Forest Management, Croatia: E-Publishing InTech, pp. 3-28, 2012.

[5] M. Koné, Y. L. Kouadio, D. F. R. Neuba, D. F. Malan et L. Coulibaly, "Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle", International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 7, no 2, pp. 782-794, 2014a.

[6] M. Koné, Évolution du couvert forestier dense et impact de la déforestation sur la migration de la boucle du cacao en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat des Sciences Naturelles, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 2015.

[7] A. A. Assiri, "Comparaison de deux techniques de replantation cacaoyère sur antécédents culturaux non-forestiers en Côte d'Ivoire", African Crop Science Journal, vol. 23, no 4, pp. 365-378, 2015.

[8] K. B. Kpangui, B. T. A. Vroh, B. Z. B. Goné et Y. C. Adou Yao, "Diversité floristique et structurale des cacaoyères du « V baoulé » : cas de la sous-préfecture de kokumbo (centre, côte d'ivoire) ", European Scientific Journal, vol. 11, no. 36, pp. 1857-7881, 2015.
[9] F. Ruf, "L'adoption de l'hévéa en Côte d'Ivoire. Prix, mimétisme, changement écologique et social", Économie rurale, No 330-331, pp.103-124, 2012.
[10] K. Oleh, "Développement de l'hévéaculture: entre conflits fonciers, recomposition des rapports sociaux et insécurité alimentaire dans la sous-préfecture de Béttié (Côte d'Ivoire) ", Social Science Learning Education Journal, vol. 1, no. 09, pp. 8-14, 2016.
[11] A. K. J. Brindoumi, "Les facteurs du développement de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire de 1994 à 2012", European Scientific Journal, vol. 11, no 17, pp. 1857-7881, 2015.
[12] A. Albrecht and S. T. Kandji, "Carbon sequestration in tropical agroforestry systems", Agriculture, Ecosystems and Environment, vol 99, pp. 15-27, 2003.
[13] P. K. R. Nair, B. M. Kumar and V. D. Nair, "Agroforestry as a strategy for carbon sequestration", Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences, vol. 172, pp. 10-23, 2009.
[14] S. Fang, H. Li, Q. Sun and L. Chen, "Biomass production and carbon stock in poplar-crop intercropping systems: a case study in northwestern Jiangsu, China", Agroforestry Systems, vol. 79, pp. 213-222, 2010.
[15] J. Gockowski and D. Sonwa, "Cocoa Intensification Scenarios and Their Predicted Impact on CO_2 Emissions, Biodiversity Conservation, and Rural Livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa", Environmental Management, vol. 48, pp. 307-321, 2011.
[16] L. Norgrove and S. Hauser, "Carbon stocks in shaded Theobroma cacao farms and adjacent secondary forests of similar age in Cameroon", Tropical Ecology, vol. 54, no. 1, pp. 15-22, 2013.
[17] E. Somarriba, R. Cerda, L. Orozco, M. Cifuentes, H. Dávila, T. Espin, H. Mavisoy, G. Ávila, E. Alvarado, V. Poveda, C. Astorga, E. Say and O. Deheuvels, "Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America", Agriculture, Ecosystems and Environment, vol 173, pp. 46-57, 2013.
[18] R. Kongsager, J. Napier and O. Mertz, "The carbon sequestration potential of tree crop plantations", Mitig Adapt Strateg Glob Change, vol. 18, pp. 1197-1213, 2013.
[19] O. S. Corpuz, E. L. Abas and For. Crissante Salibio, "Potential Carbon Storage of Rubber Plantations", Indian J.Pharm.Biol.Res, vol. 2, no. 2, pp. 73-82, 2014.
[20] S. R. Maggiotto, D. de Oliveira, C. J. Marur, S. M. S. Stivari, M. Leclerc and C. Wagner-Riddle, "Potential carbon sequestration in rubber tree plantations in the northwestern region of the Paraná State, Brazil", Acta Scientiarum, vol. 36, no. 2, pp. 239-245, 2014.
[21] M. Nourtier et R. Vaudry, Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire, Rapport final, 2016.
[22] B. T. A. Vroh, A. Cissé, Y. C. Adou Yao, D. Kouamé, K. J. Koffi, K. B. Kpangui et B. J. C. Koffi, "Relations entre la diversité et la biomasse aérienne des espèces arborescentes dans les agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers: cas de la localité de Lakota (Côte d'Ivoire)", African Crop Science Journal, vol. 23, no. 4, pp. 311-326, 2015.
[23] F. Montagnini and P. K. R. Nair, "Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems", Agroforestry Systems, vol. 61, pp. 281-295, 2004.
[24] M. Koné, K. Kouadio, Y. L. Kouadio, D. F.R. Neuba et D. F. Malan, "Dégradation de la forêt dense humide tropicale, cas de la région de l'Indénié-Djuablin à l'est de la Côte d'Ivoire", Journal of Animal &Plant Sciences, vol. 21, no. 3, pp. 3324-3338, 2014.
[25] A. Perraud, 1971. Les sols. In : J. M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sir Coulin, P. Touchebeuf, et A. Perraud, (Eds.), Le milieu naturel de la Côte., vol. 50, Mémoire ORSTOM, pp. 264-391, 1971.
[26] J. L. Guillaumet et E. Adjanohoun, La végétation naturelle de la Côte d'Ivoire, In : J. M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sir Coulin, P. Touchebeuf, et A. Perraud, (Eds.), Le milieu naturel de la Côte., vol. 50, Mémoire ORSTOM, pp. 161-261, 1971.
[27] K. J. N'Dja, Successions secondaires post-culturales en forêt dense semi décidue de sanaimbo (côte d'ivoire) : nature, structure et organisation fonctionnelle de la végétation Thèse de doctorat, Université Picardi Jules Verus, France, 2006.
[28] K. H. Kouassi, K. N'guéssan, G. M. Gnahoua, K. E. Kouassi, "Flore post-culturale en zone de forêt dense semi décidue de côte d'Ivoire", Journal of Applied Biosciences, vol. 19, pp. 1026-1040, 2009.
[29] S. Frontier et D. Pichod-Viale, Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. 2e Edition. Collection d'écologie, 1995.
[30] K. A. D. Koffi, C. Y. Adou Yao, B. T. A. Vroh, A. Gnagbo et K. E. N'guéssan, "Diversités floristique et structurale des espaces anciennement cultivés du Parc National d'Azagny (Sud de la Côte d'Ivoire)", European Journal of Scientific Research, vol. 134, no. 4, pp. 415-427, 2015.
[31] J. Chave, C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fronard, N. Higuchi, T. Kira, J-P. Lescure, B. W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra and T. Yamakura, "Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests", Oecologia, vol. 145, pp. 87-99, 2005.

[32] H. Andrade, M. Segura, E. Somarriba, M. Villalobos, "Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica", Revista Agroforestería en las Américas, vol. 46, pp. 45-50, 2008.

[33] G. Rojo, J. Jasso, J. Vargas, D. Palma y A. Velázquez, "Biomasa aérea en plantaciones comerciales de hule (hevea brasiliensis Müll. Arg.) en el estado de Oaxaca, México. Agrociencia", vol. 39, pp. 449-456, 2005.

[34] J. Chave, M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M.S. Colgan, W.B.C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P.M. Fearnside, R.C. Goodman, M. Henry, A. Martínez-Yrízar, W. Mugasha, "Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees", Global Change Biology, vol. 20, pp. 3177-3190, 2014.

[35] A. E. Zanne, G. Lopez-Gonzalez, D. A. Coomes, J. Ilic, S. Jansen, S. L. Lewis, R. B. Miller, N. G. Swenson, M. C. Wiemann and J. Chave, Global wood density database, 2009. [Online] Available: http://hdl.handle.net/10255/ dryad235 (November 25, 2017).

[36] G. Reyes, S. Brown, J. Chapman and A. E. Lugo, Wood densities of tropical tree species, New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1992.

[37] R Core Team, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. [Online] Available: http://www.R-project.org/ (Jun 5, 2018).

[38] D. Ouattara, B. T. A. Vroh, K. B. Kpangui et K. E. N'guéssan, "Diversité végétale et valeur pour la conservation de la réserve botanique d'Agbaou en création, Centre-ouest, Côte d'Ivoire", Journal of Animal &Plant Sciences, vol. 20, no. 1, pp. 3034-3047, 2013.

[39] X. Hamon, C. Dupraz et F. Liagre, L'Agroforesterie, Outil de Séquestration du Carbone en Agriculture, Agroof, INRA, Montpelier, 2009.

[40] M. M. Schoeneberger, "Agroforestry: Working trees for sequestration carbon on Agricultural land", Agroforestry Systems, vol. 75, pp. 27-37, 2009.

[41] Y. C. Adou Yao, K. B. Kpangui, B. T. A. Vroh et D. Ouattara, "Pratiques culturales, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au centre de la Côte d'Ivoire", Revue d'ethnoécologie, vol. 9, pp. 1-17, 2016.

[42] L. F. Temgoua, W. Dongmo, V. Nguimdo, C. Nguena, "Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun : Cas de la Forêt d'Enseignement et de Recherche de l'Université de Dschang", Journal of Applied Biosciences, vol. 122, pp. 12274-12286, 2018.

[43] M. Thierry, Adapter la conduite des plantations d'hévéa à la diversité des exploitations villageoises (Etude de cas au Cameroun). Thèse de doctorat de l'Ecole Doctorale ABIES, France, 2005.

[44] C. Liu, J. Pang, M. R. Jepsen, X. Lü, and J. Tang, "Carbon Stocks across a Fifty Year Chronosequence of Rubber Plantations in Tropical China", Forests, vol. 8, no. 209, pp. 1-14, 2017.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 477-485
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Reproduction et mortalité naturelle des poissons capitaines: *Polydactylus quadrifilis* (Cuvier, 1829), *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1795) et *Pentanemus quinquarius* (Linné, 1758) de la pêcherie artisanale maritime de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire)

KOUASSI SYLVAIN KONAN[1], YAO LAURENT ALLA[1], MOUSTAPHA DIABY[2], and KONAN N'DA[3]

[1]Département aquaculture, Centre de Recherches Océanologiques Bp 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Institut de Gestion Agro-pastorale, Université Péléforo Gon coulibaly, Bp 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

[3]UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua 02 Bp 801 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Reproduction and natural mortality of Polynemids (*Polydactylus quadrifilis*, *Galeoides decadactylus* and *Pentanemus quinquarius*) have been study through weighing and the catches of sizes of those caught by the marine artisanal fishermen in Grand Lahou (Côte d'Ivoire).
Study of the monthly variations of gonado-somatic-idex (GIS) showed that the threadfins recur during the dry season, from november to march. Those of liver-somatic-index (LSI) and factor condition (K) indicated that these fishes use their liver and muscles reserves to develop gonad. Length at first maturity was estimated based on the P logistic model. The Polynemids die massively during the raining season (april to october), which constitute the cold periods of the year.

KEYWORDS: Reproduction ; naturelal mortality ; Polydactylus quadrifilis ; Galeoides decadactylus ; Pentanemus quinquarius.

RÉSUMÉ: La reproduction et la mortalité naturelle des Polynémidés (*Poydactylus quadrifilis, Galeoides decadactylus* et *Pentanemus quinquarius*) ont été étudiées à partir des débarquements de la pêcherie artisanale maritimes de Grand Lahou (Côte d'Ivoire).
L'étude des variations mensuelles des rapports gonado-somatiques (RGS) montrent que les capitaines se reproduisent pendant la saison sèche, de novembre à mars. Celles des rapports hépato-somatiques (RHS) et du facteur de condition (K) traduisent que ces poissons utilisent les réserves hépatiques et musculaires pour la maturation des gonades. Les Polynemidés étudiés meurent massivement pendant les saisons de pluies (avril à octobre), qui constituent les périodes froides de l'année.

MOTS-CLEFS: Reproduction ; mortalité naturelle ; Polydactylus quadrifilis ; Galeoides decadactylus ; Pentanemus quinquarius.

1 INTRODUCTION

La production maximale soutenable du stock halieutique du littoral ivoirien s'établit à 10 000 tonnes /an. Les captures actuelles se sont stabilisées à 75 611 tonnes avec, entre autres, pour principales familles débarquées, les Polynemidés, [10]. Celles-ci sont composées de trois genres: *Polydactylus*, *Galeoides* et *Pentanemus.* Le genre *Polydactylus* est représenté par vingt espèces dont la seule présente en Afrique, et principalement dans les eaux ouest africaines est *Polydactylus quadrifilis*. Par contre, les genres *Galeoides* et *Pentanemus* ne disposent chacune que d'une espèce (*Galeoides decadactylus* et *Pentanemus quinquarius*), uniquement présentes sur les côtes ouest africaines [18].

Selon [5], la production et le rendement des pêcheries sont limités par un certain nombre de facteurs classés en considérations biologiques, écologiques, socioculturelles, technologiques et économiques. Aussi, les taux de croissance, la reproduction et la mortalité, dans le cycle de vie des poissons, sont-ils tributaires des conditions de leurs milieux de vie.

Une augmentation de la production nécessite la mise en place d'un plan de gestion durable des ressources. Toutefois, la réalisation des plans d'aménagement s'avère difficile compte tenu du manque de données biologiques sur les principales espèces. En effet [21] ont, montré que les informations sur les mécanismes de vie telles que la reproduction et la mortalité des poissons sont très importantes en vue de la préservation de leurs stocks.

La détermination et la visualisation de la période de reproduction des espèces de poissons s'obtiennent grâce à l'utilisation de plusieurs indices.

Dans la pratique courante, les indices tels que le RGS (Rapport Gonado-Somatique) et le RHS (Rapport Hépato-Somatique) sont utilisés pour la détermination de la période de maturation des gonades et des pontes [22]. Un recours est aussi fait à l'IGS (Indice Gonado-Somatique pour avoir des renseignements sur la période de reproduction [1].

L'étude de la mortalité est basée sur le principe qu'à chaque instant, le nombre de survivants d'une cohorte décroît sous l'effet des phénomènes de mortalité qui sont principalement la mortalité naturelle et la mortalité par pêche.

La présente étude est une contribution à la connaissance des paramètres de reproduction et de la mortalité naturelle des Polynemidés dont les résultats pourraient servir de base de données pour l'aménagement de leurs pêcheries.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Le matériel biologique utilisé est constitué par les trois espèces de capitaines qui sont: *Polydactylus quadrifilis, Galeoides decadactylus* et *Pentanemus quinquarius.* Elles ont été mesurées avec un mètre ruban puis pesées à l'aide de balances de précision.

Les poissons ont été collectés à travers des échantillonnages mensuels au sein des captures effectuées par les pêcheurs. Ces fréquences d'échantillonnage s'étendent de mai 2009 à avril 2011. Sur chaque individu examiné, ont été relevés la longueur totale (Lt) au centimètre près, les poids vifs et éviscérés du poisson, au gramme près. De même, les masses des gonades et du foie ont été relevées au 1/100 de grammes près.

2.2 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS) a été suivie pour établir le cycle sexuel et déterminer les périodes de reproduction respectives des capitaines. Selon [21], sa formule est: $RGS = \frac{Poids\ de\ gonade}{Poids\ vif} \times 100$

Les variations mensuelles du rapport hépato-somatique (RHS), et du facteur de condition (K) ont été relevées afin de comprendre les rôles du foie et des muscles lors de la maturation des gonades [11]. L'expression du RHS est la suivante:

$$RHS = \frac{Poids\ du\ foie}{Poids\ vif} \times 100$$

Le facteur de condition (K) exprimant aussi l'écart entre le poids réel d'un individu et son poids théorique dans le temps, d'après la relation taille-poids [15] a été déterminé par sexe et par espèce avec le logiciel EXCEL 2007. Son expression est la suivante.

$$K = \frac{P}{aL^b}$$

P : poids observé du poisson (g)
L: longueur du poisson (cm)
aL^b : poids théorique
a: indice pondéral du poisson
b: coefficient d'allométrie

2.3 DÉTERMINATION DE LA MORTALITÉ NATURELLE

Le taux de mortalité naturelle est en relation avec l'investissement des poissons dans la reproduction, au-delà de l'influence d'autres facteurs. La mortalité naturelle au niveau de chaque espèce de poisson a été déterminée à l'aide de la relation suivante qui utilise l'Indice Gonadosomatique (IGS), pour obtenir une évaluation du taux de mortalité M [14]. Son expression est :

$$M = 4{,}64 \times IGS - 0{,}37$$

3 RESULTATS

Au total, 534 spécimens de *Polydactylus quadrifilis* dont 315 mâles et 219 femelles, 648 *Galeoides decadactylus* composés de 420 mâles et 228 femelles, ainsi que 453 *Pentanemus quinquarius* constitués de 210 mâles et 243 femelles ont été collectés pour cette étude.

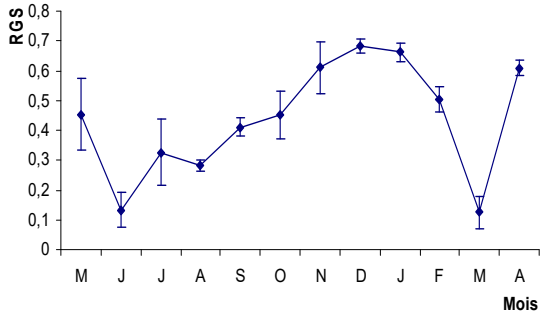
Les tailles de *Polydactylus quadrifilis* sont comprises entre 21 et 143 cm, avec leur poids de 72,2 à 25518g. Celles de *Galeoides decadactylus* se situent entre 12 et 36,6 cm et leur poids, entre 26,2 et 588g. L'intervalle de taille de *Pentanemus quinquarius* est compris entre 10 et 23,6 cm pour un poids compris entre 10 et 103,4g.

3.1 RAPPORT GONADO-SOMATIQUE (RGS)

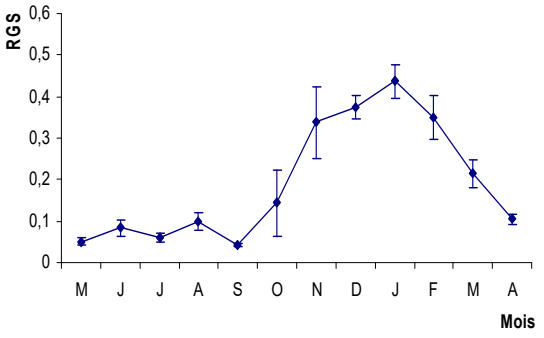
L'examen de l'évolution mensuelle du RGS montre que chez les femelles de *Polydactylus quadrifilis* (Fig.1a), le RGS croît à partir de novembre (0,61) pour atteindre son maximum en janvier (0,66). Il chute ensuite vers le mois de mars (0,126). Les valeurs de RGS des femelles de *Galeoides decadactylus* (Fig.1c), sont élevées de novembre (3,79) à janvier (5,13) et faibles à partir de mars(3,04). Il a été observé une croissance des valeurs de RGS chez les femelles de *Pentanemus quinquarius* (Fig.1e) d'octobre (3,94) à janvier (5,87), suivie d'une baisse de celles-ci à partir de mars (3,13).

La maturation des gonades femelles se déroule de novembre à janvier pour les espèces *Polydactylus quadrifilis* et *Galeoides decadactylus* et d'octobre à janvier pour ce qui concerne *Pentanemus quinquarius*. Les pontes des trois espèces ont lieu de février à mars.

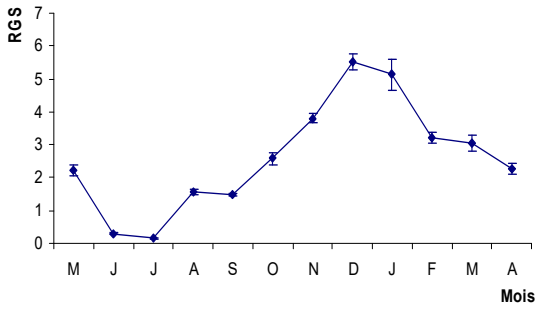
Au niveau des mâles, l'évolution du RGS indique que chez les mâles de *Polydactylus quadrifilis* (Fig.1b), la maturation des gonades commence à partir d'octobre (1,44) pour atteindre son maximum en janvier (0,43). La maturation des gonades mâles de *Galeoides decadactylus* (Fig.1d) débute en novembre (0,78) et atteint son maximum en décembre (1,79). Celle des mâles de *Pentanemus quinquarius* (Fig.1f) commence en septembre (0,34) pour être maximale en février (0,59). Les émissions surviendraient entre janvier et février pour les mâles des trois espèces étudiées et pourraient, toutefois, se prolonger jusqu'en mars pour les mâles de *Pentanemus quinquarius*.



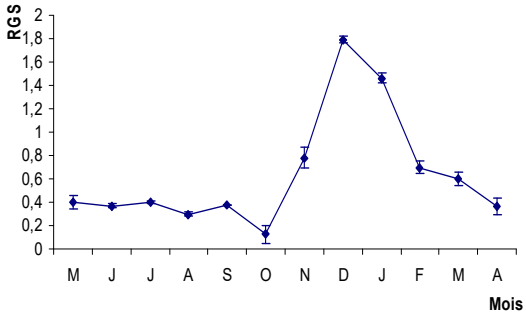
a (Femelles de P. quadrifilis)



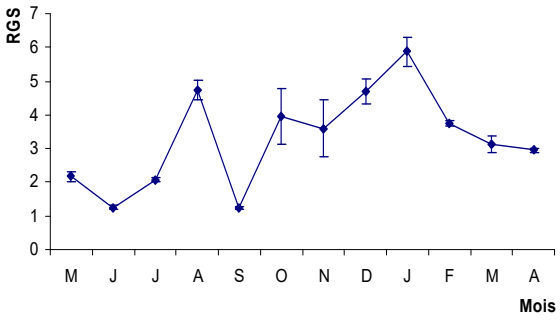
b (Mâles de P. quadrifilis)



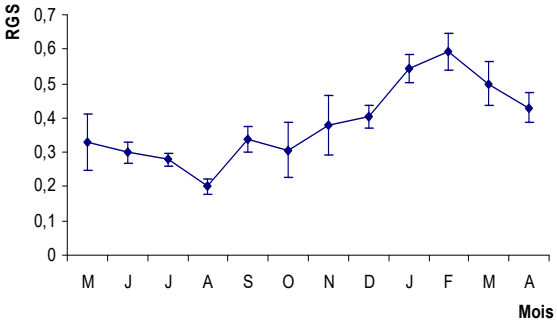
c (Femelles de G. decadactylus)



d (Mâles de G. decadactylus)



e (Femelles de P. quinquarius)



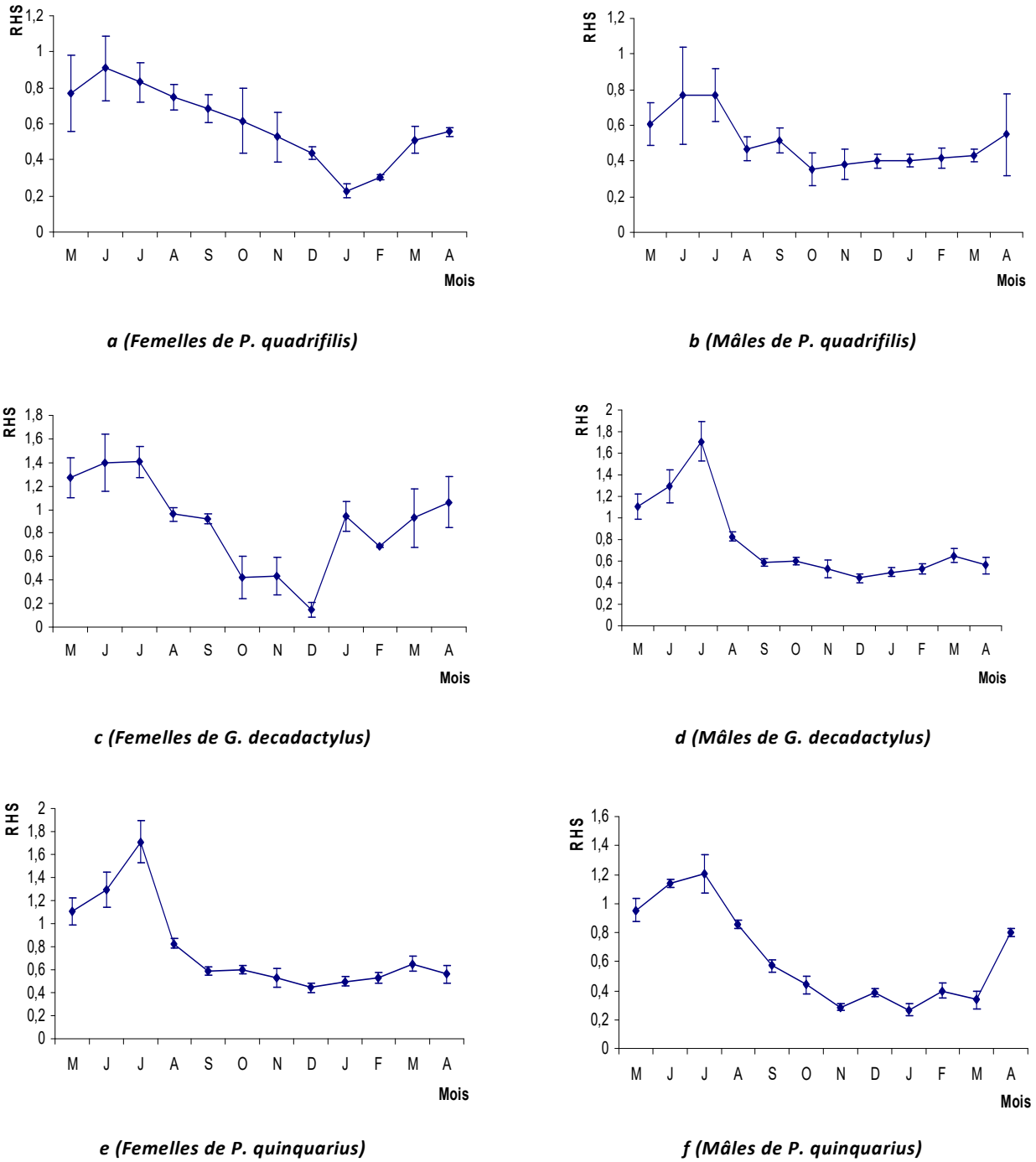
f (Mâles de P. quinquarius)

Fig. 1. Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les femelles et les mâles de P. quadrifilis: Polydactylus quadrifilis; G. decadactylus: Galeoides decadactylus et P. quinquarius: Pentanemus quinquarius

3.2 RAPPORT HÉPATO-SOMATIQUE (RHS)

Les valeurs des RHS chez les femelles de *Polydactylus quadrifilis* (Fig. 2a), sont faibles pendant les périodes chaudes, de novembre à mars (0,22 à 0,43) et élevées en période froide, d'avril à octobre (0,51 à 0,90). Il en est de même pour celles de *Galeoides decadactylus* (Fig.2c) en période chaude (0,14 à 0,43) et (0,68 à 1,4) en période froide. Concernant les femelles de *Pentanemus quinquarius* (Fig.2e) ces valeurs sont aussi faibles en période chaude (0,32 à 0, 39) et élevées en période froide (0,78 à 1,29).

Quant aux mâles, ils présentent des valeurs fortes de RHS en période froide (0,41 à 0,77) et (0,35 à 0,4) en période chaude, chez *Polydactylus quadrifilis* (Fig. 2b). Ce constat est similaire chez les spécimens de *Galeoides decadactylus* (Fig.2d) en période froide (0,6 à 1,3) et (0,44 à 0,5) en période chaude. Au niveau des mâles de *Pentanemus quinquarius* (Fig.2f), ces valeurs sont aussi fortes en période froide (0,4 à 1,14) et faibles en période chaude (0,26 à 0,38). Les variations mensuelles du RHS chez les femelles et les mâles de *Polydactylus quadrifilis*, *Galeoides decadactylus* et *Pentanemus quinquarius* indiquent une décroissance pendant la période de maturation des gonades. Ces résultats laissent penser que les capitaines puiseraient une grande partie des réserves nécessaires à la maturation des gonades dans le foie.



a (Femelles de P. quadrifilis)

b (Mâles de P. quadrifilis)

c (Femelles de G. decadactylus)

d (Mâles de G. decadactylus)

e (Femelles de P. quinquarius)

f (Mâles de P. quinquarius)

Fig. 2. Evolution mensuelle du rapport hépato-somatique chez les femelles et les mâles de P. quadrifilis: Polydactylus quadrifilis, G. decadactylus: Galeoides decadactylus et P. quinquarius: Pentanemus quinquarius.

3.3 FACTEUR DE CONDITION (K)

Les valeurs mensuelles du facteur de condition (K) varient respectivement chez les femelles de *Polydactylus quadrifilis*, de 0,66 à 1,13 (Fig. 3a) et de 0,73 à 1,27 chez celles de *Galeoides decadactylus* (Fig 3c). Ces valeurs se situent entre 0,87 et 1,14 au niveau des femelles de *Pentanemus quinquarius* (Fig 3e).

Les mâles de *Polydactylus quadrifilis* ont leurs valeurs de K situées entre 0,66 et 1,04 (Fig. 3b) alors que ceux de *Galeoides decadactylus* ont les leurs comprises entre 0,73 et 1,15 (Fig. 3d). Les mâles des spécimens de *Pentanemus quinquarius* ont des valeurs de k qui varient entre 0,84 et 1,04 (Fig. 3f).

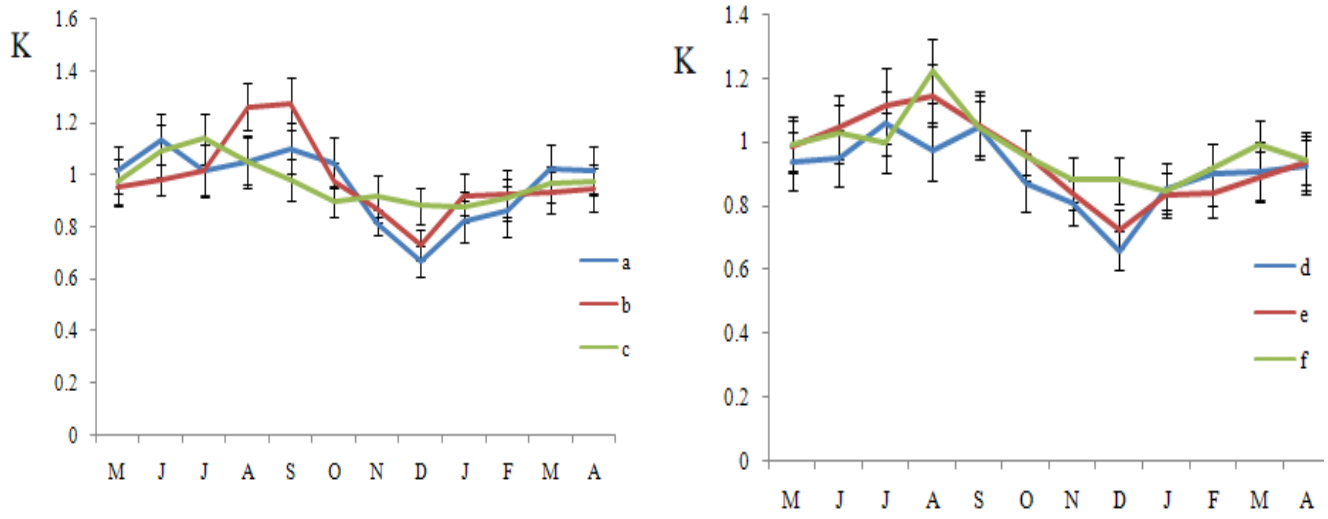


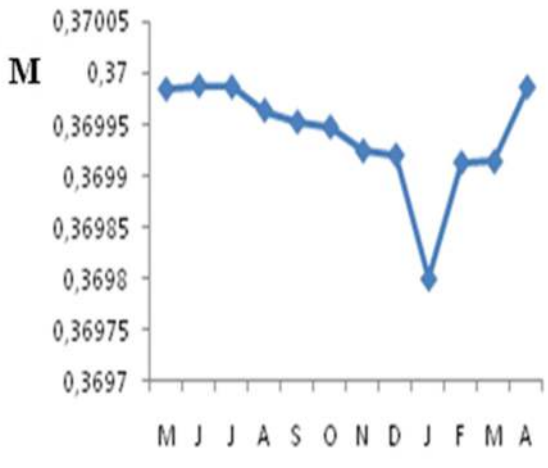
Fig. 3. Evolution mensuelle du facteur de condition chez les femelles (Fig. a; b; c) et Figure 3. Variation mensuelles du facteur de condition chez les mâles (Fig. d; e; f) de Polydactylus quadrifilis, Galeoides decadactylus et Pentanemus quinquarius.

3.4 MORTALITÉ NATURELLE

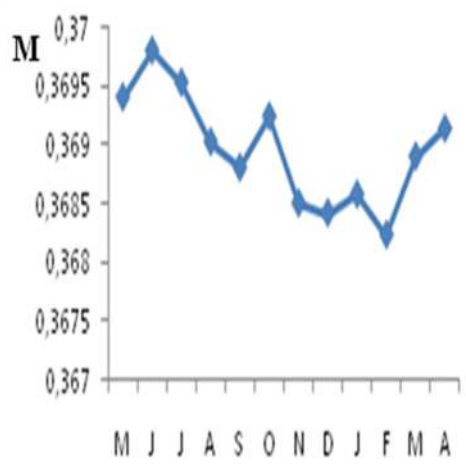
Les valeurs des indices de mortalité naturelle M déterminées sont identiques chez tous les sexes des différentes espèces de capitaines étudiés (Tableau). Cependant, les courbes de ces indices montrent que ces Polynemidés ont tendance à mourir naturellement en grand nombre pendant les périodes froides de l'année (Fig. 4).

Tableau 1. Indices gonado-somatiques (IGS) et mortalité naturelle (M) chez les poissons capitaines

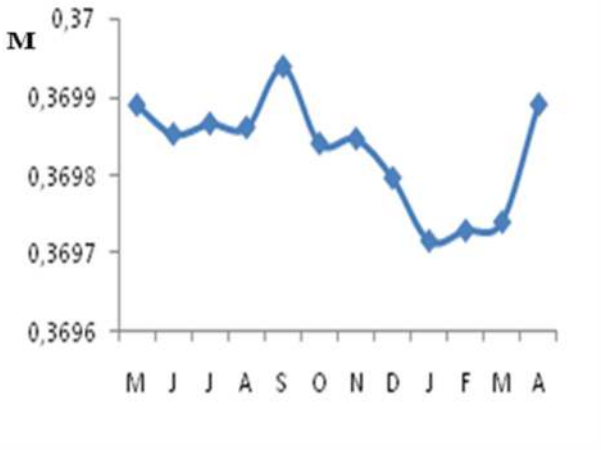
Espèces	Sexes	IGS	M (an^{-1})
Polydactylus	Mâles	$1,3.10^{-5}$	0,37
quadrifilis	Femelles	$1,3.10^{-5}$	0,37
	Ensemble (M+F)	$1,3.10^{-5}$	0,37
Galeoides	Mâles	$1,6.10^{-4}$	0,37
Decadactylus	Femelles	$2,8.10^{-4}$	0,37
	Ensemble (M+F)	$2,2.10^{-4}$	0,37
Pentanemus	Mâles	$5,4.10^{-6}$	0,37
quinquarius	Femelles	$6,8.10^{-5}$	0,37
	Ensemble (M+F)	$3,7.10^{-5}$	0,37



a. Mortalité des P. quadrifilis



b. Mortalité des G. decadactylus



c. Mortalité des P. quinquarius

Fig. 4. Evolution mensuelle de mortalité naturelle chez les espèces de P. quadrifilis: Polydactylus quadrifilis (Fig. 4a), G. decadactylus: Galeoides decadactylus (Fig. 4b) et P. quinquarius: Pentanemus quinquarius (Fig. 4c).

4 DISCUSSIONS

Dans l'objectif de comprendre la biologie de la reproduction des poissons capitaines du littoral de Grand-Lahou, cette étude s'est basée sur les variations mensuelles des rapports gonado-somatiques (RGS), des rapports hépato-somatiques (RHS) et des facteurs de condition (K).

Ainsi, les résultats de RGS et RHS obtenus montrent que les poissons capitaines se reproduisent principalement en périodes chaudes et les saisons de transition froide-chaude. Selon [8], les capitaines des côtes sénégalaises se reproduisent pendant les périodes chaudes de l'année. Ces résultats sont conformes à ceux de [13], au Congo et de [8] obtenus dans différents secteurs du golfe de Guinée. De même, [22] affirme que *Galeoides decadactylus* se reproduit lors des saisons chaudes sur les côtes maritimes de la Guinée. Chez *Polydactylus quadrifilis* et *Pentanemus quinquarius,* il a été constaté que la maturation des gonades mâles devance celle des femelles d'environ un mois. D'après [3], ce phénomène est observé chez plusieurs espèces de poisson, notamment chez *Chelon labrosus* (Mugilidés). Certains auteurs tels que [6] considère que le cycle de reproduction des poissons est adapté au cycle de production biologique des eaux. Il admet que dans les eaux tempérées, l'adaptation à un cycle de production primaire discontinu, à forte amplitude saisonnière, conduit à une reproduction discontinue. Dans l'océan tropical à productivité continue et aux variations d'amplitudes réduites, la reproduction est continue. De même, [20] suggère que les pontes seraient en relation avec certaines variables environnementales telles que les fortes pluviométries, la turbidité

et la température. Cette suggestion est confortée par la présence d'eaux marines dessalées et chaudes en périodes de reproduction des poissons, facteurs stimulants pour la ponte dans le golfe de guinée [4].

Les courbes de facteurs de condition traduisent un gain de poids lors des périodes froides de l'année et un amaigrissement des poissons pendant la période de reproduction. Ces résultats montrent que les poissons capitaines utiliseraient aussi les réserves énergétiques dans les muscles et les graisses lors de la ponte [12]. Selon [7] et [16], l'activité reproductrice est un phénomène cyclique et saisonnier chez la plupart des poissons. Sa périodicité peut être suivie par le biais du degré de développement des gonades (RGS), par celui du transfert des réserves stockées (RHS) et par la variation de l'embonpoint (K). Les poissons téléostéens stockent des réserves en période de repos qui seront utilisées comme sources d'énergie pour la fin de leur développement sexuel et au cours de leur activité de frai [22], ce qui se confirme chez les capitaines étudiés. Ce sont des poissons maigres car ils accumulent leurs réserves énergétiques au niveau du foie, ce qui se traduit par le fait que le maximum de leurs RGS respectifs précède celui des RHS [19].

La mortalité naturelle étant un phénomène lié à la reproduction à travers l'indice gonado-somatique [14], l'analyse de ses valeurs indique que celle-ci est plus élevée chez les capitaines lorsqu'ils gagnent du poids, en tenant compte des résultats des facteurs de conditions (K). La croissance pondérale associée à la baisse de température de l'eau seraient donc des facteurs limitant à la survie des poissons capitaines.

Selon [23], le littoral de Grand-Lahou est influencé par deux saisons de pluies (mars-juin et septembre-octobre) avec des précipitations irrégulières et abondantes. Il existe de même deux saisons sèches (juillet-août et novembre-février). La période de mai à août est dominée par le régime des cours d'eau côtiers [17]. Les auteurs [23], affirment que ces flux d'eaux peuvent influencer considérablement la composition des eaux du littoral. Aussi, [9] affirme que les activités métaboliques varient chez les poissons en fonction de celle de la température de l'eau. Selon les données MERCATOR-OCEAN, les températures moyennes des eaux du Golfe de Guinée ont varié de 22 à 25°C pendent les périodes froides et de 27 à 29°C durant les chaudes, au cours des années 2009 et 2010. Les poissons capitaines grossissent donc pendant les périodes où leurs activités métaboliques sont ralenties. Ces mortalités en cette période seraient dues en partie à ces insuffisances métaboliques.

5 CONCLUSION

Les paramètres de reproduction déterminés traduisent que les capitaines pêchés à Grand-lahou se reproduisent pendant les périodes chaudes de l'année. Ces périodes correspondent à la grande saison sèche qui se caractérise par la présence d'eaux marines dessalées et chaudes. Les capitaines sont des poissons maigres qui utilisent leurs réserves énergétiques dans le foie à des fins de reproduction. Les Polynemidés étudiés meurent massivement pendant les périodes froides de l'année qui correspondent aux périodes de faibles activités métaboliques, ce qui implique l'étude de leur physiologie et écologie.

REFERENCES

[1] Abdallah, H., 2002. Analyse de l'Indice Gonadosomatique du thon rouge (*Thunnus thynnus*) capturé par les senneurs tunisiens. Institut National des Sciences et Technologiques de la mer – Tunisie. 1-8.

[2] Aka, K., 1991. La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire; Essai de modélisation. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Univ. Abidjan, 233p.

[3] Besbes, R., Fauvel, C., Guerbej, H., Benseddik Besbes, A., El Ouaer, A., Kraiem, M.M., El Abed, A., 2003. Contribution à l'étude de la maturation et de la ponte en captivité du mulet *lippu Chelon labrosus* (Cuvier, 1829). Résultats préliminaires de pontes par stimulation hormonale. Actes des 5èmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer, 21–24 December 2002, Aïn Draham, Tunisia. Bulletin de l'INSTM, vol. 7, pp. 40–43.

[4] Chabanne J., 1987. Le peuplement des fonds durs et sableux du plateau continental sénégambien. Etude de sa pêcherie chalutière. Biologie et dynamique d' une espèce caractéristique: le rouget (Pseudupeneus prayensis). Thèse Doct., Univ. Bretagne Occidentale, Brest, France. Collection *Etudes et Thèses, ORSTOM Editions*, Paris. 355 pp.

[5] Cochrane K. L., 2005. L'aménagement des pêcheries. Département des pêches de la FAO,19 p.

[6] Cushing D.H., 1975. *Marine ecology and fisheries*. Cambridge University Press.

[7] Deniel C., 1981. Les poissons plats (Téléostéens, pleuronectiformes) en baie de Douarnenez. Reproduction, croissance et migration des Bothidae, Pleuronectidae et Soleidae. Thèse d'Etat Univ. de Bretagne occidentale, 476p.

[8] Domain F., Chavance P., & Bah A., 2000. Description des fonds du plateau continental. In : *La pêche côtière en Guinée – Ressources et Exploitation*. Domain F., Chavance P., Diallo A. (Eds), Editions IRD/CNSHB, Paris:159-171.

[9] Du Buit M. H., 1987. Alimentation du merlan *Merlangius merlangus L.* en mer Celtique. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* 49: 5-12.

[10] FAO. 2014. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Rome, Italie, p 105.
[11] Fehri-Bedoui R., Gharbi H., & El Abed A., 2002. Période de reproduction et maturité sexuelle de *Liza aurata* des côtes Est et Sud tunisiennes. Bull. Inst. Nat. Scien. Tech. Mer de Salanumbô, vol. 29.
[12] Fontana A., & Baron J., 1976. Croissance de *Pentanemus quinquarius* (barbillon) et *Pteroscion peli* (madongo) au Congo. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Pointe-Noire, n° 44, 7 pp.
[13] Fontana A., 1979. Etude du Stock démersal côtier congolais. Biologie et dynamique des principales espèces exploitées. Propositions d'aménagement de la pêcherie. *Thèse Doct. Etat, Univ*. Paris VI, France. 300 pp.
[14] Gunderson, D.R., 1980. Using r-K selection theory to predict natural mortality. *Can. J. Fish Aquat. Sci*. 37: 2266-2271.
[15] Le Cren, E. D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 26: 20-29.
[16] Masson G., 1987. Biologie et écologie d'un poisson plat amphihalin (*Platichthys flesus L*.) dans l'environnement Ligerien: distribution, démographie, place au sein des réseaux trophiques. Thèse de Doctorat Univ. de Bretagne occidentale, Brest: 121p.
[17] Monde, S., 1997. Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de Côte d'Ivoire. Aspects morphologiques et sédimentologiques. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Cocody, n°257/97, 200 p.
[18] Motomura, K. & IWATSUKI, (2002) : Threadfins of the World, FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 3, pp 65-71.
[19] N'da k., 1992. Biologie du rouget de roche (Mullus surmuletus);Poisson Mullidae, dans le Nord du Golfe de Gascogne: reproducteurs, larves et juvéniles. Thèse de Doctorat Univ. de Bretagne occidentale: 177 p.
[20] N'jock J.C., 1990. Les ressources démersales côtières de Cameroun : biologie et exploitation des principales espèces ichtyologiques. *Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille 2*, France. 187 pp + annexes.
[21] Shoou-Jeng J., Che-Tsung C., Hsian-Hau L., & Kwang-Ming L., 2007. Age growth, and reproduction of silky shark, *Caracharhinus falciformis*, in northeastern Taïwan waters. Fisheries Research 90(2008), 78-85.
[22] Sidibe A., 2003. Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée: exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à sciaénidés. Thèse de doctorat halieutique ENSA- Rennes, 320p.
[23] Wognin ,V., Valerie, A., Monde, S., Coulibaly, A., Adopo, L., & Aka, K., 2009. Erosion côtiere et variation morphologique de l'embouchure du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire); Détection des changements à partir d'images satellites et de photographies aériennes de 1957 à 2008. XIèmes Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF, 4 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 486-497
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Étude des facteurs de risque des états de stress post-traumatique (ESPT) chez les casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour (Soudan)

[Study of risk factors for posttraumatic stress disorder (PTSD) among Senegalese peacekeepers on a mission of peacekeeping in Darfur]

TINE Jean Augustin Diégane[1], TINE Youssouf[2], BA El-Hadji Makhtar[3], SECK Mame Cheikh[4], SINE Babacar[5], DIENG Amadou Cambel[6], SECK Ibrahima[7], and NDIAYE Papa[8]

[1]Médecin Capitaine, Assistant au Service de Médecine Préventive et Santé Publique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

[2]Médecin Commandant, Médecin chef du District Sanitaire de Popenguine, Sénégal

[3]Médecin Capitaine, Maitre-Assistant au Service de Psychiatrie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

[4]Médecin Pharmacien, Maitre-Assistant au Service de Parasitologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

[5]Médecin Capitaine, Assistant au Service d'Urologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

[6]Médecin Lieutenant-Colonel, Coordonnateur du Programme de Soutien Psychologique des armées de la Direction de la Santé des Armées, Sénégal

[7]Médecin Colonel, Professeur de Santé Publique à l'Université Gaston Berger de Saint Louis, Sénégal

[8]Médecin Colonel, Professeur au Service de Médecine Préventive et Santé Publique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Posttraumatic stress disorder (PTSD) is a serious condition resulting from an individual's confrontation with a traumatic event. Thus, this confrontation can be at the origin of a shake-up of the three personal convictions of the individual, namely the invulnerability, the protective environment and the other helping person.
Objective: The purpose of this study is to investigate risk factors for post-traumatic stress disorder in Senegalese peacekeepers on peacekeeping missions in Darfur.
Methods: The study was transversal, descriptive and analytical, which took place from 19 April to 20 May 2013. It involved a closed population of 940 Senegalese peacekeepers stationed in Darfur as part of the United Nations Joint Mission and the African Union in Darfur (UNAMID).
Data were collected at the workplace using a self-administered questionnaire after free and informed consent. A logistic regression was performed to explore the factors associated with PTSD through odds ratios and their confidence intervals.
Results: A total of 536 individuals were surveyed. The mean age was 38.21 years (± 9.22). The average tenure in the profession was 15.36 years (± 9.41). The average length of stay in Darfur was 9.70 months (± 1.97). The majority of them represented the military (82.1%), the non-commissioned officers (50.8%) and most of them volunteered for the mission (77%). There was 19.8% of high emotional exhaustion. The prevalence of PTSD was 25.7% (138 individuals), of whom 30 had high PTSD and 34 peacekeepers had moderate PTSD. Adjusted PTSD factors were the experience of a traumatic situation with loss of life (OR = 1.9 [1.1 - 3.2]), a state of high emotional exhaustion (OR = 2.5 [1.3 - 4.7]), the desire to leave the profession (OR = 2.2 [1.1 - 4.4]) and recurrent health concerns (OR = 3.6 [2.1 - 6.0]).

Corresponding Author: TINE Jean Augustin Diégane

Discussion: Post-traumatic stress disorder in Senegalese peacekeepers is linked to factors such as the experience of psychic trauma and emotional exhaustion at work. Military health care workers should look for PTSD in the face of sudden will to quit and multiple somatizations. For a better mental health of the Senegalese peacekeepers, the working atmosphere should be improved by putting in place a better communication strategy, train the health workers in the management of the stress and reinforce the device by integrating to the contingents a team of psychosocial assistance.

KEYWORDS: Risk Factors, PTSD, Peacekeepers, Senegalese, Darfur, Sudan

RÉSUMÉ: *Introduction:* L'état de stress post-traumatique (ESPT) est une pathologie grave résultante de la confrontation d'un individu à un événement traumatique. Ainsi, cette confrontation peut être à l'origine d'un ébranlement des trois convictions personnelles de l'individu, à savoir l'invulnérabilité, l'environnement protecteur et l'autrui secourable.
Objectif: Cette étude a pour objectif de rechercher les facteurs de risque des états de stress post-traumatique chez les casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour.
Méthodes : L'étude est transversale, descriptive et analytique qui s'est déroulée du 19 avril au 20 mai 2013. Elle portait sur une population fermée de 940 casques bleus sénégalais stationnés au Darfour dans le cadre de la Mission conjointe des Nations unies et de l'Union africaine au Darfour (MINUAD).
Les données ont été collectées sur le lieu de travail à l'aide d'un questionnaire auto-administré après consentement libre et éclairé. Une régression logistique a été réalisée pour explorer les facteurs associés à l'ESPT à travers les odds-ratio et leurs intervalles de confiance.
Résultats: Au total 536 individus ont été enquêtés. L'âge moyen était de 38,21ans (±9,22). L'ancienneté moyenne dans la profession était de 15,36ans (±9,41). La durée moyenne de la présence au Darfour était de 9,70 mois (±1,97). Ils étaient majoritairement représentés les militaires (82,1%), les sous-officiers (50,8%) et la majeure partie participaient volontairement à la mission (77%). Il y avait 19,8% d'épuisement émotionnel élevé. La prévalence de l'ESPT était de 25,7% (soit 138 individus) parmi lesquels les 30 avaient un ESPT élevé et 34 casques bleus présentaient un ESPT modéré. Les facteurs liés à l'ESPT après ajustement étaient le vécu d'une situation traumatisante avec perte de vies humaines (OR=1,9 [1,1 – 3,2]), un état d'épuisement émotionnel élevé (OR=2,5 [1,3 – 4,7]), la volonté de quitter la profession (OR= 2,2 [1,1 – 4,4] et des soucis de santé récurrent (OR=3,6 [2,1 – 6,0]).
Discussion: L'état de stress post-traumatique chez les casques bleus sénégalais est lié à des facteurs tels que le vécu d'un traumatisme psychique et l'épuisement émotionnel au travail. Les agents de santé militaire devraient rechercher l'ESPT devant la volonté subite de démissionner et les somatisations multiples. Pour une meilleure santé mentale des casques bleus sénégalais, il faudrait améliorer l'ambiance de travail en mettant en place une meilleure stratégie de communication, former les agents de santé à la gestion du stress et renforcer le dispositif en intégrant aux contingents une équipe d'assistance psychosociale.

MOTS-CLEFS: Facteurs de risque, ESPT, casques bleus, sénégalais, Darfour, Soudan.

1 INTRODUCTION

L'état de stress post-traumatique (ESPT), est le nouveau nom donné à une maladie très ancienne. Au début du XXe siècle, on parlait de « psychose traumatique » ou « fatigue de combat ». Dans un cas d'ESPT, le témoin ou la victime d'un événement ou d'une tragédie terrible est tellement hanté par le souvenir de cet événement que sa santé et sa personnalité en sont affectées. Ces symptômes persistent durant plusieurs mois après l'événement traumatisant. L'ESPT est une pathologie grave qui peut se manifester à travers d'autres troubles comme l'abus d'alcool ou de drogues illicites. La confrontation avec un événement traumatisant comme la mort peut être à l'origine d'un ébranlement de la personnalité de l'individu. **[1]**

De ce fait, les événements traumatiques génèrent potentiellement chez l'individu un état de fragilité extrême dans lequel l'ensemble de son équilibre (psychologique, familial, socioprofessionnel) peut être totalement perturbé, de façon immédiate et pour une durée indéterminée (court, moyen, ou long terme).

La profession de militaire, en particulier dans les situations opérationnelles, représentent un facteur de risque d'exposition à des situations traumatisantes au plan psychique. Si les troubles psycho-traumatiques sont caractéristiques dans leur présentation, ils sont souvent difficiles à diagnostiquer car ceux qui en souffrent ne les évoquent pas facilement, pour des raisons qui tiennent à la nature même de ces troubles Leur diagnostic nécessite une démarche active du médecin. **[2]**

Chez les militaires, l'importance des pathologies séquellaires parmi les vétérans américains de la guerre du Viêt-Nam est à l'origine de l'introduction de l'ESPT au sein de la nosographie psychiatrique américaine sous le vocable de PTSD (*Post-traumatic*

Stress Disorder). Les données nationales indiquent que 30,9 % des hommes et 26,9 % des femmes ayant participé à la guerre du Viêt-Nam ont présenté un ESPT à un moment de leur vie.

Depuis une dizaine d'années, le Sénégal participe à la mission de maintien de la paix au Darfour. Les missions étrangères aussi appelés opérations extérieures (OPEX) sont particulières de par la spécificité des conflits, du climat politique et sécuritaire, de l'environnement géographique, de la particularité des pratiques et coutumes locales et des contraintes règlementaires mises en place dans la mission. Les casques bleus sont soumis à une législation rigoureuse et contraignante, à la violence et à un risque potentiel de mort. Ils sont exposés aux accidents physiques et aux troubles psychiques. **[3]**

Il a été noté une recrudescence de l'alcoolisme et de l'usage de stupéfiants chez les militaires **[4]**.

Au constat de ces conséquences sur le plan sanitaire et opérationnel, cette étude a été initiée dans le but d'évaluer la fréquence des ESPT et de répondre à la question suivante : « quels sont les facteurs contextuels, professionnels, cliniques et psychologiques liés aux états de stress post-traumatique chez les casques bleus sénégalais au Darfour ? »

2 CADRE DE L'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée au Darfour (Soudan). Le Darfour couvre une surface d'environ 510 000 km2 à l'ouest du Soudan, frontalière du Tchad. En 2010, sa population était estimée à six millions d'habitants. Composée essentiellement d'un plateau aride, des monts Marrah (djebel Marrah), d'une chaîne volcanique culminant à 3 088 m, formant le centre de la région. Il s'etend du désert du Sahara au nord jusqu'aux savanes arborées du Bahr el-Ghazal au sud. La région est officiellement musulmane. La langue locale est arabe. L'anglais est utilisé pour l'administration. La législation est la Charia. La figure 1 montre la carte du Darfour. **[5]**

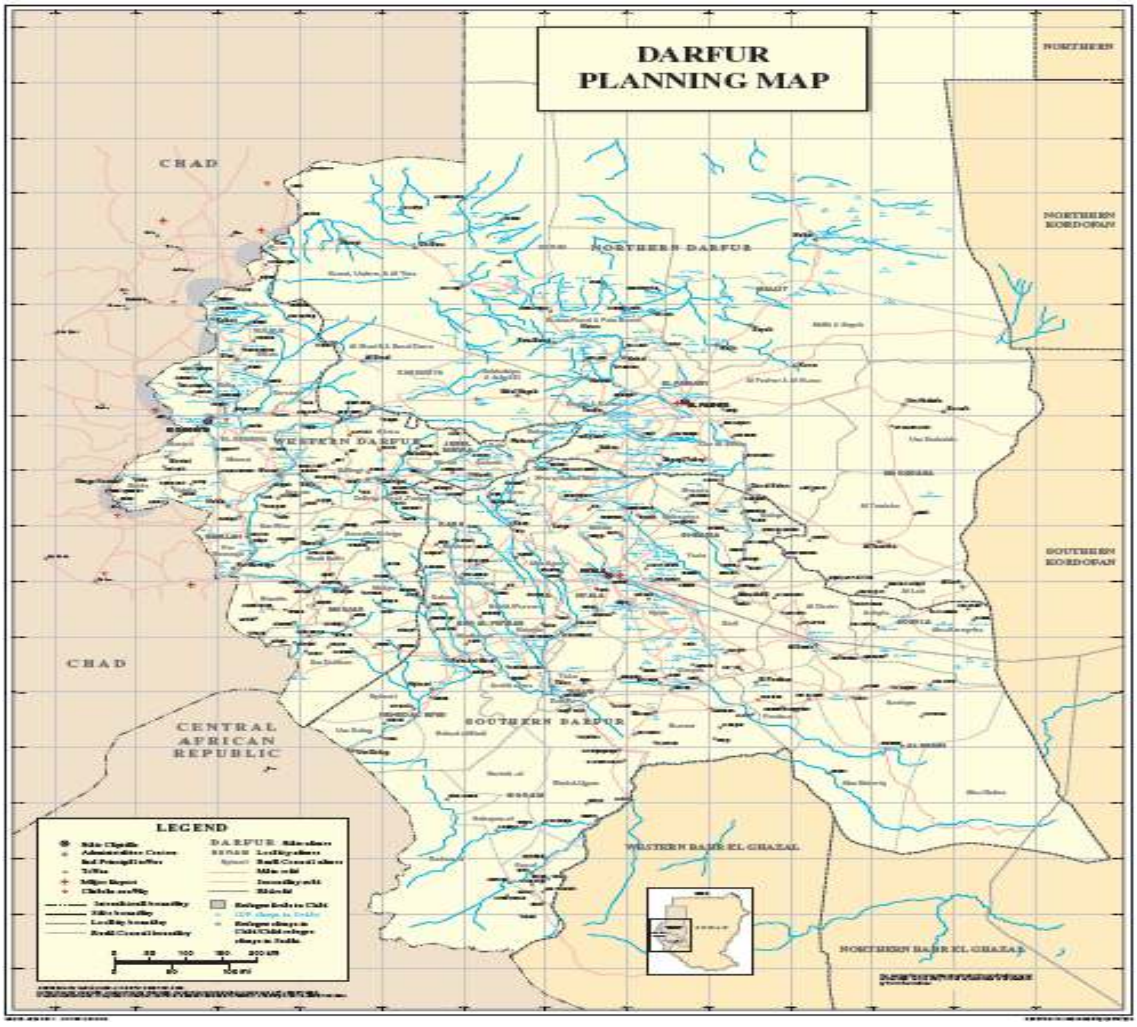


Fig. 1. Carte du Darfour (Soudan) [source : MINUAD, 2007]

La situation au Darfour qui, au départ, était un conflit armé entre des rebelles et le gouvernement s'est muée en une lutte violente et confuse pour le pouvoir et les ressources, mettant aujourd'hui en présence forces gouvernementales, milices pro-gouvernementales janjawids, rebelles, ex-rebelles, et bandits. **[6]**

Environ deux millions de personnes ont fui le Darfour (nord-ouest du Soudan) depuis 2003, deux cent cinquante mille depuis août 2006. Le Tchad voisin est déstabilisé par l'afflux de deux cent vingt-cinq mille réfugiés. En quatre ans, le conflit aurait fait quatre cent mille morts. **[5]**

Entre janvier et juillet 2007, plus de 200 000 personnes ont été contraintes à fuir les affrontements, souvent pour la deuxième ou la troisième fois. Le 31 juillet 2007, devant l'impuissance de l'*AMIS (African Mission in Sudan)*, le Conseil de sécurité des Nations Unies, avec l'accord du Soudan, a décidé de déployer au Darfour une mission de maintien de la paix. Les 20 000 militaires et 6000 policiers de la MINUAD (Mission hybride Union Africaine/Nations Unies au Darfour ou *UNAMID African Union/United Nations Hybrid operation in Darfur* en anglais), accompagnés d'un important dispositif civil, ont pris officiellement le relais des 7000 soldats de la Mission de l'Union africaine au Soudan (MUAS) le 1er janvier 2008. **[7]**

Le siège de la Mission se situe à El Fasher, la capitale du Nord Darfour. Elle a également des sièges sectoriels à El Fasher, El Geneina et Nyala. À la date du 19 octobre 2011, le Sénégal a mis à la disposition de la MINUAD, 1330 éléments dont 1026 militaires, 12 observateurs militaires et 292 gendarmes et policiers dont 3 femmes. La Mission conduit en moyenne 200 patrouilles par jour et tente d'augmenter son impact même si elle doit faire face à des difficultés bureaucratiques et à des obstructions armées. Son but ultime est de faire tout ce qui est en son pouvoir pour protéger les populations civiles au Darfour, faciliter les opérations d'aide humanitaire d'où qu'elles viennent, et aider à mettre en place un environnement propice à l'établissement de la paix. Les casques bleus de la mission sont exposés aux attaques des différents groupes armés et des bandits. La MINUAD a perdu plus de quarante casques bleus depuis le début de la mission. Le niveau d'insécurité est très élevé dans cette mission. Pour faire face à ces paramètres d'insécurité, la MINUAD a mis en place une réglementation rigoureuse voire même contraignante soulignée par les casques bleus **[7]**.

3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de cette étude sont :

- Décrire les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour ;
- Décrire les caractéristiques cliniques et psychologiques des casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour ;
- Mesurer la prévalence de l'ESPT chez les casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour ;
- Déterminer les facteurs de risque associés à l'ESPT chez les casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour.

4 MÉTHODOLOGIE

4.1 TYPE D'ÉTUDE ET PÉRIODE DE L'ÉTUDE

Le devis est quantitatif. L'étude est de type transversal, descriptif et analytique. Elle s'est déroulée du 19 avril au 20 mai 2013.

4.2 POPULATION D'ÉTUDE ET CRITÈRE DE SÉLECTION

L'étude s'est effectuée chez les militaires et les gendarmes sénégalais en mission de maintien de la paix stationnées au Darfour dans le cadre de la MINUAD.

Il a été inclus dans cette étude tous militaires et gendarmes sénégalais en mission de maintien de la paix dans le cadre de la MINUAD rencontré au Darfour durant la période de l'étude et ayant accepté de participer à l'étude. Ont été exclus de l'étude, les individus qui ont séjourné moins de 6 mois au Darfour pour prendre en compte l'imputabilité à la mission.

L'étude était à visée exhaustive. Pour ce faire, tous les individus cibles de l'étude ont été recherchés au niveau de leurs lieux de travail et de campements. Les enquêteurs ont interpellé tous les individus cibles sans aucunes distinctions sociodémographiques ou professionnelles en respectant les heures de disponibilité du personnel. L'ensemble des militaires et des gendarmes de notre cible faisaient 940 individus.

4.3 PROCÉDURE DE COLLECTE DES DONNÉES

L'enquête a démarré par une phase préparatoire de rédaction du protocole et de confection du questionnaire au siège du Programme de Soutien Psychologique des Armées (PSPA) à Dakar. Trois enquêteurs dont deux psychiatres et un infirmier spécialisé en psychologie, ont étaient formés. La première édition du questionnaire a été testée chez les militaires sénégalais du premier bataillon sénégalais au Mali (SENBAT1/Mali) qui étaient en regroupement à Thiès.

La collecte des données a durée dix jours. Les individus ont été retrouvés dans plusieurs sites : Umbaru, Tiné, Kulbus, El-Geniena, El-Fasher.

La collecte a été faite sur la base d'un questionnaire libre auto-administrés composé de quatre parties :

- Le score de ESPT avec le PCL-M
- Les caractéristiques sociodémographiques
- Les caractéristiques professionnelles
- Les caractéristiques cliniques et psychologiques

Le *post traumatic cheklist military* (PCL-M) explore les différents aspects de l'état de stress post-traumatique **[8]**. Elle est facile à renseigner. Elle est discriminante de l'ESPT par rapport aux autres troubles anxieux. Il s'agit d'un questionnaire à 17 items, dont la sévérité de chacun d'entre eux est évaluée sur une échelle de 1 à 5. Le point de coupure pour la positivité de l'ESPT a été fixé à 30. Trois niveaux ont été classés : **[9]**

- Absence d'ESPT pour l'intervalle [17 – 30]
- ESPT léger pour les scores compris entre]30 – 37]
- ESPT modéré pour]37 – 44]
- ESPT sévère pour]44 – 85]

Même en population générale, un score > 44 atteste de la présence de symptômes de ESPT cliniquement significatifs. **[9] [10]**

4.4 SAISIE DES DONNÉES

La saisie des données a été faite par deux opérateurs de saisie avec le logiciel Épi-info 3.5. Le contrôle de la saisie a été effectué par tirage au hasard de 20 questionnaires et une confrontation entre la version papier et la version électronique. La saisie et le contrôle a duré 10 jours.

4.5 ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse des données a été faite avec Épi-info 3.5.3 et avec le logiciel R 3.1.1. La description des variables qualitatives a été réalisée avec la fréquence et l'intervalle de confiance à 95% et celle des variables quantitatives par la moyenne, l'écart-type et les quantiles. Les tableaux et les graphiques ont été construits sur Microsoft Excel 2007.

Des croisements entre variables étaient effectués pour répondre aux attentes des objectifs concernant des déterminants. Ceci s'était faite à l'aide des tests du Chisq2 ou Fisher (pour les comparaisons de proportions) et des tests Student, d'ANOVA ou de Mann Whitney-Wilcoxon (pour les comparaisons de moyennes) selon leurs conditions d'applicabilité avec un seuil de significativité du $p = 0,05$.

Une analyse multivariée a été faite avec une régression logistique simple pour la détermination des facteurs liés aux ESPT, avec un ajustement sur les variables liés aux caractéristiques individuelles, familiales et professionnelles en veillant aux conditions d'applicabilité avec un seuil de significativité fixé à 5%. Les variables dont le p était inférieur à 0,25 en analyse bivariée ont été retenues pour la modélisation. **[11]**

Le lrtest (rapport de vraisemblance) et AIC ont permis au choix du dernier avec la méthode du pas à pas descendant. Enfin le test d'Hosmer Lemeshow a permis de tester l'adéquation du modèle final. **[12]**

La force des associations ont été mesurées par les odds ratio avec leurs intervalles de confiance.

4.6 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

La participation à l'étude était libre et dans l'anonymat. Le consentement des participants était libre et éclairé. Aucun jugement de valeur subjectif, personnifié ou groupal pouvant entacher la personnalité morale des individus et des institutions

ne sera publié dans cette étude. Aucune rémunération ou indemnisation financière ou matérielle n'a été proposée pour la participation à cette étude.

5 RÉSULTATS

À la fin de la collecte nous avons enquêté 538 agents mais deux ont été exclus du fait de la durée d'exposition qui était inférieure à 6 mois. Donc au total 536 individus, soit 57% de la population à l'étude (940 individus) ont été enquêtés.

5.1 PARTIE DESCRIPTIVE

5.1.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Les ethnies majoritaires dans cette étude étaient les sérères et les wolofs. Les maures étaient minoritaires. Il y avait 59,8% d'individus qui avaient passé leur enfance en milieu urbain. Toute la population était de sexe masculin. L'âge moyen était de 38,21 ans avec un écart type de 9,22 ans. Les 50,7% étaient mariés monogames avec un IC 95% de [46,4 – 55,1] et les 18,8% étaient des célibataires. La charge familiale représente le nombre de personne pris en charge par le travailleur. La charge familiale moyenne était de 9 personnes avec un écart type de 5 personnes. Les 86,6% de la population étaient de religion musulmane avec un IC95% de [83,3 – 89,3] et les catholiques représentaient 12,7%. La majorité des individus de cette étude soit 47,3% avait un niveau scolaire moyen (C.E.M.) et 27,3% ont un niveau secondaire (lycée). Les universitaires représentent 9,4%. Le tableau I donne la répartition des casques bleus en fonction de leurs caractéristiques sociodémographiques.

Tableau 1. Répartition en fonction des caractéristiques sociodémographiques

	Fréquences absolues (n)	Fréquences relatives (%)	IC à 95%
Ethnie			
Sérère	144	29,2	[25,3 – 33,5]
Wolof	135	27,4	[23,5 – 31,6]
Diola	98	19,9	[16,5 – 23,7]
Halpular	74	15,0	[12,0 – 18,5]
Mandingue	28	5,7	[3,9 – 8,2]
Mancagne	9	1,8	[0,9 – 3,6]
Maure	5	1,0	[0,4 – 2,5]
Milieu d'enfance			
Urbain	312	59,8	[55,4 – 64,0]
Rural	210	40,2	[36,0 – 44,6]
Situation matrimoniale			
Marié monogame	272	50,7	[46,4 – 55,1]
Marié polygame	158	29,5	[25,7 – 33,6]
Célibataire	101	18,8	[15,7 – 22,5]
Union libre	4	0,7	[0,2 – 2,0]
Divorcé	1	0,2	[0,0 – 1,2]
Religion			
Musulmane	464	86,6	[83,3 – 89,3]
Catholique	68	12,7	[10,0 – 15,9]
Protestante	2	0,4	[0,1 – 1,5]
Animiste	2	0,4	[0,1 – 1,5]
Niveau d'instruction			
Primaire	85	16,0	[13,0 – 19,5]
Cycle moyen	251	47,3	[43,0 – 51,6]
Cycle secondaire	145	27,3	[23,6 – 31,3]
Supérieur	50	9,4	[7,1 – 12,3]

5.1.2 CARACTÉRISTIQUES PROFESSIONNELLES

La population était majoritairement représentée par les militaires (82,1%) avec un IC 95% de [78,5 – 85,2]. Les sous-officiers faisaient 50,8% et les officiers 6,6%. Ceux qui avaient un emploi actif (homme de terrain) faisaient 76,8% avec un IC 95% de

[73,0 – 80,3]. La majeure partie des travailleurs (69,7%) n'avait pas bénéficié du congé annuel de 2012. Les 12,9% disaient avoir envie de changer de profession. Il y avait 23% de casques bleus avec un IC 95% de [19,4 – 27,0] qui disaient être au Darfour malgré eux, c'était comme un ordre militaire obligatoire. La charge de travail était élevée chez 21,8% des militaires avec un IC 95% de [18,5 – 25,6], les 20,7% n'avaient pas d'avis sur la question et les 35,3% pensaient qu'elle était faible. Par rapport à l'engagement organisationnel, 29,7% des travailleurs avec un IC 95% de [25,9 – 33,8] affirmaient être engagé et 49,6% avaient le sentiment d'être non engagé.

L'ancienneté moyenne des travailleurs dans leur profession était de 15,46 ans avec un écart type de 9,41 ans. Les individus avaient effectué en moyenne deux missions OPEX. Le tableau II donne la répartition des individus en fonction de leurs caractéristiques professionnelles.

Tableau 2. Répartition en fonction des caractéristiques professionnelles

	Fréquences absolues (n)	Fréquences relatives (%)	IC à 95%
Profession			
Militaire	439	82,1	[78,5 – 85,2]
Gendarme	96	17,9	[14,8 – 21,5]
Classe hiérarchique			
Officier	34	6,6	[4,7 – 9,2]
Sous-officier	262	50,8	[46,4 – 55,2]
Homme du rang	220	42,6	[38,3 – 47,0]
Emploi			
Actif	408	76,8	[73,0 – 80,3]
Sédentaire	123	23,2	[19,7 – 27,0]
Envie de quitter la profession			
Oui	65	12,9	[10,2 – 16,3]
Non	437	87,1	[83,7 – 89,8]
Appréciation de la charge de travail			
Élevée	119	21,8	[18,5 – 25,6]
Adaptée	117	22,2	[18,8 – 26,0]
Faible	189	35,3	[31,2 – 39,5]
Ne sais pas	111	20,7	[17,4 – 24,4]
Engagement organisationnel			
Non engagé	266	49,6	[45,3 – 53,9]
Peu engagé	111	20,7	[17,4 – 24,4]
Engagé	159	29,7	[25,9 – 33,8]

La durée moyenne effectuée par les casques bleus sénégalais au Darfour ou le temps moyen d'exposition était de 9,70 mois avec un écart type 1,97 mois. Le temps moyen d'exposition souhaité par les travailleurs était de 8,40 mois avec un écart-type de 8,84 mois.

5.1.3 CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES ET PSYCHOLOGIQUES

Dans notre étude, 8,6% des travailleurs avec un IC 95% de [6,5 – 11,4] disaient se sentir malade au moment de l'enquête. Il y avait 24,4% avec un IC 95% de [20,8 – 28,3] qui avaient des soucis de santé récurrents à type de céphalées, asthénie, hypotension artérielle etc. et 26,3% disaient souffrir d'anxiété. Les 8,1% avaient des antécédents personnels de troubles mentaux. Ceux qui avaient des antécédents d'accidents graves représentaient 26,4% et ceux qui avaient des antécédents de deuil traumatisant faisaient 50,5%.

Sur le plan des comportements, la proportion d'individus qui utilisaient des psychostimulants était de 43,6% avec un IC 95% de [39,4 – 48,0]. Ceux qui faisaient des rituels traditionnels avant chaque mission représentaient 53% avec un IC 95% de [48,6 – 57,3] et ceux qui pratiquent des rituels religieux faisaient 82,5% avec un IC 95% de [79,0 – 85,6]. Le tableau III donne la répartition des casques bleus sénégalais en mission de maintien de la paix au Darfour en fonction de leurs caractéristiques cliniques et psychologiques.

Tableau 3. Répartition en fonction des caractéristiques cliniques et psychologiques

	Fréquences absolues (n)	Fréquences relatives (%)	IC à 95%
Actuellement malade			
Oui	46	8,6	[6,5 – 11,4]
Non	487	91,4	[88,6 – 93,5]
Soucis de sante récurrents			
Oui	128	24,4	[20,8 – 28,3]
Non	397	75,6	[71,7 – 79,2]
État d'anxiété			
Oui	114	26,3	[22,3 – 30,8]
Non	319	73,7	[69,2 – 77,7]
Antécédents d'accident grave			
Oui	140	26,4	[22,7 – 30,4]
Non	391	73,6	[69,9 – 77,3]
Antécédents de deuil traumatisant			
Oui	263	50,5	[46,1 – 54,8]
Non	258	49,5	[45,2 – 53,9]
Usage de psychostimulants			
Oui	230	43,6	[39,4 – 48,0]
Non	297	56,4	[52,0 – 60,6]
Usage de rituels traditionnels			
Oui	278	53,0	[48,6 – 57,3]
Non	247	47,0	[42,7 – 51,4]
Épuisement émotionnel			
Bas	292	54,5	[50,2 – 58,7]
Modéré	138	25,7	[22,1 – 29,7]
Élevé	106	19,8	[16,5 – 23,5]
Dépersonnalisation			
Bas	8	1,5	[0,7 – 3,0]
Modéré	24	4,5	[3,0 – 6,7]
Élevé	504	94,0	[91,6 – 95,8]
Accomplissement personnel			
Bas	198	36,9	[32,9 – 41,2]
Modéré	81	15,1	[12,2 – 18,5]
Élevé	257	47,9	[43,7 – 52,3]

5.1.4 ÉTAT DE STRESS POST-TRAUMATIQUE (ESPT)

Le score moyen d'ESPT avec le PCL-M est de 26,1 avec un écart-type de 10,4. Le score minimal était de 17 et le maximal de 85. La médiane était de 23.

Après discrétisation du score avec un *Cut off* à 30, la proportion de casques bleus sénégalais qui présentaient un ESPT était de 25,7% [22,2 – 29,6] soit 138 casques bleus. Mais il n'y avait que 30 casques bleus qui étaient à un niveau de PTSD sévère soit 5,6% [3,9 – 7,8]. La figure 2 donne la répartition des casques bleus sénégalais en fonction de leur niveau d'ESPT.

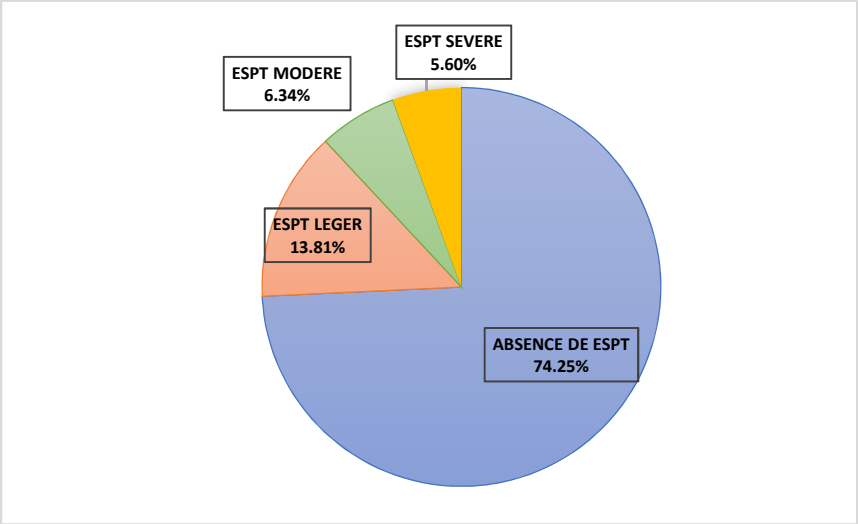


Fig. 2. Répartition des casques bleus sénégalais en fonction du niveau d'ESPT (N=536)

5.2 PARTIE ANALYTIQUE

La régression logistique multiple a montré que les casques ayant vécu un évènement traumatisant avec pertes de vie humaines ont 1,9 [1,1 – 3,2] fois plus de risque de faire un ESPT que les autres.

Plus l'épuisement émotionnel était plus grave chez les militaires qui soufflaient de ESPT. Les somatisations répétées étaient L'envie de quitter la profession était plus manifeste chez les casques bleus qui présentaient un ESPT (OR=2,2 [1,1 – 4,4]). Le tableau IV donne les résultats de la régression logistique simple.

Tableau 4. Facteurs associés au PTSD chez les casques bleus sénégalais de l'UNAMID par régression logistique simple

Facteurs de risque	Pvalue	OR ajusté	IC de OR ajusté à 95%
Vécu d'un évènement traumatisant			
Non	réf	1	-
Oui	0,01	1,9	[1,1 – 3,2]
Épuisement émotionnel			
Bas	réf	1	-
Modéré	0,003	2,2	[1,2 – 3,9]
Élevé	0,007	2,5	[1,3 – 4,7]
Existence de souci de santé récurrent			
Non	réf	1	-
Oui	<0,0001	3,6	[2,1 – 6,0]
Profession			
Gendarme	réf	1	-
Militaire	0,05	1,9	[1,0 – 4,0]
Milieu d'enfance			
Urbain	réf	1	-
Rural	0,08	0,6	[0,3 – 1,0]
Pratique de rituel traditionnel			
Non	réf	1	-
Oui	0,03	1,7	[1,0 – 2,4]
Envie de quitter sa profession			
Non	réf	1	-
Oui	0,02	2,2	[1,1 – 4,4]
Apte à engager un combat			
Non	réf	1	-
Oui	0,02	0,3	[0,1 – 0,8]

**réf=référence*

6 DISCUSSION

La principale limite de cette étude était l'inexistence de diagnostique confirmation à l'aide d'une consultation psychiatrique. Mais les enquêteurs ont orienté les cas détectés vers le psychiatre militaire. Le questionnaire PCL-M avait permis de préciser l'exposition éventuelle à des situations éprouvantes, l'existence de difficultés psychologiques en rapport avec ces circonstances ou encore de souligner si le sujet avait eu la possibilité éventuelle d'en parler à un proche, dans son entourage professionnel ou avec un médecin. Un score total est calculé en ajoutant les 17 items, de sorte que les scores possibles vont de 17 à 85. Utilisé comme une mesure continue, le PCL a une bonne utilité diagnostique. Dans cette étude le seuil qui a été choisi pour définir l'ESPT sévère était de 44. **[9] [13] [14] [15] [16]**

Cette étude a permis de mesurer la prévalence de l'état de stress post traumatique chez les militaires et les gendarmes sénégalais au Darfour de 25,7% [22,2 – 29,6]. Mais, il y avait 5,6% des casques bleus sénégalais présentaient un ESPT sévère. Kulka avait objectivait 15% d'ESPT chez les anciens combattants du Vietnam **[17]**. Decam avait retrouvé 13,8% d'ESPT chez les patients reçus aux urgences psychiatriques. Une étude exploratoire de l'ESPT dans deux unités opérationnelles de l'Armée de Terre française avait retrouvé une prévalence de 1,7%. Les militaires de carrière présentent des taux d'ESPT sur la vie notoirement plus élevés et persistants que ceux recueillis dans la population générale. **[2] [18] [19]**

En effet, Perkoningg avait retrouvé une prévalence de 1,6% en Allemagne. Quant à Chen, il avait retrouvé une prévalence de 0,6% à Hong Kong. Cette différence est liée à la profession de militaire qui tout au long de la vie expose les combattants à des situations de stress voir de traumatisme. Toutefois, la réaction face à ces situations diffère selon les individus. **[20]**

Dans la sémiologie traditionnelle, l'ESPT n'était recherché que chez des individus qui ont été victimes d'un événement traumatisant. Nous avons retrouvé dans cette étude des casques bleus qui déclaraient ne pas avoir vécu d'événement traumatisant et pourtant qui présentait un niveau d'ESPT sévère. Cela pourrait être expliqué par une amnésie post-traumatique ou un déni de morbidité. Mais il reste toujours vrai que ceux qui ont vécu un événement traumatisant avec pertes de vie humaines faisaient plus d'ESPT et le risque était statistiquement significatif avec un OR= 1,9 [1,1 – 3,2]. Les casques bleus sénégalais ont participé à des embuscades et sont intervenus dans des zones de massacre de village (assassinat et brulage). Un militaire expliquait que la chose qui l'avait le plus marqué était la pauvreté des populations observée lors des patrouilles. Cette souffrance perçue régulièrement pouvait être une source de traumatisme psychique. Nous savons que l'évènement traumatisant est défini par sa gravité mais aussi par sa fréquence. **[21]**

La santé professionnelle des casques bleus est un élément important dans la prédiction des ESPT. Les missionnaires présentant un épuisement émotionnel modéré ont 2,2 fois plus de risque de souffrir d'ESPT que ceux qui ont un épuisement émotionnel léger. Ceux qui ont un épuisement émotionnel élevé ont un risque de 2,5 [1,3 – 4,7]. Le burnout et l'ESPT sont des pathologies qui peuvent coexister dans les professions à haut risque traumatique comme chez les militaires en zone opérationnelle **[22]**. Les militaires qui souffrent d'ESPT peuvent se présenter plusieurs fois à la consultation médicale pour une somatisation fonctionnelle ne faisant pas penser pas à l'ESPT. Cette étude a montré que les casques bleus qui souffraient de soucis de santé récurrent avaient un risque 3,6 [2,1 – 6,0] de présenter un ESPT que leurs autres camarades.

L'engagement au combat était déterminant dans la santé mentale des hommes sur le terrain. En effet, cette étude a montré que l'ESPT était de 13% chez les missionnaires qui ont perdus leur engagement au combat au moment de la collecte et de 4,8% chez les autres. Les casques qui se sentaient aptes à engager un combat était plus protéger contre l'ESPT que ceux qui n'étaient pas dans les dispositions avec un OR = 0,3 [0,1 – 0,8]. Ceci montre que certains missionnaires effectués les patrouilles malgré eux sans engagement réel. Ainsi certains ont émis leur volonté de quitter la mission au moment de la collecte (12,9%). Mais sachant que l'ordre militaire prime sur la volonté individuelle, ils sont obligés de subir le temps de séjour restant. Ceux qui voulais quitter la mission avait un risque de 2,2 [1,1 – 4,4] de présenter un ESPT que ceux qui voulez continuer. Cette souffrance psychique interne faisait recourir à des rituels de protection traditionnelle telles que des gris-gris, des incantations, des bains, etc.

L'éducation rurale semblait être un facteur de protection contre l'ESPT (OR=0,6 [0,3 – 1,0]). L'étude de Tine a montré un résultat similaire avec le burnout chez les casques bleus **[22]**. Les missionnaires d'origine rurale auraient une capacité de résilience qui les protégeait contre certaines vulnérabilités psychiques. Cette protection serait issue de leur éducation traditionnelle et de l'entourage familiale.

Les militaires semblaient être plus exposés à l'ESPT que les gendarmes (OR=1,9 [1,0 –4,0]). Les militaires étaient plus exposés aux combats que les gendarmes. Mais cela n'empêche que toute stratégie de prise en charge du stress post-traumatique devrait inclure tous les missionnaires d'où l'approche inclusif du PSPA au Sénégal. **[4]**

7 CONCLUSION

L'étude que nous avons réalisée auprès militaires et gendarmes sénégalais engagés en mission de maintien de la paix au Darfour, a permis d'objectiver une prévalence de 5,6% d'ESPT élevé. Les exigences administratives de la mission, les réalités du terrain, les enjeux sécuritaires individuels, le vécu pénible des populations sont autant de facteurs de traumatisme psychique dans ce milieu. Au-delà des évènements à haut potentiel psycho traumatique (embuscade, explosion de mines, assassinat, etc.), les casques bleus vivent des circonstances qui les agressent sur le plan physique et psychique.

Les facteurs de risque d'ESPT identifiés dans notre étude étaient :

- Des facteurs contextuels : le vécu d'un événement traumatisant et l'origine géographique rurale ;
- Un facteur professionnel : la profession de militaire ;
- Des facteurs cliniques : la présence de somatisation récurrente et la présence d'épuisement émotionnel ;
- Des facteurs psychologiques : l'envie de quitter la mission, l'aptitude psychologique à engager un combat et l'usage excessif de rituels de protection traditionnelle.

Pour une meilleure prévention et une bonne gestion de l'ESPT, les décideurs devraient introduire dans chaque contingent une unité d'assistance psychosociale formées au traumatisme psychique.

Les stratégies de defusing et de débriefing post-traumatique doivent être systématique en cas d'événement d'allure traumatique.

Les contingents doivent instituer des activités de welfare (jeux et sport collectif) pour améliorer l'environnement de travail.

Il faudrait mieux planifier la charge de travail et améliorer les stratégies de communication dans les corps pour augmenter l'adhésion des hommes à la mission et renforcer leur engagement.

Les équipes médicales doivent être formées à la détection précoce et à la prise en charge des troubles psychosomatiques récurrents et des traumatismes psychiques.

RÉFÉRENCES

[1] Crocq L. *Traumatismes psychiques*, Elsevier, Masson, France ; 2007, 2, 352p, ISBN : 9782294713811.

[2] Vallet D., Arvers P. Étude exploratoire sur l'état de stress post-traumatique dans deux unités opérationnelles de l'armée de terre. Dans Dimension humaine dans le cadre d'opérations militaires – Stratégies des chefs militaires pour gérer le stress et le soutien psychologique (p. 30-1 – 30-8). Compte rendu de réunion RTO-MP-HFM-134, Communication 30. Neuilly-sur-Seine, France : RTO. 2006. Disponible sur le site http://www.rto.nato.int/abstracts.asp.

[3] Ba EHM, Ba F, Tine JAD, Thiam MH. Burnout des troupes sénégalaises engagées dans les opérations extérieures : cas de la mission de maintien de la paix au Darfour. L'Information psychiatrique 2015 ; 91 : 762-6 doi :10.1684/ipe.2015.1405.

[4] Dieng C, Tine JAD, Thiombane B. La mise en place d'un programme de soutien psychologique pour les armées au Sénégal. IIIème Congrès maghrébin de médecine militaire du CIMM ; 2013 avril 17-21 ; Nouakchott (Mauritanie).

[5] Gérard P. Darfour, la chronique d'un « génocide ambigu, *Le Monde diplomatique*, mars 2007, disponible sur le site http://www.monde diplomatique.fr/2007/03/PRUNIER/14503

[6] Hamdani M. La résolution juridique du conflit au Darfour : mise en perspective de l'état de la justice pénale internationale. Mémoire Master 1 de science politique. Université Panthéon-Assas Paris 2 – 2010. Disponible sur le site https://www.memoireonline.com/12/13/8376/m_La-resolution-juridique-du-conflit-au-Darfour--mise-en-perspective-de-l-etat-de-la-justice-penal7.html

[7] Nations Unis. *Darfour : La MINUAD a un an et* 12374 *soldats déployés*, Centre de nouvelles de l'ONU. New York, 2012, disponible sur le site http://www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=18100&Cr=Darfour&Cr1=Soudan .

[8] Litz B.T., Orsillo S.M., Friedman M., Ehrlich P., Batres A. Posttraumatic stress disorder associated with peacekeeping duty in Somalia for U.S. military personnel. Am. J. Psychiatry, 1997, 154: 178-184

[9] Weathers F.W., Huska J.A., Keane T.M. PCL-C for DSM-IV. Boston: National Center for PTSD – Behavioral Science Division, 1991.

[10] International Society for Traumatic Stress Studies. Posttraumatic Stress Disorder Checklist, USA, 1993. Disponible sur le site http://www.istss.org/assessing-trauma/posttraumatic-stress-disorder-checklist.aspx .

[11] Collet D. Modeling Binary Data. CRC, London Chapman and Hall, 2003, 387 p.

[12] Hosmer D.W. and Lemeshow S. Applied Logistic Regression. John Wiley, New York, 1989, 307 p.

[13] Blanchard E. B., Jones Alexander J., Buckley T. C., & Forneris C. A. Psychometric properties of the PTSD Checklist (PCL). *Behaviour Research and Therapy,* 1996*,34,* 669-673.

[14] Forbes D., Creamer M., & Biddle D. The validity of the PTSD checklist as a measure of symptomatic change in combat-related PTSD. *Behaviour Research & Therapy, 2001, 39,* 977-986.

[15] Ruggiero, K. J., Del Ben, K., Scotti, J. R., & Rabalais, A. E. Psychometric Properties of the PTSD Checklist--Civilian Version. *Journal of Traumatic Stress, 2003,16,* 495-502.

[16] Weathers, F. W., Litz, B. T., Herman, D. S., Huska, J. A., & Keane, T. M. *The PTSD Checklist (PCL): Reliability, validity, and diagnostic utility.* Paper presented at the 9th Annual Conference of the ISTSS, San Antonio, TX. 1993.

[17] Kulka, R. A., Schlenger, W. E., Fairbank, J. A., Jordan, B. K., & et al. Assessment of posttraumatic stress disorder in the community: Prospects and pitfalls from recent studies of Vietnam veterans. Psychological Assessment, 1991, 3(4), 547–560. doi:10.1037/1040-3590.3.4.547

[18] Decam L. De la n´névrose traumatique à l'état de stress post-traumatique : étude d'une population de consultants aux urgences psychiatriques. Médecine humaine et pathologie. 2012. disponible sur le site https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=56d6b6d9dc332d313f6626d3&assetKey=AS:335127747022849@1456912089404

[19] Decam L. États de stress post traumatique dans les armées n°516/IMTSSA/DESP du 13 Juin 2005, : Résultats de la surveillance épidémiologique années 2002 - 2003 - 2004 / Ministère de la défense, Institut de médecine tropicale, Département d'épidémiologie et de santé publique ; MP L. Ollivier, MC C. Decam,... [et al.] ; Rapport présenté par MC J-P Boutin,... / [Marseille] : Institut de médecine tropicale , 2005.

[20] Perkonigg A, Kessler RC, Storz S, Wittchen HU. Traumatic events and posttraumatic stress disorder in the community: prevalence, risk factors and comorbidity. Acta Psychiatr Scand, 2000, 101: 46-59.

[21] De Clercq M., Lebigot F. les traumatismes psychiques, Paris, Masson, 2007.

[22] Tine JAD, Soedje KMA, Niang K, Diongue F.B., Dieng C., Faye A., Sarre S.M., Dassa K.S., Balagou A.A.K., Tal Dia A. Étude des facteurs de risque du burnout chez les casques bleus sénégalais au Darfour : modélisation par régression logistique ordinale. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), 2016, Série D, 18(4) : 317-330

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 498-502
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

PRODUCTION OF BBTV-FREE PLANTS BY MICROPROPAGATION AND MACROPROPAGATION IN KISANGANI, DR CONGO

Jacques N. Tchatchambe[1-3], Francine B. Kirongozi[3], Joseph G. Adheka[1], Didy O. Onautshu[2], R. Swennen[4-5-6], and Benoit D. Dhed'a[1]

[1]Laboratoire de génétique, amélioration des plantes et Biotechnologie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[2]Laboratoire de Mycologie et phytopathologie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[3]Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[4]Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium

[5]International Institute of Tropical Agriculture, Arusha, Tanzania

[6]Bioversity International, Leuven, Belgium

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Banana Bunchy Top Disease (BBTD), caused by the Banana Bunchy Top Virus (BBTV), is one of the important banana diseases in the Democratic Republic of Congo. It drastically reduces the production and diversity of bananas. This study focused on the production of banana and plantain planting materials free of BBTV from plants infected by micro-propagation and macro-propagation. 15 suckers of cultivars Litete [plantain (Musa AAB), French type)], Libanga Likale [plantain (Musa AAB) False Horn type)] and Bluggoe (Musa ABB) were used for micro-propagation and 15 others for macro-propagation. These suckers were collected from banana mats with stages 4 or 5 of BBTD symptoms. The Murashige and Skoog (MS) medium augmented with 30 g glucose, vitamins, 1 µM of Indole Acetic Acid (IAA) and 10µM of 6-Benzyl aminopurine (BAP) was used for micro-propagation. The plants resulting from stem fragments was used for macro-propagation. After 5 subcultures in micro-propagation, the sanitation rate was 76.6% for Litete, 66.6% for Libanga Likale and 76.6% for Bluggoe. After macro-propagation, the rate was 27.5% for Litete, 6.6% for Libanga Likale and 73.3% for Bluggoe. These results indicate that the proliferation rate increases the chance to clean up infected planting material explaining why macro-propagation is less effcient than micro-propagation.

KEYWORDS: BBTV, banana and plantain, clean planting materials, micro-propagation, macro-propagation.

1 INTRODUCTION

The rapid production of planting material is one of the main concerns of many banana research programs [1]. Different vegetative propagation techniques have been developed in vitro to produce massive quantities of plants: micropropagation from meristems cultured in agar or liquid medium, somatic embryogenesis, embryogenic cell suspensions, etc [2].

However, despite the successes obtained with these methods to multiply the banana plants used in industrial plantations, these in vitro techniques are not adapted to small producers in southern countries who, like plantain producers, are regularly confronted with the problem of the availability of discards to create, replant or extend their banana plantations.

Some in vivo nursery propagation techniques have increased the multiplication rate of banana in the field [3].

Although accessible to farmers, many of these in vivo methods present the risk of multiplying material contaminated by nematodes or weevils for example if certain precautions are not taken during the establishment of the multiplication plot: application of nematicides and insecticides on the plots used for these multiplications or choices for these operations of a soil that is sanitized or free from specific parasites of banana plants.

In addition, the production time of the rejects has the disadvantage of being long; six to twelve months may be needed to obtain planting material [4].

On the other hand, many buds formed on mother stock remain unexploited [4]. To reduce these problems and to optimize the exploitation of the banana seed potential, a new rapid multiplication technique has been developed by the African Center for Banana and Plantain Research in Cameroon (CARBAP). This is the "technique of plants derived from stem fragments" called PIF technique. The use of banana stem fragments activates latent buds to regenerate large numbers of healthy plants in relatively short time periods and adjustable to planting times.

However, the Banana Bunchy Top Disease (BBTD), which is one of the most devastating diseases in banana and plantain crops, sometimes results in 100% yield loss [5]. It is among the top 10 viruses worldwide in terms of economic impact [6]. Its causative agent is the Banana Bunchy Top Virus (BBTV), a Babuvirus genus belonging to the family Nanoviridae, whose genome is composed of a circular single-stranded DNA multiple segments [7].

In sub-Saharan Africa, BBTV was reported for the first time in the Democratic Republic of Congo (DRC) in the 1950s [8]; then, spread throughout the country [9]. Recently, 16 BBTV isolates from tshopo and South Kivu (Northeast and central DRC) were compared in a study of the global distribution of BBTV, revealing a large human contribution to long-range dispersal events [10]. In the DRC, BBTV is present in all of its 11 former provinces [8], [9] et [11].

2 MATERIAL AND METHODS

The plant material used consisted mainly of young rejects (30-40 cm in height) of three cultivars harvested on the banana trees of the AAB genomic group, particularly the cultivars Litete [plantain (Musa AAB), french type], Libanga Likale [plantain (Musa AAB) false horn type)] and Bluggoe (Musa ABB). The harvest of these ill discharges took place in the city of Kisangani (DRC) and its surroundings based on the visual symptoms of BBTD. A total of 30 infected suckers were collected of which 15 for Litete, Libanga Likale and Bluggoe were put in microproparation and 15 others in macro-propagation. The collected waste was tested at TAS-ELISA using the AGDIA commercial kit (Agdia-Biofords, Evry, France) at the in vitro laboratory of plants, Faculty of Science, University of Kisangani (UNIKIS) to confirm the presence of BBTV. The severity of the disease was observed using a scale of 0-5 (0: Absence of symptoms, 1: presence of streaks on the leaf, 2: presence of streaks on the pseudostem, 3: Discoloration of the leaf keeping its normal size, 4: reduction in leaf size and 5: bushy appearance at the top or Bunchy top) [12]. Only releases with the advanced stages of BBTV (4 and 5) were collected.

The laboratory culture of explants taken from young rejects was carried out in the ready environment containing the mineral salts [13]. this medium was enriched with 30g / l of sucrose, 2 g / l of gelite, nicotic acid (0.5mg / l), pyridoxine (0.4mg / l), thiamine (0.5mg) and 2mg / l glycine and added growth regulator 10 .mu.M of 6-benzylaminopurine (BAP) and 1 .mu.M indole acetic acid (AIA). Each cultivar was inoculated in 5 tubes and after subcultures performed at the interval of one month each time.

The cultivation in the laboratory was carried out under aseptic conditions, protected from all contamination in order to obtain a large number of healthy and fertile vitroplants. The method used is that described by [14], [15];[16] in micropropagation and macro-propagation, the method used is that of PIF (Plants issued from stem fragments).

The vitro plants obtained from the micropropagation were acclimated to the screenhouse for two months until the seedlings reached a size of 20 cm. Afterwards, these vitro plants and the seedlings obtained from the macro-propagation were in turn tested with TAS-ELISA to check their immunoenzymological state.

To analyze the data from this research, Microsoft Excel and Software R (3.1.3) were used to find all the results of this study.

3 RESULTS

In this chapter, the results of TAS ELISA immunoassay before and after in vitro culture are presented, as well as the macro-propagation of samples from three banana cultivars, Litete, Libanga Likale and Bluggoe. of this study. This chapter also gives the evolution of the average number of buds for each cultivar in vitro as well as macro-propagation.

3.1 SEROLOGICAL STATUS OF BANANA CULTIVARS BEFORE *IN VITRO* CULTURE AND MACRO-PROPAGATION

The serological status of samples of each variety is shown in Table 1 for *in vitro* culture below.

Table 1. Serological status of banana cultivars before in vitro culture and macro-propagation

Cultivars	Genotypes	Number of samples	Resultats TAS ELISA	
			Positives	Negatives
Litete	AAB	5	5	0
Libanga likale	AAB	5	5	0
Bluggoe	ABB	5	5	0

The results in Table 1 above show that all banana samples with level 4 and 5 disease were 100% positive for the TAS ELISA test for all varieties.

3.2 RATE OF SANITATION

TAS ELISA test on plants obtained after *in vitro* culture and in macro-propagation

Tables 2 and 3 respectively present the results in relation to the rate of purification of the banana plants studied virosed by BBTV by *in vitro* culture and by macro-propagation.

Table 2. Remediation rate of Libanga Likale, Litete and Bluggoe after in vitro culture

Cultivars	Plants tested	Plants positives	Plants negatives	Remediation rate (%)
Libanga Likale	30	10	20	66,6
Litete	30	8	22	73,3
Bluggoe	30	7	23	76,6
Total	90	25	65	**72 ,2**

The results in Table 2 show that in vitro culture was able to clean up 76.6% of BBTV-infected Bluggoe plants; 73.3% of Litete; 66.6% of Libanga Likale. Overall, this technique was used to remediate 72.2% of the cultivar plants studied.

Table 3. Remediation rate of Libanga Likale, Litete and Bluggoe after macro-propagation

Cultivars	Plants tested	Plants positives	Plants negatives	Remediation rate (%)
Libanga Likale	30	28	2	6,6
Litete	29	21	8	27,5
Bluggoe	30	22	8	73,3
Total	**89**	**71**	**18**	**20,2**

The results in Table 3 reveal that the remediation rate of Bluggoe plants is 73.3%; 27.5% of Litete and 6.6% for Libanga Likale.

4 DISCUSSION

This chapter relates to the discussion of the main results obtained according to the applied methodology. It revolves around the serological status of banana cultivars before in vitro culture and macro-propagation, and the TAS ELISA test on plants obtained after in vitro culture and in macro-propagation.

4.1 TAS ELISA TEST ON PLANTS OBTAINED AFTER *IN VITRO* CULTURE AND IN MACRO-PROPAGATION

The results on the TAS ELISA test of the plants obtained after the in vitro culture and the macro-propagation (Tables 2 and 3) respectively show the rate of purification of the viranized banana plants studied. In vitro culture was used to remediate 72.2% of the studied cultivar plants while the macro-propagation cleaned up 20.2% of the cultivar plants studied.

However, sanitation in 1952 by Morel and Martin who, by taking meristematic points viral dalhias to reproduce dalhias genetically similar to parents, but free of viruses, have managed to eliminate the mosaic of dalhias and the spottedwilt virus.

The [17] in Gembloux, looking for "resistant" cells in the "green islands" of Chinese cabbage leaves infected with yellow turnip mosaic, obtained regenerations, some of which, 3 out of 18 plants, revealed healthy, but unfortunately not resistant. [18] obtained a high level of purification for the "Nepo" viruses (RRV = Raspberry ringspot, AMV = Arabis mosaic virus) by coupling thermotherapy and meristem culture, whereas meristem culture alone is sufficient to eliminate cucumber mosaic (CMV).

[19] obtains 57% removal of N.R.S.V (Sharka necrotic ringspot virus) and 72% for Sharka with 0.4-0.8mm explants. Moreover, it is still using the meristem culture that Wang and Hu in 1980, report the elimination of more than 70 known viruses in more than 40 different species [20].

[21] On in vitro woody cultivation at the service of the phytopathologist has shown that the rate of sanitation is generally a function of the size of the sample. Navarro and his team obtained 100% remediation when the meristems collected consisted of only two foliar blanks (0.1-0.15mm).

Comparing our results with those of [22] who found 37.9% of seedlings regenerated from proliferating meristems tested negative for ELISA; we note that the in vitro culture technique gave the higher percentage while the macro-propagation gave a slightly lower percentage. Indeed, in the case of our study, by comparing the overall rate of sanitation obtained by the in vitro culture and the macro-propagation, it follows that the sanitation rate is high in the first technique than in the second one. . Indeed, in the *in vitro* culture, small explants are used, whereas in the macro-propagation, large explants are used. However, in sanitation, the larger the size of the explant, the lower the sanitation rate. Conversely, the smaller the explant size, the higher the sanitation rate.

5 CONCLUSION

The comparative study of the rate of purification of banana plants virosed by BBTV by *in vitro* culture and by macro-propagation is the subject of this research. This sanitation has used the technique of *in vitro* culture and that of macro-propagation. To do this, we collected the banana samples specifically the cultivars Libanga Likale, Litete and Bluggoe. These samples were harvested in Kisangani City and surrounding areas on plants with BBTD severity levels 4 and 5. Plants with positive TAS-ELISA samples were harvested and cultured. The seedlings obtained from these cultures were tested again by the TAS-ELISA test to confirm their sanitation rates.

The results obtained showed that prior to in vitro culture and macro-propagation, the TAS-ELISA enzyme immunoassay revealed that all Banana plants with Banana Bunchy Top Disease (BBTD) levels 4 and 5 were positive on the test.

All these results show that both techniques can be used not only in the multiplication of banana planting material, but also in the sanitation of their plants infected with BBTV. It should be noted, however, that in vitro breeding and sanitation is the best technique because it has improved to 72.2%, while the macro-propagation has only cleaned up 20.2%.

ACKNOWLEDGMENTS

We sincerely thank the VLIR-UOS Project (Belgium), the VLIR-UOS-CIFOR-EU Partnership and Bioversity International for Technical Capacity Building of the Laboratory of In Vitro Culture of the Faculty of Science of Kisangani University, which allowed the realization of this work.

REFERENCES

[1] Dantas R. O., M. K. Kern,B. T. Massey, W. J. Dodds, P. J. Kahrilas,J. G. Brasseur, I. J. Cook, and I. M. Lang. 1990. Effect of swallowed bolus variables on oral and pharyngeal phases of swallowing. Volume 258, Issue 5, Pages G675-G681.

[2] Dhed'a, D., 1991: Plant regeneration in cell suspension cultures of cooking banana. Cv Blugoe (Musa ssp, Fruits, 46: 125-135.

[3] Adelaja, A.O., Schilling, B.J. and Horzepa, G. (1995),TheAgriculture, Agribusiness and Fisheries Industries ofNew Jersey: Profiles, Economic Contributions, MajorIssues and Policy Recommendations, report pre-pared for the New Jersey Economic Master PlanCommission: Task Force on Agriculture, Agribusi-ness and Fisheries *(PDF) A note on challenges facing food retail stores: The case of New Jersey*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/311451974_A_note_on_challenges_facing_food_retail_stores_The_case_of_New_Jersey [accessed Dec 18 2018].

[4] Kwa, M., 1993 : Architecture, morphogenèse et anatomie de quelques cultivars de bananiers, thèse, USTL, Montpellier, France, 287 p.

[5] Qazi, J., 2016: Banana bunchy top virus and the bunchy top disease. J. Gen. Plant Pathol. 82, 2–11.

[6] Rybicki, A.P., 2015: A top ten list for economically important plant viruses. Arch. Virol. 160, 17–20.

[7] Banerjee, A., Roy, G.T., Behere, S.S., Roy, S.K. Dutta, S.V. Ngachan., 2014: Identification and characterization of a distinct Banana bunchy top virus isolate of Pacific-Indian Oceans group from North-East India. Virus Res. 183, 41–49.

[8] Kumar, L.P., Hanna, R., Alabi, O.J., Soko, M.M., Oben, T.T., Vangu, G.H.P., Naidu, R.A., 2011: Banana bunchy top virus in sub-Saharan Africa: investigations on virus distribution and diversity. Virus Res. 159, 171–182.

[9] Mukwa, L.F.T., Muengula, M., Zinga, I., Kalonji, A., Iskra-Caruana, M.L., Bragard, C., 2014: Occurrence and distribution of banana bunchy top virus related agro-ecosystem in south western Democratic Republic of Congo. AJPS 5, 647–658.

[10] Stainton, D., Martin, D., Muhire, B., Lolohea, S., Halafihi, M., Lepoint, P., Blomme, G. Crew, K.S., Sharman, M., Kraberger, S., Dayaram, A., Walters, M., Collings, D.A. , Mabvakure, B., Lemey, P., Harkins, G., Thomas, J.E., Varsani, A., 2015: The global distribution of Banana bunchy top virus reveals little evidence for frequent recent, human-mediated long distance dispersal events. Virus Evol.. doi:10.1093/ve/vev009.

[11] Ngama, F., Ibanda, B., Komoy J., Lebisabo, C., Muhindo, H., Walunkonka, F., Wembonyama, J., Dhed'a, B., Lepoint, P., Sivirihauma, C., Blomme, G., 2014 : Assessing incidence, development and distribution of banana bunchy top disease across the main plantain and banana growing regions of the Democratic Republic of Congo. African Journal of Agriculture. Vol. 9(34), pp. 2611-2623. DOI: 10.5897/AJAR2014.8751.

[12] Niyongere, C., Ateka, E., Losenge, T., Blomme, G., Lepoint, P., 2011: Screening Musa genotypes for banana bunchy top disease resistance in Burundi. Acta Hortic. (ISHS) 897:439-447.

[13] Murashige .,T and Skoog., F. 1962. a revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco Tissue Cultures. Plant Biology, Volume 15, Issue 3, 473-497.

[14] Banergee, N., et Delanghe, E., 1985: A tissue culture technique for rapid clonal propagation and storageunder animal conditions of Musa (Banana and plantain). Plant cell reports 4: 351-354p.

[15] Banerjee, N., Vuyslteke, D. and DE Langhe, E., 1986: Meristem tip culture of *Musa* : histological studies of shoot but proliferation. In Withers L.A. and Anderson, P.G. (eds). Plant tissue culture and its Agricultural applications. Butterwork Scientifique ltd, U.K. : 139-147.

[16] Vuylsteke, D., 1989: Shoot-tip culture for the propagation, conservation.

[17] Se mal, J. 1978.- Pression sélective, transfert d'informations et cultures in *vitro* chez les végétaux. *ln* «Les cultures in *vitro,* leurs possibilités». Journée d'Etude Belgian Group ISHS, Gembloux, 49-61.

[18] Sweet J.B., D.R. Constantine et T.R. Sparks, 1979.-The elimination of three viruses from Daphne spp.by thermotherapy and meristem excision.J. Horticul. Sci., 54, 323-326p.

[19] Mosella L.Ch., P.A. Signoret et R.JO Nard, 1980 : Sur la mise au point de techniques de microgreffage d'apex en vue de l'élimination de deux types de particules virales chez le Pêcher (*Prunus persica*, Batseh).C. R.acad. Sci.,sér. D, 290, 287-290p.

[20] Dhed'a D., Moango, M., et Swennen, R., 2011 : La culture des bananiers plantains en RD Congo. Support didactiques. Edition Saint Paul Afrique, Kinshasa: 85p.

[21] Boxus, Ph., 1983 : La culture de ligneux in vitro au service du phytopathologiste. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 130 (2), 53-59.

[22] Panis, B., Helliot, B., Reyniers, K., Locicero, A., Vandewalle, M., Muylle, H., Michel, C., Lepoivre, P., Swennen, R., 2001: Assessment of cryopreservation for Cucumber Mosaic Virus (CMV) eradication in banana plantlets, Belgian Plant Tissue Culture Group Journal vol: 11 (2, 3, 4) pages: 18.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 503-525
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de la situation de la sécurité alimentaire au sein des ménages du Sud-Kivu montagneux en République Démocratique du Congo

[Analysis of the food security situation in South-Kivu mountainous households in the Democratic Republic of Congo]

Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI[1], Sylvain RAMANANARIVO[2], Augustin Ngaboyeka MUTABAZI[3], Bahananga MUHIGWA[4], Espoir Basengere BISIMWA[3], Romaine RAMANANARIVO[2], and Jules RAZAFIARIJAONA[2]

[1]Aménagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

[2]Agromanagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

[3]Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

[4]Université Officielle de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Mountainous South Kivu has potential but its exploitation is subject to constraints of various kinds. The living conditions of households are bad. Poverty affects more than seven out of ten households. The majority of the population works in agriculture, but income they derive from it is considered insignificant. This study presents the results of an analysis of food security factors in 288 households in Kabare, Kaziba, Luhwinja and Ngweshe. It took place in the first half of 2018. In this study area, food production is confirmed to be insufficient and can't ensure food self-sufficiency. The majority of households own land ranging from 0.1 to 0.9 ha (43.1% of households); the external dependence of households is high (on average 9 months of deficiency); only 12.7% of households receive food aid; income is estimated at $ 0.7 / person / day; the available infrastructure is faulty and insufficient; the households take 2 meals a day (morning and evening) considered unbalanced but in sufficient quantity; the probability of having malnourished children aged 0-5 years is 16%, while acute malnutrition is 33%, compared with severe malnutrition of 22.3% for an estimated food insecure population of 55%. , 3%. This situation is exacerbated by climate disruptions and significant distortions in agricultural product markets. Therefore, it is recommended to support and support in an efficient and effective way the revival of agropastoral production which must be at the center of the provincial strategy of food security. However, no agricultural and pastoral revival will be possible without a more active presence of the State.

KEYWORDS: Food availability, access to food, food use, malnutrition, resilience.

RÉSUMÉ: Le Sud-Kivu montagneux dispose de potentialités mais leur exploitation est soumise à diverses contraintes. Les conditions de vie des ménages y sont précaires. La pauvreté touche plus de sept ménages sur dix. La majorité de la population travaille dans l'agriculture mais les revenus qu'elle en tire sont insignifiants. Cette étude, faite au premier semestre 2018, présente les résultats d'une analyse des facteurs de la sécurité alimentaire au sein de 288 ménages à Kabare, Kaziba, Luhwinja et Ngweshe. Elle a constaté que les productions vivrières y sont insuffisantes et ne peuvent assurer l'autosuffisance alimentaire. La majorité des ménages possèdent des terres d'une superficie comprise entre 0,1 et 0,9ha (43,1% des ménages) ; la dépendance extérieure des ménages est élevée (en moyenne 9 mois de carence); seuls 12,7% des ménages bénéficient de

Corresponding Author: Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI

l'aide alimentaire, le revenu est estimé à 0,7$/personne/jour ; l'infrastructure disponible est défectueuse et insuffisante ; les ménages prennent 2 repas par jour (matin et soir) non équilibrés mais en quantité suffisante ; la probabilité d'avoir des enfants de 0 à 5 ans qui ont la malnutrition est de 16% alors que la malnutrition aigüe générale est de 33% contre une malnutrition sévère de 22,3% avec un taux d'insécurité alimentaire estimée à 55,3%. Cette situation est accentuée par les perturbations climatiques et des distorsions importantes sur les marchés des produits agricoles. De ce fait, il est recommandé d'appuyer et accompagner de manière efficiente et efficace la relance de la production agropastorale en vue d'une sécurité alimentaire. Cependant, aucune relance agricole et pastorale ne sera possible sans une présence plus active de l'Etat.

MOTS-CLEFS: Disponibilité, accès, utilisation, aliments, malnutrition, résilience.

1 INTRODUCTION

Dans son discours sur l'évaluation des OMD[1], le premier Ministre de la RD Congo, [1] reconnait que malgré les efforts engagés dans un contexte difficile et fragile et en dépit des progrès considérables réalisés, le pays n'a réalisé aucun de ces objectifs et des défis importants restent à relever. En conséquence, le programme de développement à l'horizon 2030 (PNSD)[2] y est conçu comme un plan fédérateur de toutes les stratégies et politiques sectorielles de développement, aligné sur tous les engagements internationaux et régionaux pris par le pays, [2]. Malheureusement, des spécificités provinciales lui échappent car conçu en « Top-down » [3]. Bien que disposant de potentialités agricoles innombrables, la RD Congo connait depuis des décennies des problèmes d'insuffisance alimentaire, [4].

La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active, [5]. Les multiples évaluations de la sécurité alimentaire faites au Sud-Kivu donnent des situations globales des zones d'urgence (55% de la population vit une insécurité alimentaire dont 25% en insécurité sévère, [6] et ne font pas ressortir des cas spécifiques du durable comme pour le Bushi, reconnu comme la partie montagneuse de cette province. Alors que c'est une importante région jadis grenier du chef-lieu de la Province et un de principaux milieux d'approvisionnement de la Capitale Kinshasa en denrées alimentaire, [7].

Cette étude a pour objectif spécifique de faire un état des lieux de la sécurité alimentaire au sein des ménages du Sud-Kivu montagneux. Elle analyse 7 variables dépendantes (la disponibilité alimentaire en qualité et quantité, l'accès aux aliments, la malnutrition aigüe et chronique, la stabilité des approvisionnements, la qualité et l'accès à l'eau potable). Ces variables ont été croisées et expliquées par la production de 4 cultures (haricot, maïs, manioc et pomme de terre), la durée des récoltes, l'affectation des récoltes, le type de milieu habité, la chefferie, l'appartenance à une association de développement, le nombre de repas, les quantités consommées, le nombre de personnes dans le ménage, la superficie possédée et exploitée, le risque d'accaparement des terres exploitées, la durée de la dépendance en cas de carence, les dépenses des ménages, les quantités payées en cas de carence, la capacité de stockage et aide alimentaire, le pouvoir d'achat et de l'infrastructure disponible, les politiques publiques sectorielles, et l'accès à l'eau potable. Certaines variables étaient binaires et d'autres multinomiales. L'état des lieux qui en ressort décrit les facteurs de la sécurité alimentaire et les relations qui en existent.

2 OUTILS ET METHODES

Cette étude a été menée au Sud-Kivu montagneux, à l'Est de la RDC. La recherche a réuni les données secondaires sur la thématique en vue de comprendre les sens des concepts synonymes et para synonymes utilisés lors des travaux de recherches sur la sécurité alimentaire ; de valoriser les résultats de recherches antérieures ; de réunir les outils nécessaires pour la récolte des données ad hoc. Ces données secondaires ont été complétées par celles récoltées auprès des acteurs du domaine (FAO, PNUD, Inspection Provinciale de la Santé, Programme National de Nutrition, certaines organisations d'appui et paysannes membres de la plate forme « Vulgarisation agricole ») et des résultats issus des ménages agricoles.

[1] OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
[2] PNSD : Plan National Stratégique de Développement

Les données de terrains ont été récoltées auprès des ménages par une interview semi-structurée, un questionnaire d'enquête et des échanges en focus group de janvier et février 2018 au sein des chefferies de Kabare, Kaziba, Luhwinja et de Ngweshe. Elle a touché 288 ménages répartis sur 15 groupements administratifs. L'étude a fait recours à un échantillon aléatoire stratifié parce que, bien que la proportion de la population en insécurité alimentaire soit connue, il était difficile d'identifier les ménages qui en font partie. La cible principale était constituée d'exploitants agricoles chefs de ménage, d'organisations et institutions d'appui (Organisation Non Gouvernementale de Développement, d'institutions de recherche, des services de l'Etat), d'entreprises de la chaine de valeur et des chefs coutumiers. Les critères d'inclusion ont été : être impliqué dans les actions de lutte contre l'insécurité alimentaire, appartenir à un terroir du Sud-Kivu montagneux, y travailler ou y vivre depuis au moins 15 ans. L'étude a choisi 3 groupements administratifs par Chefferie suivant le critère d'accessibilité et de sécurité ; avec possibilité de flexibilité.

La formule retenue pour calculer l'échantillon a été celle recommandée par l'Inspection provinciale du Plan pour le calcul des échantillons en grappe : $\mathbf{n= p\,(1\text{-}p)\,t^2\alpha\,/d^2.}$ Avec **n** = taille de l'échantillon ; $\mathbf{t\alpha}$= 2, valeur approximative qui correspond à la valeur type d'un niveau de confiance de 95% (α=7%); **p** = proportion estimative de l'insécurité alimentaire dans le zone ; **d** = 0,05, valeur type d'une marge d'erreur de 5 %. En référence aux données du contexte au Sud-Kivu (2018) sur l'insécurité alimentaire, $\mathbf{p=25\% ;\ t\alpha=2 ;\ d=0.05.}$ L'échantillon calculé a été de 300 ménages dont 4% ont donné des réponses à 50% incomplètes et rejetés dans l'enquête.

Les informations collectées ont été encodées dans une base de données en Excel. Des traitements statistiques ont été effectués en employant des logiciels de tableur et de calcul statistique Excel et XLSTAT. Leurs résultats ont été complétés par ceux issus des analyses faites sur SPSS et PAST. Les données traitées avec SPSS n'ont subi aucune transformation. Par contre, celles analysées par XLSTAT ont été réduites en scores binaires ou multinomiaux avant d'être analysées.

Les statistiques descriptives (tableaux des fréquences, les moyennes et leurs écarts-types, le minimum, le maximum, le premier et troisième quartile) ont été utilisés pour les données quantitatives non transformées sur la disponibilité des aliments ; les tableaux croisés ont été utilisés en vue de conclure sur comment les composantes de la sécurité alimentaire sont vécues par chefferie du Sud Kivu montagneux ; les corrélations, les régressions et les analyses multi variées factorielles ont été utilisés sur des données réduites en scores en vue de déterminer les relations entre les facteurs de la sécurité alimentaire. L'analyse des pivots sur XLSTAT a permis de tracer des tableaux intelligents pour certaines variables lors des régressions linéaires ou logistiques. L'analyse de la covariance (ANCOVA) a permis de faire les régressions entre les variables qualitatives et quantitatives par rapport aux différentes variables dépendantes retenues par l'étude. L'analyse des variances (ANOVA) a aidé à dégager les moyennes qui ont varié significativement suivant une variable indépendante (Chefferie, type de milieu, appartenance à une association de développement, affectation de la récolte, activité exercée, sexe, état matrimonial, type d'habitat, la superficie des terres des ménages, le risque d'accaparement des terres exploitées, etc.)

Une restitution des résultats auprès des membres de l'équipe d'encadrement, d'autres scientifiques venus des institutions d'enseignement et de recherche et d'acteurs impliqués a eu lieu pour permettre des enrichissements avant la rédaction d'un article scientifique.

Il est important de noter, comme retenu aussi par [8], une sérieuse difficulté liée aux estimations chiffrées par les ménages sur la production à cause d'une absence avérée d'écrits. L'information secondaire auprès des services de l'Etat est caractérisée par cette faiblesse. Certaines conclusions ont été tirées à base des rendements recalculés. Certaines variables présentaient un nombre important de données manquantes. Plus l'échantillon est grand, moins on a la chance de retrouver les mêmes enquêtés pour toute vérification. Cette situation a réduit la qualité du suivi au sein de certains ménages choisis.

3 RESULTATS

3.1 DISPONIBILITÉ DES ALIMENTS DANS LES MÉNAGES

Au Sud-Kivu montagneux, les quantités produites par rapport aux besoins d'un ménage composé de 8 personnes sont insuffisantes.

3.1.1 LES QUANTITÉS PRODUITES

Tableau 1. La situation de la production des cultures en études

		Haricot				Manioc				Maïs			
		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-Type
1	Production moyenne par campagne (kg)	2	750	115,7	6,9	3	9000	453	61	5,0	3000	292,3	122,8
2	Quantité payée par semaine (kg)	1,0	50	6,7	0,2	1	500	20,4	3,1	0,5	10	1,8	0,1

La production moyenne du haricot par saison culturale au sein des ménages agricoles est estimée à 115,5 kg soit un total annuel de 231 kg l'an pour 2 campagnes. Un ménage peut y ajouter probablement 8 kg qu'il peut recevoir des ménages amis ou des familiers et 20kg qu'il peut recevoir irrégulièrement d'ONG humanitaires.

La production annuelle du manioc du ménage a été estimée à 453kg l'an. Celle du maïs peut atteindre 292,3kg pour les ménages qui pratiquent cette culture (taux d'adoption estimé à 87%). De grands producteurs peuvent produire 3 tonnes de maïs par an.

3.1.2 AFFECTATION DE LA PRODUCTION

Les ménages enquêtés ont affirmé affecter leur production à l'autoconsommation, à la vente ou les deux à la fois.

Tableau 2. Affectation de la production en %

		Manioc	Haricot	Maïs	P de terre
Valide	Autoconsommation %	88,93	84,25	83,40	56,97
	Vente %	4,96	5,86	4,45	7,53
	Vente; Autoconsommation %	6,11	9,89	12,15	35,50
	Total	100	100	100	100

Alors que la pomme de terre est considérée sur place comme un « cash crops », son taux d'adoption est de 29% déclarés. Ces cultures ne sont pas jusque-là pratiquées pour créer du revenu monétaire. Même pour la proportion affectée à l'autoconsommation, seuls 52% de ménages agricoles disposent des greniers / stock. Dans l'histoire de la région, le grenier avoir pour rôle essentiel le stockage de la production en réserve et/ou à consommer jusqu'à la période de soudure.

3.1.3 L'AIDE ALIMENTAIRE DANS LA RÉGION D'ÉTUDE

L'aide alimentaire est irrégulière. La répartition des ménages qui reçoivent de l'aide alimentaire auprès des familiers, amis ou des Humanitaires se présente comme suit :

Tableau 3. La situation de l'aide alimentaire

	Haricot		Manioc		Maïs		Pomme de terre	
	Fréquence %		Fréquence %		Fréquence %		Fréquence %	
	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Aide alimentaire des ONGI	88,9	11,1			85,7	14,3	99,00	1,00
Aide alimentaire des amis, voisins, familles	73,1	26,9	81,9	18,1	74,3	25,68	77,10	22,90

Globalement, 23% de ménages affirment qu'ils peuvent recevoir une aide alimentaire des amis, voisins, etc. au nom de la solidarité africaine ou confessionnelle à la récolte du haricot, manioc, maïs et de la pomme de terre. Le haricot, la pomme de

terre et le maïs sont récoltés deux fois par an (Campagne A et B). Le manioc est une culture annuelle récoltée la plupart de fois en juillet et août.

3.2 ACCÈS À LA NOURRITURE

L'accès, tel que soutenu par [9] intègre à la fois l'accès au capital terre, la force de travail disponible, le revenu du ménage et sa répartition. Il s'agit de la capacité d'un ménage d'acquérir des aliments suffisants en combinant la production domestique et les stocks, achats, …

3.2.1 SUPERFICIE DES TERRES DES MÉNAGES

La superficie possédée par le ménage permet de le classer comme grand, moyen ou petit exploitant [10]. Il ne s'agit pas toujours d'une terre localisée à un seul endroit mais du total de la superficie des champs possédés par le ménage.

Tableau 4. Superficies exploitées par les ménages

Superficie en Ha	Pourcentage	% Sup.Haricot	% Sup.Manioc	% Sup.Maïs	% Sup.P de terre
0.1à0.5	22,2	60,1	47,3	64,5	70,6
0.6à0.9	20,8	28,9	35,1	23,4	10,6
	36,8	9,5	14,5	7,7	8,2
1.26à2.5	11,5	0,7	1,9	2,8	9,4
2.6à5	7,6	0,7	1,1	1,6	1,2
5etplus	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	100	100	100	100	100

Pour ces quatre cultures, la superficie modale emblavée est inférieure à 0.9 ha pour le ménage rural. La superficie modale pour les terres possédées par le ménage et sur laquelle est érigée son ou ses habitations est comprise entre 1 et 1,25ha (37%).

3.2.2 STATUT ET DURÉE DE LA LOCATION D'UN CHAMP

Les champs exploités par les ménages sont soit des propriétés foncières privées couvertes ou non par des titres légalement reconnus, soit loués auprès de grands propriétaires terriens (Eglises, institutions, entreprises privées et/ou des particuliers). La durée de la location est conclue pour une, deux ou plusieurs campagnes/saisons agricoles. Ceux qui exploitent les champs en propriétaire terrien représentent 80% des ménages.

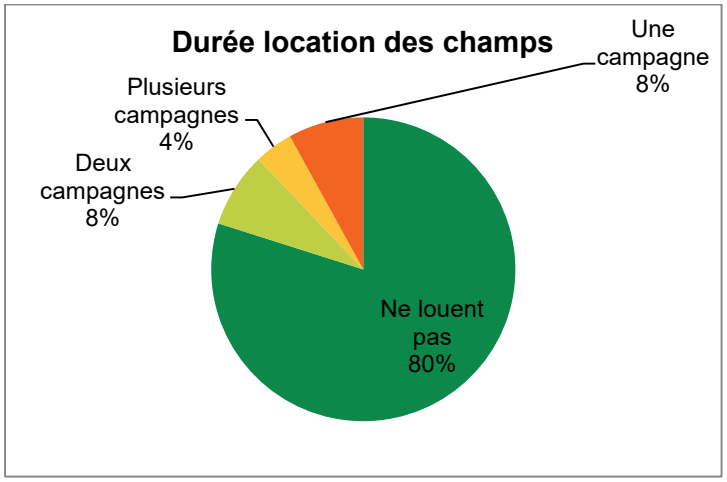


Fig. 1. Pourcentage de ceux qui louent des champs

3.2.3 ADOPTION DES CULTURES

Le haricot, le maïs et le manioc sont en tête des habitudes alimentaires dans ce milieu. Mais l'adoption varie selon le terroir et le statut du lopin de terre exploité. La culture de la pomme de terre est trop exigeante. Elle est adoptée par 29% des ménages.

Tableau 5. Adoption des spéculations agricoles étudiées

Echantillon	Mode	Modalité	Fréquence (%)
Adoptants du haricot	Oui	Non	4,5
		Oui	95,5
Adoptants du maïs	Oui	Non	12,2
		Oui	87,8
Adoptants du manioc	Oui	Non	10,5
		Oui	89,5
Adoptants de la pomme de terre	Non	Non	70,8
		Oui	29,2

3.2.4 LE REVENU DES MÉNAGES

L'estimation du revenu annuel du ménage est basée dans cette étude sur les dépenses ; le revenu n'étant pas agricole seulement.

Tableau 6. Les dépenses des ménages en Francs Congolais. 1$ = 1600 FC (août 2018)

Statistique	A manger	Habits	Savon	Frais scolaires	Objets scolaires	Santé	Habitat	Equipement	Boissons	Eau potable	Electricité	Social	Epargne	Fête	Transport	Communication.	Total /An
Somme des poids	285	268	288	259	257	211	118	182	218	79	89	208	120	232	213	226	288
Minimum	48000	2000	6000	6600	3500	3000	3000	2000	2500	2000	10000	5000	6000	700	3000	7000	265900
Maximum	7300000	960000	672000	4320000	800000	1095000	6400000	3200000	9125000	600000	1920000	2400000	3200000	912500	7680000	4015000	17517600
1er Quartile	720000	50000	61200	90000	26000	45000	228750	15000	98000	6000	36000	30000	67000	20000	52000	52000	1768775
Médiane	1080000	109000	73000	192000	45000	80000	542500	70000	182500	12000	76800	72500	181250	35000	104000	104000	2792200
3ème Quartile	1825000	200000	78000	396000	70000	120000	1120000	198000	390000	26000	96000	128000	352500	60000	240000	182500	4073000
Moyenne	128095	144065	79794	319028	56954	110074	1023187	221696	367675	31245	127458	127302	303350	54825	248890	154685	3353397
Coefficient de variation	0,735	0,921	0,664	1,382	1,161	1,129	1,294	2,084	2,111	2,318	1,874	1,919	1,599	1,449	2,718	1,874	0,749
Ecart-type de la moyenne	55856	8120	3125	27441	4134	8576	122381	34344	52680	8202	25457	16980	44463	5226	46459	19322	148241

Les principales dépenses des ménages sont l'alimentation, l'habillement, le savon pour toutes les fins hygiéniques, les frais scolaires des enfants, les objets scolaires, les soins de santé, l'amélioration de l'habitat, l'équipement des maisons d'habitation, les boissons et loisirs, l'eau potable pour toutes son utilisation, l'énergie électrique, les dépenses à caractère social, l'épargne, les fêtes au sein du ménage, le transport chaque fois qu'il n'est pas fait à pied et la communication. La monnaie locale, le Franc congolais, est indexé au dollar américain pour un taux de change instable.

3.2.5 LES DÉPENSES DU MÉNAGE INDEXÉES AU DOLLAR AMÉRICAIN

Un ménage dépense en moyenne l'équivalent de 6 dollars américains soit 0,73$ par personne par jour. Les dépenses annuelles du ménage s'élèvent à 2096 $. Ce qui permet de classer les ménages en trois catégories : ceux qui ont un revenu élevé (supérieur à 2000$/an) représentent 15,3% ; ceux qui ont un revenu moyen (1300 à 2100$/an) représentent 64,6% et ceux qui ont un revenu bas (inférieur à 1300$/an) représentent 20,1%.

Tableau 7. Les dépenses du ménage en dollar US (1$ = 1600 FC en juin 2018)

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Total des dépenses annuelles du ménage (FC)	265900,00	17517600,00	3353397,92	148241,97
Total des dépenses annuelles du ménage ($)	166,19	10948,5	2095,9	92,65
Total des dépenses mensuelles du ménage ($)	13,85	912,38	174,66	7,72
Total des dépenses journalières du ménage ($)	0,46	30,41	5,82	0,26
Total des dépenses par membre de famille ($)	0,06	3,80	0,73	0,03
FC	92	6083	1164	51

3.2.6 LE REVENU MOYEN DES MÉNAGES ISSUS DES CAMPAGNES AGRICOLES

Pour une saison agricole, les ménages gagnent sur l'agriculture et pour ces 4 cultures 1.954.030 FC équivalent à 1221$ us. Le revenu total moyen (estimé) issu de la récolte de ces quatre cultures peut couvrir 58,3% des dépenses totales du ménage estimées à 3353397 FC. Le reste devant être comblé par les activités agro pastorales, secondaires et d'actes de charité.

Tableau 8. Revenu issu de quatre cultures en Franc congolais (1$ = 1600 FC)

Revenu (FC)	Haricot	Manioc	Maïs	Pd terre	Total (FC)
Minimum	10000	2500	6000	15000	
Maximum	9240000	5328000	3000000	5066600	
Moyenne	256372	389494	194125	1114039	1954030

3.2.7 LA FORCE DE TRAVAIL

Un ménage qui compte en moyenne 8 personnes peut avoir une main d'œuvre théorique de 4 personnes adultes valides. Mais l'activité agricole est généralement abandonnée aux femmes et aux personnes âgées. Les ménages ne prennent pas en compte le coût de la main d'œuvre familiale dans le calcul des dépenses engagées.

Tableau 9. La main d'œuvre familiale

Statistique	Effectifs du ménage	Enfants de Moins de 15ans
Minimum	1	1
Maximum	25	10
Moyenne	8	4

3.2.8 AFFECTATION DES DÉPENSES DES MÉNAGES

Les dépenses prioritaires sont l'alimentation représentent 30%, en suite les dépenses pour la construction (22%), les dépenses pour la scolarisation des enfants (9%) et les dépenses pour la boisson (8%). Ceux qui font de l'épargne affectent 5% de leur revenu.

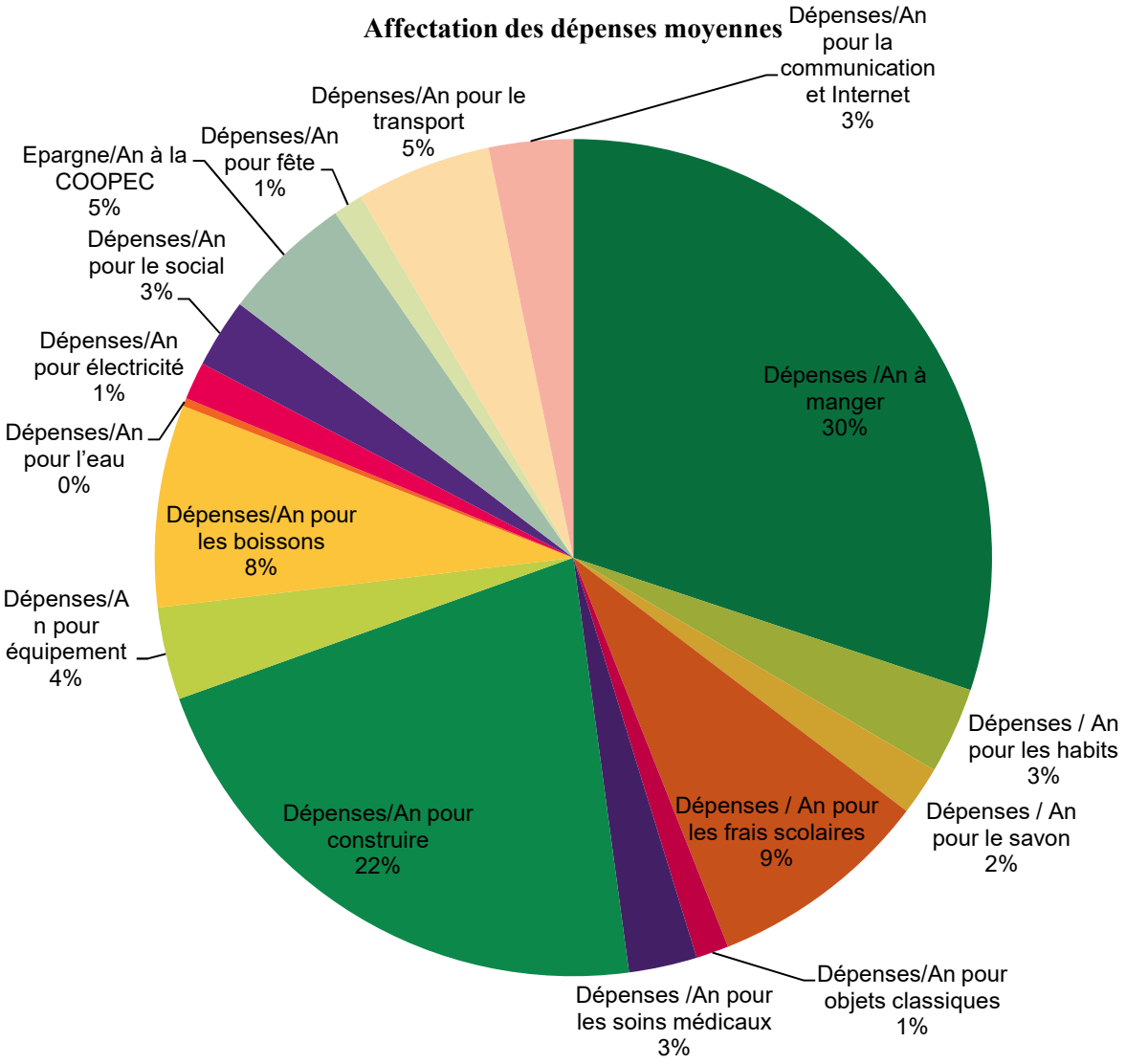


Fig. 2. Répartition des dépenses du ménage

3.3 UTILISATION DES ALIMENTS ET MALNUTRITION AU SUD-KIVU MONTAGNEUX

Pour [11], l'utilisation des aliments intègre à la fois la diète des ménages (en quantité et qualité), le nombre de repas du ménage au quotidien, l'existence ou non des cas de malnutrition au sein des ménages et l'accès et utilisation de l'eau potable.

3.3.1 FRÉQUENCES DES REPAS

Le repas pris par le ménage est pour la plupart composé d'un aliment principal accompagné de quelque chose d'autre. Par exemple foufou de manioc + haricot ; foufou de maïs mélangé à la farine de manioc + légumes + viande ; pomme de terre + haricot ; foufou de semoule maïs + haricot +légumes ; etc. Les quantités documentées sont celles estimées utilisées au quotidien ou par semaine. Le nombre de repas est sous entendu comme le nombre de fois que cette denrée entre dans la composition du repas.

Tableau 10. Statistiques sur les repas

Statistiques	Repas haricot par Semaine (kg)	Quantité haricot consommée/jr/ménage (kg)	Quantité haricot payée par Semaine (kg)	Repas foufou manioc par Semaine	Quantité farine de manioc par repas (kg)	Quantité de farine manioc payée par semaine (kg)	Repas foufou maïs par semaine	Quantité de farine de maïs par repas (kg)	Quantité de maïs payée par semaine (kg)	Quantité Pdt payée par Semaine (kg)	NbreRepas2017
Somme des poids	274	274	244	267	266	241	253	252	234	138	288
Minimum	1	0,5	1	2	0,5	1	0	0,5	1	1	1
Maximum	8	6	50	10	6	50	9	10	200	60	3
1er Quartile	2	1,5	4	4	2	10	2	1	3	3	2
Médiane	3	2	6	6	2	12,5	4	1,5	6	4	2
3ème Quartile	4	3	8	7	3	18	6	2	12	10	2
Moyenne	3	2	7	5	3	20	4	2	9	9	2
Coefficient de variation	0,4	0,48	0,79	0,25	0,44	2,32	0,57	0,63	1,6	1,2	0,28
Ecart-type de la moyenne	0,08	0,06	0,34	0,08	0,07	3,05	0,146	0,07	0,94	0,93	0,03

Il ressort que le ménage prend en moyenne 2 repas par jour en temps normal : le matin et le soir. Pendant la période de soudure / carence et/ou les crises et catastrophes, les familles mangent 1 fois et de préférence le soir ou la nuit. Les quantités consommées inscrites dans ce tableau dépendent du nombre de bouches à nourrir dans le ménage ; la période vécue par rapport à la récolte ou la paie des salaires aux chefs et/ou membres de ménages.

3.3.2 QUALITÉ DES REPAS PRIS PAR LES MÉNAGES

Les ménages connaissent les trois groupes d'aliments qui composent la qualité d'un repas : les aliments de construction, de protection et énergétiques. Leurs réponses ont été fournies en tenant compte de cette composition et la quantité prise.

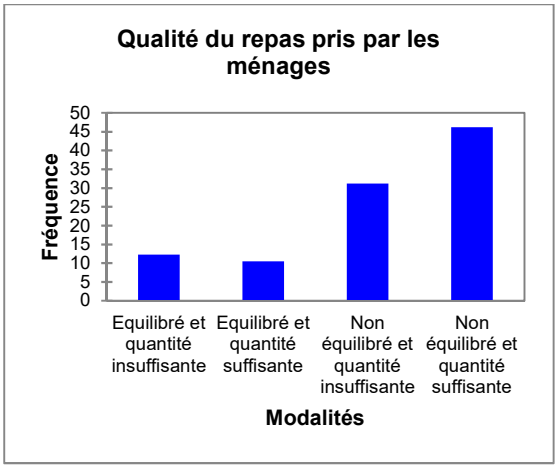


Fig. 3. Qualité du repas pris par les ménages

3.3.3 LES MALADIES NUTRITIONNELLES

Il ressort des données des ménages que 25% ont des cas de malnutrition contre 75% qui n'en ont pas. La population malnutrie est constituée des enfants (14% de la population enquêtée), des parents (5%), des personnes adultes non mariées (2%), des adultes et enfants (2%), des enfants et parents ou du trio enfants-adultes-parents dans les ménages qui vivent dans la pauvreté sévère.

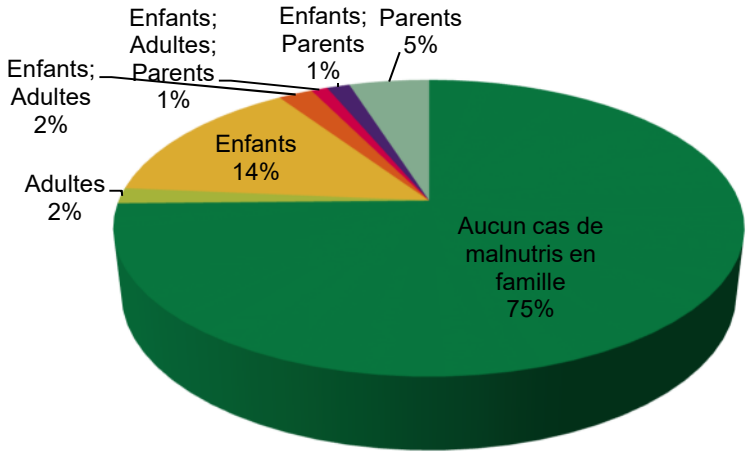


Fig. 4. Les personnes malnutries parmi le 25% déclarés

Les maladies nutritionnelles au sein des ménages qui sont déclarées les plus fréquentes sont la malnutrition protéino-calorifique (kwashiorkor), le marasme et les troubles gastro-intestinaux. On peut avoir au sein des ménages des cas qui souffrent de l'une et/ou l'autre de ces maladies.

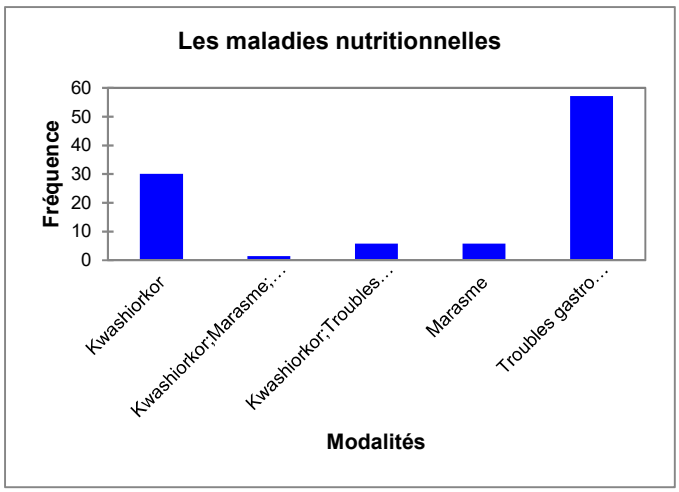


Fig. 5. Les maladies nutritionnelles

3.3.4 L'ACCÈS À L'EAU POTABLE

L'eau potable est devenue une denrée importante pouvant aussi influencer la qualité de la sécurité alimentaire au sein des ménages. Les maladies d'origine hydrique influencent directement la santé de la population et spécialement sa situation nutritionnelle. Elle est retenue comme le 6^{e} objectif du développement durable. Les données de terrain font état de ce qui suit :

Tableau 11. Les données sur l'eau potable

Echantillon	Mode	Modalité	(%)
Lieu de puisage de l'eau	Source aménagée	Borne fontaine	24,7
		Rivière	0,7
		Robinet en famille	17,1
		Source aménagée	39,0
		Source aménagée; rivière	0,3
		Source non aménagée	18,1
Etat du lieu de puisage	Très bon état	Excellent	28,2
		Mauvais état	26,8
		Très bon état	44,9
Qualité de l'eau	Potable	Non potable	19,2
		Potable	80,8
Distance par rapport au lieu de puisage	Moins de 500 m	Moins de 500 m	56,8
		Plus de 500 m	43,2
Temps de la maison au point d'eau	Moins de 15 min	15 min et plus	47,7
		Moins de 15 min	52,3

Les ménages puisent en moyenne 5,13 bidons de 20 litres par jour (Min =1 ; Max =15 ; Ecart-type = 0,14) soit 103 litres par jour et un accès moyen de 13litres /pers/jr. La majorité de ménages puisent à une source aménagée en très bon état. La qualité de l'eau est jugée potable par 81% de ménages contactés à une distance conforme aux normes de l'OMS ( ) : moins de 15 min pour un aller et retour par rapport au point d'eau.

3.4 DE LA STABILITÉ DES APPROVISIONNEMENTS

En plus de l'utilisation des aliments, la réflexion a vérifié l'existence d'autres maillons de la chaine de valeur : l'entreposage, la transformation et la préparation… [12] et les mesures de résilience.

3.4.1 DURÉE DES RÉCOLTES

Comme annoncé, la plupart des ménages pratiquent une agriculture de subsistance. Les stocks constitués pour les quatre cultures ciblées durent moins que la carence. La durée de la carence du maïs est élevée que les autres cultures. Les stocks post récoltes du manioc peuvent atteindre 5 mois alors ; ceux du haricot durent en moyenne 4 mois et le maïs 3 mois.

Tableau 12. Durée des stocks post récoltes

	Min	***Max***	***Moyenne***	***Ecart- type***
Durée du stock du haricot récolté (mois)	0	12	4	0,17
Durée de la carence en haricot (mois)	1	12	7	0,19
Durée du stock du manioc récolté (mois)	0	12	5	0,22
Durée de la carence du manioc (mois)	0	12	7	0,24
Durée du stock du maïs récolté (mois)	0,1	12	3	0,17
Durée de la carence en maïs (mois)	1	12	9	0,21
Durée du stock de la p. de terre récolté (mois)	0,1	12	1	0,42
Durée de la carence en p. de terre (mois)	1	12	11	0,14

3.4.2 LES INFRASTRUCTURES

Les infrastructures concernées sous ce point sont celles pouvant faciliter le transport vers les marchés, le séchage, le stockage, le conditionnement, la transformation, la commercialisation et les marchés eux-mêmes. Certains ménages ont reconnu qu'elles existent d'autres ont nié. Pour les uns, ces infrastructures sont suffisantes d'autres ont retenu que ces infrastructures sont insuffisantes. Leur existence est aussi un signe que dans le milieu, il existe d'opportunités que la population

peut saisir pour s'organiser en pré coopératives agricoles, en des coopératives agricoles primaires et en coopératives agricoles multi fonctionnelles pour un développement sûr de différentes chaînes de valeurs.

Tableau 13. Existence et état des infrastructures de la chaine de valeur

Echantillon	Modalité	Effectif	(%)
Existence d'infrastructure de transformation	Non	71	25
	Oui	216	75
Nombre suffisant d'infrastructures	Non	206	73
	Oui	77	27
Existence des greniers	Non	138	48
	Oui	150	52

Le mot grenier n'est pas pris dans son sens ancestral. Il s'agit de la capacité de disposer d'un stock de provisions post récoltes pour une spéculation donnée. Ceux qui en possèdent sont estimés à 52%.

3.4.3 ACHAT DES PRODUITS AGRICOLES EN CAS D'INSUFFISANCE DE LA PRODUCTION

Les données de ce point montrent le niveau de dépendance du marché. Principalement des produits importés des milieux voisins ou de l'extérieur du pays. Pour ces trois cultures, la dépendance du marché avoisine 90%.

Tableau 14. Situation de la dépendance

Echantillon	Mode	Modalité	Effectifs	(%)
	Oui	Non	29	11,2
Achat des produits du maïs en cas de carence		Oui	229	88,8
Achat produits manioc si carence	Oui	Non	31	11,4
		Oui	241	88,6
Achat de haricot en cas de carence	Oui	Non	46	16
		Oui	242	84

Les facteurs retenus comme plus influents de l'insuffisance alimentaires sont les perturbations climatiques, la faible production; l'insuffisance de moyens financiers pour payer de la nourriture; les technologies et pratiques agricoles utilisées.

3.4.4 LES MESURES DE RÉSILIENCE

Face à la carence et la période de soudure, les stratégies le plus développées sont le recours aux aliments inhabituels, la réduction du nombre de repas par jour, la réduction des quantités pour le repas, le petit commerce de survie, diverses dépendances et vendre sa force de travailler pour être payé en nature ou en espèce.

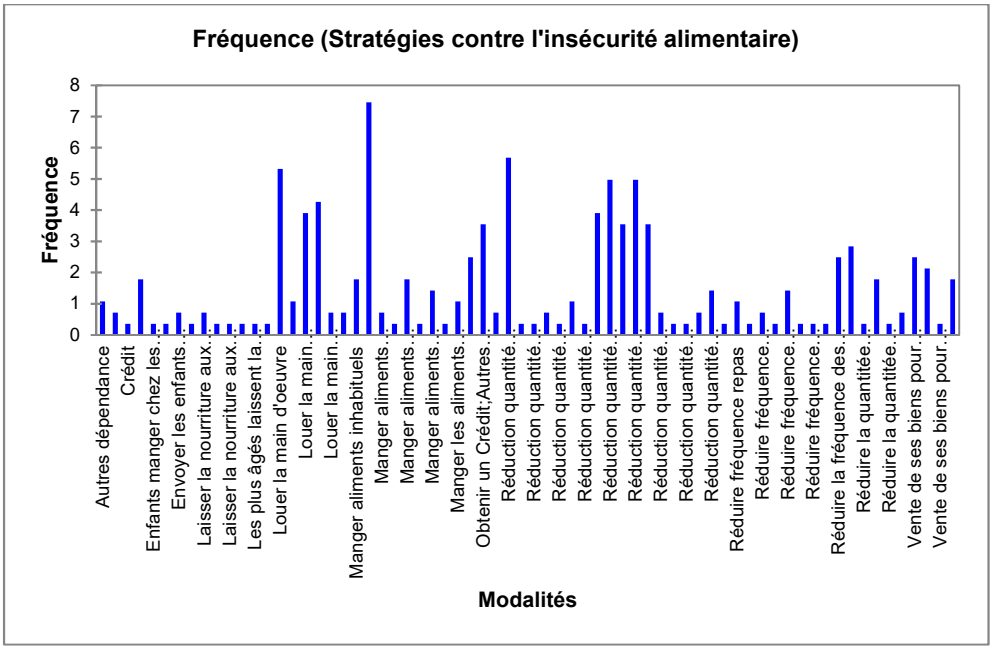


Fig. 6. Les stratégies pour lutter contre l'insuffisance alimentaire

3.5 LES CORRÉLATIONS ENTRE LES VARIABLES DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Il existe une certaine relation positive ou négative entre les facteurs de la sécurité alimentaire au sein des ménages.

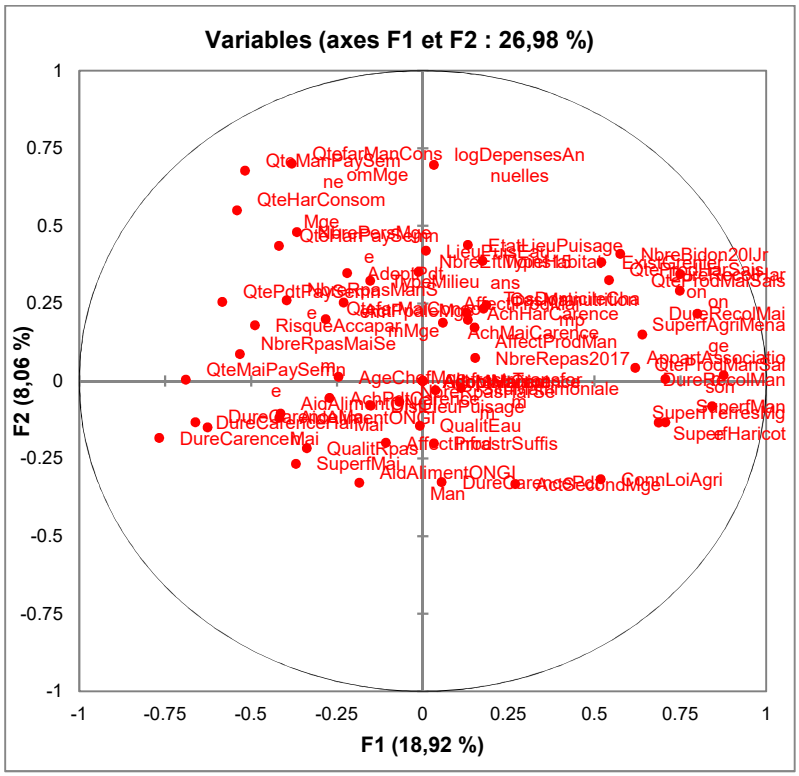


Fig. 7. Les corrélations entre les facteurs de la sécurité alimentaire

3.6 LES RÉGRESSIONS

Les résultats de ces points sont le fruit d'une analyse factorielle des données enregistrées avec des scores. Les variables dépendantes étudiées sont la qualité des repas pris par les ménages, la quantité produite pour quatre cultures sous étude, le revenu dépensé par les ménages, la malnutrition ; la carence du haricot, du maïs et du manioc ; l'existence des stocks/grenier dans les ménages et la quantité de l'eau potable utilisée.

3.6.1 LA QUALITÉ DES REPAS

La qualité de repas dépend du nombre de repas équilibré et en quantité suffisante (p=0,05) ; l'existence dans le ménages des cas de malnutrition (p=0,0001) ; la durée de la quantité de haricot produite par saison (p=0,0001) ; la durée de la carence du maïs (0,0001) et le nombre de repas (0,033). Elle est influencée négativement par l'existence dans le ménage des cas de malnutrition (p=0,0001).

Tableau 15. Coefficients normalisés de la qualité des repas

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > |t|	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Durée de la récolte du haricot	0,2871	0,0717	4,0018	**< 0,0001**	0,1457	0,4284
Durée de la carence du maïs	0,2844	0,0670	4,2467	**< 0,0001**	0,1525	0,4164
Nombre de repas en 2017	0,1351	0,0628	2,1516	**0,0325**	0,0114	0,2588
Existence des cas de malnutrition	-0,2532	0,0597	-4,2384	**< 0,0001**	-0,3709	-0,1355
Repas équilibré et quantité suffisante	0,1244	0,0648	1,9197	**0,0561**	-0,0033	0,2522
Repas non équilibré et quantité suffisante	0,1230	0,0705	1,7448	0,0824	-0,0159	0,2620

Cette situation peut être influencée par le revenu du ménage. Les facteurs qui pèsent le plus sur la qualité du repas quand on tient compte du revenu de ménage c'est la durée des récoltes (25%) et de la carence (20%).

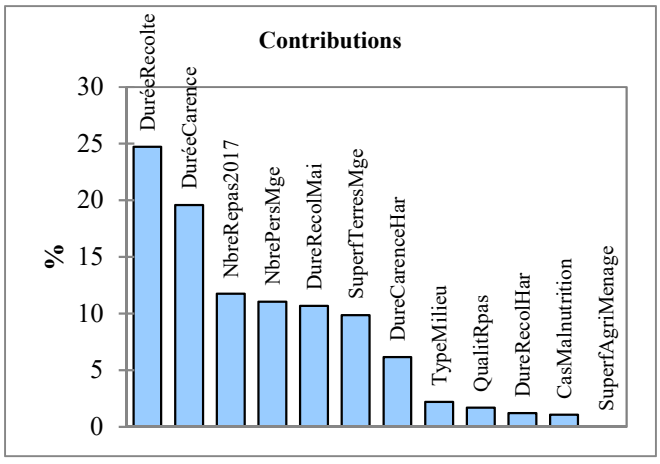


Fig. 8. Contribution des facteurs à la qualité des repas

3.6.2 LES QUANTITÉS PRODUITES PAR CULTURE

Les résultats de l'ANOVA montrent que les moyennes de la production du manioc par saison agricole ont varié significativement selon les chefferies (p=0,01) ; l'appartenance à une association de développement (p=0,003), le type

d'habitat (p=0,029), la superficie agricole des ménages (p=0,001), la superficie affectée par le ménage à la culture du manioc (p=0,000), le risque d'accaparement de la terre (p=0,000), de l'affectation de la production du manioc (p=0,006), l'existence d'infrastructures de transformation (p=0,05), et de l'existence du grenier/stockage en famille ou dans une coopérative agricole (p=0,006).

Les moyennes de la production du haricot ont varié significativement selon les chefferies (p=0,009), l'activité secondaire du chef de ménage (p=0,001), le type d'habitat possédé par le ménage (p=0,000), la superficie des terres du ménage (p=0,000), le risque d'accaparement des terres exploitées par les ménages (p=0,05), l'affectation de la production du haricot (p=0,000) et de l'existence du grenier (p=0,000).

Les moyennes de la production du maïs ont, quant à elles, changé de manière significative selon les chefferies (p=0,025), la superficie des terres possédées par les ménages (p=0,000) et l'affectation de la production du maïs (p=0,002).

3.6.3 LA DURÉE DE LA CARENCE DU HARICOT

La carence du haricot dépend directement du revenu dont dispose le ménage (p=0,003), et de la durée de la quantité récoltée par saison culturale (p=0,0001).

Tableau 16. Coefficients normalisés de la durée de la carence en haricot

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > |t|	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Nombre de personnes /ménage	0,0006	0,0568	0,0103	0,9918	-0,1112	0,1124
Nombre d'enfant de moins de15ans	0,0338	0,0583	0,5792	0,5630	-0,0811	0,1487
Les dépenses annuelles	0,1651	0,0542	3,0479	**0,0026**	0,0584	0,2718
Nombre de repas	-0,0514	0,0538	-0,9563	0,3399	-0,1574	0,0545
Durée de la récolte du haricot	-0,5806	0,0595	-9,7636	**< 0,0001**	-0,6977	-0,4634
Type de milieu habité	0,0000	0,0498	-0,0010	0,9992	-0,0981	0,0980
Superficie des terres du ménage	0,0805	0,1447	0,5565	0,5784	-0,2046	0,3657

3.6.4 LA DURÉE DE LA CARENCE DU MAÏS

Pour les mêmes variables indépendantes, l'étude a conclu qu'il y a une forte corrélation entre la carence du maïs et les facteurs suivants : la superficie des terres du ménage, l'existence du grenier, le nombre de personnes dans le ménage, le nombre d'enfant de moins de 15 ans, le nombre de repas et la quantité de maïs produite par campagne.

Tableau 17. Matrice de corrélation (Spearman) de la carence maïs

Variables	Durée carence maïs	Type de milieu	Superficie des terres du ménages	Existence du grenier	Nombre de personnes / ménage	Nombre enfants moins de15ans	LogDepenses	Nombre repas	Quantité production maïs /
Durée carence maïs	**1**	0,017	**-0,3**	**-0,22**	**0,15**	**0,22**	0,05	**-0,27**	**-0,52**
Type de milieu		**1**	-0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	-0,04
Superficie des terres du ménage			**1**	0,03	-0,03	**-0,22**	0,01	0,10	**0,34**
Existence du grenier				**1**	-0,0305	-0,02	**0,33**	**0,27**	**0,35**
Nombre de personnes / ménage					**1**	**0,43**	**0,17**	**-0,21**	0,07
Nombre enfants moins de15ans						**1**	0,07	**-0,26**	-0,12
LogDépenses							**1**	**0,19**	**0,18**
Nombre de repas								**1**	0,11
Quantité production maïs/Saison									**1**
Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05									

3.6.5 LA DURÉE DE LA CARENCE DU MANIOC

La carence du manioc au sein du ménage dépend du nombre des personnes dans le ménage (p=0,0078) ; le nombre d'enfants de moins de quinze ans dans le ménages (p=0,0225) ; le nombre de repas (0,07) ; la durée des récoltes du manioc (p=0,0001) ; la superficie des terres du ménage (p=0,05).

Tableau 18. Coefficients normalisés de la régression linéaire de la carence manioc

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > |t|	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Nombre de personnes/ménage	0,1138	0,0423	2,6884	**0,0078**	0,0304	0,1973
Nombre d'enfant /Moins de15ans	-0,0995	0,0433	-2,2998	**0,0225**	-0,1848	-0,0142
logDépenses	0,0332	0,0387	0,8575	0,3921	-0,0431	0,1095
NbreRepas2017	-0,0676	0,0381	-1,7748	**0,0774**	-0,1426	0,0075
Durée de la récolte du manioc	-0,8128	0,0397	-20,4748	**< 0,0001**	-0,8910	-0,7345
Type de milieu-0	0,0119	0,0361	0,3282	0,7431	-0,0594	0,0831
Superficie de terres du ménage	0,1810	0,0934	1,9368	**0,0541**	-0,0032	0,3652
Existence du grenier	0,0048	0,0390	0,1232	0,9021	-0,0721	0,0817

3.6.6 L'EXISTENCE DU GRENIER/STOCK EN FAMILLE

Les facteurs qui déterminent l'existence du grenier au sein des ménages sont les quantités produites (p=0,010), le nombre de repas (p=0,04), la durée de la récolte du haricot (p=0,002) et la superficie des terres exploitées par les ménages (p=0,001).

Tableau 19. Paramètres du modèle (Variable Existence du Grenier)

Source	Valeur	Erreur standard	Khi² de Wald	Pr > Khi²	Wald Borne inf. (95%)	Wald Borne sup. (95%)	Odds ratio	Odds ratio Borne inf. (95%)	Odds ratio Borne sup. (95%)
Constante	-4,92	2,03	5,9	**0,02**	-8,89	-0,95			
logDépenses	0,72	0,61	1,42	0,23	-0,46	1,91	2,06	0,63	6,78
Qté production maïs/Saison	0,003	0,001	6,58	**0,01**	0,001	0,01	1,00	1,001	1,01
Qté production manioc/Saison	0,0003	0,0003	1,12	0,29	-0,001	0,001	1,00	0,999	1,001
Qté production haricot/Saison	0,002	0,002	0,83	0,36	-0,002	0,01	1,00	0,99	1,007
Nombre de repas	0,65	0,32	4,26	**0,04**	0,03	1,27	1,92	1,03	3,56
Durée récolte haricot	0,30	0,09	9,42	**0,002**	0,11	0,49	1,35	1,12	1,64
Type de milieu	0,39	0,3267	1,4	0,24	-0,25	1,03	1,47	0,78	2,79
Superficie de terres/ménage	-3,02	1,1647	6,71	**0,01**	-5,30	-0,74	0,05	0,01	0,48

La variable « existence du grenier en famille » dépend plus de la durée de la récolte du haricot (62%).

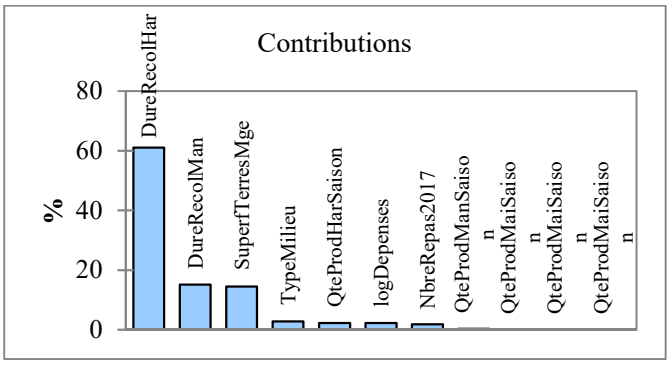


Fig. 9. Régression des facteurs de l'existence du grenier au sein du ménage

3.6.7 LA QUANTITÉ DE L'EAU POTABLE AU SEIN DU MÉNAGE

Le nombre de bidons de 20 litres puisés par le ménage dépend de la distance par rapport au lieu de puisage (22%), du lieu de puisage (15%), de la qualité de l'eau (13,5%), du nombre d'enfants de moins de 15 ans (13%), du nombre de personnes dans le ménage (13%) et du type de milieu (13%).

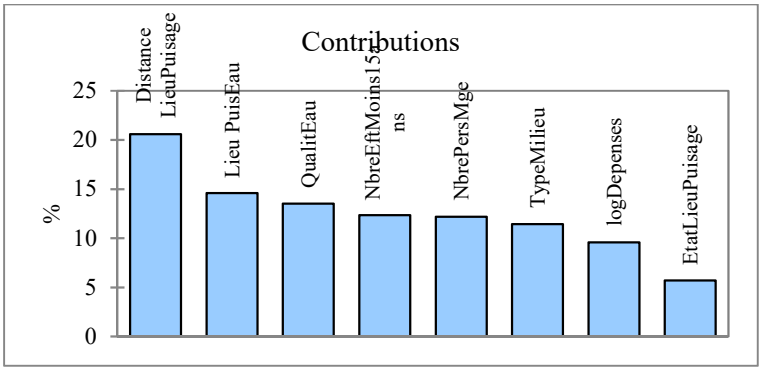


Fig. 10. Les contributions des facteurs à la quantité de l'eau puisée

4 DISCUSSION DES RESULTATS

Il existe peu d'écrits scientifiques sur la sécurité alimentaire sur la cible de cette étude. Les enquêtes 1-2-3[3] ; les rapports EFSA[4], de Surveillance nutritionnelle, Sécurité alimentaire et Alerte Précoce (SNSAP) présentent la situation globale du pays ou d'une province et laissent échapper des particularités géographiques comme celles présentées dans cette étude.

4.1 LA DISPONIBILITÉ DES ALIMENTS

Le système de production agricole au Sud-Kivu montagneux est assis sur une mosaïque de petites exploitations familiales consacrant la dispersion géographique de la production vivrière obtenue généralement en culture associée dont les principales spéculations sont le manioc, le haricot, la banane, …demeure incapable d'assurer une alimentation suffisante, pour une vie saine et active, à une population galopante [13], [14].

Il ressort de cette étude que la production locale du haricot, manioc, maïs et de la pomme de terre ; dans les conditions de production actuelles et pour les technologies utilisées, est insuffisante par rapport à la demande des ménages. Le rendement moyen des cultures rapporté est de 10.174,8 kg/ha pour le manioc contre 25 à 50T/ha en station, 800,48 kg/ha pour le haricot contre 1500 kg en station, [15]; 1180,7 kg/ha pour le maïs contre 3000 kg en station [16], et 2971,1 kg/ha pour la pomme de terre contre 15.000 kg en station [17]. [18] l'aurait qualifiée de subsistance. L'agriculture au Sud Kivu montagneux est traditionnelle et est faite majoritairement à la houe par une main d'œuvre familiale. La mosaïque africaine du manioc a considérablement affecté cette culture mais peu de ménages l'ont abandonnée [19]. Cette activité du secteur primaire est en risque à cause de l'érosion, l'inondation, les perturbations climatiques (fortes et/ou absence des pluies, chute des grêles, les maladies des plantes et des bétails, l'absence/faible accès aux intrants et équipements de qualité, le manque et/ou le mauvais état des infrastructures et le marché moins rémunérateur [20].

La loi agricole, promulguée en 2009 est considérée comme une politique sectorielle en faveur des producteurs agricoles. Malheureusement les mesures d'application n'ont pas suivi. La carence vécue devrait faire l'objet régulier d'un système d'alerte précoce qui n'existe que dans les discours [21].

L'aide alimentaire n'a jamais atteint 25% de ménages en milieu paysan malgré un taux de vulnérabilité supérieur à 65% [22]. Les produits du manioc (farine, carottes, etc.) ne sont pas éligibles dans les articles du « food » distribués par les Humanitaires [23]. Cette aide est moins fréquente et ne peut être donnée que pendant la période des récoltes. Le don en maïs est accordé sous forme de maïs frais laiteux. Seulement 9% de l'échantillon ont affirmé avoir bénéficié d'une quelconque aide alimentaire des Humanitaires. Les ménages qui reçoivent de l'aide humanitaire sont ceux proches des zones de conflits armés et autres poches d'insécurité et/ou qui ont accueilli des déplacés internes liés aux catastrophes. L'aide reçue est généralement

[3] Enquête 1-2-3 présente les résultats sur l'emploi, le secteur informel et la consommation des provinces en RD Congo. Produit théoriquement chaque année par l'Institut National de la Statistique.

[4] Rapport EFSA : se fait par province en cas d'urgence pour déterminer les proportions des ménages estimés en insécurités alimentaire modérée et sévère.

composée de la farine de maïs, haricot, farine de manioc (exceptionnellement) et en semence de pomme de terre ou d'arachide, [24]. L'aide alimentaire humanitaire est distribuée irrégulièrement par des agences et organismes des Nations Unies, des institutions de recherche et d'autres organisations d'appui lors des situations d'urgence liées aux mouvements des populations. Ces mouvements ont été trop fréquents pour les populations qui habitent les zones proches du Parc National de Kahuzi Biega (PNKB) devenu le refuge des groupes armés locaux appelés « résistants MAYI MAYI, RAIA MUTOMBOKI, RAIA MUKOMBOZI » ou étrangers rwandais (Forces Démocratiques pour la Libération du Rwanda,...).

Pour pallier à la carence, les ménages s'approvisionnent aux marchés locaux et extérieurs : Bukavu, Kabare nord, Kalehe, Goma, Masisi, Rutshuru et au Rwanda pour le haricot ; Bukavu, Bunyakiri, Idjwi, Kalehe, Kabare nord, Luhwinja, Plaine de la Ruzizi et au Rwanda pour le manioc ; Bukavu, Goma, Plaine de la Ruzizi, Mudaka et au Rwanda pour le maïs ; Bugobe, Bukavu, Goma, Kalehe et Luhwinja pour la pomme de terre. Les statistiques sur les quantités qui entrent ne sont pas documentées [25].

4.2 ACCÈS À LA NOURRITURE

Les superficies exploitées sont petites alors que la demande de terre ne cesse d'augmenter [26]. Cette demande élevée est justifiée par une démographie galopante (taux d'accroissement=3,3%), un amenuisement des surfaces cultivables au profit des maisons d'habitation et de l'élevage [27]. Les grandes superficies fertiles sont concentrées entre les mains de la classe dirigeante, les églises, le PNKB et les commerçants [28]. Les contrats de bail terriens sont précaires et ne garantissent pas l'adoption des techniques plus productives aux locataires [29].

Le revenu tiré de l'agriculture est bas (inférieur à 60% des besoins des ménages). La majorité des producteurs dépend du marché. Pour s'y procurer de la nourriture, les ménages pauvres vendent généralement leur force de travail contre une rémunération inférieure à 1$/jr. L'argent gagné sert entièrement à l'achat de nourriture dans une conjoncture où l'instabilité des prix expose davantage les ménages à l'insécurité alimentaire. En fait, les termes de l'échange sont saisonniers et défavorables aux producteurs agricoles [30].

Il convient de signaler qu'il y a une inégalité dans les dépenses des ménages. Elles sont largement dominées par l'alimentation qui représente contre 30,0% de la dépense totale des ménages contre 73% pour toute la province du Sud-Kivu en 2009 [31]. Impossible de conclure qu'il y a eu amélioration. Plutôt un signe de responsabilité qui intègre de plus en plus la scolarité des enfants et l'amélioration de l'habitat. Contrairement audit rapport du PNUD, les dépenses non alimentaires représentent 70% des dépenses globales des ménages contre 23,9% pour l'ensemble de la province.

L'accès à la nourriture est saisonnier [32]. L'enquête révèle qu'une forte proportion de ménages rencontre des difficultés à avoir la nourriture pendant les mois de septembre (66%) et d'octobre (64%), Le nombre de ménages qui s'endettent au cours du mois de septembre est 13%,[33].

4.3 UTILISATION DES ALIMENTS ET MALNUTRITION

Il y a des ménages qui n'ont qu'un repas par jour (le soir) pour une proportion de 15%. Les ménages moyens (68%) ont deux repas par jour. Cette moyenne est confirmée par plusieurs recherches [34], [35], etc.), des rapports d'évaluation de la sécurité alimentaire au sein de la province (EFSA et MICS de 2006 à 2018) et rapports des Humanitaires et agences des Nations Unies. Les repas dans les ménages sont dominés par des diètes riches en calories et pauvres en protéines, en nutriments de construction et de protection avec à la tête le foufou de manioc. Seuls 10% de ménages enquêtés apprécient que les repas sont suffisants et équilibrés.

Combattu depuis 1965, la malnutrition n'est pas éradiquée au Sud-Kivu montagneux. 25% de ménages en ont des cas. Elle est déclarée d'un pourcentage trop faible (2%) dans les chefferies de Luhwinja, Kaziba et Burhinyi ; mais élevée à Kabare (27%) et Ngweshe (46%). Les raisons qui sont plus à la base de cette vulnérabilité ont à la tête la diminution de la production, le manque d'argent payer nourriture, le recours aux technologies et pratiques peu productives. Un fait nouveau de la période post conflits et guerres armées et qui persiste c'est la réapparition de la malnutrition chez les adultes (5% à Ngweshe) et chez les parents (10,5% à Kabare et 4% à Walungu). La malnutrition des enfants est estimée à 25% à Ngweshe et 16% à Kabare contre 43% représentant le total d'enfants estimés souffrant de la malnutrition. Pour le cas de la prévalence de cette maladie chez les enfants de moins de cinq ans, 56% d'entre eux accusent un retard de croissance chronique, c'est-à- dire que leur taille est inférieure à la norme d'un enfant de leur âge tandis que 31,4% de ces enfants souffrent d'un retard de croissance sévère. Cette forme de malnutrition traduit une mauvaise condition sociale et sanitaire des enfants [36].

L'accès à l'eau potable et ses conséquences constituent un autre problème non négligeable. La fréquence attribuée aux maladies liées à la consommation d'une eau potable en est une preuve (58% sont des gastroentérites intestinales) même si

81% des ménages déclarent consommer de l'eau potable. 19% des ménages puisent l'eau à la rivière et à des sources non aménagées.

4.4 STABILITÉ DES APPROVISIONNEMENTS

La durée des récoltes est largement inférieure à celle de la carence pour les quatre produits sous analyse alors que 52% des ménages reconnaissent constituer des stocks/greniers. Cette situation met chaque année les ménages du Sud-Kivu montagneux dans une dépendance des produits achetés au marché (84% pour le haricot contre 89% pour le manioc).Ceux qui produisent pour gagner un revenu représentent 7,5%. Un pourcentage non négligeable si on envisage construire de l'agrobusiness. C'est généralement des ménages qui ont plus de 5 champs ou une superficie supérieure à 1,5ha soit 20% des ménages enquêtés.

Dans cette zone, comme dans la plupart de provinces de la RDC, les revenus les plus faibles sont observés non seulement chez les actifs du secteur informel (agricole et non agricole) mais également dans l'administration publique.

Le Score moyen de diversification alimentaire (SDA) qui en dépend a chuté progressivement de 6.0 pour les ménages en sécurité alimentaire à 4.0 pour les ménages en insécurité alimentaire pauvres. Il sied de noter que comparativement à l'année dernière, le SDA moyen s'est amélioré. Ce qui conforte davantage les arguments avancés en faveur d'une amélioration de la situation alimentaire des ménages dans la province du Sud Kivu en février 2018. Les ménages font de moins en moins recours aux stratégies de survies basées sur les moyens d'existence ; autrement dit, l'ampleur de la dureté de la vie est en baisse de manière globale. En effet, la proportion des ménages qui recourent aux stratégies de survies basées sur les moyens d'existence globale (sévère et modéré) a baissé de 8 points de pourcentage passant de 67% en 2017 à 59% en 2018 [37].

Les besoins en infrastructures pouvant faciliter la chaîne de valeur en agriculture est un défi majeur. Par endroit, certaines organisations d'appui accompagnent la mise en place des coopératives primaires mais les préalables pour un démarrage effectif et un fonctionnement efficace et efficient ne sont pas encore réunies. Le problème prioritaire à résoudre c'est l'accroissement de la production agropastorale en amont et en aval le marché.

4.5 LES CORRÉLATIONS ENTRE LES COMPOSANTES DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE AU SUD-KIVU MONTAGNEUX

L'analyse ACP des similarités qui existent entre les facteurs de la sécurité alimentaire (total F1et F2 = 29%) fait ressortir 11 groupes dont les facteurs ont une forte corrélation. Le premier c'est la quantité de farine du manioc consommée par le ménage et la quantité de manioc payée par semaine. Le deuxième c'est la quantité de haricot consommée par le ménage, le nombre de repas en 2017 et la quantité de haricot payée par semaine pendant la période de soudure. Le troisième c'est l'état du lieu de puisage de l'eau potable, le lieu de puisage et le type d'habitat. Le quatrième est formé par l'existence du grenier dans le ménage, la durée de récolte du haricot, la quantité de haricot produite par saison agricole et la quantité de maïs produite par saison culturale. Le cinquième c'est l'existence au sein du ménage des cas de malnutrition, l'achat de la pomme de terre pendant la période de carence, l'affectation de la production du maïs, l'achat du maïs pendant la période de soudure et l'affectation de la production du manioc. Le sixième est composé de la quantité de la pomme de terre payée par semaine, le nombre de repas du foufou de manioc, l'activité principale du chef de ménage et la quantité de farine de maïs consommée par repas. Le septième c'est l'appartenance à une association de développement, la quantité de manioc produite par saison et la durée du stock du manioc post récolte. Le huitième c'est la superficie des terres possédées par le ménage, la superficie exploitée pour le manioc par le ménage et la superficie exploitée pour le haricot. Le neuvième associe la durée de la carence du haricot, la durée de la carence du manioc et la durée de la carence du maïs. Le dixième c'est la qualité du repas et la superficie des champs exploités pour le maïs. Le onzième associe l'aide alimentaire des ONGI en haricot et celle en produits du maïs.

Ces tendances ont poussé l'étude à vérifier les variables qui peuvent prédire certains facteurs directement liés à la sécurité alimentaire.

4.6 LES RÉGRESSIONS MULTIPLES ENTRE LES FACTEURS

Au sein des ménages du Sud-Kivu montagneux, quand on consomme un repas équilibré et suffisant, le nombre de repas diminue compte tenu du prix sur le marché. Les cas de malnutris augmentent au sein du ménage quand la qualité du repas diminue ; également quand le stock du maïs diminue, la qualité des repas diminue mais quand la durée du stock de haricot récolté augmente, le ménage a des garanties de consommer des repas de qualité. L'enquête de [37] pour le Sud-Kivu a souligné que les céréales et tubercules (5,1 fois par semaine), les protéines végétales (5,7 fois par semaine) et les huiles/graisses (5,1

fois par semaine) sont les aliments les plus consommés par les ménages. Pour cette étude, la diversité alimentaire influence de manière significative la prévalence de l'insécurité alimentaire.

Les quantités produites pour les denrées alimentaires sont déterminées par la superficie exploitée par le ménage et le rendement. Le Sud Kivu en général, et la partie d'altitude en particulier, dispose d'un potentiel agricole important. Mais, pour diverses raisons, ce potentiel est sous valorisé. L'accès insuffisant à tous les facteurs de production, les techniques culturales inappropriées qui favorisent l'érosion des sols et accentuent leur perte de fertilité, les phytopathologies comme la mosaïque et la striure brune du manioc, le Wilt du bananier demeurent les facteurs les plus influents de la production agro-pastorale, [33]. L'agriculture est en risque à cause de l'érosion, les inondations par endroit, les perturbations climatiques (fortes et/ou absence des pluies), chute des grêles, les maladies des plantes et des bétails, l'absence/faible accès aux intrants et équipements de qualité, le manque et/ou le mauvais état des infrastructures et le marché moins rémunérateur.

En outre, les potentialités des chefferies sont différentes. On distingue des zones de production pour l'une ou l'autre culture pendant que d'autre en sont pauvres. A titre d'exemple, Kabare Nord est une zone de production du maïs, du manioc, du haricot, du soja et de la banane. Par contre, Kabare centre et sud ont une terre trop pauvre. Ngweshe est une zone légumière et du manioc. Burhinyi et Luhwinja sont propice au développement de la culture de la pomme de terre.

Ceux qui ont adopté les paquets technologiques vulgarisés par les organisations d'appui de la vulgarisation agricole enregistrent des productions élevées par rapport aux non adoptants. Les producteurs qui enregistrent des productions élevées vendent le surplus et réussissent à améliorer leur habitat contrairement aux non adoptants. Les petits, moyens et grands producteurs ne peuvent pas enregistrer les mêmes quantités produites bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les rendements obtenus.

Les producteurs qui ont peur que la terre exploitée leur sera ravie y investissent moins que ceux dont les titres et les contrats fonciers sécurisent les exploitants.

Les producteurs qui affectent une grande partie de leurs récoltes à la vente produisent plus que ceux qui produisent pour l'autoconsommation ou pour la vente et l'autoconsommation. Ceux qui ont un accès facile aux infrastructures de transformation et d'autres maillons de la chaine de valeur produisent plus que ceux qui ont des difficultés d'accès au marché et les infrastructures.

Le facteur qui influence le plus la durée de la carence en produits agricoles et l'existence d'un grenier c'est la durée des récoltes qui dépend elle-même de la quantité produite. La malnutrition dépend plus du revenu annuel du ménage.

La collecte de l'eau est une tâche dédiée principalement à la femme, de préférence adulte. Toutefois, les jeunes filles et jeunes garçons y participent dans des proportions relativement importantes selon le statut du ménage. Le facteur le plus influent de la liste des facteurs déterminant la quantité d'eau puisée c'est la distance entre la maison d'habitation et le point d'eau. Si la distance est courte, le ménage puise un nombre de bidons de 20 litres supérieur à la moyenne (5 bidons/jrs).

5 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de faire un état des lieux de la sécurité alimentaire dans la région du Sud Kivu montagneux (le Bushi) et en donner quelques perspectives. Elle a eu lieu au premier semestre de l'année 2018. Les résultats obtenus à l'issue d'analyses statistiques des données qualitatives et quantitatives récoltées au sein de 288 ménages agricoles à Kabare, Ngweshe, Kaziba et Luhwinja complètent ceux de la documentation sur cette thématique.

Dans cette zone d'étude, les productions vivrières sont confirmées insuffisantes et ne peuvent assurer l'autosuffisance alimentaire. Cette situation est accentuée par les perturbations climatiques et des distorsions importantes sur les marchés des produits agricoles. La majorité des ménages possèdent des terres d'une superficie comprise entre 0,1 et 0,9ha (43,1% des ménages) ; la dépendance extérieure des ménages est élevée (en moyenne 9 mois de carence) ; les ménages qui font des stocks entre la récolte et la carence sont d'une proportion estimée à 52%; les ménages ne bénéficient presque pas de l'aide alimentaire (12,7% en ont bénéficié), le revenu moyen du ménage est estimé à 0,7$/personne/jour ; l'infrastructure disponible est défectueuse et insuffisante ; les ménages prennent 2 repas par jour (matin et soir) jugés non équilibrés mais en quantité suffisante ; la probabilité d'avoir des enfants de 0 à 5 ans qui ont la malnutrition est de 16% alors que la malnutrition aigüe générale est de 25% contre une malnutrition sévère de 22,3% pour une population dans l'insécurité alimentaire estimée à 55% ; la loi agricole est faiblement connue des ménages et n'a pas corrélé avec les facteurs de la sécurité alimentaire, la population ayant pris acte de la démission de l'Etat par rapport à ses missions régaliennes ; les ménages ont des faibles capacités de négociation sur un marché exposé à la concurrence parfaite dans un système où des taxes pléthoriques augmentent les coûts de transport et de transaction. 19% de ménages n'ont pas accès à l'eau potable.

De ce fait, il est recommandé d'appuyer et accompagner de manière efficiente et efficace la relance de la production agropastorale qui doit être au centre de la stratégie provinciale de sécurité alimentaire. L'accès aux intrants de production doit être soutenu. Aucune relance agricole et pastorale ne sera possible sans une présence plus active de l'Etat. En effet, le suivi-conseil, le contrôle des phytopathologies, l'ouverture des routes de desserte agricole, la structuration du monde rural, l'organisation des marchés, la planification-suivi-évaluation des systèmes d'alerte précoces en sécurité alimentaire cités comme principaux défis relèvent de ses compétentes, [38].

REMERCIEMENT

Sincères remerciements aux différents chefs de ménages des Chefferies Kabare, Kaziba, Luhwinja et Ngweshe qui ont fourni l'information contenue dans cet article.

REFERENCES

[1] Matata, P., Evaluation des Objectifs du Millénaire pour le Développement en RD Congo, sl: sn, 2016.
[2] MINIPLAN, Contextualisation et priorisation des objectifs de développement durable en RD Congo, Rapport national, Kinshasa: sn, Octobre 2016.
[3] PNUD, Rapport national sur le développement humain 2016, Kinshasa: sn, Août 2017.
[4] Vredeseilanden, Contribution des ONG belges à la Table Ronde sur la Sécurité alimentaire en RDCongo du 19 au 20 mars 2004, Kinshasa: sn, 15 mars 2004.
[5] FAO, Sommet mondial sur l'alimentation 13 -17 novembre 1996, Rome: sn, 1996.
[6] EFSA, Evaluation approfondie de la sécurité alimentaire dans la province du Sud-Kivu, RD Congo, Bukavu: sn, Juin 2018.
[7] Dupriez, H., Bushi, l'asphyxie d'un peuple. Inédit red. sl:sn, 1997.
[8] Ansoms, A., "Profil socio économique du Sud-Kivu et futures pistes de recherche". L'Afrique des grands lacs, Annuaire 2009-2010, pp. 259-271, 2010.
[9] FAO, Sommet mondial sur l'alimentation 13 -17 novembre 1996, Rome: sn, 1996.
[10] MINAGRI, Code agricole, RDC. Kinshasa: Journal Officiel, 2009.
[11] FAO, Sommet mondial sur l'alimentation 13 -17 novembre 1996, Rome: sn, 1996.
[12] Konrad, A., Rapport atelier régional sur le système d'alerte précoce de la sécurité alimentaire, Bukavu: sn, Août 2018.
[13] Mastaki, N., Le rôle des goulots d'étranglement de la commercialisation dans l'adoption des innovations agricoles chez les producteurs vivriers du Sud-Kivu/RDC. Bruxelles: Thèse UCL, 2006.
[14] Tollens, E., "L'Etat Actuel de la Sécurité Alimentaire en R.D.Congo : Diagnostic et Perspectives", Working Paper 2003/77, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, K.U. Leuven, 2003.
[15] INERA/PNH, Caractéristiques des variétés de haricot commun Phaseolus vulg. L année 2006 a et B. JA Mbikayi Nk. red. sl:Akorpress, 2000.
[16] Katunga & Namujimba, Le système agropastoral du Bushi et du Buhavu à l'Est de la RDC face au défi de la sécurité alimentaire. EDILIVRE red. Paris: Coll. Universitaire, 2011.
[17] Tanganik, Rapport sur les rendements de principales cultures au Kivu, inédit, 1999
[18] Buchekuderhwa, C., Essays on technology adoption in the subsistence faming, Thesis. sl:Research Gate, 2014.
[19] Bisimwa, B., Epidémiologie, diversité génétique, distribution et contrôle des virus de la mosaïque africaine du manioc et de son vecteur (Bemisia tabaci) dans la région du Sud-Kivu en RDC; Thèse. sl:UCL, 2011.
[20] EFSA, Enquête approfondie de la sécurité alimentaire au Sud-Kivu, Bukavu: sn, 2016.
[21] Sébastien, L., Contextualisation de la sécurité alimentaire au Sud Kivu [Interview] (12 Août 2018).
[22] EFSA, Enquête approfondie de la sécurité alimentaire au Sud-Kivu, Bukavu: sn, 2016.
[23] Mwavita & Bwami, Distribution aide alimentaire à Mwenga [Interview] (juin 2015), 2015.
[24] Mirindi/OCHA-Bukavu, Communication personnelle sur l'aide alimentaire [Interview] (juillet 2017), 2017.
[25] Mastaki, N., Circuit de distribution des produits vivriers à Bukavu, coûts de transaction et impact sur la promotion vivrière du Sud Kivu (RDC). sl:Mémoire DES UCL, 2003.
[26] Cikomola/SOS-FAIM, Question foncière au Bushi [Interview] (Mars 2017), 2017.
[27] PNUD, Rapport sur la pauvreté et les conditions des ménages, 2016.
[28] Cirimwami, J., La protection du droit à la prpriété foncière des peuples riverrain du PNKB au Sud Kivu: Etat des lieux et perspectives. sl:UCB-Bukavu, 2010.
[29] Cirimwami & Zihalirwa, "Statut foncier des marais du Bushi et évolution du pouvoir coutumier", Cahier du CERPRU n°14, 2000.

[30] PAM, Analyse approfondie de la sécurité alimentaire et de la vulnérabilité (CFSVA) en RDC, Kinshasa: sn, 2014.
[31] PNUD, Pauvreté et conditions de vie des ménages du Sud-Kivu, Bukavu: sn, 2009.
[32] PNUD, Pauvreté et conditions de vie des ménages du Sud-Kivu, Bukavu: sn, 2009.
[33] EFSA, Enquête approfondie de la sécurité alimentaire dans les ménages de la province du Sud-Kivu, Bukavu: sn, 2011.
[34] Dupriez, H., Bushi, l'asphyxie d'un peuple. Inédit red. sl:sn, 1997.
[35] Katunga & Namujimba, Le système agropastoral du Bushi et du Buhavu à l'Est de la RDC face au défi de la sécurité alimentaire. EDILIVRE red. Paris: Coll. Universitaire, 2011.
[36] INS, MICS 2, rapport sur la sécurité alimentaires en RD Congo, 2007
[37] EFSA, Evaluation approfondie de la sécurité alimentaire dans la province du Sud-Kivu, RD Congo, Bukavu: sn, Juin 2018.
[38] Falconnier G.N., Descheemaeker K., Traore B., Bayoko A., Giller K.E.**.** "Agricultural intensification and policy interventions: Exploring plausible futures for smallholder farmers in Southern Mali", Land Use Policy, 70: p. 623-634, 2018.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 526-544
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Changement climatique et production agricole dans la région du Sud-Kivu montagneux à l'Est de la RD Congo

[Climate change and agricultural production in the mountainous South Kivu region of Eastern DR Congo]

Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI[1], Sylvain RAMANANARIVO[2], Augustin Ngaboyeka MUTABAZI[3], Bahananga MUHIGWA[4], Espoir Basengere BISIMWA[3], Romaine RAMANANARIVO[2], and Jules RAZAFIARIJAONA[2]

[1]Doctorant Aménagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

[2]Agromanagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

[3]Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

[4]Université Officielle de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the DR Congo and more particularly in the Center-Eastern part, the populations of both urban and rural areas are experiencing signs such as the late and sometimes sudden return of rains, high temperatures, unusual drought and a disruption of the agricultural calendar. This study consisted of analyzing meteorological data from 1980 to 2016 in the Bukavu region around Lake Kivu; changes in the water levels of this lake, yield of cassava, beans, corn and potatoes from 1992 to 2015 to determine if there have been climatic disturbances and their consequences in agriculture. These data were coupled with those of a survey of 90 households to analyze their perceptions of climate change and resilience practices. The results show that the majority of crops in Central - East DRC suffer from biotic and / or abiotic stresses due to the effectiveness of climatic disturbances. The component factor analysis of the evolution of the agricultural yield of the four crops testifies that climatic changes have partial impact on yields with consequences the appearance of poorly controlled diseases of some plants, an ever-decreasing diminution of the agricultural production, the persistence of malnutrition in households, etc. The resilience strategies developed by households are the adoption of the Integrated Management of Soil Fertility package and the reorganization of the agricultural calendar.

KEYWORDS: Climate change, agricultural crisis, Eastern DRC, malnutrition, crop yield, resilience.

RÉSUMÉ: En RD Congo et plus particulièrement sa partie Centre-Est, les populations tant des milieux urbains que ruraux enregistrent chaque année des signes tels le retour tardif et parfois brutal des pluies, des températures élevées, une sécheresse inhabituelle, une perturbation du calendrier agricole. Cette étude a consisté à analyser les données météorologiques de 1980 à 2016 dans la région de Bukavu autour du lac Kivu; l'évolution du niveau de ce lac, le rendement du manioc, haricot, maïs et pomme de terre de 1992 à 2015 en vue de dégager s'il y a eu des perturbations climatiques et les conséquences qui en découlent en agriculture. Ces données ont été couplées à celles d'une enquête auprès de 90 ménages en vue d'analyser leurs perceptions de ce changement climatique et les pratiques de résilience. Il ressort des résultats que la majorité des cultures du Centre – Est en RD Congo souffrent des stresses biotiques et/ou abiotiques dues à l'effectivité des perturbations climatiques. L'analyse factorielle par composantes de l'évolution du rendement agricole des quatre cultures concernées témoigne que ces

changements climatiques ont influencé en partie les rendements avec comme conséquences l'apparition des maladies mal maitrisées de certaines plantes, une diminution toujours croissante de la production agricole, la persistance de la malnutrition au sein des ménages, etc. Les stratégies de résilience développées par les ménages sont l'adoption du paquet de la Gestion Intégrée de la Fertilité du Sol et le réaménagement du calendrier agricole.

MOTS-CLEFS: Changements climatiques, crise agricole, Est de la RDC, malnutrition, rendement des cultures, résilience.

1 INTRODUCTION

En Afrique, la RD Congo est l'un des pays les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques malgré ses potentialités forestières et foncières suite à ses moyens financiers limités, [1]. Cette situation s'est aggravée au fil des décennies par l'interaction de «contraintes multiples» qui interviennent à divers niveaux, des actions anthropiques et une faible capacité d'adaptation, [2]. Les populations tant des milieux urbains que ruraux enregistrent chaque année des signes comme le retour tardif et parfois brutal des pluies avec ou sans averses et grêles, des températures diurnes élevées, une sécheresse inhabituelle (en dehors du Sud-Est) au-delà de trois mois, une perturbation du calendrier agricole, la médiocrité des récoltes, l'intensité de la prolifération des insectes et ravageurs pendant les stades et périodes critiques de développement des plantes, la pourriture des semences et jeunes plantules, [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Malgré les appuis reçus dans la zone, la malnutrition est loin d'être maîtrisée. Les guerres à répétition, la faible production de l'agriculture influencée en partie par le changement climatique et le revenu bas des ménages ont aggravé la situation nutritionnelle au sein des ménages.

L'étude veut savoir si au Sud-Kivu montagneux, les facteurs météorologiques ont changé selon les mois, les quinquennats, les saisons culturales ; les différentes variables climatiques qui affectent la production agricole ; si le changement climatique affecte la malnutrition chez les enfants et les mesures de résilience. Elle a pour objectifs spécifiques de déterminer la variabilité / les tendances des facteurs climatiques dans le temps (pour les quinquennats, les saisons culturales, la saison sèche), selon le niveau d'altitude ; d'analyser la variabilité/tendance des facteurs climatiques des zones proches aux forêts tropicales humides et de déterminer les conséquences agronomiques, alimentaires et énergétiques des changements climatiques et les mesures d'adaptation adoptées par les ménages

La présente étude envisage documenter le problème de perturbations climatiques tel que vécu au fil des décennies et tel que perçu par les producteurs agricoles en haute, moyenne et basse altitude dans la Province du Sud-Kivu, au centre – Est du Pays. Elle a fait une analyse des données météorologiques de la NASA, celles des stations locales de 1980 à 2015 dans la région de Bukavu, autour du lac Kivu ; celles de l'évolution du niveau du lac Kivu et de la Ruzizi au fil des années ; l'évolution des statistiques agricoles du Ministère de l'agriculture sur la production et le rendement de quatre des cultures de base (manioc, haricot, mais et pomme de terre) de 1992 à 2015 en vue de dégager s'il y a eu des perturbations climatiques et les conséquences qui en découlent et enfin les données de l'évolution de la malnutrition chez les enfants dans la région. Ces données ont été couplées à celle d'une enquête auprès de 90 ménages en vue de croiser et compléter l'information secondaire.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 MILIEU

Les données de cette étude concernent les 3 zones agro écologiques que sont la basse altitude (<1000m) ; la moyenne altitude (1001-1400 m) et la haute altitude (1400m et plus) de la Province du Sud - Kivu. Les ménages enquêtés sont ceux de la région culturelle du Bushi répartis sur 3 territoires suivants : Kabare, Mwenga et Walungu qui couvrent 5.039 km² situés dans la zone 2°latitude Sud et 28° à 29° de longitude Est.

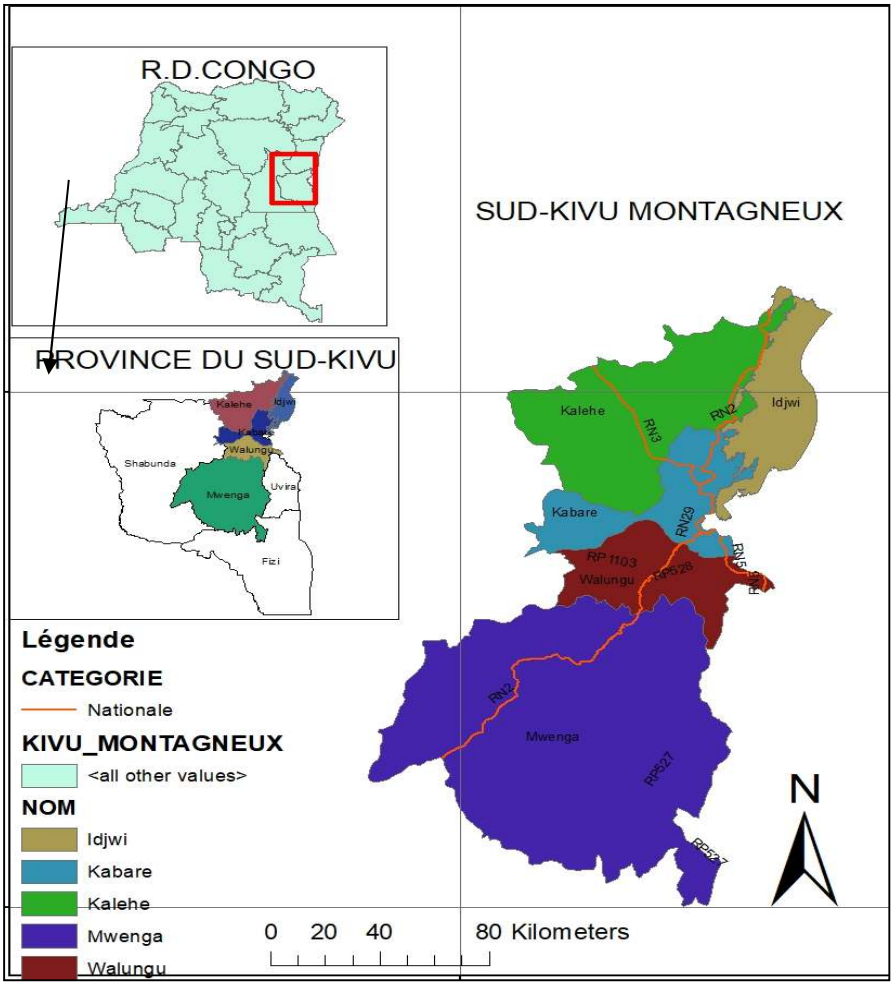


Fig. 1. Le milieu d'étude, Source : l'auteur

2.2 MÉTHODOLOGIE

L'étude a commencé par la récolte des données officielles brutes de 15 stations météorologiques de la Province du Sud-Kivu pour les années 2006 à 2015 (seule période dont les données complètes sont disponibles) auprès de l'Inspection Provinciale de l'Agriculture Pêche et Elevage. Ces données ont été comparées à celles de la station du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro et celles de la NASA récoltées au quotidien pour les années 1981 à 2014. Cette période a été subdivisée en sept quinquennats : 1980-1984 ; 1985-1989 ; 1990-1994 ; 1995-1999 ; 2000-2004 ; 2005-2009 ; 2010-2014. Les données sur la malnutrition ont été récoltées auprès de l'Inspection provinciale de la Santé, Bureau chargé de la nutrition et au centre nutritionnel de Lwiro, premier centre nutritionnel dans la région tenu par le CEMUBAC[1]. Les données sur la production agricole au Bushi (haricot, maïs, manioc et pomme de terre) pour les années 1992 à 2015 ont été récoltées auprès de l'Inspection Provinciale de l'Agriculture, Pêche et Elevage (IPAPEL) qui centralise les rapports des inspecteurs territoriaux qui centralisent les données à la base. Les données limnimétriques du lac Kivu, le débit en amont de son exutoire la Rivière Ruzizi et la production électrique et son utilisation ont été récoltées au bureau de la Centrale hydro-électrique Ruzizi 1er.

Ensuite, ces données ont été complétées par celles obtenues à l'issue d'une enquête par questionnaire menées auprès des producteurs agricoles dans 3 zones agro-écologiques du Sud-Kivu montagneux, notre milieu d'étude ainsi que par des échanges sous forme de focus group. Elle a été menée en Août 2017. Le critère d'inclusion consistait à identifier une personne ayant au minimum 10 ans d'ancienneté dans le milieu et y pratiquant l'agriculture comme activité principale, ayant des capacités

[1] CEMUBAC : Centre Médical de l'Université Libre de Belgique en Afrique Centrale

requises pour pouvoir répondre objectivement aux questions en rapport avec le thème ; s'exprimer sur les effets des perturbations climatiques sur le calendrier agricole et sur la production agricole de principales cultures vivrières. La taille de l'échantillon est de 90 agriculteurs rodés répartis comme suit : 30 ménages dans la zone de basse altitude (Kamanyola), 30 ménages dans la zone de moyenne et haute altitude (Walungu, Kabare, Luhwinja et Burhinyi). Les interviews ont été effectuées au niveau des ménages. Les informations collectées portaient sur les signes des perturbations climatiques, les mécanismes développés pour s'y adapter, l'adaptation du calendrier agricole en fonction de ces perturbations climatiques et la productivité agricole de principales cultures vivrières.

Enfin, la documentation a facilité l'élaboration de l'état de la question et la discussion des résultats avant de rédiger les recommandations.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données récoltées ont été encodées sur Excel puis soumises à une analyse statistique sur le logiciel STATISTICA 6.0. L'ANOVA avec décomposition et à un facteur et le test de Turkey post ANOVA à N inégaux (95% d'intervalle de confiance, au seuil de 0.05) ont été effectués ; les moyennes avec leurs écarts-types et erreurs-types ont été représentées graphiquement; les courbes des tendances ont été tracées dans les séries chronologiques superposées avec le lissage exponentiel. Cela nous a permis de faire de corréler graphiquement les divers paramètres.

L'analyse des clusters a été faite sur le logiciel PAST pour classer les quinquennats suivant leurs similarités du point de vue des caractéristiques de leurs saisons agricoles (A et B). L'Analyse Factorielle des Composantes (AFC) des données redimensionnées issues des séries chronologiques composées des rendements (haricot, maïs, manioc et pomme de terre), les précipitations des saisons agricoles, les températures des saisons agricoles, la variation du niveau du lac Kivu, l'évolution des cas de malnutrition chez les enfants de 1992 à 2015) sur le logiciel PAST et XLSTAT a servi pour corréler le niveau des rendements agricoles, le niveau des variables météorologiques et la malnutrition dans la région d'étude.

Les données météorologiques de Bukavu, tirées de la base NASA 1981-2014 ont été converties en données mensuelles pour les variables précipitations, température, vent, humidité relative de l'air et l'ensoleillement ; ensuite classées en quinquennats. Les totaux des pluies ont été calculés pour chaque saison à savoir la principale saison culturale de septembre – janvier (saison A) ; la seconde saison culturale de février – mai (saison B) et la saison sèche de juin-août. Ces précipitations saisonnières ont été placées côte à côte avec les rendements de quatre cultures principales afin d'évaluer l'impact de perturbations pluviométriques sur le rendement agricole.

Les données multi-stations obtenues à l'IPAPEL/MINAGRI ont été classées par niveau d'altitude pour les années 2006 à 2014. Le coefficient de variation selon les différents niveaux d'altitude a été calculé.

La variation du niveau du lac Kivu comme signature régionale par excellence pour évaluer la variabilité de la pluviométrie a été obtenue à la SNEL[2] pour les années 1981 à 2015 (les données de la période antérieure sont indisponibles). Les données y afférentes ont été représentées, pour leurs tendances, dans le module des séries chronologiques.

Les courbes de la malnutrition ont été tracées sur Excel.

3 RÉSULTATS

3.1 VARIABILITÉ CLIMATIQUE DANS LE TEMPS

3.1.1 VARIABILITÉ DE LA PLUVIOMÉTRIE, TEMPÉRATURE, VENT ET HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR

L'analyse des données météorologiques de cette zone montre qu'il y a eu des changements au fil des quinquennats et entre les quinquennats en ce qui concerne les pluies, la température, le vent, l'ensoleillement et l'humidité relative.

[2] SNEL : Société Nationale de l'Electricité. C'est une société de l'Etat qui fournit l'énergie électrique à la grande partie de l'Est de la Province du Nord et Sud Kivu et le Maniema pour ce qui concerne la RDC mais également à la République du Rwanda et celle du Burundi. Cette société a érigé deux centrales hydro électriques sur la Ruzizi, principal exutoire du lac Kivu vers le lac Tanganyika.

a) Variation de la somme des précipitations

Les pluies ont été stables du quinquennat 1981-1984 au quinquennat 1990-1994. La pluviométrie a pris une tendance ascendante à partir du quinquennat 1995-1999 jusque 2010-2014. Les précipitations moyennes des années 2000 - 2004 et de 2010 - 2016 (150mm et 275mm) ont été plus élevées par rapport aux autres quinquennats : 1980 – 1984 à 1995 -1999 (inférieur à 60mm/mois). Il ya eu cependant des années spéciales. La variabilité des écarts types des précipitations illustrent mieux la situation.

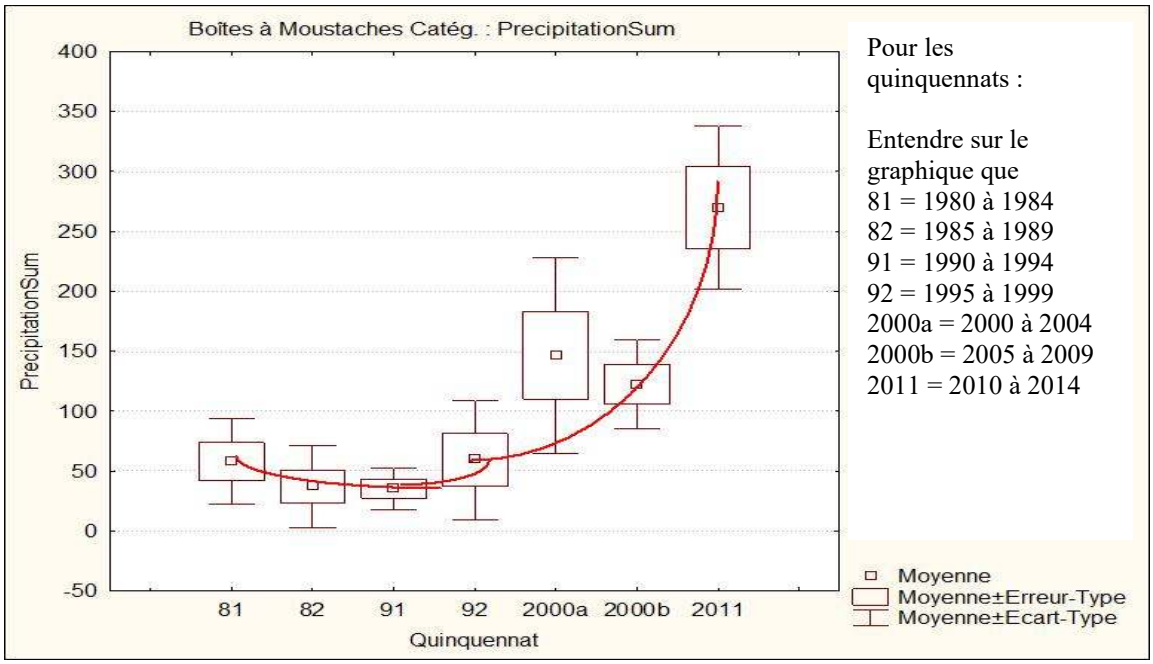


Fig. 2. Tendance de moyennes des pluies mensuelles des quinquennats : de 1980-1984 à 2010-2014 illustrés seulement entre les mois les plus fluctuants (Janvier, juin, juillet et septembre)

b) Variation des précipitations suivant les saisons culturales

Les pluies selon les saisons culturales ont également changé suivant les quinquennats. La saison A est devenue plus pluvieuse à partir du quinquennat 2000-2004 (320 à 400mm) par rapport aux quinquennats antérieurs (200mm). Malgré cela, les pluies reviennent tardivement. La moyenne des pluies de la saison B des années 1990-1994 a été significativement différente de celles de la saison A. La saison sèche (juin, juillet et août) est devenue pluvieuse à partir du quinquennat 2005-2009 jusqu'à 2015 avec une précipitation moyenne de 120 mm. La saison sèche reçoit des pluies brutales aux dégâts énormes en juin et août à partir du quinquennat 2000-2004 jusqu'à nos jours. Ce phénomène conduit à un prolongement de la saison sèche en septembre. La petite saison sèche de Janvier et Février est devenue pluvieuse au fil des décennies.

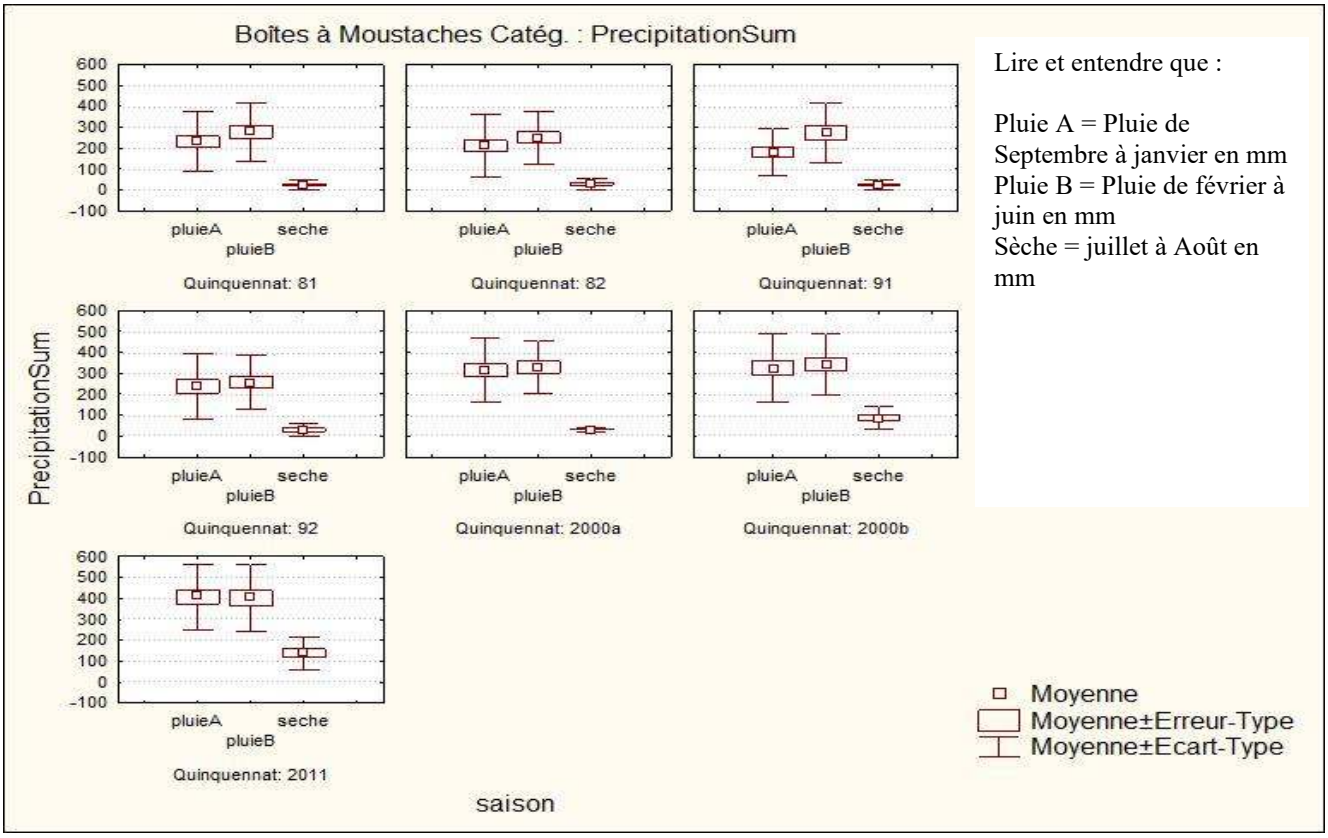


Fig. 3. Evolution de la pluviométrie selon les saisons culturales au fil des quinquennats. Pluie A indique le cumul des pluies de la grande saison culturale (septembre à janvier) ; Pluie B indique le cumul des pluies de la seconde saison culturale (février à mai) ; sèche indique la période de juin à août.

c) Variation de la température

Pour la température minimale, la moyenne a changé. La tendance est ascendante jusqu'au quinquennat 2000 à 2004 avant de descendre et de manière significative jusqu'au quinquennat 2010-2014 à nos jours. La température maximale moyenne des quinquennats a suivi la même tendance.

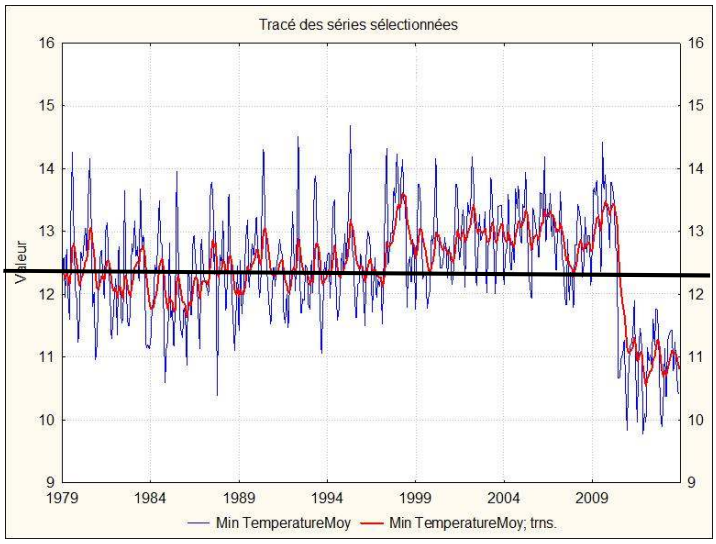


Fig. 4. Tendance de la variabilité de la température minimum

d) Variation du vent

Pour le vent, il a été observé une tendance à la baisse (du quinquennat 1985-1989 au quinquennat 1990-1994) suivie d'une remontée (de 2000 à 2015). La moyenne a changé mais pas significativement.

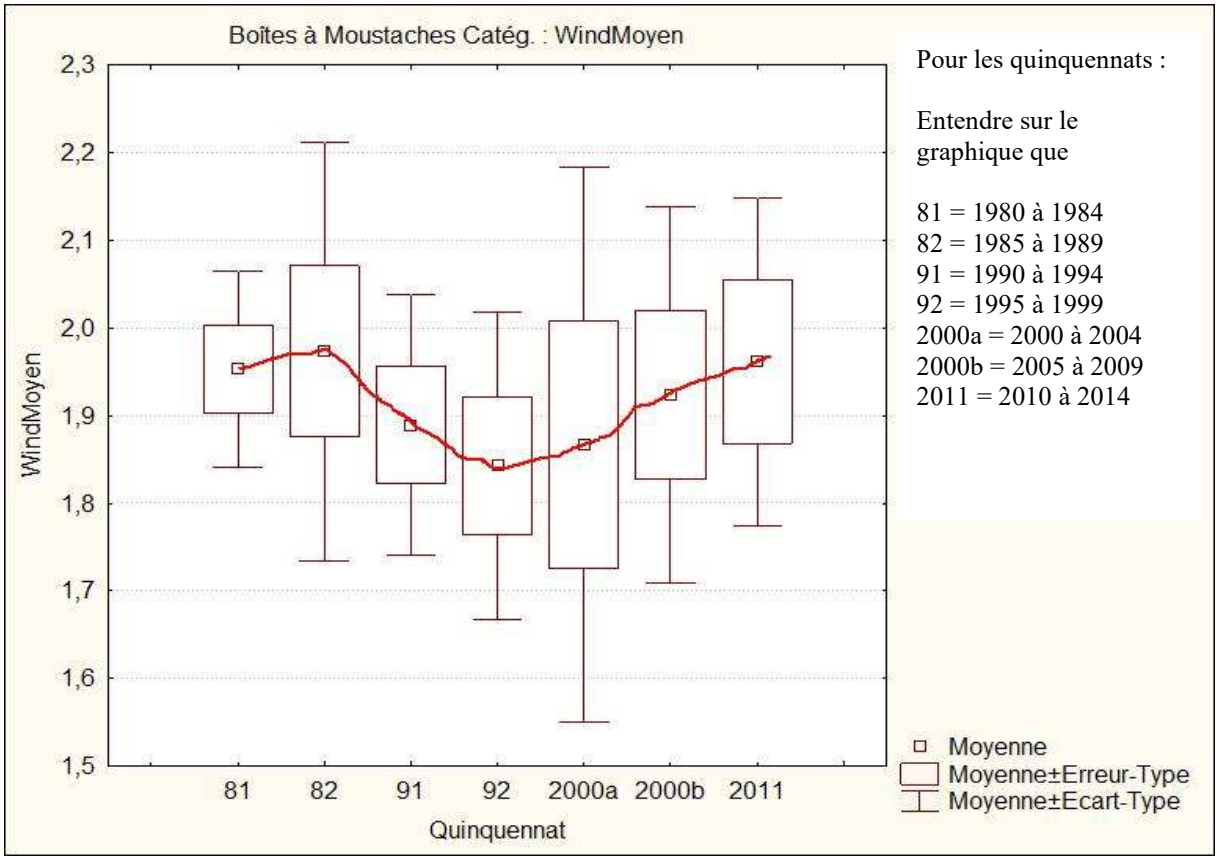


Fig. 5. Tendance de la variabilité du vent suivant les quinquennats

e) Variation de l'humidité de l'air

L'humidité de l'air est montante comme la courbe des pluies du quinquennat 1990-1994 à nos jours. En général, l'air est devenu plus humide qu'avant. Principalement pendant la nuit.

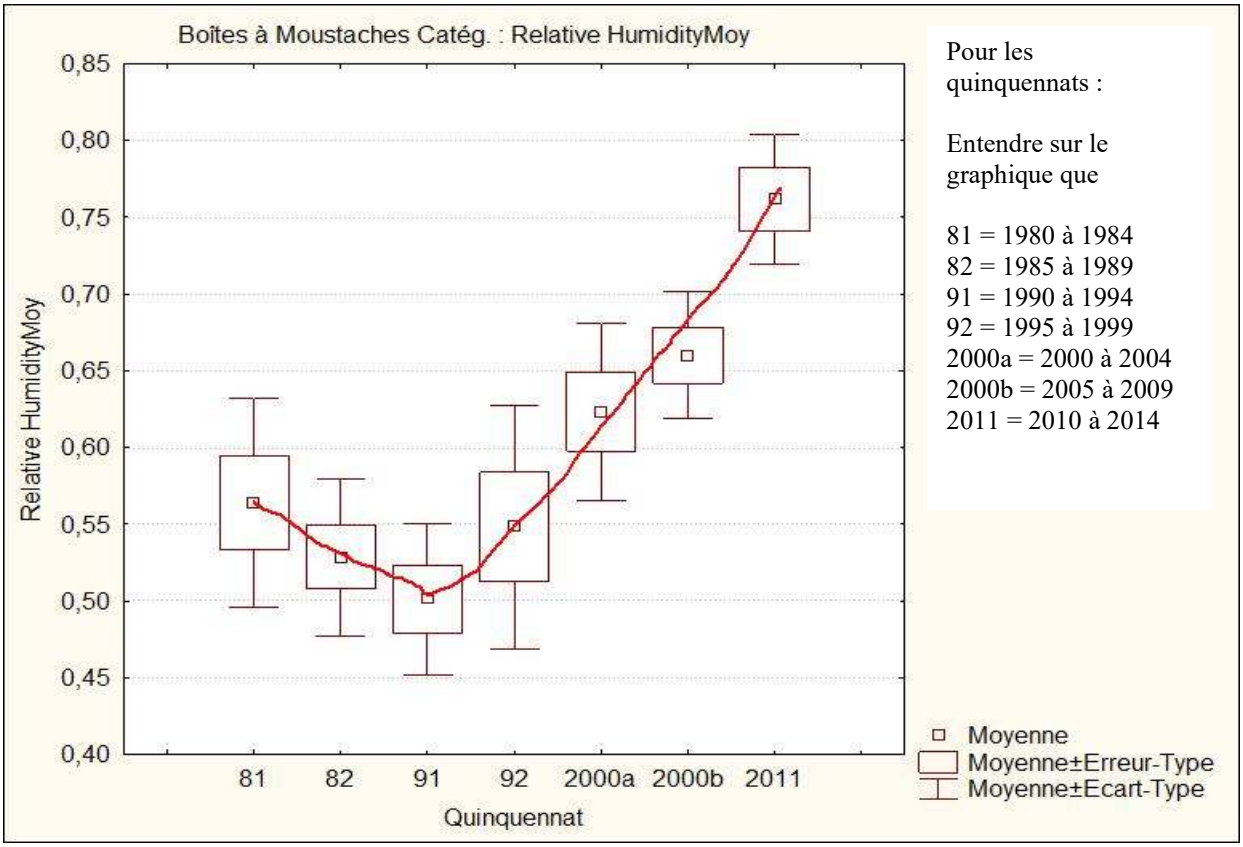


Fig. 6. Tendance de la variabilité de l'humidité relative selon les quinquennats

3.1.2 VARIABILITÉ SELON LA SIGNATURE RÉGIONALE DU NIVEAU DU LAC KIVU DE 1981 À 2016

Durant la décennie 1981 – 1990, le niveau du lac est relativement plus élevé. Une baisse considérable du niveau d'eau est observée entre 1992 et 1997 ainsi qu'entre 2000 et 2001 ; et 2005 à 2007. Une remontée est observée jusqu'à atteindre le niveau des années 1980 entre 1998 et 200 ensuite à partir de 2011.

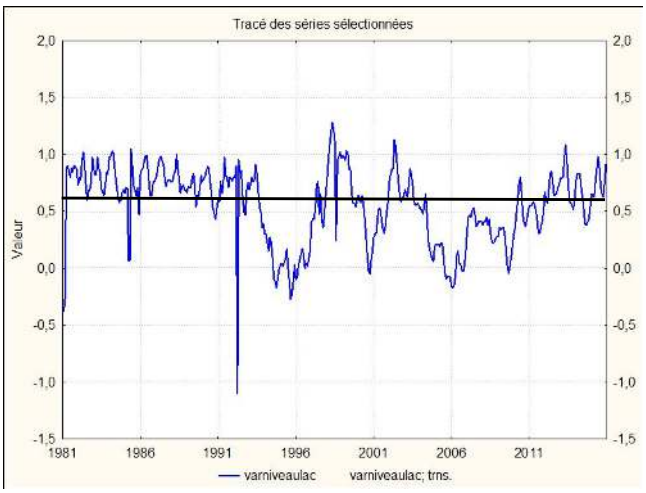


Fig. 7. Variabilité du niveau du lac Kivu de 1981 à 2016

3.2 VARIABILITÉ GÉOGRAPHIQUE RÉGIONALE SELON LE NIVEAU D'ALTITUDE

Par rapport au niveau d'altitude, la moyenne annuelle des précipitations et des épisodes des pluies n'a pas varié significativement. Cependant, le test de Tukey n inégaux a prouvé que l'année 2009 de la moyenne altitude a été particulière en termes de précipitations par rapport à 2011 (p=0,045) et 2012 (p= 0,02) en haute altitude et par rapport à 2006 (p= 0,03), 2007 (p=0,048) et 2010 (p= 0,03) en basse altitude. Les précipitations de l'année 2007 en moyenne altitude ont été significativement différentes de celles de 2006 (p=0,003), 2007 (p=0,001), 2008 (p=0,03) et 2012 (p=0,04) en basse altitude. Le coefficient de variabilité moyen des précipitations est de 67% et varie comme suit selon le niveau d'altitude : 33 à 70% pour la moyenne altitude (1000 à 1400m) ; 59 à 70% pour les terroirs de haute altitude (1401m et plus) et 70 à 95% pour les terroirs de la basse altitude (inférieur à 1000 m). Ce coefficient est plus élevé dans les régions de basse altitude.

3.3 L'INFLUENCE BÉNÉFIQUE DE LA FORÊT (DONNÉES DE LA ZONE DE LWIRO)

Les précipitations et les températures des zones proches des forêts n'ont pas varié significativement selon les quinquennats. Néanmoins, les températures ont eu une tendance montante au fil des quinquennats jusqu'en 2000-2004, période à partir de laquelle la tendance est descendante. Dans cette zone, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes annuelles des précipitations totales de la saison culturale A et B. Il y a eu une différence significative entre la température moyenne des mois de la saison culturale A (p=0.000016) et celles des mois de la saison B (p=0.000164).

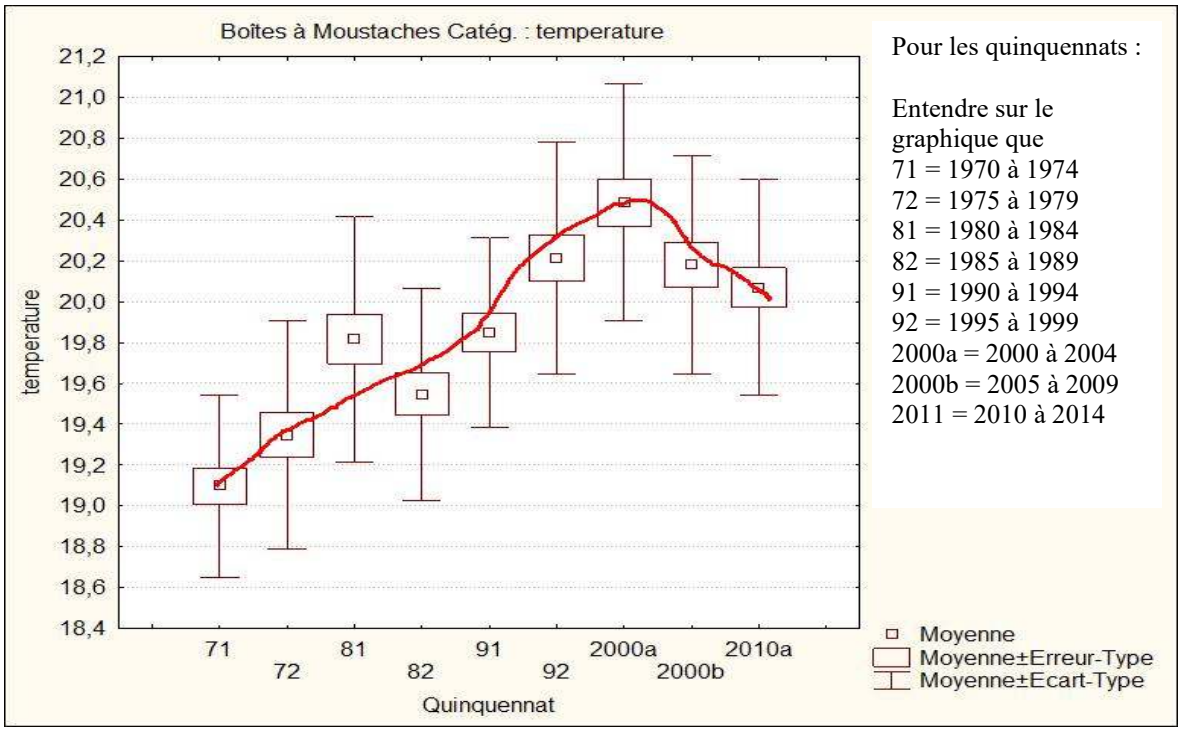


Fig. 8. Variation des températures autour du PNKB

3.4 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES, ALIMENTAIRES ET ÉNERGÉTIQUES

3.4.1 LES COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse factorielle des composantes a conclu que les facteurs du climat ont eu une influence sur le rendement de certaines cultures pour la période qui va de 1992 à 2015. Certains rendements ont également influencé l'évolution de la malnutrition chez les enfants dans le rayon du CEMUBAC Lwiro. Les rapprochements importants existent entre la température moyenne la saison A et B avec le rendement du maïs ; le rendement du manioc avec l'évolution de la malnutrition dans la zone d'étude ; le cumul des pluies de la saison A et B avec la variation du niveau du lac et le rendement de haricot et de la pomme de terre.

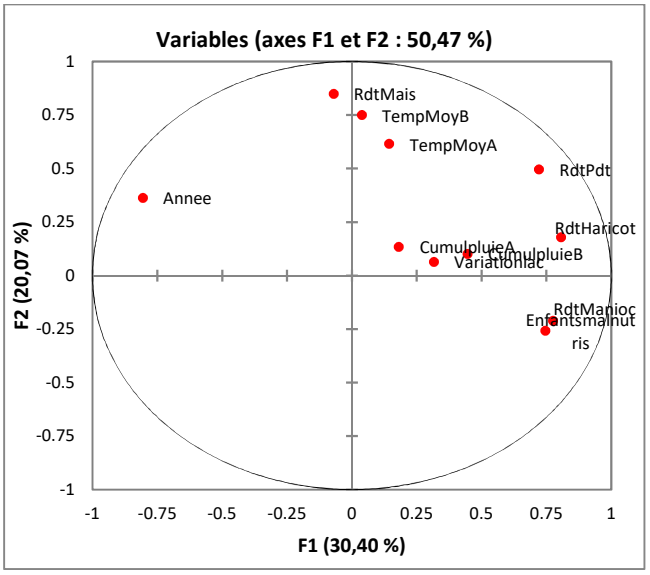


Fig. 9. Les composantes principales

Les résultats obtenus témoignent que la malnutrition des enfants a été plus influencée par le rendement du manioc. Ce rendement a été influencé par le cumul et les épisodes des pluies de la saison B (février à mai) et les températures moyennes de cette saison. L'ordre d'importance de ces facteurs est illustré par la figure ci-dessous :

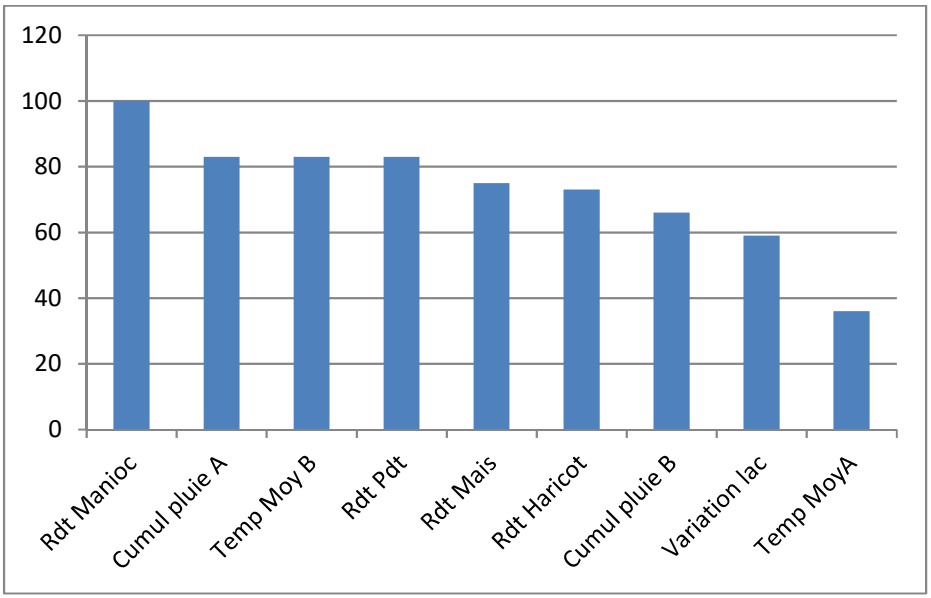


Fig. 10. Contribution des facteurs climatiques à la malnutrition des enfants au Sud-Kivu montagneux

L'analyse de la similarité entre les années a dégagé 3 grands groupes qui sont similaires. Les années 1996, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014 sont similaires et forment un premier groupe. Les années 2005 et 2006 sont similaires et forment un deuxième groupe. Les années 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 2004 et 2008 ont été particulières pour l'un ou l'autre facteur.

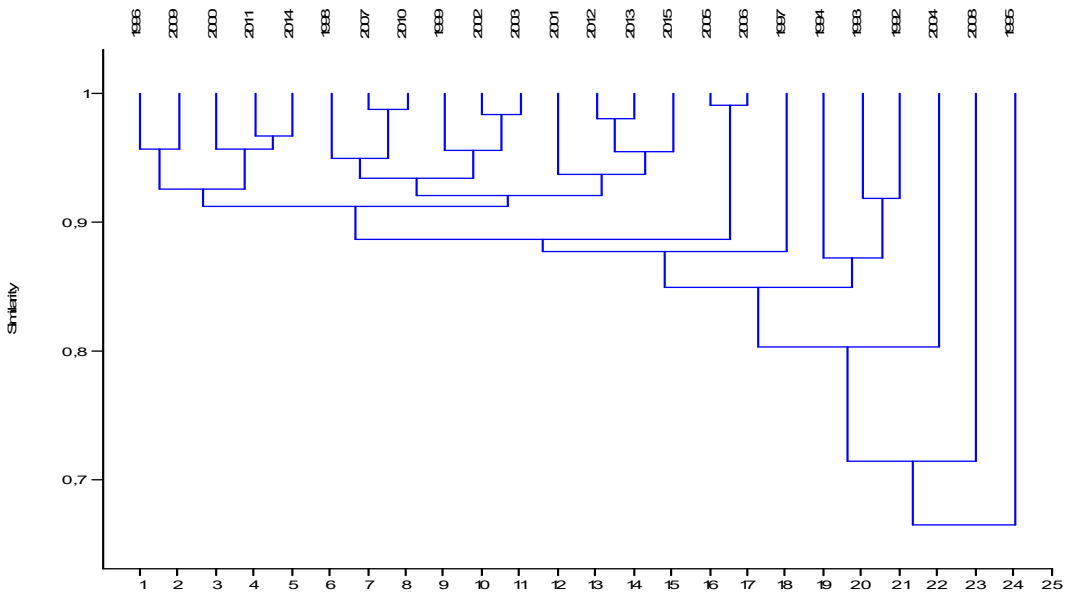


Fig. 11. Les années similaires

3.4.2 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES ET RÉSILIENCE

L'analyse de la variance du rendement des cultures montre que le rendement moyen du haricot n'a pas varié significativement depuis 1992. Il a varié entre 500 et 600 kg/ha. Celui du maïs, manioc et de la pomme de terre a varié significativement respectivement avec un p-value de 0.003087 (maïs), 0.036947 (manioc) et 0.010572 (pomme de terre). Le quinquennat 2000 à 2004 a enregistré les rendements les plus élevés pour le maïs (2100kg/ha). Les années 1995 à 2003 ont enregistré les rendements les plus élevés pour la pomme de terre (6,5 T/ha) suivis d'une forte diminution les années qui ont suivi.

Les résultats de la corrélation qui existe entre les précipitations, la température minimale et maximale au cours de quinquennats ont prouvé que ces facteurs, dans la région autour de la forêt de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega ont eu une influence qui varie entre 17 et 40% pour le rendement du manioc, maïs, haricot et de la pomme de terre. De manière spécifique, le cumul des pluies de la saison A a influencé le rendement du haricot à 20% ; celui du maïs à 17% ; celui du manioc à 18% et celui de la pomme de terre à 36%. Le cumul des pluies de la saison B a influencé le rendement du haricot (30%) et celui du manioc (30%). La température moyenne de la saison A a influencé négativement le rendement du haricot (-20%), celui du maïs (30%) et celui de la pomme de terre (20%). La température moyenne de la saison B a influencé le rendement du maïs (40%) et celui de la pomme de terre.

Les principaux problèmes liés aux perturbations du climat retenus des paysans et qui intègrent une plante irriguée (le riz) et la patate douce se présentent comme suit :

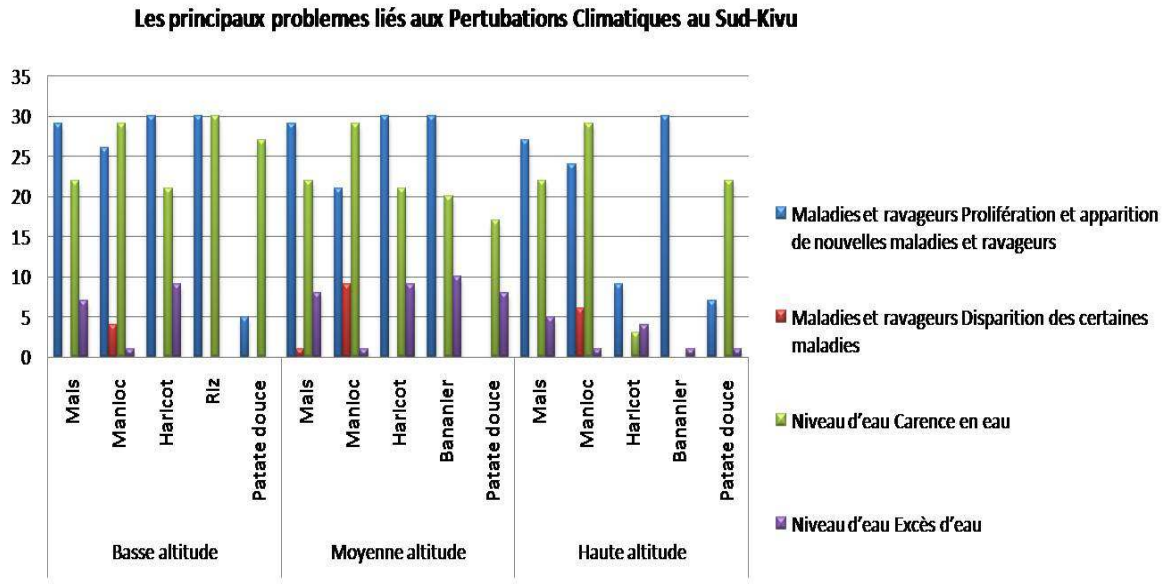


Fig. 12. Impacts de perturbations climatiques sur la production agricole

Le manioc est plus attaqué en haute altitude où se remarquent de nombreuses maladies actuellement ; par contre en moyenne et basse altitude cette spéculation se comporte et produit bien. La plupart des cultures vivrières pratiquées au Sud-Kivu soufrent de la carence en eau. Les cultures telles le manioc et la patate douce soufrent modérément de la carence en eau car ces dernières sont plus ou moins plastiques, cette propriété leur confère la facilité de s'adapter aux conditions difficiles pour survivre.

Les mesures de résilience développées par les ménages sont l'adoption des cultures tolérantes et précoces, l'irrigation et la création des micro-climats ; l'adaptation du calendrier agricole.

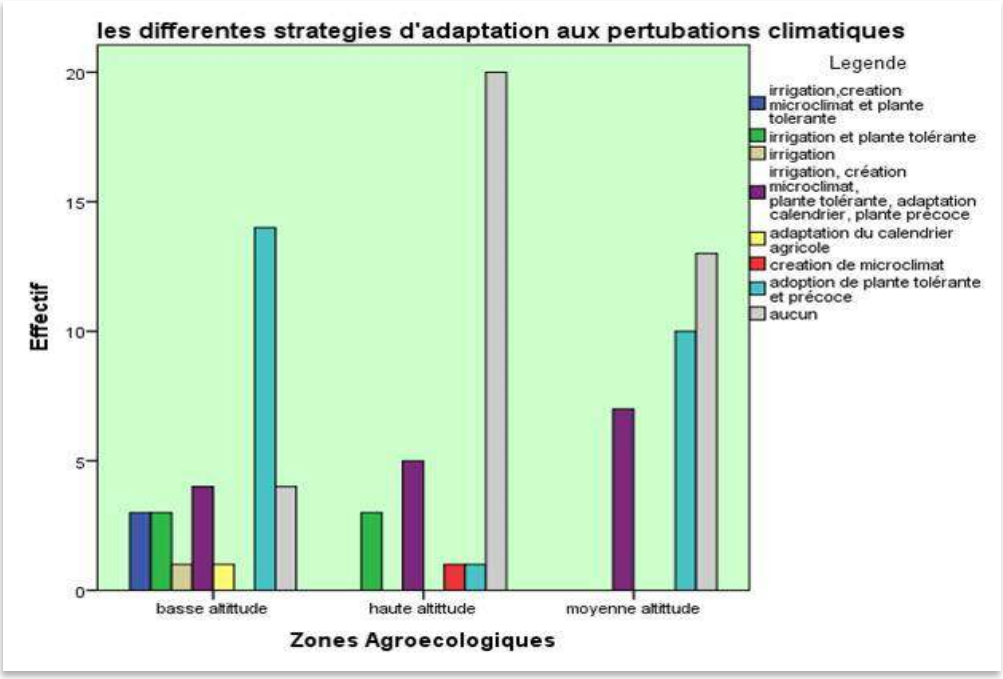


Fig. 13. Mécanismes mis sur pieds par les agriculteurs pour s'adapter aux effets des perturbations climatiques

*Chi-carré de Pearson = 36.9474, ddl= 14, p-value = 0.0007514****

En basse altitude, il y a eu adoption des cultures tolérantes et des variétés précoces (46%). L'irrigation, la création de microclimat et l'adaptation du calendrier agricole y sont faites mais à très faible dose. Dans cette zone, les agriculteurs se sont beaucoup plaints de la rareté des pluies et de la prolongation de la saison sèche.

Dans la moyenne et haute altitude, les agriculteurs ont mis en place un calendrier agricole adapté aux perturbations climatiques pendant qu'une grande proportion de la population observe impuissamment (43% et 66.66% respectivement). En moyenne altitude l'adoption de cultures tolérantes et variétés précoces sont citées par 33,3% de la population et l'autre proportion est consacrée à d'autres stratégies comme le reboisement des bassins versants et l'agroforesterie ; la mise en place dans certains groupements administratifs des PDL sur le changement climatique avec l'accompagnement des ONGD locales. Moins de 25% de la population utilisent les variétés améliorées et précoces et l'irrigation.

Le test Chi deux montre qu'il y a de différence significative entre les différents mécanismes d'adaptation aux perturbations climatiques selon les zones agro écologiques ; la stratégie la plus pratiquées en basse altitude est l'adoption de plantes tolérantes et les plantes précoces pendant qu'en haute et moyenne altitude plus de 75% des paysans n'adoptent aucune stratégie.

Tableau 1. Calendrier agricole du Bushi avant les perturbations climatiques

Culture	Nbre de fois	Défrichement	Labour	Semis	Entretien	Récolte
Manioc	1	J	F	F M Av	M Jn	J J Ao**
	2	Jlet	Ao	S O	N D	
Haricot	1	D	J F	F M	M Av	M J
	2	J	A S	S O	N D	D J
	3	M	J	Jl (marais)	S	O
Sorgho	1	J	Ao	S(HA)	N D	M Av
	2	J	Ao	S (MA)	N D	M Av
	3	D	J	J (MA)	M Av M	J Jlet
Maïs	1	D	J	F M	M J	J Ao
	2	-	Ao S	S O	D	F M
	3	Jlet	Jlet	Jllet (marais)	A	D J
Arachide	1	D	J F	M F M	M J	Jlet A
	2	A	S O	N	J F	F
Soja	1	D	J F	F M	M A	M J J
	2	Jlet	A S	S O	N D	J F
Pomme de terre	1	F	M	A	M	Jlet
	2	Jlet	A	S	O	D
Petit pois	1	D	J	F M	A M	J J
	2	A	S O	N D	D	J
Patate douce	PERMANENTE					

*** Année suivante, J=Janvier, F=Févier, M=Mars, Av=Avril, J=Juin, Jlet=Juillet, Ao=Août, S=Septembre, O=Octobre, N=Novembre, D=Décembre. Source : Burundi N. et Mihigo B., 1996*

En général, il a été constaté que les pluies de la saison A, qui dans le temps, commençaient au 15 septembre et celles de la saison B qui commençaient au 15 février ont été décalées de 2 semaines jusqu'à 1 mois (cas spécifique de la basse altitude). Les conséquences en sont que : le maïs en saison B est attaqué par les chenilles à cause de la saison sèche précoce ; il y recrudescence des criquets contre le manioc ; la cochenille du manioc pilule. Il y a aussi une coupure précoce des pluies par campagne sur les deux saisons culturales. Les pluies du mois de mai s'arrêtent brusquement et vont jusqu'en juin qui est devenu pluvieux. Ce qui a amené les producteurs agricoles à adopter un calendrier aménagé comme suit :

CALENDRIER AGRICOLE DE LA REGION CULTURELLE DU BUSHI A L'EST DE LA RD CONGO

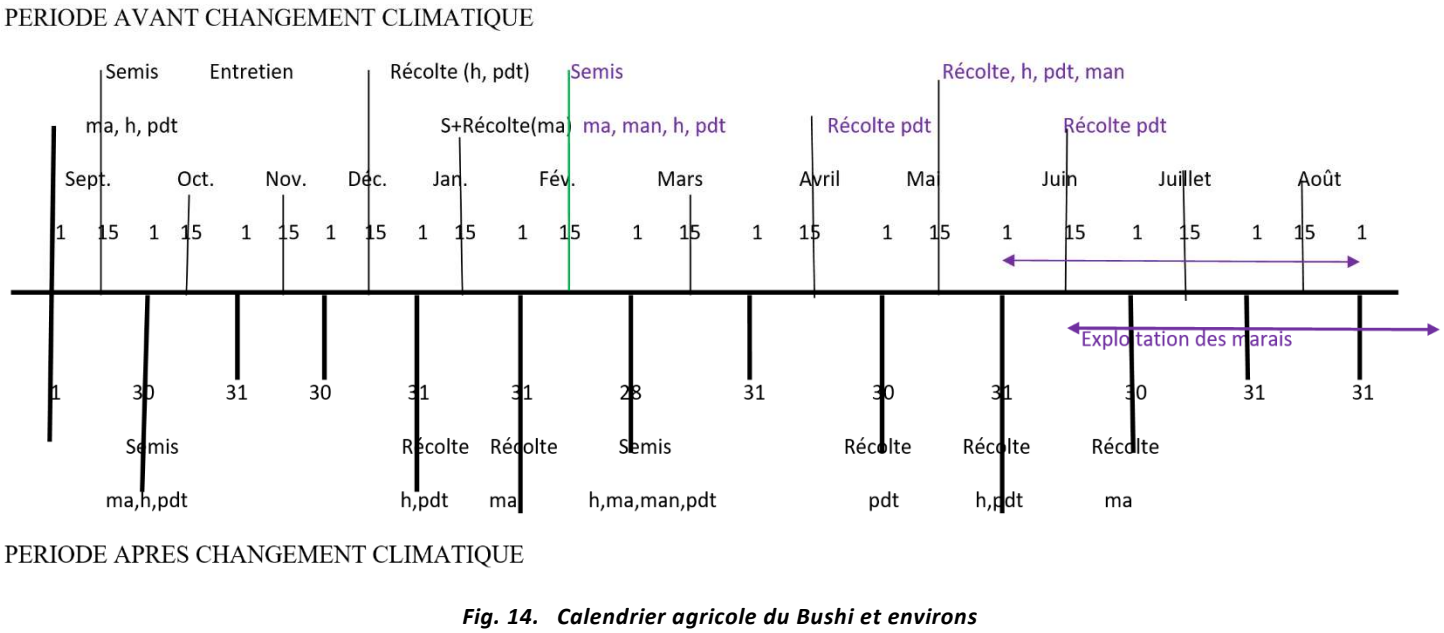


Fig. 14. Calendrier agricole du Bushi et environs

Légende : h=haricot ; ma = maïs ; man=manioc ; pdt = pomme de terre

3.4.3 CONSÉQUENCES ALIMENTAIRES

Les statistiques récoltées sur la malnutrition chez les enfants au sein du centre nutritionnel du CRSN Lwiro sous l'accompagnement du CEMUBAC intègrent à la fois de nouveaux et anciens cas de 1992 à 2015. Les enfants internés représentaient en moyenne 80% des patients. Le pourcentage d'enfants malnouris par rapport aux enfants hospitalisé a été maitrisé de 1992 à 1997. Pour le reste de temps, la situation a évolué en dents de scie.

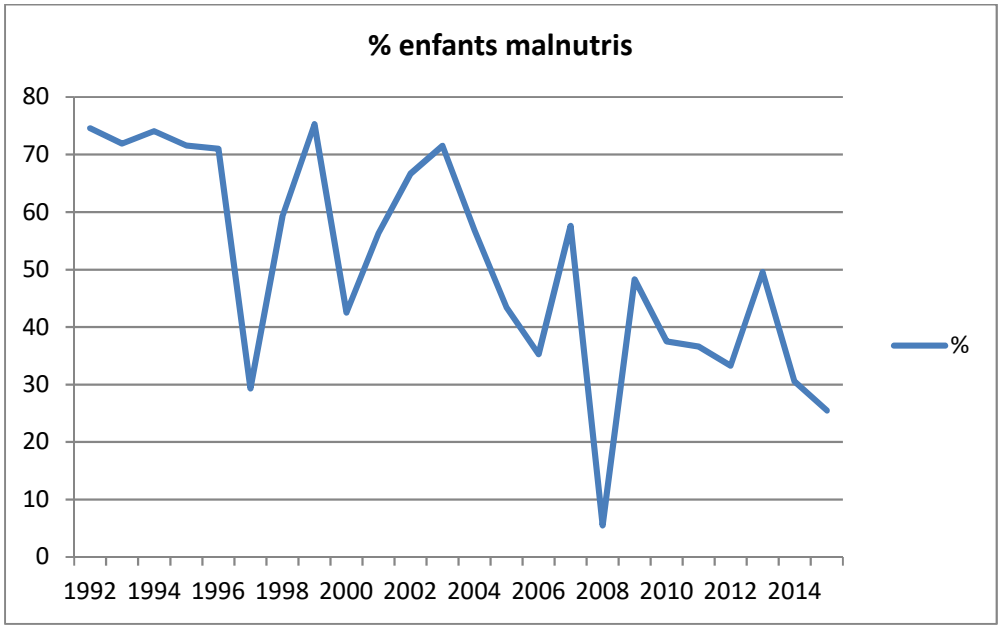


Fig. 15. Evolution de la malnutrition au centre nutritionnel de Lwiro

3.4.4 CONSÉQUENCES ÉNERGÉTIQUES (DONNÉES RUZIZI)

Le niveau de la Ruzizi/Lac Kivu a varié significativement. La production de l'énergie électrique a suivi le même rythme. Ce qui a eu comme principale conséquence la fourniture du courant aux clients avec des programmes de délestage, la SNEL étant dans l'incapacité de produire 50 Mw par jour en vue de couvrir les besoins totaux des clients en saison sèche.

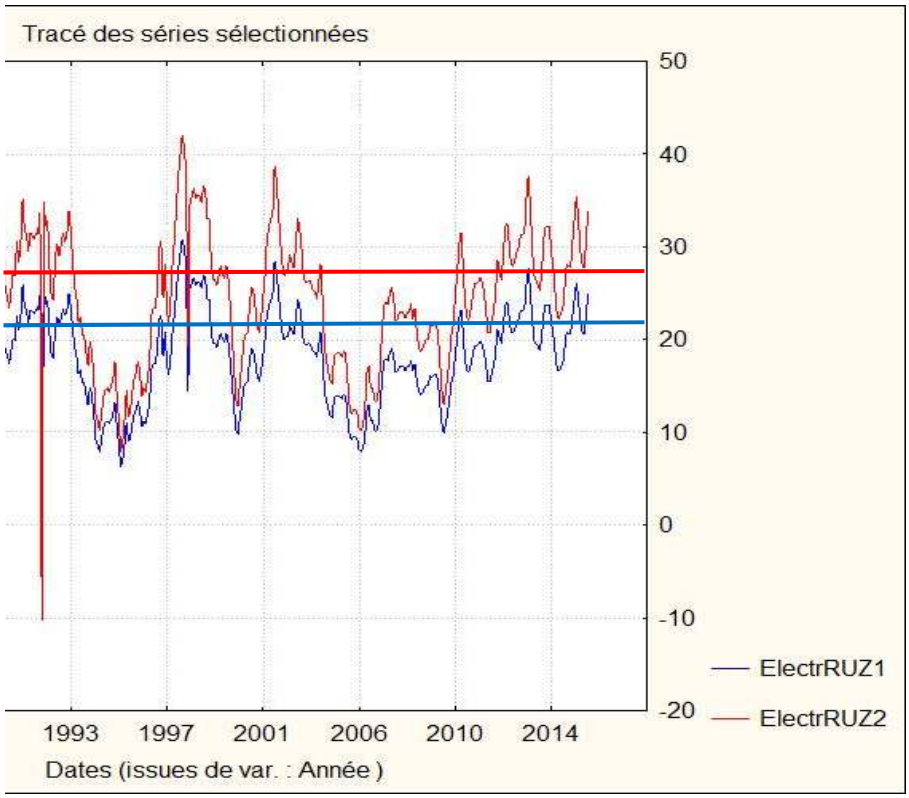


Fig. 16. Variabilité de la production électrique des centrales électriques Ruzizi 1&2

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

4.1 VARIABILITÉ DES FACTEURS CLIMATIQUES

L'analyse des données de la NASA sur Bukavu a prouvé que pour les mois de janvier, mai, juin, juillet, août et septembre des années 1980 - 2016, la tendance de la moyenne des précipitations mensuelles est montante. La précipitation moyenne des années 2000 à 2004 et de 2010 à 2016 a été plus élevée par rapport aux autres années (150mm et 275mm). La petite saison sèche de Janvier et Février est devenue pluvieuse au fil des décennies. L'ordre des mois les plus pluvieux pour les deux dernières décennies est conforme au constat de l'analyse de [12] qui montre qu'Août est devenu un mois humide et que l'ordre de primauté des mois très humides a changé : Novembre, Décembre, Octobre, Février, Mars, Janvier, Avril. Alors que [13] avait retenu l'ordre suivant : Septembre, Janvier, Mars, Avril, Octobre, Novembre et Décembre.

L'analyse de la variabilité des pluies à partir de l'écart-type démontre qu'il ya eu une forte variabilité des pluies entre les mois et les quinquennats. Ce qui témoigne une certaine incertitude quant à la période exacte de retour des pluies au cours de la principale saison A (Septembre - janvier) et la seconde saison B (février – mai). Le cas de plus frappant est celui de l'année 1984, 2005 et 2006 ; années au cours desquelles une carence en pluie a été enregistrée du mois d'août 2005 à avril 2006. [14], [15] et [16] avaient prédit la diminution des ressources en eau et la baisse des rendements agricoles dans certaines régions du globe parmi les plus vulnérables (Asie, Afrique). Ce qui risque d'engendrer des crises alimentaires. Le principal facteur qui

contrôle les saisons pluvieuses à l'Est de la RD Congo comme au Rwanda est la ZCIT[3] contrôlée par la position et l'intensité des anticyclones subtropicaux tels que le *Mascareignes, la Saint Hélène, les Açores et la Dorsale d'Arabie*. Celle-ci est caractérisée par les basses pressions, le maximum d'humidité et la convergence des vents. Elle traverse cette région deux fois par an et y détermine deux périodes pluvieuses : de mi-septembre à mi-décembre et de mars à mai [17]. Le retour des pluies dans la région est accompagné d'averses, d'éboulements, des débordements des cours d'eau et de la grêle.

La saison A est devenue plus pluvieuse à partir des années 2000 (320 à 400mm) par rapport aux décennies antérieures (200mm). Malgré cela, les pluies reviennent tardivement. La moyenne des pluies de la saison B des années 1990 à 1994 a été significativement différente de celles de la saison A. Les résultats de l'ANOVA des quinquennats prouvent que les précipitations des saisons culturales A, B et la saison sèche ont varié significativement. Au Burundi voisin on a observé, depuis 1999, une forte variabilité de régime pluviométrique avec une tendance dans le sens d'une longue saison sèche de mai à octobre (6 mois) dans les régions de basse altitude et même des plateaux centraux [18].

Les mois de juin, juillet et août sont devenus pluvieux contrairement à la période 1937 – 1949, constat fait par [19] et [20] pour la période 1955 -1977 et le rapport de [21] pour les années 1992, 1993, 1996, 1999 et 2000 qualifiées de plus chaudes. Il y a eu une forte sécheresse au cours des années 1984 -1994 ; 2000 - 2004. Le mois de juin est devenu plus pluvieux à partir du quinquennat 2005-2009. A partir de ce quinquennat, il pleut même en juillet et août et ce phénomène conduit à un prolongement de la saison sèche en septembre. La conséquence en est que les semences de septembre brûlent et la production agricole est devenue un échec pour la compagne A.

4.2 VARIABILITÉ SELON LE NIVEAU D'ALTITUDE

Le rapport PANA du Rwanda (2006) a conclu que distribution spatiale des précipitations favorise beaucoup plus les régions de hautes altitudes.

Pour cette étude et par rapport au niveau d'altitude, les moyennes annuelles des précipitations et des épisodes des pluies n'ont pas changé significativement. Cependant, le test de Tukey n inégaux a prouvé que l'année 2009 de la moyenne altitude a été particulière en termes de précipitations par rapport à 2011 (p=0,045) et 2012 (p= 0,02) en haute altitude et par rapport à 2006 (p= 0,03), 2007 (p=0,048) et 2010 (p= 0,03) en basse altitude. Les précipitations de l'année 2007 en moyenne altitude ont été significativement différentes de celles de 2006 (p=0,003), 2007 (p=0,001), 2008 (p=0,03) et 2012 (p=0,04) en basse altitude.

Le coefficient de variation moyen des précipitations varie comme suit selon le niveau d'altitude : 33 à 70% pour la moyenne altitude (1000 à 1400m) ; 59 à 70% pour les terroirs de haute altitude (1401m et plus) et 70 à 95% pour les terroirs de la basse altitude (inférieur à 1000 m). Ce coefficient est plus élevé dans les régions de basse altitude. Un tel coefficient de variation est trop élevé si nous devons nous en tenir aux normes fixées par le Memento de l'agronome.

4.3 INFLUENCE BÉNÉFIQUE DE LA FORÊT TROPICALE HUMIDE

Les précipitations des zones proches des forêts n'ont pas varié significativement au fil des années. Cependant, l'on a enregistré des perturbations par rapport à la quantité des pluies des mois, [22]. Le mois d'avril y est resté le mois le plus pluvieux de la saison culturale B. Par contre, le mois le plus pluvieux de la saison A a beaucoup bougé au fil des années : le mois de novembre (de 2005 à 2009), le mois d'octobre (de 2010 à 2016), le mois de décembre (1996 à 2004). La déforestation et le déboisement sont des facteurs importants pour expliquer les perturbations de la pluviométrie même si les totaux annuels des pluies n'ont pas changé significativement [23]. Les rapports de la Coordination de l'Environnement au Sud-Kivu montrent qu'entre 1984 et 1998, 85% des boisements publics ont disparu dans le seul cas de Kabare et Walungu.

Il y a eu une différence significative entre la température moyenne des mois de la saison culturale A (p=0.000016) et celles des mois de la saison B (p=0.000164). Pour la température minimale, la moyenne a changé. La tendance est ascendante de 2000 à 2004 avant de descendre et de manière significative de 2005 à 2015. La tendance de la température maximale moyenne donnée par la station de Lwiro (proche du PNKB) a suivi la même tendance que celle des données de la NASA. La température moyenne minimale a été plus élevée au cours des années 2000 à 2004 (20,5°C). Phénomène qui peut être expliqué en partie

[3] ZCIT : La Zone de Convergence Inter-Tropicale

par la forte pression sur les ressources floristiques du parc et la perte du contrôle de plus de 65% de la superficie du PNKB par l'ICCN à cause de la présence de plusieurs groupes armés (Forces Démocratiques pour la Libération du Rwanda et autres MAI MAI). Jusqu'en 2004 l'étude a noté une augmentation de 1,4°C ; ce qui s'inscrit parmi les inquiétudes de [24] et ayant conduit à l'adoption de l'objectif n° 1 de l'Accord de Paris qui prévoit de "contenir" la hausse moyenne de la température du globe "nettement en dessous de 2°C" par rapport aux niveaux préindustriels. De 2004 à 2016 il y a eu une chute de 0,5°C. Le GIEC a rapporté qu'un réchauffement moyen de la température à la surface de la terre de 0,74 °C a été observé, alors qu'il était prévu que la température moyenne n'augmenterait que de 0,6 °C [25]. Le mois le plus chaud depuis 1970 à 1979 c'est le mois d'octobre. De 1980 à 2009 c'est le mois de septembre alors que c'est le mois du semis pour la saison culturale A. [26] ont conclu également à une augmentation de la température de l'air en Afrique de l'Ouest. Au Burundi on a vécu une hausse des températures moyennes de 0,4ºC tous les 10 ans, soit un accroissement de 1,9ºC projeté en l'an 2050 [27].

4.4 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES, ALIMENTAIRES ET ÉNERGÉTIQUES

Le rendement moyen du haricot a varié mais pas significativement de 1992 à 2015. Celui du maïs, manioc et de la pomme de terre a varié significativement respectivement avec un p-value de 0.003087 (maïs), 0.036947 (manioc) et 0.010572 (pomme de terre). La période de 2000 à 2004 a enregistré les rendements les plus élevés pour le maïs (2100kg/ha). Comparativement aux années 1970 à 1974 ont enregistré les rendements les plus bas pour le manioc (1000 kg/ha), on peut conclure à l'efficacité de l'accompagnement agricole qu'ont fait les acteurs de la vulgarisation agricole. Les années 1995 à 2004 ont enregistré les rendements les plus élevés pour la pomme de terre (6,5 T/ha) suivis d'une forte diminution les années qui ont suivi. [28] et [29] ont prédit que les impacts négatifs du changement climatique seront plus nombreux en Afrique que les bénéfices. Les principales cultures céréalières mondiales (blé, riz et maïs) connaîtront de baisses de production dans les régions tropicales et tempérées si la température moyenne augmente de plus de 1°C. Bien que la RDC ne soit pas retenue par [30] qui stipule que le rendement agricole connaîtra la baisse la plus importante dans la région centrale de l'Afrique australe (Zambie, Zimbabwe, Angola). La baisse des pluies du mois de mai marque un raccourcissement de la deuxième saison agricole (Février – mai). En effet, le quinquennat 1984-1989 a été marqué par une disette qui a inauguré toute une décennie des perturbations climatiques ressenties jusqu'aujourd'hui (principalement à Kamanyola dans la plaine de la Ruzizi). Dix ans après, de 1999 à 2000, une sécheresse prolongée toucha sérieusement les régions voisines du Rwanda. De tels désastres sont le plus souvent provoqués par des changements climatiques [31].

Des points de vues des paysans, l'étude a retenu que la majorité des cultures vivrières pratiquées au Sud-Kivu soufrent des stresses biotiques et/ou abiotique dues aux perturbations climatiques car plus de la moitié des enquêtés confirment qu'il y a prolifération et apparition de nouvelles maladies et ravageurs. Il s'agit par exemple de la striure brune sur le manioc en basse altitude et le *wilt bactérien* sur le bananier en haute et moyenne altitude. Les cultures telles que le riz, le haricot, le maïs, le manioc et le bananier sont également sujet à des maladies et ravageurs. La patate douce par contre est la culture la moins attaquée probablement à cause de sa tolérance et son élasticité. Les calamités (mosaïque africaine et la striure brune du manioc et le *cosmopolites sordidus* et le *wilt bactérien* pour le bananier) causent de pertes énormes de rendement du point de vue quantité et qualité et conduisent à la faim ; le manioc et le bananier étant les cultures vivrières de base et en tête des « cultures cash crops » pour la population du Sud Kivu [32].

[33] annonce que 20% d'Africains en plus seront menacés par la faim d'ici à 2050 sous l'effet du changement climatique. Et que les bénéfices tirés des cultures agricoles pourraient chuter de 90 % d'ici à 2100, les petits exploitants étant les 90% plus touchés. Pour [34] les changements climatiques seront accompagnés d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes : sécheresses, inondations, canicules, pluies fortes et abondantes, tornades... Ces événements climatiques, souvent à l'origine de catastrophes, pourraient se produire plus fréquemment dans le futur.

Les pluies de la fin du mois d'août et celles du début du mois de septembre se sont habituellement interrompues dans la deuxième moitié de septembre poussant les agriculteurs à opter pour le mois d'octobre comme mois de semis. Toutefois, l'analyse de χ^2 a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les opinions selon que nous soyons en Basse altitude, Moyenne altitude et Haute altitude sur la perception du changement climatique et les pratiques de résilience.

4.5 LES MESURES DE RÉSILIENCE PRATIQUÉES PAR LES MÉNAGES

En agriculture et sécurité alimentaire, la République Centre Africaine [35] a mis un accent particulier sur une meilleure information, une planification optimisée et des cultures et infrastructures mieux aptes à résister aux aléas du climat. Au Rwanda voisin direct du Sud-Kivu montagneux, un accent est mis sur l'agroforesterie, la pratique des cultures résistantes aux perturbations climatiques et l'exploitation des marais drainés à l'avance [36].

Les ménages contactés ont adopté des cultures tolérantes et précoces, l'irrigation et la création des micro-climats ; l'adaptation du calendrier agricole et la permoculture (Rubabura, comm.pers. janvier 2019) qui met un accent sur l'intégration d'essences indigènes. Ces mesures de résilience sont conformes à certaines de celles retenues par [37] et celui de [38].

5 CONCLUSION

Cette étude a été menée au cours du mois de juillet à septembre 2017. Elle avait pour objectifs de déterminer la variabilité des facteurs climatiques dans le temps (pour les quinquennats, les saisons culturales, la saison sèche) et selon le niveau d'altitude ; évaluer l'effet des forêts naturelles sur les facteurs climatiques comparativement aux savanes ; déterminer les conséquences agronomiques, alimentaires et énergétiques des changements climatiques et enfin identifier les mesures d'adaptation (résilience) adoptées par les ménages. Les résultats obtenus sur le changement climatique dans la région du Sud-Kivu montagneux autour du lac Kivu située dans la partie Centre-Est de la RDC ont permis de tirer les conclusions suivantes : il ya un effet stabilisateur de la forêt sur les pluies ; les sommes annuelles des précipitations ne varient pas significativement, par contre il ya des mois plus frappés par les changements que les autres ; certains mois de la saison sèche (juin, juillet, août) sont devenus pluvieux ; la température et l'humidité relative de l'air ont changé ; il y a une instabilité remarquable dans les savanes. Les zones arides comme la plaine de la Ruzizi ont été nettement affectées alors qu'il s'agit d'un important grenier agricole régional ; le semis est repoussé de 2 à 4 semaines ; des stress abiotiques et des maladies sont observés surtout chez le maïs, le manioc et la pomme de terre ; des famines/disettes sont localisées et corrélées directement avec le retard des pluies ; le niveau du lac Kivu est un indicateur important de ces changements, affectant aussi la sécurité énergétique. Les mesures d'adaptation au sein des ménages sont l'adoption du paquet de la Gestion Intégrée de la Fertilité du Sol, une avancée vers les énergies solaires, le biogaz et le réaménagement du calendrier agricole: 1er octobre au lieu du 15 septembre jusqu'aux années 1990; 1er mars au lieu du 15 février, la mise en place d'ouvrages pouvant créer des micro-climats, la pratique des cultures à cycle court.

RÉFÉRENCES

[1] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
[2] Miderho & al, Impact des perturbations climatiques et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles en basse, moyenne et haute altitude du Sud-Kivu, RD Congo. International journal of scientific & engineering reseach, 8(issue 1). 2017.
[3] GIEC, Changements climatiques 2014; Incidences, adaptation et vulnérabilité: Résumé à l'intention des décideurs. Suisse: GIEC. 2014.
[4] http://www.theGEF.org/FEM/
[5] Mbaye I., Sane T et Dieye E.B., 2011 « Changement climatique, perceptions et stratégies des populations de la ville de Ziguinchor au Sénégal », in Actes du colloque "Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation" (2R2CV) 07 et 08 juillet 2011, Université Paul Verlaine - Metz, France.
[6] Niasse M., Afouda A., Amani A., "Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification – éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation". Union Mondiale pour la Nature (UICN), 2004, 82 p
[7] IPCC, Summary for Policymakers. Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK, 7-22, 2007.
[8] RD Congo, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
[9] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
[10] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[11] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[12] Muhigwa, Les perturbations climatiques autour de Bukavu, article en ligne sur Google, s.l.: s.n. 2001.
[13] Ilunga, L., L'érosion dans la ville de Bukavu. éd.ISP Bukavu: Antennes,V(2), 1977.
[14] RAC-F, Changement climatique; comprendre et réagir. France: s.n. 2011.
[15] Slater & al, Climate change, agricultural policy and poverty reduction-how much do we know? ODI Natural Resource Perspectives 109. Natural Resource Perspectives, September, 2007.
[16] Seguin, B., 2010. Le changement climatique: conséquences pour l'agriculture et la forêt. Royonnement du CNRS, 54, pp. 36-47.
[17] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006

[18] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[19] Vandenplas, A., La pluie au Congo belge, Bull.Agr. du Congo 34 (3-4). s.l.:s.n. 1943.
[20] Ilunga, L., L'érosion dans la ville de Bukavu. éd.ISP Bukavu: Antennes,V(2), 1977.
[21] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
[22] Ciza, B., 2015. Perception du changement climatique à Bukavu et dans les milieux peri urbains et mesure d'adaptation. Cahier du CERUKI, Volume 18(2), pp. 216-223.
[23] Muhigwa, Les perturbations climatiques autour de Bukavu, article en ligne sur Google, s.l.: s.n. 2001.
[24] COP21, Rapport COP 21, s.l.: s.n. 2015.
[25] GIEC, Le rapport de synthèse du Bilan 2007 des changements climatiques. Cambridge Royaume Uni: Cambridge University Press, 2008.
[26] Mbaye I., Sane T et Dieye E.B., 2011 « Changement climatique, perceptions et stratégies des populations de la ville de Ziguinchor au Sénégal », in Actes du colloque "Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation" (2R2CV) 07 et 08 juillet 2011, Université Paul Verlaine - Metz, France.
[27] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[28] Magdelene, C., 2014. Changement climatique: climat et effet de serre. [En ligne] Available at: http://www.notreplanete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique.php.consulté [Accès le 2017].
[29] Chikodzi, D., Crop field sensibility to climatic variability as the basic for creating climate resilient agriculture. Volume March, pp. 69-76, 2016.
[30] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
[31] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
[32] MINAGRI, Rapport sur la sécurité alimentaire, Bukavu: s.n. 2007.
[33] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
[34] Environnement Canada (2008), Vivre avec les changements climatiques au Canada, éd. 2017 ; Disponible sur http://adaptation2007/recan.gc.ca
[35] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[36] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
[37] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
[38] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 545-555
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Chlordecone dechlorination under aerobic conditions by *Bacillus* sp

AMBA ESEGNI Victoria, KOFA Guillaume Patrice, NDI KOUNGOU Sylvere, and KAYEM Joseph

Department of Process Engineering,
National Advanced School of Agro Industrial Sciences,
Ngaoundere, Cameroon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aerobic dechlorination of chlordecone by bacteria from agricultural organochlorine-used soil of Cameroon South-West region is reported. Selection of microorganism strains having great affinity and/or resistant to chlordecone has been carried out. The effects of physicochemical factors (pH, chlordecone amount, incubation time and temperature) on bacteria growth and the biodegradation of chlordecone were investigated. A *Bacillus* strain has been isolated and was able to resist and grow with chlordecone as sole carbon source. Among physicochemical parameters studied, chlordecone amount had not significant effect on the Bacillus growth in synthetic medium. Free chlorine obtained after incubation of *Bacillus* sp in the presence of 1 µg/mL of chlordecone as sole carbon source showed a maximum released after 10 days, equivalent to dechlorination of 19.5% of total chlorine in the synthetic medium. This report is the first relative to chlordecone dechlorination under aerobic conditions by *Bacillus* strain from African ecosystems.

KEYWORDS: Chlordecone, Dechlorination, *Bacillus sp.*, African ecosystem.

1 INTRODUCTION

Chlordecone (CLD) is a synthetic substance found out in 1951 and used since 1958 as pesticide. Commercially known as Kepone, GC-1189 and Curlone, CLD has been used throughout the world mainly but not exclusively for the control of banana tree weevils in French West Indies, Asia and Africa [1],[2],[3],[4]. Indeed, CLD had been used in Cameroon and Ivory Coast for banana plants preservation [1],[5]. In spite of its high efficiency, CLD shown a toxicity discovered in 1975 in USA involving numerous neurological affections [6],[5]. Its prohibition in France took place in early 1993, but it was used in Cameroon until 1995 and co-used until 2009 in China as impurity of Mirex, another chlorinated pesticide with similar chemical structure. Finally, CLD had been added to Stockholm convention on persistent organic pollutants in 2009 [7].

CLD ($C_{10}Cl_{10}O$) is an organochlorine compound with a peculiar chemical structure and the high steric hindrance caused by the ten chlorine atoms. It belongs to the bishomocubane family characterized by a chemical structure in cage-shape and a high stability [8]. Its low solubility in water gives it a high affinity for organic matter illustrated by a high octane-water partition coefficient (K_{oc}) [2].

To fight against harmful insects, CLD had been applied in soil, in direct contact with plant tree. Due to its chemical structure resistant to chemical reaction and microbial degradations, contamination by CLD can persist several decades to half millennium in natural environment [9]. Pollution can therefore migrate from soil to surface and groundwater by rainfall and leaching. Indeed, CLD had been detected in water up to authorized maximum limit for this pesticide in drinking water (0,1 µg/L) [10] ,[2]. In order to limit human population contamination by this pesticide, drinking water treatment plants in contaminated agricultural zones were equipped for CLD remediation [11], [12]. Many techniques have been used to remediate CLD from water including adsorption on activated carbon (AC), dilution and biological processes [11]–[14] . For CLD removal, AC produced from sugar cane bagasse had been tested [15], [16], [17] ,[11], [12], [18],[12]. However this method of remediation makes a transfer of pollutant from one matter to another and contaminated AC should be regenerated after adsorption processes or confined. Thus, due to their no selectivity property, advanced oxidation processes (AOPs) can be used for carry out total

destruction of CLD. These techniques use hydroxyl radicals which attack organic compounds and can result in complete mineralization of them. Nevertheless, AOPs are expensive due to the cost of materials needed [19]. Another solution can be the microbial degradation of CLD.

Theoretically, numerous properties of CLD like chemical structure in "cage shape", steric congestion due to 10 chlorine atoms, low water solubility and high hydrophobicity suggest that this molecule would be difficult to destroy biologically [20]. However, many authors report biological degradation of CLD [21]. Reference [22] reports transformation of CLD in hydroCLD by-products from aerobic bacteria *Pseudomonas* species isolated from James River (USA) sediments. Results obtained in aerobic conditions shown that total mineralization of CLD was not attained and its cycle structure was safe. Opening of this cycle had been suggested in anaerobic conditions by methanogenic microorganism, *Methanosarcina thermophile,* though mineralization was also not reached [21]. Despite no mineralization of CLD with microorganism already studied, this way have not yet been exhaustive because, all microbial community of various contaminated ecosystem have not been identified yet and studied on CLD remediation [23], [24]. Though microbial consortia isolated from a contaminated site in USA or in the FWI had been used on CLD degradation, few publications are related to African ecosystem. Indeed, CLD had been used in Cameroon and Ivory Coast for banana plants preservation [1], [5]. Therefore, study on microorganism isolated from African ecosystem where CLD had been used can be carried out to know their capability to growth on CLD or use it as carbon source. In the present study, aerobic bacteria extracted from Cameroon banana plantation soil had been tested for CLD degradation.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 CHEMICALS

Analytical standard Chlordecone (PESTANAL®, 99%) was purchased from SIGMA-ALDRICH CHEMIE Gmbh, Riedstrasse, Germany. Lindane (97 %) and Diethyl ether (99.8%) were procured from Sigma-Aldrich. Other chemicals and reagents used in this study were of technical grade and were purchased from chemical companies.

2.2 SOLUTIONS PREPARATION

Stock solution of chlordecone was prepared by dispersed 1.6 mg of chlordecone in 1 liter of demineralized water by moderated ultrasonication (BRANSONIC 221). For the different experiments, an aliquot of stock solution is added aseptically to mineral medium to reach desired chlordecone amount. Mineral medium was prepared by KH_2PO_4 (0,760 $g.L^{-1}$), Na_2HPO_4 (5,455 $g.L^{-1}$) and NH_4NO_3 (0,250 $g.L^{-1}$) in demineralized water.

2.3 SAMPLE COLLECTION

Soil samples were collected in Tiko, Cameroon South West region **(**4°07'00.8"N 9°22'57.0") which had a story of pesticide application. Soil cores (2-20 cm) taken from selected spots were collected in sterilized glass bottles. The samples were iced during transport to laboratory and stored at 4°C until microbial isolation.

2.4 SOIL CHARACTERIZATION

Physicochemical properties of soil were analyzed; typically, textural analysis, moisture content, pH, mineral nitrogen concentration, organic matter, available phosphorus, exchangeable potassium and sodium, sulphate, free chloride and total iron.

Soil texture was evaluated by the determination of two (02) primary particle size fractions. Proportions of sand particles (0.050 mm to 2 mm) and silt and clay (≤ 0.050 mm) have been determined using the NF X 31-107 standard.

Mineral nitrogen assay was performed using a HORIBA LAQUAtwin B-743 selective electrode specific for nitrate ions and, for ammonium ions, by colorimetry at 470 nm using the HANNA HI 733B Checker® colorimeter according to the Nessler method.

Available mineral elements were analyzed after extraction by acetic acid, ammonic acetate and Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) buffer [25]. Sodium determination was carried out by electrometry (HANNA HI98202) and potassium by electrometry (HORIBA LAQUAtwin B-731) according to the designers' recommendations. The colorimetric technique (HACH 1455-BL) was used for the determination of total iron.

The water-soluble sulphates were assayed by turbidimetry using the modified barium sulphate method (HANNA HI38000). Phosphate and free chlorine concentrations were determined by colorimetry (PRECISION LABS 800-733-0266) and by titration (HACH Quantab® 27449-40), respectively, according to the manufacturers' instructions.

2.5 ISOLATION OF BACTERIAL STRAIN

Bacterial isolation was carried out by the enrichment culture technique using mineral broth (pH 6.8 ±0.5) [26]. Ten grams of collected soil were added to 100 mL of sterile mineral medium containing 10 $mg.L^{-1}$ of lindane. Lindane has been used as organochlorine compound for primary screening before selection with CLD. Erlenmeyer flasks were shaken continuously in a water bath agitator and incubated at 28 ± 2° C for 2 days. Afterwards, 10 mL aliquots from the previous flasks were transferred to a sterile fresh mineral medium containing the same lindane concentration. After 2 transfers, bacteria colonies were isolated by serial dilution and spread plating on Plate Count Agar (PCA). Microorganisms in the final subcultures were isolated on the basis of size, colour and morphology. Purification of cultures was reached by serial subculture on PCA plates.

2.6 SELECTION OF BACTERIA CAPABLE TO GROWTH ON CHLORDECONE

Microbial isolates were screened on agar plates by the method of spray plates [27]. At first, isolates were cultivated on lindane agar plates and preselected strains were tested on chlordecone spray plates. Spray plates were realized containing 1.5% agar in mineral medium and isolated strains were inoculated on the plate. The surface of the pre-settled plates was sprayed with 10% (wt/vol) of lindane in diethyl ether and plates were incubated at 28°C for 7 days. The isolates capable of growing with lindane were selected and incubated on agar plates with chlordecone as source of carbon. An aliquot of the chlordecone stock solution is added aseptically to the mineral medium agar (1.5%) to reach 1.5 $\mu g.mL^{-1}$ chlordecone. The mixture was shaken thorough and poor in Petri dishes. After solidification of the selective medium, pre-selected isolates were inoculated on the surface and incubated at 28°C for 7 days. Bacteria capable to growth on chlordecone selective medium were selected and further characterised.

2.7 CHARACTERIZATION OF THE SELECTED BACTERIUM

Some morphological and biochemical characters of the selected bacterial isolate were analyzed. Microbial enzymatic system was studied during 24 hours by using 12 tests of an API®BioMérieux biochemical system (the first 12 tests diverted from the gallery API20E normally used for Enterobacteria). Metabolites produced during incubation time are translated by color changes due to colored indicator modification with pH changes inside the different media. Also, a specific medium (*Bacillus* cereus Selective Agar PEMBA) was used to discriminate between the kind of the selected bacterial isolate.

2.8 INFLUENCE OF PARAMETERS ON SELECTED BACTERIA GROWTH WITH CHLORDECONE IN CULTURE BROTH

To study the effect of pH, incubation temperature, incubation time and initial chlordecone concentration on growth, a two-level full factorial design was performed. Levels of the factors are shown in table 1. The experiments were realized into Erlenmeyer flasks (100 mL) containing 20 mL of medium. The acclimated bacteria culture was added to the mineral medium containing chlordecone to obtain $2.42.10^8$ CFU/mL. Inoculum was obtained by growing the isolate in Tryptic Soy Broth (TSB, Corning™) containing 100 ppb of chlordecone for 24 h. Thereafter, cells were harvested by centrifugation (6000 g, 30 min at 4°C), washed three times with sterile mineral medium and suspended in required volume of mineral medium for further experiments which were started in 24 h after harvest. Bacteria growth was assessed by indirect measurement of cell numbers by turbidimetric techniques using optical density measuring at 600 nm (OD_{600}) of the inoculated medium after incubation time. The results were statically analyzed using STATGRAPHICS Centurion XV.II (version 15.02.0006, StatPoint, Inc.) and the factors were considered significant when $p < 0.05$.

Table 1. Levels of factors for bacteria isolate growth on chlordecone medium

Factors	Low (-)	High (+)
pH	5	7
Incubation temperature (°C)	23	30
Chlordecone concentration (µg/mL)	0.5	1
Incubation time (hours)	50	100

2.9 DEGRADATION STUDIES

Experiments were conducted according to the modified procedure of [28] and [29]. Assays were performed in 20 mL sterile glass vials containing pre-autoclaved mineral medium at 121°C for 20 min and an aliquot of chlordecone aqueous stock solution. Final chlordecone concentration was 1 µg.mL^{-1} and the inoculum was added to give final cell density which was determined by plate counts on PCA. Initial optical density of the medium was 0.33 AU corresponding to 3.1.10^{2} CFU.mL^{-1}. All the experiments were carried out in triplicate. Flasks, used for inoculum preparation and the experimental flasks were incubated on a shaker water bath (100 rev.min^{-1}) at 28°C. Three flasks were removed at required intervals for analyses such as inorganic chloride and optical density measurements. Blank flask has been primarily inoculated then autoclaved at 121°C for 30 min and maintained as a control [30].

2.10 ESTIMATION OF CHLORDECONE MINERALIZATION

Mineralization of chlordecone by bacterial isolate was inquired by quantifying chloride ion release. 10 mL of cell free supernatant (6000 g, 45 min) from each of the triplicates were removed after 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days for the estimation of free chloride following an adaptation of USEPA method 330.5. The reaction between free chlorine and the DPD reagent causes a pink tint in the sample and developed color was measured by a specific photometer (HANNA HI 701) at 525 nm.

3 RESULTS

3.1 SOIL CHARACTERIZATION

The microcosm used for isolation of bacteria degrading organochlorine was analysed and physicochemical properties of the soil sampled is presented in table 2. The soil texture analysis presents 60.97 % of sand and 36.34 % of silt and clay mixture. These soil fractions are representative of "sandy" soil and particularly "silty sand" or "clayey sand" according to the silt or clay contents respectively. Soil samples were acid (pH_{water} 4.51 ± 0.63) and present 13.71% of organic matter, a non-negligible amount. The chemical composition presents a considerable quantity of exchangeable ions, especially important free chlorine and potassium amounts.

Table 2. Physicochemical properties of the agricultural soil sampled

Characteristics	Value
Sand (%)	60.97 ± 1.25
Clay + silt (%)	36.34 ± 0.91
pH_{water}	4.51 ± 0.63
Humidity (%)	14.9 ± 0.82
Organic matter (%)	13.71 ± 0.22
Mineral nitrogen : NO_3^-+NH_4^+ (ppm)	56.32 ± 3.41
Potassium K^+ (ppm)	140 ± 4
Sodium Na^+ (ppm)	21± 1.1
Total iron (ppm)	5 ± 0.4
Sulphate (ppm)	60 ± 3
Phosphate (ppm)	100 ± 5
Free chlorine (ppm)	151 ± 7

3.2 ISOLATION, SCREENING AND CHARACTERIZATION OF BACTERIA ISOLATES

29 bacteria isolates were obtained by enrichment cultures from agricultural soil samples (data not shown). Among these isolates plated on lindane solid medium for preselecting experiments, only 2 isolates shown a visible growth on selective medium (fig.1). After incubation onto chlordecone solid medium, only 01 bacterium was selected and further characterised.

Morphological characterization of selected isolate showed a Gram-positive rod-shaped bacterium (fig. 1). Biochemical analysis had presented catalase positive and oxidase negative responses added to aerobe and facultative anaerobe behaviour of the selected bacteria. Indeed, positive reaction for Arginine and Lysine substrates degradation, which translate presence of Arginine Dihydrolase (ADH) and Lysine Decarboxylase (LDC), could express the facultative anaerobe character of the bacteria (fig. 2). The aerobic breath is presented by positive response for glucose (GLU) character. Finally, bacterium isolate has been

related to *Bacillus sp* on the basis of growing onto *Bacillus* PEMBA agar specific medium (fig. 2). A positive growth is an indication of the presence of the *Bacillus* kind. Indeed, this medium is made selective by presence of antibiotic polymyxine B which is a selective agent for the *Bacillus* kind bacteria. As seen, the selected *Bacillus* species is mannitol positive and lecithinase negative due to yellow color of the colonies and absence of opacity of the medium around them.



Fig. 1. ***Bacterium strain isolated from sampled soil; Left: Bacteria isolate on lindane spray plate; Right: Bacteria isolate under optical microscopy***

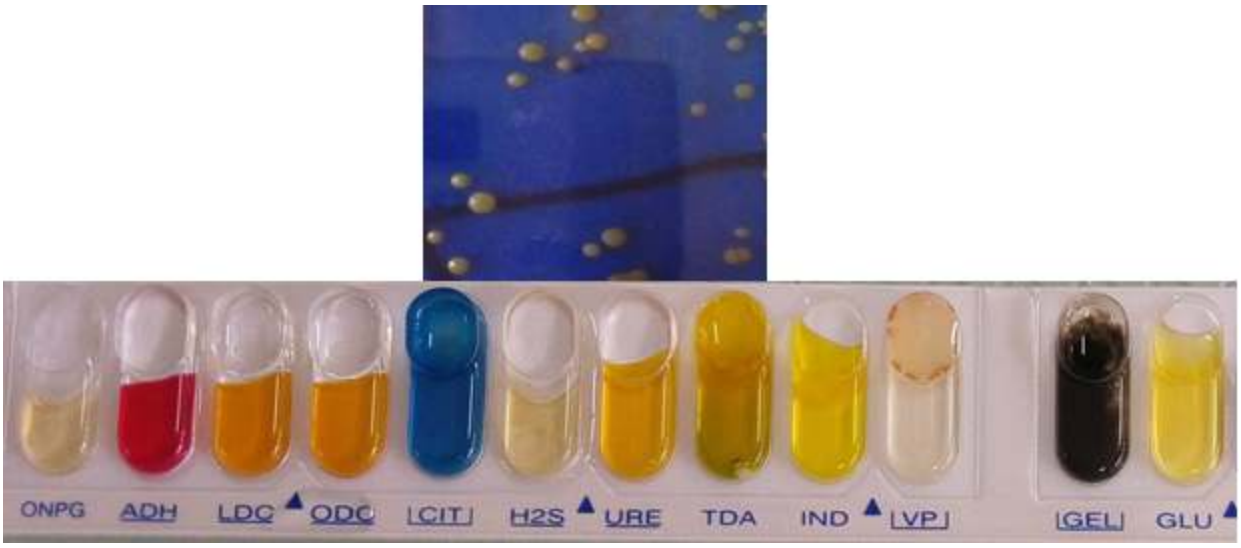


Fig. 2. ***Results of characterization and identification tests; Up: Isolate on Bacillus PEMBA agar; Down: protein metabolism and microbial enzymatic system studies***

3.3 EFFECT OF SOME PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS ON *BACILLUS SP* GROWTH

Influence of pH, incubation temperature, incubation time and initial chlordecone concentration on *Bacillus sp* growth was investigated. Results obtained are presented in figure 3 and table 3.

ANOVA table (table 3) presents biomass variability for each separated effects. It checks also the statistical meaning of each effect by comparing quadratic average with regard to an estimation of the experimental error. In our case, 4 effects have probability lower than 0.05, indicating that they are significantly different from zero at the level of 95.0 % confidence. From obtained results, two direct parameters (temperature and pH), and two interactions (temperature – pH and Temperature – time) shown significant effect on *Bacillus sp* growth. Based on these statistical significant effects, the regression equation of model that can predict evolution of the biomass of *Bacillus sp is as follows:*

Biomass of *Bacillus sp* (Optical Density) = 0.06836 - 0.02887*Temperature – 0,04588*pH - 0.02478*Temperature*pH – 0,01888*Temperature*Time

Nevertheless, direct effects of temperature and pH were predominant inside the experimental domain (figure 3). Therefore, acid pH and temperature below 30°C were used for study degradation of CLD in batch reactor.

Table 3. Analysis of Variance for optical density of Bacillus sp growth with chlordecone as carbon source

Source	*Sum of squares*	*DDL*	*Quadratic average*	*F-Ratio*	*Probability*
MAIN EFFECTS					
A:Temperature	0.00333506	1	0.00333506	13.40	0.0064
B:CLD Concentration	0.00004556	1	0.00004556	0.18	0.6800
C:pH	0.00841806	1	0.00841806	33.83	0.0004
D:Time	0.00088506	1	0.00088506	3.56	0.0960
INTERACTIONS					
AB	0.00006006	1	0.00006006	0.24	0.6364
AC (Temperature- pH)	0.00237656	1	0.00237656	9.55	0.0149
AD (Temperature- Time)	0.00142506	1	0.00142506	5.73	0.0436
BC	0.00041006	1	0.00041006	1.65	0.2352
BD	0.00047306	1	0.00047306	1.90	0.2053
CD	0.00049506	1	0.00049506	1.99	0.1961
Residual	0.00199080	8	0.00024885		
Total (corrected)	0.01991440	18			

3.4 *BACILLUS SP.* GROWTH IN CHLORDECONE MEDIUM

Degradation of chlordecone by *Bacillus sp* was investigated. Figures 4, 5 and 6 present the kinetics of bacterial growth, free chlorine released and pH change, respectively. Multiple phases of bacterial growth are observed. Firstly, a decline of biomass until 5 days followed by a microorganism growth. Secondly, a decreased of biomass after 10 days, preceding another increase of bacteria in the medium. After 20 days, a continuous decline of biomass is observed.

Figure 4 shows the evolution of free chlorine released in the medium and blank. It should be noticed that an increase of free chlorine content is monitored before 5 days thought the microbial biomass decreased. Maximum free chlorine released and detected corresponds to only 19.5% of total chlorine expected if all the initial chlordecone had been dechlorinated. Such quantity shows that chlordecone is not completely degraded by *Bacillus* sp.

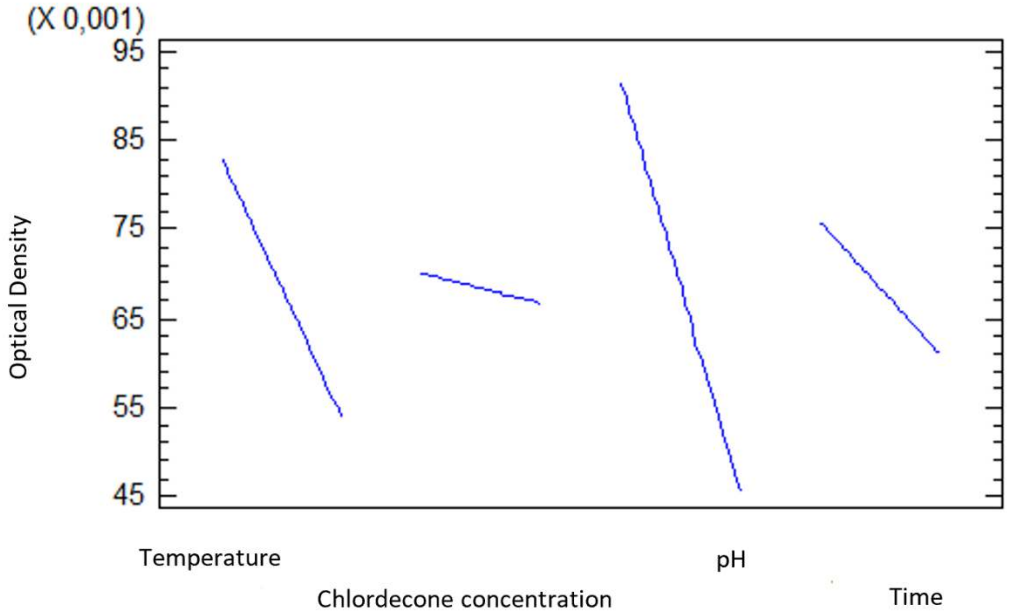


Fig. 3. Graphic of direct effects of studied parameters on Bacillus sp growth

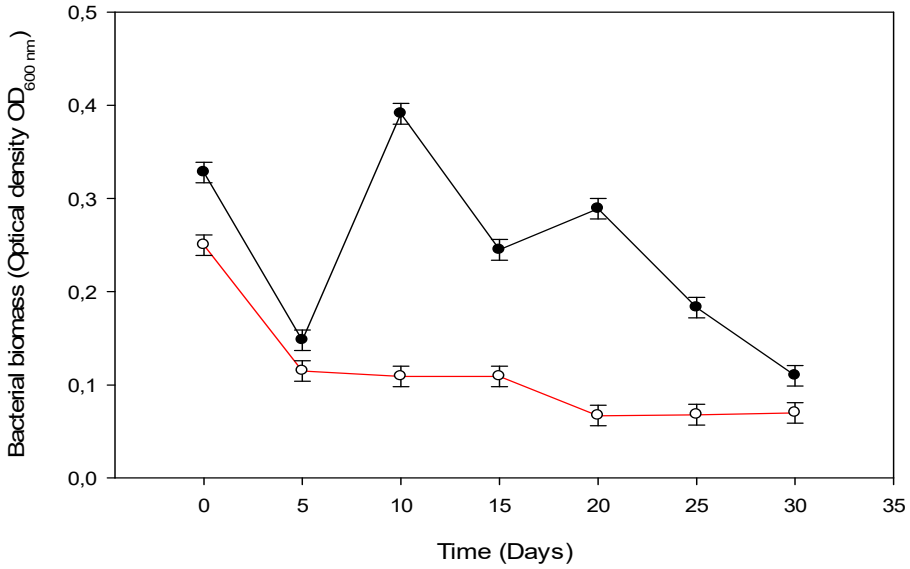


Fig. 4. Kinetic of Bacillus sp growth in liquid medium; T=27±2°C, [chlordecone] = 1µg/L, initial pH 5.1, agitation speed= 90 rev.min-1. Symbols: ● = studied medium, o = blank medium

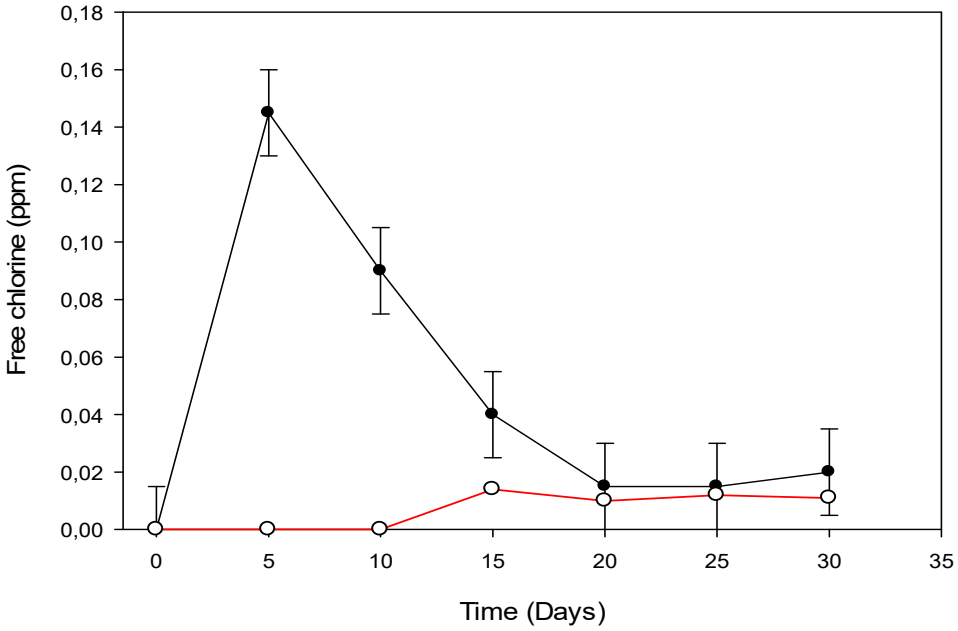


Fig. 5. Free chlorine released during Bacillus sp growth in liquid medium; T=27±2°C, [chlordecone] = 1µg/L, initial pH 5.1, agitation speed= 90 rev.min-1. Symbols: ● = studied medium, ○ = blank medium

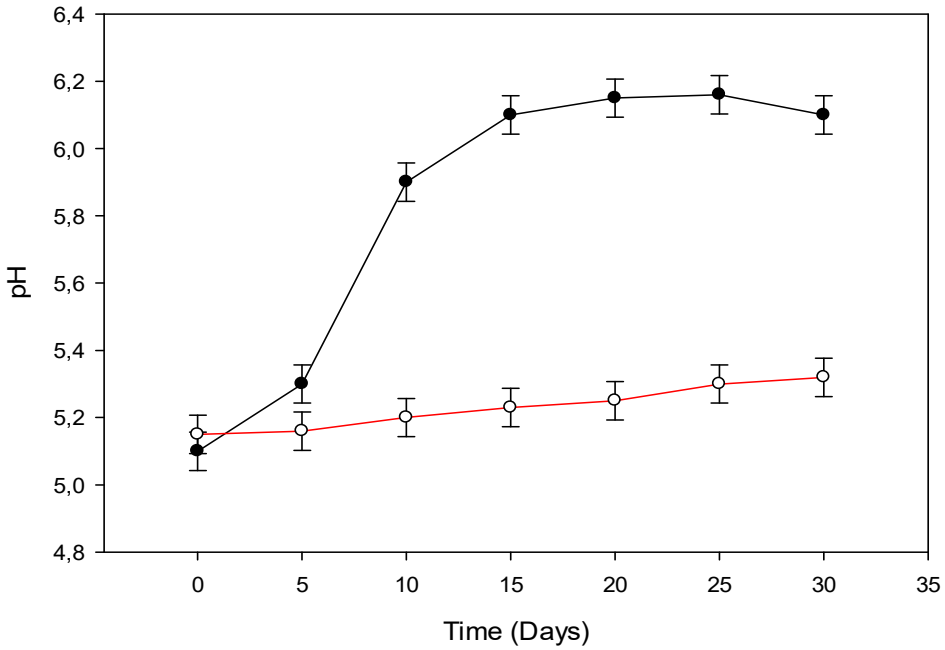


Fig. 6. pH variation during Bacillus sp growth in liquid medium; T=27±2°C,[chlordecone]= 1µg/L, initial pH 5.1, agitation speed= 90 rev.min-1. Symbols:● = studied medium, ○= blank medium

Figure 6 shows the evolution of pH during incubation of *Bacillus* sp with chlordecone. This graph presents 03 steps; especially, a pH increase during the first decline phase of the bacterial biomass, followed by a second exponential increase and finally, a stabilization of the pH as last phase.

4 DISCUSSION

Texture analysis of the soil sampled are similar to those found of the agronomic horizon (0 - 20 cms) of certain agricultural soils notably the andosols with about 59.7% and 79.7% of sand [7]. This type of soil is met in volcanic region with ashes as rock source. These grounds present high allophane content (an amorphous material constituted by silica, alumina and iron). The Southwest Cameroon region soils are considered as volcanic [3], [31], and as it is generally the case of Andosols, the studied microcosm is also acid. Indeed, this acidity also allows characterizing quantity of allophane. So, for pH between 4 and 5, allophane content of the sample is raised. Besides, these soils are rich in organic matter (OM ≥ 2 $mg.L^{-1}$) and thus, hold a very high adsorption capacity. This OM content would favour the retention of pesticides, OCP in particular. Indeed, it was shown that andosols have the biggest capacity of CLD retention than other classes of soils [32]. In addition to high CLD retention capacity, these soils present a low power of contamination of other environmental compartments by washing and streaming. Notwithstanding, this low power of contamination would lengthen the duration of pollutants transfer from contaminated soil towards aquatic circles and would cause a lasting pollution by the OCP in particular.

Concerning soil mineral analysis, obtained results are related to agricultural ground concerned by banana cultures. Indeed, potassium is particularly important for this type of fruits and is generally added during soil amendment. Sodium has a less importance because excess of sodium is harmful to banana tree [31], [33]. Chlorine has the same effect and is not necessarily added to soil although chlorine toxicity levels are very variable according to the variety of banana [31], [33]. Thus, the chlorine content observed could be related to persistent chlorinated compounds used on this soil during the previous decades. Because of their persistent character, these contrary compounds would be slowly dechlorinated and would maintain a continuous chlorine concentration in the ground. Consequently, microorganisms isolated from this soil would be already adapted to high chlorine content environment.

During *Bacillus* isolate incubation with CLD, the first decline step may be considered as a lag phase. Indeed, biodegradation of organic chemicals sometimes requires an acclimatization period of the microorganism before any use of the substrate [34], [35]. During this lag phase, little or no biodegradation is observed and microbial population produces enzymes necessary for conversion of an unusual substrate. Though microorganism in our case have been isolated from soil owning a CLD uses history, the *Bacillus* strain assayed requires an acclimatization phase, showing that this compound is not a preferential substrate for his metabolism and/or reveals the refractory character of this organochlorine for biodegradation by microorganism inoculated.

Concerning free chlorine analyses, an unexpected result has been chlorine released during the first decline phase. This dechlorination can be explain such as, during lag phase, a little biodegradation may take place and the dehalogenase enzymatic system produced could be act in the medium for CLD dechlorination [34]. Similar behaviour have been observed with *Fusarium verticillioides* in minimal salt medium [36]. In this case, lindane degradation has been monitored though the number of microorganism colonies decreased.

Due to the only one major peak of chlorine released, second and third bacterial biomass rises can be assigned to cryptic growth. The decrease of bacterial biomass would be understandable by microbial cells autolysis due to unfavourable culture medium. Indeed, during decline phase, bacteria division is strongly reduced or interrupted, many of them die and are destroyed by autolysins. Acclimatization period, nutriments unavailability or the accumulation of toxic metabolites due to not renewed medium would justify the death of cells. In our case, the unavailability would concern the cell incapacity to use the overall chlordecone present in the medium. Thus, microbial multiplication after 15 days could be assigned to a cryptic growth and would be justified by the presence of numerous organic compounds coming from the cytoplasmic contents of cells and used by the surviving microorganism as carbon source [37]. Moreover, after the cryptic period, death of cells could be due to the negative effect of pH increase, out of accumulation of toxic metabolites. Indeed, as observed with experimental design, pH owns a negative effect on the isolated *Bacillus* strain growth. It should be noticed that neutral pH is generally considered optimal for metabolic activities of the genus *Bacillus*, but it is not the case in our study.

5 CONCLUSION

This study suggested that microbial degradation of chlordecone did occur under aerobic conditions with Bacillus strain. This bacterium has been isolated from Cameroonian ecosystem owning organochlorine pesticides uses story. CLD biodegradation potential are influenced by pH of the medium and incubation temperature. Biodegradation pathway seems to be a double dechlorination only.

Further study on monitoring mineralization of chlordecone, identification of the intermediate products and the specific microbial community involved are required to determine the exact dechlorination pathway biodegradation of chlordecone in these aerobic conditions.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to Dr. R. BOGNE, Mr. J. NSOE, Mr M. KAMENI and Mr. S. NODEM for their valuable advices and technical helps.

REFERENCES

[1] S. Legeay, P.-A. Billat, N. Clere, F. Nesslany, S. Bristeau, S. Faure and C. Mouvet, 'Two dechlorinated chlordecone derivatives formed by in situ chemical reduction are devoid of genotoxicity and mutagenicity and have lower proangiogenic properties compared to the parent compound', *Env. Sci Pollut Res*, Published online, pp 11, 2017.

[2] A. Picot and M. Rabache, 'FICHE TOXICO ECOTOXICO CHIMIQUE N° 3: Chlordecone (Kepone)'. Association Toxicologie-CNAM, 2005.

[3] J. N. Okolle, G. H. Fansi, F. M. Lombi, P. S. Lang, and P. Loubana, 'Banana entomological Research in Cameroun: How Far and What Next?', *Afr. J. Plant Sci. Biotechnol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–19, 2009.

[4] PNUE, 'Chlordecone: Projet d'Evaluation de la Gestion des Risques'. http://www.pops.int/documents/meetings/poprc_3/meetingdocs/poprc3_doc/10/K0762894.F_POPS_POPRC_3_10.pd, 2007. Accessed September 2016.

[5] J.-Y. Le Deaut and C. Procaccia, 'Les impacts de l'utilisation de la chlordécone et des pesticides aux Antilles : bilan et perspectives d'évolution'. Assemblée Nationale Française: Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, France, no 1778, pp 223, 2009.

[6] O. Boucher, M-N*. Simard, G. Muckle, F. Rouget, P. Kadhel, H. Bataille, V. Chajes, R. Dallaire, J-P. Thome, L. Multigner and S. Cordier*, 'Exposure to an organochlorine pesticide (chlordecone) and development of 18-month-old infants', *NeuroToxicology*, vol. 35, pp. 162–168, 2013.

[7] J. D. Fernandez-Bayo, C. Saison, M. Voltz, U. Disko, D. Hofmann, and A. E. Berns, 'Chlordecone fate and mineralisation in a tropical soil (andosol) microcosm under aerobic conditions', *Sci. Total Environ.*, vol. 463–464, pp. 395–403, 2013a.

[8] W. L. Dilling, 'Bishomocubane Chemistry. 14. Molecular Mechanics Calculations on Bishomocubyl Systems', *J Org Chem*, vol. 58, no. 20, pp. 5338–5344, 1993.

[9] PNUE, 'Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POP)'. Secrétariat de la Convention de Stockholm, 2009.

[10] N. Cimetiere, S. Giraudet, M. Papazoglou, H. Fallou, A. Amrane, and P. LeCloirec, 'Analysis of chlordecone by LC/MS–MS in surface and wastewaters', *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 2, pp. 849–856, 2014.

[11] A. Durimel, S. Altenor, R. Miranda-Quintana, P. Couespel Du Mesnil, U. Jauregui-Haza, R. Gadiou and S. Gaspard., 'pH dependence of chlordecone adsorption on activated carbons and role of adsorbent physico-chemical properties', *Chem. Eng. J.*, vol. 229, pp. 239–249, 2013.

[12] S. Gaspard, L. Laquitaine, and A. Durimel, 'Recherche d'une voie de dépollution des milieux et matériaux contaminés par la chlordécone et l'hexachlorocychlohexane: Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles.', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 21–23, 2011.

[13] Y.-M. Cabidoche, M. Jannoyer, and H. Vanniere, 'Pollution par les organochlorés aux Antilles, Conclusions du Groupe d'Etude et de Prospective', Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) France, 66p, 2006.

[14] Y.-M. Cabidoche and M. Lesueur-Jannoyer, 'Pollution durable des sols par la chlordécone aux Antilles : comment la gérer ?', *Innov. Agron.*, vol. 16, pp. 117–133, 2011.

[15] V. Rana, R. Kissner, U. Jauregui-Haza, S. Gaspard, and J. Levalois-Grützmacher, 'Enhanced chlordecone (Kepone) removal by FeO-nanoparticles loaded on activated carbon', *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 1608–1617, 2017.

[16] J. J. Gamboa-Carballo *et al.*, 'Theoretical study of chlordecone and surface groups interaction in an activated carbon model under acidic and neutral conditions', *J. Mol. Graph. Model.*, vol. 65, pp. 83–93, 2016.

[17] V. Rana, R. Kissner, S. Gaspard, and J. Levalois-Grützmacher, 'Cyclodextrin as a Complexation Agent in the Removal of Chlordecone from Water', *Chem. Eng. J.*, vol. 293, pp. 82–89, 2016.

[18] P. LeCloirec, 'Traitements des eaux; Elimination de la Chlordécone par adsorption sur charbon actif, Etats des lieux et prospectives: Remédiation à la pollution par la Chlordécone aux Antilles', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 17–19, 2011.

[19] S. Malato, 'Dégradation de la Chlordécone dans l'eau en utilisant des Procédés d'Oxydation Avancée (AOPS): Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles.', *Cah. PRAM*, vol. 9–10, pp. 13–16, 2011.

[20] H. Macarie and J. Dolfing, 'La chlordécone (CLD) est-elle véritablement réfractaire à une dégradation microbienne ? Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 25–30, 2011.
[21] M. Devers, E. Topp, N. Rouard, and F. Martin-Laurent, 'La biodégradation de la chlordécone est-elle impossible? Remédiation à la pollution par la chordécone aux Antilles', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 41–44, 2011.
[22] S. Orndorff and R. R. Colwell, 'Microbial Transformation of Kepone', *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 39, no. 2, pp. 398–406, 1980.
[23] S. Pesce, 'Biodegradation et bioremédiation de la chlordécone - Approches de recherches possibles: Remédiation à la pollution par la Chlordécone aux Antilles', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 45–47, 2011.
[24] W. Achouak, 'Devenir de la chlordécone dans l'environnement: Remédiation à la pollution par la Chlordécone aux Antilles: Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles', *Les Cahiers du PRAM*, vol. 9–10, pp. 49–52, 2011.
[25] I. S. de S. P. ISSeP, 'S-II-12V2 – Extraction des éléments disponibles dans les terres agricoles'. CWEA, 2014.
[26] H. M. Murthy and H. K. Manonmani, 'Aerobic degradation of technical hexachlorocyclohexane by a defined microbial consortium', *J. Hazard. Mater.*, vol. 149, pp. 18–25, 2007.
[27] H. Kiyohara, K. Nagao, and K. Yana, 'Rapid screen for bacteria degrading Water-Insoluble, solids Hydrocarbons on Agar plates', vol. 43, no. 2, pp. 454–457, 1982.
[28] S. F. Pesce and D. Wunderlin, 'Biodegradation of Lindane by a native bacterial consortium isolated from contaminated river sediment', *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 54, pp. 255–260, 2004.
[29] G. Zheng, J. Selvam, and W. C. Wong, 'Rapid degradation of lindane (γ-hexachlorocyclohexane) at low temperature by Sphingobium strains', *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 65, pp. 612–618, 2011.
[30] A. Warth, 'Relationship Between the Heat Resistance of Spores and the Optimum and maximum Growth Temperatures of Bacillus Species', *J. Bacteriol.*, vol. 134, no. 3, pp. 699–705, 1978.
[31] A. Lassoudière, *Le bananier: Un siècle d'innovations techniques*. Editions Quae, 2012.
[32] Y.-M. Cabidoche, R. Achard, P. Cattan, C. Clermont-Dauphin, F. Massat, and J. Sansoulet, 'Long-term pollution by chlordecone of tropical volcanic soils in the French West Indies: A simple leaching model accounts for current residue', *Environ. Pollut.*, vol. 157, pp. 1697–1705, 2009.
[33] M. Belfakih, M. Ibriz, A. Zouahri, and S. Hilali, 'Effet de la salinité sur la croissance des deux variétés de bananier « grande naine » et « petite naine » et leur nutrition minérale au Maroc', *J. Appl. Biosci.*, vol. 63, pp. 4689 – 4702, 2013.
[34] S. Cuozzo, M. Fuentes, N. Bourguignon, C. Benimeli, and M. Amoroso, 'Chlordane biodegradation under aerobic conditions by indigenous Streptomyces strains', *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 66, pp. 19–24, 2012.
[35] T. Hirano, T. Ishida, K. Oh, and R. Sudo, 'Biodegradation of chlordane and hexachlorobenzenes in river sediment', *Chemosphere*, vol. 67, pp. 428–434, 2007.
[36] F. Guillen-Jimenez, E. Cristiani-Urbina, J. C. Cancino-Diaz, J. L. Flores-Moreno, and B. Barragan-Huerta, 'Lindane biodegradation by the Fusarium verticillioodes AT-100 strain, isolated from Agave tequilana leaves: Kinetics and identification of metabolites', *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 74, pp. 36–47, 2012.
[37] S. Hogg, *Essential Microbiology*. John Wiley § Sons, Ltd, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 556-561
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

In-vitro Comparative Dissolution Study of Different Brands of Levocetirizine Dihydrochloride Available in Bangladesh

Samiha Tamanna[1], Tirtha Nandi[2], Rafar Shahriar[1], Md. Abdul Barek[3], and Mohammad Zamsad[3]

[1]Department of Pharmacy, East west University, Dhaka, Bangladesh

[2]Temple University School of Pharmacy, 3307 N Broad St, Philadelphia, PA 19140, USA

[3]Department of Pharmacy, Noakhali Science and Technology University, Sonapur, Noakhali-814, Bangladesh

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Branded drugs are more expensive than locally marketed drugs. The aim of this present study was to evaluate and compare dissolution pattern of locally branded drug products of Levocetirizine dihydrochloride of regional pharmaceutical companies available in Bangladesh with the reputed brand of Levocetirizine 2HCl (Purotrol®) marketed by Square pharmaceuticals Ltd. Four different brands of Levocetirizine 2HCl tablets and Purotrol® were collected from a reputed pharmacy store, then evaluated and compared subsequently. Five tablets from each of the brands were used for the *in-vitro* dissolution study. Cumulative drug release was measured up to 30 minutes for all the brands. Differential factor, f1 and similarity factor, f2 were determined. Significant difference was observed for *in-vitro* drug release pattern of local brands with respect to Purotrol®. Here it was found that the values of *f*1 are 25.11, 26.08 and 15.52 for brand B, C, and D respectively so it is not acceptable. Only brand A has f1 value less than 15 (13.7) therefore that is accepted. In case of similarity factor it was seen that the values of *f*2 are 44.79, 37.54, 30.77 and 16.27 for brand A, B, C, and D respectively, so it is also not acceptable. Significant difference was observed during *in-vitro* drug release pattern of B, C and D with from Purotrol®. Manufacturer of brand B, C, and D are advised to revise their drug release pattern to be more similar with Purotrol®.

KEYWORDS: Levocetirizine 2HCl, Comparative dissolution, Differential factor, Similarity factor, *In- vitro* drug dissolution study.

1 INTRODUCTION

Levocetirizine is a non-sedative third-generation antihistamine indicated for the relief of symptoms affiliated with seasonal and perennial allergic rhinitis along with uncomplicated chronic idiopathic urticarial skin manifestations. It was developed from the second-generation antihistamine cetirizine. Levocetirizine is the r- enantiomer (isolated levorotatory enantiomer) of the cetirizine racemate. Levocetirizine is an inverse agonist which decreases activity at histamine H1 receptors. In vitro binding experiments revealed that levocetirizine has 2 fold higher affinities for the human H1-receptor as compared with cetirizine. This in turn prevents the release of other allergenic and inflammatory mediators together with increased blood supply to the area and provides relief from the typical symptoms of hay fever. It does not prevent the actual release of histamine from mast cells. Levocetirizine was approved by the United States Food and Drug Administration on May 25, 2007 and is marketed under the Purotrol®YZAL® by Sanofi-Aventis U.S. LLC [1]. Levocetirizine dihydrochloride is classified in class II as it has high solubility and low permeability by the biopharmaceutical classification system (BCS). Dissolution tests are essential for the prognosis of solid dosage form oral absorption and bioequivalence parameter of drugs. In this study we have compared the dissolution profile of local brands B, C, D, E etc. with respect to a reference Purotrol®. Tablets are holding the peak market value as solid dosage form, which comprises the large portion of pharmaceutical markets. The advantages of tablets include good physical ease of dosing, chemical and microbiological stability; patient compliance and acceptability etc. [2]. Anyway, the drug bioavailability into the systemic circulation from the tablets includes the steps of disintegration, dissolution and absorption. The co-ordination between these three steps ensures the bioavailability of a drug from tablets. Therefore, dissolution tests are

Corresponding Author: Md. Abdul Barek

very important that ensures the optimum release of the drug from the drug product [3]. Generic substitution is prescribing different brand or an unbranded drug which contains the same API at similar strength and dosage form [4]. Branded drug products are costly that are hardly affordable to the poor people of under-developed and developing countries. Many health authorities including WHO suggest the replacement of patent brands with generic brands for general mass. However, this approach must not exceed the need for a bioequivalence testing. One brand can be replaced by another brand if they are bioequivalent only [5].One of the most significant concerns of this experiment is to study whether there are any impacts on the efficacy of the products that can raise further concerns about the sub therapeutic outcomes and repercussions of treatment failures especially due to levocetirizine.

This experiment was performed to evaluate and compare the dissolution pattern of commercially available different local brands of levocetirizine 2HCL tablets available in Bangladesh with the Purotrol®.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 DRUGS AND APPARATUS

Levocetirizine Dihydrochloride(Initial U.S. Approval: 1995),Five brands of Levocetirizine Dihydrochloride from Bangladesh (Table 1), USP Apparatus II– Paddle (37°C), UV visible spectrophotometer, conical flasks, measuring cylinders, distilled water pumps, pipette fillers, filter papers, aluminum foils, Pipette (1 ml &10 ml), Beaker, Mortar and pestle, volumetric flasks , test tubes etc.

Table 1. Different brands with their codes and prices

Code	Price (BDT)
X	3.50
A	2.00
B	2.00
C	2.00
D	2.52
E	2.00

2.2 PREPARATION OF STANDARD CURVE

Stock solution A of 10µg/mL was prepared by dissolving 10 mg equivalent of Levocetirizine Dihydrochloride USP in 100mL distilled water. Then it was diluted 10 times to make stock solution B of 10µg/mL. From the stock solution B five solutions of different concentrations (2, 4, 6, 8, 10) µg/ml of levocetirizine dihydrochloride was prepared. Then spectrophotometer is turned on and 231 nm wave length was set up. The solutions were placed on spectrophotometer to measure the absorbance. These concentrations were selected by trial and error method to keep the absorbance between 0.1 to 1 for the satisfaction of Beer-Lambert law [6].

2.3 DISSOLUTION TEST

USP apparatus II (Paddle) was used in the experiment for the dissolution test. Six vessels were used simultaneously. In each of the vessel 900mL of distilled water was poured. The temperature was set to 37.5±0.5°C. The RPM was set at 50. The machine was preheated to reach the temperature (Table 2). One tablet was placed in each of the vessel when time started. 5 mL of sample was withdrawn from each of the vessels at time interval 10, 20 and 30minutes and the loss of the solvent was compensated by the addition of fresh distilled water. Each of the samples was filtered and diluted 10 times before taking absorbances. At the end of the dissolution test, absorbances were taken at 231nm.

Table 2. Dissolution test conditions for Levocetirizine dihydrochloride USP

Dissolution Apparatus Type	USP Apparatus II
Dissolution media	Distilled water
Temperature	37°C ± 0.5°C
RPM	50
Time	30 minutes
Wavelength	231 nm

2.4 STATISTICAL ANALYSIS DIFFERENCE FACTOR, F1

The difference factor *f*1 is the average difference between all the points of sampling between two brands e.g. reference brand and one of the four test brands. The equation of *f*1 is given below:

$$f1 = \frac{\sum_{t=1}^{n} Rt - Tt}{\sum_{t=1}^{n} Rt} \times 100$$

R_t is the percentage of drug release from the reference drug product and Tt is the percentage of drug release from the test drug product at t time. Acceptable range of f1 is between 0-15. *f1* value greater than 15 means significant difference between two brands which is not accepted [7-10].

2.5 STATISTICAL ANALYSIS SIMILARITY FACTOR, F2

Similarity factor is calculated to determine significant similarity between two brands. The equation of *f*2 is given below:

$$f2 = 50\ log[1/\sqrt{\{1 + \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Rt - Tt)^2\}} \times 100]$$

The range of the f2 value is between 0 to100. If the value remains between 50 to100, it is acceptable [7-10].

2.6 DISSOLUTION EFFICIENCY

The dissolution efficiency is not a parameter to compare dissolution pattern between two brands. It is just a parameter to indicate drug release. It is calculated by the following equation:

$$DE = \frac{\int_{t2}^{t2} \mathrm{y.dt}}{\mathrm{y100} \times (\mathrm{t2} - \mathrm{t1})} \times 100$$

In the above equation, y is the percentage of drug release. The numerator of the equation indicates the area under within the time frame. The denominator indicates the rectangle of 100% drug release from 0 time throughout the time frame. The area under the curve is calculated by the help of Microsoft Excel software [11].

3 RESULT

For the calculation of drug release from the reference brand as well as test brands, a standard curve was prepared within the concentration range of 0-10 µg/mL. The curve displayed sufficient linearity with a correlation coefficient (R^2) value of 0.991 and provided an equation y = 0.033x - 0.009. The standard curve is shown in figure 1.

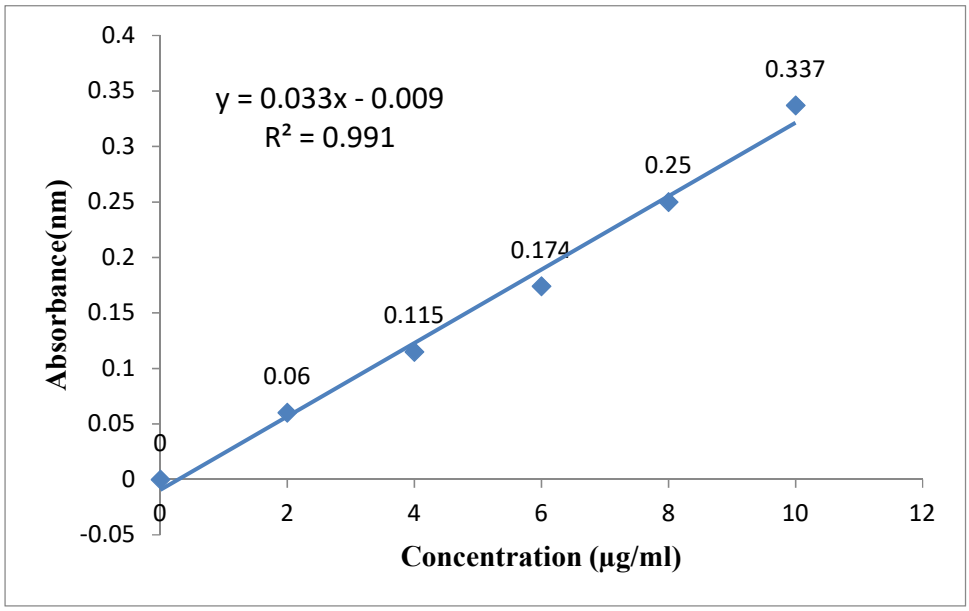


Fig. 1. Standard curve of the reference brand

In the recent experiment, four commercially available brands and reference brand Purotrol® were undertaken for dissolution study. The Dissolution tests were allowed to continue upto 30 minutes. According to the USP specifications for Levocetirizine dihydrochloride tablets, more than 80% drug should be released from the tablets within 45 minutes. Almost all of the brands satisfy this criterion except brand C which is below 80%. The average cumulative drug release pattern for four different brands of Levocetirizine tablets along with that of the reference brand Purotrol® have been illustrated below in the figure 2.

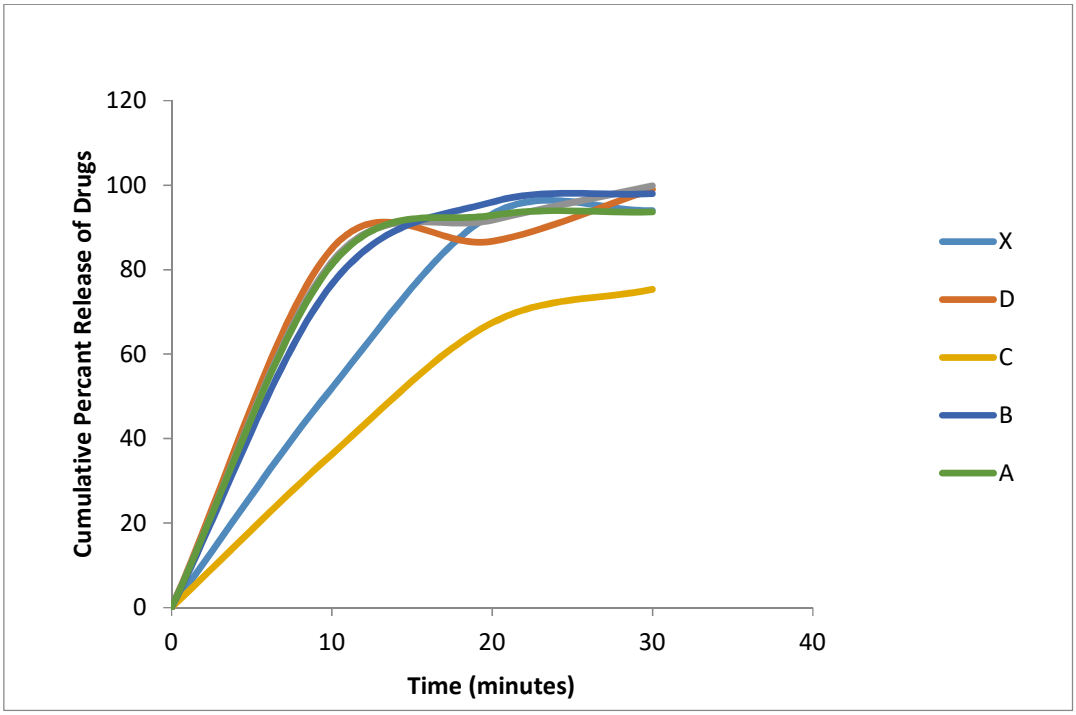


Fig. 2. Cumulative percent drug releases of different brands of Levocetirizine, their comparisons with Purotrol (X)

For the assessment of comparative dissolution, difference factor f1 and similarity factor f2 were calculated between Purotrol and each of the brands, because these two factors are most widely used for the comparison between different brands. The values of f1 and f2 are given in table 3 with justification. Dissolution efficiency was determined to evaluate the percentage dissolved from each of the formulations and difference between dissolution efficiency of Purotrol and each of the other brands were calculated. Then the differences in dissolution efficiency of different brands with Purotrol were measured.

Table 3. f1 and f2 values for the comparison between Purotrol and other brands

Comparison	*f1*	Justification	*f2*	Justification
Purotrol® & A	13.7	No significant difference between two brands	44.79	No significant similarity
Purotrol® & B	25.11	Significant difference between two brands	37.54	No significant similarity
Purotrol® & C	26.08	Significant difference between two brands	30.77	No significant similarity
Purotrol® & D	15.52	A little but having a difference between two brands	16.27	No significant similarity

4 DISCUSSION

In this study from the above figure 2, comparisons of dissolution profiles of Levocetirizine tablets were done to see the release pattern of Levocetirizine Dihydrochloride with different time intervals. Purotrol® was used as a reference brand and other brands like A, B, C and D were used to see the release pattern with different time intervals with respect to Purotrol®. It is acknowledged that, *f1*(difference factor) and *f2* (similarity factor) are used widely to find out both the average difference in between the reference brand and one of the four brands as well the similarity factor to detect the possible similarities amongst those brands with respect to the reference brand. From table 3, we observed Brand B, C, D had *f1* values greater than 15 i.e. 25.11, 26.08, and 15.52 deviating from the range of the values 10.11, 11.08 and 0.52 (almost closer to the range) respectively and so, therefore they are not acceptable. Only Brand A has *f1* value less than 15, i.e.13.7 and as a result that was accepted since it complied with the given range. It is stated that the similarity factor (*f2*) is inversely proportional to the average squared difference between the two profiles. From the table 3, we observed that the *f2* values of Brand A, B, C and D are 44.79, 37.54, 30.77 and 16.27 and thus deviated from the range of values 5.21, 12.46, 19.23 and 33.73 respectively. The probable reason they deviated from Purotrol® highly might be because of their very higher dissolution rate from the beginning. Therefore they were not acceptable at all. To sum up, it is clearly observed that these have impacts on efficacy of the products raising further concerns about the sub therapeutic outcomes and repercussions of treatment failures especially for Levocetirizine.

Overall, it can be concluded that, the brand A having the lowest *f1* value of 13.7(within the range) and highest *f2* value of 44.79 (closer to the range) is most similar to the reference brand in dissolution pattern apart from other brands.

The study was carried out in deionized water media and the values were calculated. The extreme variations in the API release profiles for Levocetirizine tablets reflect significant differences in the manufacturing quality which could be due to different sources, quality of coating process, relative comparison of content of polymers and other effects of excipients used in the formulation [12-15].

5 CONCLUSION

This study was an *in-vitro* study and we know that the *in-vivo* results could be different [16]. Levocetirizine dihydrochloride is classified in Class II as it has high solubility and low permeability by the BCS [17]. Dissolution tests are essential for the prognosis of dosage form oral absorption and bioequivalence of drugs. In this study we have compared the dissolution profile of local brands with respect to reference brand. The similarity factors (*f2*) and Difference factors (*f1*) of the local brands B, C, D was not in the acceptable range except Brand A because it scored an *f*1 value less than 15 which complying within the range and therefore is accepted. In conclusion, further investigations are needed to find out the better dissolution profile for these brands that were undergone dissolution study. Moreover, this study also recommends the manufacturers to reevaluate their formulations for maintaining or improving dissolution efficiency.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare they have no competing interests.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express their heartfelt obligation, indebtedness, gramercy and profound appreciation are made to Department of Pharmacy, East West University, Dhaka, Bangladesh for their general facilities continuous support, untiring inspiration, scholastic supervision, constructive criticism, affectionate feeling and optimistic counseling for the conduction of this study.

REFERENCES

[1] S. Kim, P.A. Thiessen, E.E. Bolton, J. Chen, G. Fu, A. Gindulyte, L. Han, J. He, S. He, B.A. Shoemaker, J. Wang, B. Yu, J. Zhang, S.H. Bryant, PubChem Substance and Compound databases, *Nucleic Acids Res*, 44 (2016) D1202-13.
[2] M.E. Aulton, *Pharmaceutics : the science of dosage form design*, 2nd edition ed., Edinburgh : Churchill Livingstone, London, 2002.
[3] V.P. Shah, J.J. Konecny, R.L. Everett, B. McCullough, A.C. Noorizadeh, J.P. Skelly, In vitro dissolution profile of water-insoluble drug dosage forms in the presence of surfactants, *Pharm Res*, 6 (1989) 612-8.
[4] J. Posner, J.P. Griffin, Generic substitution, *Br J Clin Pharmacol*, 72 (2011) 731-2.
[5] P.A. Meredith, Generic drugs. Therapeutic equivalence, *Drug Saf*, 15 (1996) 233-42.
[6] F. Hoegy, G.L. Mislin, I.J. Schalk, Pyoverdine and pyochelin measurements, *Methods Mol Biol*, 1149 (2014) 293-301.
[7] H. Lokhandwala, A. Deshpande, S.H. Deshpande, Kinetic modeling and dissolution profiles comparison: an overview, *Int. J. Pharm. Bio. Sci*, 4 (2013) 728-73.
[8] D.R. Parakh, M.P. Patil, Comparison of in-vitro dissolution profiles of marketed dicyclomine hydrochloride tablets, *International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences*, 5 (2014) 2109-19.
[9] R.P. Patel, M.H. Patel, B.G. Prajapati, A.H. Baria, Formulation and evaluation of sustained release matrix tablet of tizanidine hydrochloride by direct compression technique, *e-Journal of Science & Technology*, 6 (2011) 69-81.
[10] F. Qazi, M.H. Shoaib, R.I. Yousuf, T.M. Qazi, Z.A. Mehmood, S.M. Hasan, Formulation development and evaluation of Diltiazem HCl sustained release matrix tablets using HPMC K4M and K100M, *Pak J Pharm Sci*, 26 (2013) 653-63.
[11] N.H. Anderson, M. Bauer, N. Boussac, R. Khan-Malek, P. Munden, M. Sardaro, An evaluation of fit factors and dissolution efficiency for the comparison of in vitro dissolution profiles, *J Pharm Biomed Anal*, 17 (1998) 811-22.
[12] I.P. Gabbott, F. Al Husban, G.K. Reynolds, The combined effect of wet granulation process parameters and dried granule moisture content on tablet quality attributes, *Eur J Pharm Biopharm*, 106 (2016) 70-8.
[13] S. Jaya, K.P.R. Chowdary, P.R. Rao, Effect of superdisintigrants and solubilizers on the dissolution rate and dissolution efficiency of ritonavir tablets, *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences* 2(2012) 224-29.
[14] T. Nandi, M.A. Rahman, M.K. Hossain, M.F. Pavel, R. Sultana, In-vitro comparative dissolution study of different brands of Ranitidine hydrochloride tablets available in Bangladesh, *International Journal of Sciences & Applied Research* 3(2016) 14-20.
[15] Ł. Zimmer, R. Kasperek, E. Poleszak, Dissolution Properties and Kinetic Study of Sulfadimidine and Trimethoprim Tablets Containing Four Different Superdisintegrants, *Acta poloniae pharmaceutica*, 72 (2015) 347-55.
[16] X.Y. Lawrence, Use and Limitations of In Vitro Dissolution Testing: Topic Introduction and Overview, in, 2016.
[17] C.Y. Wu, L.Z. Benet, Predicting drug disposition via application of BCS: transport/absorption/ elimination interplay and development of a biopharmaceutics drug disposition classification system, *Pharm Res*, 22 (2005) 11-23.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 562-568
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

EVALUATING INTERMEDIATE ENGLISH TEXT BOOK ONE (PROSE) PUBLISHED BY SINDH TEXTBOOK BOARD JAMSHORO, THROUGH TEACHERS' PERCEPTION

SYED MASOOD ALI[1] and SHOKAT ALI LOHAR[2]

[1]M.S (SCHOLAR) Applied linguistics, E.L.D.C, MUTE, Jamshoro, Pakistan

[2]Assistant Professor Applied linguistics, E.L.D.C, MUTE, Jamshoro, Pakistan

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The role of textbook is self-evident in both teaching and learning English. It provides authentic material and also furnishes a roadmap to achieve set goals. Evaluating English textbooks through Teachers' perceptions would help to highlight strengths and weaknesses of a textbook being used at a particular educational level. This paper presents an analysis and evaluation of Intermediate English textbook-1(prose) published by Sindh textbook board Jamshoro, from the perspective of teachers. A questionnaire adapted from the checklists by Litz (2005) and Mc Donough and Shaw (2003) were used to collect data from 50 lecturers, teaching English at different government and private colleges of district Sanghar & Hyderabad city, (Pakistan). The English textbook was evaluated from 5 different perspectives i.e. physical layouts, outlay of objectives, pedagogic analysis, language skills and appropriacy. The results suggest many problematic areas where the textbook needs drastic changes regarding its unattractive appearance, imbalance of four language skills and outdated material. The findings accentuate the need to totally change the material by the authors that would greatly contribute to introduce a highly productive textbook at intermediate level.

KEYWORDS: textbook evaluation, teachers' perceptions, outdated material, productive textbook.

1 INTRODUCTION

Teaching English as a compulsory subject has become inevitable in those countries where English is spoken as a second language. In Pakistan, English language is equated with quality education, Mustafa (2018) and being taught at every level of education through different textbooks.

The role of textbook is self evident in every English program, as it provides authentic material, (Wari, 2006) and furnishes a frame work of instructions and orientation (Hutchinson and Torres, 1994).

The revised (National Curriculum 2006) has laid much emphasis on developing language competencies. At intermediate level, students are supposed to develop higher thinking order and much efficiency in creative writings and oral skills (National Curriculum, 2006).

In spite of all these clear cut instructions, students remain unsuccessful in developing such language competencies. One of the main reasons regarding this issue is providing inefficient or outdated material for teaching (Shah,2012).

The college level is considered to be a critical stage in academic career of Pakistani learners, for it stands as a gate way to the higher studies and that opportunity can easily be availed by those students who are already proficient in English language (Kausar, 2016).

At this junction, the present research aims to evaluate Intermediate English Textbook-I (Prose), published by Sindh Textbook Board, Jamshoro. The selection of this book is based on, two rationales. First, it is the first book, exposed to grade eleven students. Second, it is an old book which hasn't been revised until lately. The study has been conducted to evaluate the

physical layouts, contents and the language exercises in the textbook to analyze the fact that if they cater to the needs of the learners, following current methodologies of second language learning.

2 LITERATURE REVIEW

According to Lasa (2006:1) textbooks are taken as learning tool that are commonly used by schools and colleges to support teaching program. A good English textbook provides an opportunity to deal with four language skills simultaneously (Kausar, 2016).

The quality of a good textbook can provide in depth knowledge and learning skills that are easily understood by students.(Sheldon,1988) commented that "A textbook represents visible heart of ELT Program". The textbooks are taken as the most pivotal source of language input apart from contact with the teacher. They would be helping for scaffolding teaching and learning by imparting guidance and negotiating points (Crawford 1995:31). Tomlinson (2010) expressed his ideas about the role of the textbook by calling it a guide for learners to prepare for exams, a time saving entity for the teachers in preparing lessons, a guide for the administration to design the course contents.

Accepting the fact that the English textbooks are main source of informative material for English language learners, Ahour and Ahmedi (2012) asserted on their evaluation for socio-culturally appropriate contents. According to Cunnings Worth (2004), the best participants for a textbook evaluation are its user's i-e teachers and the students.

2.1 PERCEPTIONS OF TEACHERS ABOUT THE TEXTBOOK

According to Cunnigsworth (2004), the best way to evaluate an English textbook is to know the opinions of it users and they are teachers and the students. It is to enumerate the weak and strong points in relation to their own teaching situation. Grant (1997:8) believes that the perfect book doesn't exist, yet the purpose is to find out the most appropriate one that will fit and be suitable to a particular student group. Barcelos (2003:15) tells that language teachers' perceptions have an effect what the teachers do in the classroom. Teachers perceptions are the basis for teachers to form judgment and make decision.

2.2 EVALUATIONS OF DIFFERENT TEXTBOOKS

A variety of checklists have been provided by different language experts or researchers for the evaluation of different textbooks. Donough and Shaw have given a checklist to cover almost all the aspects of the textbook including physical layouts, contents analysis and overall usability of the book. Lifz (2006) evaluated the English textbook being taught at Suvy Kyun Kwan University in South Korea. Tok (2010) evaluated the "Spot-on" English textbook designed to teach in Turkey and highlighted its strength and weaknesses. Akef (n.d) have also explored that students and teachers of Baghdad seem to be facing a lot of problems in the English classroom. He pointed out many short comings in the book regarding, physical layouts, cover page, exercises and writing skills.

In Pakistan, Mehmood (2011) asserted that the textbook material should be produced by the competent subject teachers. Zafar & Mehmood (2016) highlighted that international culture should be included in the English textbooks, so that student will be aware of both national and international culture Aftab (2011) evaluated many of English textbooks in the light of National Curriculum and concluded that textbooks don't fulfill the objective set by the national curriculum.

The present study aims to evaluate potential value of the selected English textbook through teachers' perception that how far they are agreed with the usefulness and productiveness of the textbook and how far it follows the instructions of national curriculum.

3 RESEARCH METHODOLOGY

3.1 PARTICIPANTS

The selected participants of the present study are 50 college lecturers, teaching English at various colleges of district Sanghar and Hyderabad city, (Pakistan). Their responses were analyzed by using different statistical tools.

3.2 MATERIAL

The data for the present study was Intermediate English textbook-I published by Sindh textbook board Jamshoro.

3.3 INSTRUMENT

For the present study, a questionnaire was adapted from the checklists by Donough and Shaw (2003), and Litz (2205). It comprised of 50 questions, easy to comprehend for the participants, the researcher has made few changes regarding placing synonyms for difficult words.

3.4 DATA COLLECTION

For the present study, quantitative data was obtained through the questionnaires. Data collection procedure was performed in District Sanghar and Hyderabad City, (Pakistan) through randomly selected English college teachers at intermediate level. First of all, they were briefed about the present study. They were given also a free choice to withdraw at any point. The collected data was tabulated through SPSS25.0 Descriptive statistics, especially percentages, were used for analyzing the data. For qualitative data, content analysis of English textbook for first year (i.e Book-I) was carried out.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The results of the study describe teachers' perception about the effectiveness and appropriateness of Intermediate English Textbook-I being used in the province of Sindh. Data gathered from the questionnaires have been categorized into 5 main subscales & factors used to evaluate efficiency of the book. These were physical layouts, content, appropriateness.

4.1 PHYSICAL ATTRIBUTE OF THE TEXT BOOK

OUTLINE AND PLANNING	STONGLY AGREED	AGREE	NEUTRAL	DISAGREE	STONGLY DISAGREE
The textbook is locally available	54%	46%	0%	0%	0%
It is cost effective	16%	40%	32%	16%	0%
The physical appearance is attractive	4%	16%	30%	42%	8%
The layout is clear	8%	30%	32%	30%	0%
The font size and type used in the book is appropriate	2%	38%	26%	30%	4%
Printing quality of the textbook is good	2%	26%	26%	36%	10%
The textbook has sufficient number of pictures to make the situation life like	0%	2%	26%	42%	30%
In the textbook there is enough white space available to create clarity	0%	16%	30%	36%	18%
The present edition of the textbook has been regularly revised	2%	2%	14%	42%	40%
The textbook is colorful	0%	0%	14%	42%	44%
TOTAL	9%	22%	23%	31%	15%

Physical attributes refer to the physical appearance, layout, font size, printing quality, appropriate. Number of pictures and colorful appearance of the textbook. Results in percentages about the responses are presented in the following tables:

As far as its physical attributes are concerned most of the participants are agreed on its market availability and cost effectiveness. But more than half of the teachers have disagreed with the statements stating that the physical appearance of the textbook is attractive and the printing quality of the book is good as well as it contains appropriate pictures that make the situation life like. Though 38% of the participants are agreed on the appropriateness of the font size of the textbook but a more than half of the teachers aren't looked satisfied on attractive appearance and colorful nature of the textbook. 42% of the teachers also complained that the textbook is devoid of the pictures, that depicts life like situation. 47% teachers fond the book unattractive so over all physical impact of the textbook isn't appealing in the eyes of the teachers.

4.2 EFFICIENT OUTLAY OF OBJECTIVES

OUTLINE AND PLANNING	STONGLY AGREED	AGREE	NEUTRAL	DISAGREE	STONGLY DISAGREE
The content of the textbook covers the objectives given in the national curriculum	0%	0%	28%	52%	20%
The teaching objective are explicitly specified in the textbook	0%	2%	22%	60%	16%
The objectives specified in the textbook are implanted in the textbook	0%	6%	30%	52%	12%
The approach and objective recommend dint eh textbook are socially accepted to the target community.	0%	12%	26%	50%	12%
The approach and objectives recommended in the textbook are educationally accepted to the targeted community.	0%	20%	18%	60%	2%
The textbook raises students interest in learning English more	4%	10%	16%	52%	18%
The teaching objectives are in textbook are achievable	0%	16%	10%	60%	14%
The teaching objectives are in the textbook are measurable	2%	16%	30%	40%	12%
The objective make a balance between the four main skills; listening, speaking, reading and writing.	0%	16%	30%	42%	12%
Developing students language competence is one of the objectives of the textbook.	0%	8%	26%	54%	12%
TOTAL	1%	11%	24%	51%	13%

As shown by the above results, the content of the textbook did not cover the set objectives, recommended by National Curriculum (Revised, 2006). Consequently, they are not in planted in the textbook throughout.. 70% of teaching community doesn't think that the book raises students interest in learning English more. 54% of the teachers didn't see any balance of four language skills in the textbook i.e listening, speaking reading and writing. Only reading comprehension is most emphasized with little writing activities.

4.3 PEDAGOGIC ANALYSIS

OUTLINE AND PLANNING	STRONGLY AGREED	AGREE	NEUTRAL	DISAGREE	STRONGLY DISAGREE
The textbook for grade eleven is methodologically in line with current world wide theories and practices of language learning	0%	6%	20%	54%	20%
The material of English textbook for grade eleven can be used to teach English language effectively	0%	6%	16%	62%	16%
The book contain adequate formal learner achievements	2%	8%	32%	46%	12%
The text book enable the students to use English outside the classroom	0%	8%	22%	56%	14%
The activities given in the textbook can be carried out in the class through different English language teaching methodologies.	0%	8%	22%	56%	14%
The exercises and activities have clear instructions	0%	32%	34%	26%	8%
The exercises and activities have clear instructions the activities given in the book are student centered	8%	34%	26%	28%	4%
The student are encourage to take some responsibility of language learning	2%	20%	22%	48%	8%
The textbook is user (teacher) friendly	0%	40%	16%	36%	8%
There is a variety of topics in the textbook	4%	36%	20%	32%	6%
TOTAL	1.6%	19.8%	23.2%	44.4%	11 %

The third subscale of the questionnaire is related to teaching analysis. For the first statement that the textbook is methodologically in line with current world wise theories and practices of language learning is entirely negated by almost 74% of the teachers as the book has been designed to be taught by old grammar and translation method. It doesn't cater with current language learning methods like, direct method, audio-lingual method, CLL etc. Almost three fourth percent of the participants didn't find this book useful for teaching English language effectively. For majority of the teachers this book is also didn't enable the students to speak English outside the classroom. More than 50% of teachers agreed on clear cut instructions

regarding exercises and activities in the book. They are also agreed that exercises and activities are students centered. 48% of the teachers positively think that through doing the textbook activities to some extent students can develop language learning ability within. As far as varieties of the topics are concerned 20% teachers seem to be agreed with the statement, otherwise 44.2% of the teachers fond the chapters boring & outdated.

4.4 LANGUAGE SKILLS & SUB SKILLS

OUTLINE AND PLANNING	STRONGLY AGREED	AGREE	NEUTRAL	DISAGREE	STRONGLY DISAGREE
There is sufficient reading material. (there is a range of varied and interesting reading text that can engage students cognitively and effectively)	2%	22%	24%	44%	10%
The contents helps students develop reading comprehensions skills	2%	36%	20%	34%	8%
The length of the reading text is appropriate	0%	34%	20%	40%	6%
Writing activities are helpful for improving for students writing skills	8%	30%	18%	38%	6%
The writing task enhance free writing opportunities for all the students	6%	14%	30%	44%	6%
New vocabulary items appear in each unit	2%	40%	18%	20%	20%
There is a list of vocabulary items tagged at the end of the textbook	2%	12%	20%	44%	24%
The exercise items are relevant to the unit or chapter of the textbook	0%	22%	40%	22%	14%
Exercise item are valid from examination point of view	8%	32%	22%	26%	18%
The textbook includes adequate material for pronunciation practice	0%	12%	20%	36%	32%
TOTAL	3.0%	25.4%	23.2%	34.8%	14.4%

The fourth important sub-scale was language skills. Two-third of the teachers did not find a balance of four language skills in the textbook. The textbook rather focused on only one skill, and that is continuous reading of the chapters. There was no listening and speaking material that foster communicative skills in the student. A close analysis of the exercises and units highlighted the fact that the book mainly focused on controlled writings like "answer the given questions" and "fill in the blanks". This practice didn't encourage the students to write freely and use imaginative faculty to produce something creative. This book wasn't designed to follow any language model like communicative language teaching or community language learning, (CLL), which actually is the stressing need of modern language teaching methods. A language expert, Catch cart (1989), opined that textbooks should follow a certain language model for cooperating realism in materials that motivates learners towards developing language efficiency.

4.5 APPROPRIACY

OUTLINE AND PLANNING	STRONGLY AGREED	AGREE	NEUTRAL	DISAGREE	STRONGLY DISAGREE
The content of the textbook is compatible to back ground knowledge of the student	8%	14%	16%	46%	16%
The content is compatible to the needs of the students	0%	20%	32%	30%	18%
The content is appropriate to the students interest	0%	18%	12%	54%	16%
The material of textbook is age appropriate for the student (understanding level)	2%	22%	20%	36%	20%
The content of the textbook is free from gender biasness	0%	44%	20%	24%	12%
Tasks and activities are efficiently graded according to complexity	6%	14%	24%	52%	4%
The language of the textbook is easily understood by student	0%	20%	22%	54%	4%
The language of the textbook is highly authentic (related to life example)	2%	12%	24%	52%	10%
The students can easily improve English language with the help of this textbook	0%	18%	22%	44%	16%
TOTAL	2.0%	20.2%	21.3%	43.6%	12.9%

The fifth sub-scale was appropriacy of the content. More than half of the teachers disagreed with the compatibility of the content with the background knowledge of the students. The chapters like "The Wolves of Cernogratz" and by "Car across

Europe" are not culturally native to the Pakistani learners. 60% of the teachers fond the book boring. There is nothing to attract students towards its themes & topics. Though some percentage of the teachers are agreed to find the language of the book is easy to understand but for many of the teachers the chapter, like "Silence" is rather philosophical and is beyond students understanding. Majority of the teachers accepted the unbiased nature of the textbook. More than half of the teachers didn't find the exercises in sequence i.e. easily to complex. It remained unchallenging to the students. For some teachers, the language of the book is easy to understand like the chapter" Pakistan Zindabad" and "My Bank Account". But some chapters contain scientific terms like "Scientific evidence & Logical order seem to be unfamiliar to most of the students.

As far as authenticity of the language of the book is concerned, more than half of the teachers showed disagreement as the contents of the book didn't create life like situation. The chapters are either ideological like "Pakistan Zindabad" or informative like "United Nation". There was no life like situation or role play that foster the interest of students to learn the language through fun.

5 FINDINGS

On the basis of above results, the major findings regarding the selected English textbook show some major shortfalls, that it does not cater to the needs of the students at intermediate level. The book has many flaws regarding its physical layouts, content, outlay of objectives, activities and language skills. One major finding was that the books is physically or apparently doesn't unattractive to the readers. There are no colorful pictures that are analogous to the themes or create life like situation. As far as its contents is concerned, almost all the teachers fond it outdated and boring. The unit like "Miracle of Radio" has nothing to do with this present internet oriented world. Some units are very lengthy or, some are very short like "Air Travel" and "Science & Scientist" respectively. Another major finding is that there is no room for developing listening and oral skills in the textbook. Only reading comprehension is much emphasized throughout the book. As far as exercises are concerned. They are also confined to the specific writings like answering the questions. The grammar portion also offers only the right form of verbs in blanks. Another negative impression of the textbook is lake of cultural contents. The unit i.e. "Wolves of Cernogratz" and "By car across Europe" has nothing to do with developing cultural background of the native learners. The book is also lack of everyday conversation which is the basic need of Pakistani ESL learners. Another basic flaw in the textbook is that it can't be properly taught by current language learning methods like communication language teaching and community language learning. It also doesn't follow the clear cut instructions of national curriculum, 2006, which is based on competencies.

The major flaw of the textbook is that, it has not been revised or updated since its publication. Another main deficiency of the textbook lies in its lack of set objectives, as they are always mentioned in the beginning of every English textbook like "Oxford Progressive English" by Rachel Redford.

6 CONCLUSION

In the light of above findings of the study, a conclusion could be driven out regarding the Intermediate English Textbook-I (Prose) published by Sindh Textbook Board Jamshoro, is that it provides, inadequate and outdated material to English language learners at intermediate level. The textbook has many shortfalls in its physical appearance, contents, outlay of objectives, activities and language skills. Through using the textbook the learners can't develop language skills, specially oral and writing skills. Naturally teachers don't recommend it for future learners. The themes and topics are not culturally attractive to the native learners. The out dated chapters like "Miracle of Radio" & "My bank account "seem to be unproductive in present internet oriented world. Some units are over simplified like "Science & Society" & "Science & Scientists". One unit is much Philosophical i.e. "Salience" that is beyond the comprehension of grade Eleventh Students. Teaching objectives are also not in planted in the textbook. Consequently, the book is considered to be outdated as the textbook has been designed to be taught by "old grammar & translation method" The physical impact of the textbook is not also appealing as the textbook is devoid of colorful Pictures which create life like situation.

7 RECOMMENDATIONS

- The book needs to be changed completely that it could be aligned with the current methodologies of English language learning.
- New edition of the textbook must contain some new interesting scientific and cultural oriented units. There should be some colorful pictures that will provide life like situation.
- The activities and exercises should encourage pair or group work. There should be balance of four language skills that learners would practice all the skills simultaneously.

There should be some units regarding scenic beauty of Northern areas of Pakistan instead of depicting European countries. Some ethical-based units should be introduced presenting moral virtues for uplifting the ethical level of the students. There should be major role of the college teachers in designing the future syllabus for intermediate learners. As recommended by Mahmood (2011). In the next addition of the textbook at intermediate level, a practical implementation of national curriculum revised (2006) should be observed.

REFERENCES

[1] Aftab, A. (2011). *English Language Textbooks Evaluation in Pakistan*. The University of Birmingham.

[2] Ahour, T., & Ahmadi, E. (2012). Retrospective evaluation of textbook "Summit 2B" for its suitability for EFL undergraduate students. *Journal of Educational and Social Research,* 2(5), 195-202.

[3] Ahour, T., Towhindiyan, B., & Saeidi, M., (2014). The Evaluation of "English Textbook 2" Taught in Iranian High Schools from Teachers' Perspectives. *English Language Teaching, 7(3), 150.*

[4] Cathcart, M. (1989). Authentic discourse and the survival English curriculum. *TESOL Quarterly,* 23(1), 105-126.

[5] Litz, D. R. A. (2006). Textbook evaluation and ELT management: A South Korean case study. *Asian EFL Journal.*

[6] Mahmood, K. (2011). Conformity to quality characteristics of textbooks: The illusion of textbook evaluation in Pakistan. *Journal of Research and Reflections in Education,* 5(2), 170-190.

[7] Shah, S. K., Mahmood, R., Hameed, A., & Haq, H. M. F. (2012). Critical Literacy in ELT in Pakistan: Contradictory or Complementary. *International Journal of Linguistics,* 4(2), 551-562.

[8] Sheldon, L.E. (1988). Evaluating ELT textbooks and materials. *ELT Journal,* 42(4). 237-246.

[9] Tok, H. (2010). TEFL textbook evaluation: From teachers' perspectives. *Educational Research and Review,* 5(9), 508-517.

[10] Tomlinson, B. (2010). Principles of effective materials development. *In N. Harwood (Ed.), English language teaching materials: Theory and practice,* 81-98. Cambridge: Cambridge University Press.

[11] Zafar, S., & Mehmood, R. (2016)). An Evaluation of Pakistani Intermediate Textbooks for Cultural Contents. *Journal of Linguistics & Literature,* 1(1).

[12] Zubaida, M, (2018). Language myths – Newspaper Dawn.

[13] Tom Hutchinson, E, Torres Oxford University Press 48(4), 315-328, (1994).

[14] Cunnings Worth, A. (2004). Choosing your Course Book. Macmillan. Heinemann of Illinoise Press.

[15] Dr. VK Meheshwari, The School as a Social Institution in Philosophies of Education, posted on July 2017 National Curriculum, (2006) English (Compulsory) for class IX and XII Government of Pakistan (Curriculum Wing).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 569-581
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Involvement of controlled Corrosion of Steel and Aluminum in the Treatment of Industrial Wastewater: Case of the Removal of Evans Blue in Aqueous Solution

F. Adjie BAH[1], G. KENNE DEDZO[1], E. FOTO[2], and C. P. NANSEU - NJIKI[1]

[1]Laboratory of Physical and Analytical Chemistry (LCPA) of the University of Yaoundé I, Cameroon

[2]Laboratory Hydrosciences Lavoisier, UNESCO Chair on Water Management, University of Bangui, Faculty of Sciences BP 908 Bangui, Central African Republic

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present work focuses on the electrocoagulation treatment of an Evans blue solution (B.E). Of the four bottom salts (KCl, NaCl, Na_2SO_4, K_2SO_4) used for the treatment, it appears that, for an optimum charge density of 2.33 F/m^3 and a voltage set at 1.5V, potassium chloride (KCl) provides the best abatement rate (95.5%). The variation of the pH of the solution reveals that the best abatement rates are obtained for the basic pH. pH 9 is optimal for treatment whereas for pH values above 10, inefficiency is noted. The speed of the treatment increases with the density of the applied current, the treatment is efficient and the energy cost is limited for a current density value set at 20 mA/ cm^2. For the same set values of charge density and voltage, the abatement rate is inversely proportional to the concentration of B.E, and aluminum is better suited as electrode material, compared to iron.

KEYWORDS: electrocoagulation, Evans blue, abatement rate, charge density, current density.

1 INTRODUCTION

The development of technology, and the demographic pressure, the anthropic activities are at the origin of the perpetual sources of various pollutions among others the water pollution, generated by domestic, agricultural, industrial discharges etc. [1, 2]. Thus, the man, aware of the harmful consequences of his activities on nature and on himself, seeks solutions to limit pollution to a level considered acceptable. The setting of standards by international organizations such as the World Health Organization (WHO) contributes to raising human awareness to regulate the quantities of pollutants discharged into the environment [3]. In order to meet these fixed concentration limits, the man must resort to different methods of depollution. One of the electrochemical water treatment techniques is electrocoagulation, which involves the corrosion of a metal electrode (iron or aluminum), in order to generate in situ the metal hydroxides, main coagulating agents used during the processes chemical.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

In this study, the electrocoagulation method is used to remove a dye in aqueous solution. We propose here to determine the optimal conditions for efficient removal of Evans Blue (B.E) by electrocoagulation. B.E is one of the dyes used in the textile industries. Effluents from these industries are often loaded with chemicals and must be treated before discharge to avoid environmental pollution [3]. Prolonged exposure to more than 10 mg/L of solution containing this dye may cause liver cancer in humans, as well as skin and eye contact irritation. Of chemical formula $C_{34}H_{24}N_6Na_4O_{14}S_4$, its molar mass is 960.82 g / mol and its structural formula is as shown below (**Fig1**)

Corresponding Author: E. FOTO

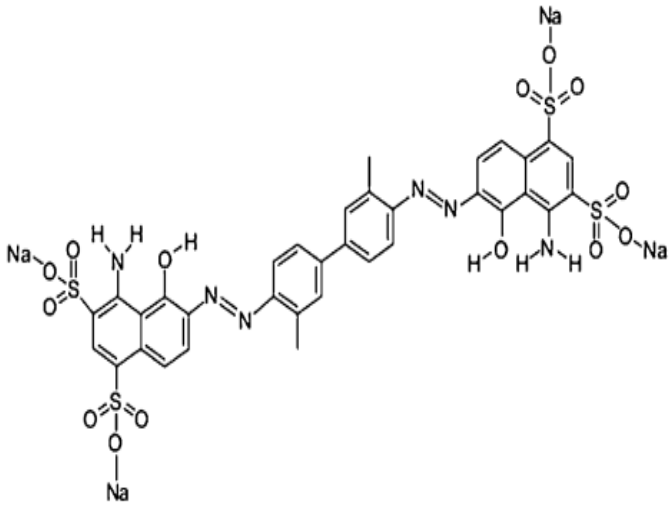


Fig. 1. Evans blue formula : Tetra sodium 6,6 '- (3,3'-dimethoxy- (1,1'-biphenyl-4,4'-diyl) bis (azo) bis (4 -amino-5-hydroxy-1,3-naphtalènedisulfonate).

2.1.1 PRINCIPLE OF ELECTROCOAGULATION (EC)

Electrocoagulation is based on the basic techniques of electrochemistry. An electric current is passed through the water to be treated containing metal electrodes, which makes it possible to produce the metal hydroxides in situ, it is the latter that will neutralize the pollutants present in the medium and facilitate the treatment [18]. The electrode material used for electrocoagulation must contribute to the elimination of pollutants with a good yield and not increase the toxicity of sludge and treated effluent [4]. Aluminum and iron are commonly used in relation to their affordability, availability and ionic form, which has a high valence that can rapidly cause colloid agglutination and therefore rapid settling [7].

The electrocoagulation process is summarized in the diagram below:

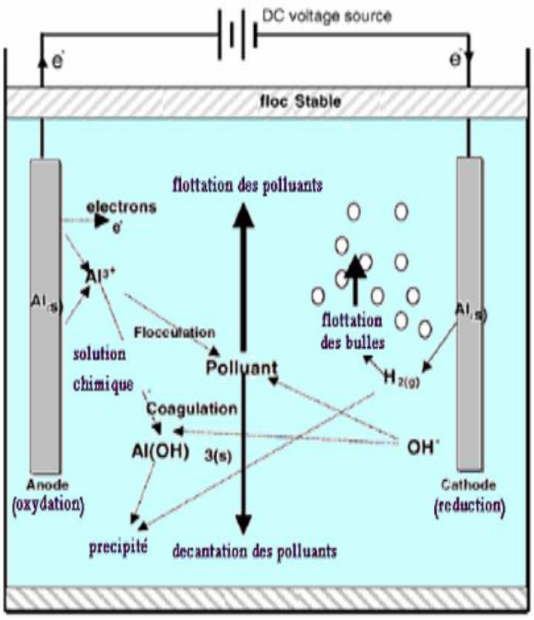


Fig. 2. Diagram of the principle of electrocoagulation [18]

2.2 METHODS

2.2.1 MODES OF TREATMENT IN ELECTROCOAGULATION

The different effluent treatment methods used in EC are:

Continuous mode: The effluent circulates continuously in the reactor, which makes it possible to homogenize the treated solution. This displacement of the effluent is generally caused by a pump or by a difference in altitude between the generator and the feed tank. The flow rate imposed on the effluent varies according to the different treatment parameters. This mode is used for large volumes of effluents to be treated.

Batch mode: The effluent is stable in the reactor. Homogenization can be provided by a magnetic stirrer. This mode is proposed for small quantities of waste water.

The different reactions taking place during the electrocoagulation process are as follows:

Mechanism [1]

Anode: $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ (1)

Cathode: $2H_2O + 2e^{-} \longrightarrow 2OH^{-}_{(aq)} + H_{2\,(g)}$ (2)

Solution: $Fe^{2+} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Fe\,(OH)_{2\,(s)}$ (3)

Appraisal: $Fe + 2H_2O \longrightarrow Fe\,(OH)_{2\,(s)} + H_{2(g)}$ (4)

Mechanism [2]

Anode: $4Fe_{(s)} \longrightarrow 4Fe^{2+}_{(aq)} + 8e^{-}$ (5)

Cathode: $8H^{+}_{(aq)} + 8e^{-} \longrightarrow 4H_{2(g)}$ (6)

In solution: $4Fe^{2+}_{(aq)} + 10H_2O + O_{2(g)} \longrightarrow 4Fe\,(OH)_{3\,(s)} + 8H^{+}_{(aq)}$ (7)

Appraisal: $4\,Fe_{(s)} + 10\,H_2O + O_{2\,(g)} \longrightarrow 4\,Fe(OH)_{3(s)} + 4H_{2(g)}$ (8)

A multitude of iron hydroxides and complexes form in solution such as $Fe(OH)_{3(s)}$, $Fe(OH)_{2(s)}$, $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)_2^{+}$, $Fe(OH)_4^{-}$ et $FeO(OH)$, $Fe(OH)_4^{2+}$ [18].

With the aluminum electrode

Anode: $Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$ (9)

Cathode: $2H_2O + 2e^{-} \longrightarrow H_2\,(g) + 2OH^{-}\,(aq)$ (10)

In acid medium: $2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2\,(g)$ (11)

In solution: $4Al^{3+} + 10H_2O + O_2\,(g)\ 4\,Al\,(OH)_{3(s)} + 8H^{+}\,(aq)$ (12)

Assessment: $4\,Al_{(s)} + 10\,H_2O + O_{2(g)}\ 4\,Al\,(OH)_{3(s)} + 4\,H_2\,(g)$ (13)

The Al^{3+} and OH^{-} ions react to give the monomeric forms such as $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^{+}$, $Al(OH)_4^{-}$ and polymers such as: $Al_2(OH)_2^{4+}$, $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$, $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$ which will be converted to $Al(OH)_{3(s)}$.

Operating procedure of BE treatment used

From a stock solution of 10^{-2} M B.E, a daughter solution of 25 µM B.E is prepared. In a beaker containing 200 mL, the KCl solution (0.1M) and the magnetic bar, 0.5 mL of the stock solution of B.E is removed and added to the beaker, and placed on a magnetic stirrer. The two active surface iron electrodes 5 cm^2 (h = 2.5 cm and 1 = 2 cm) are arranged vertically in the solution and connected to the generator by means of conducting wires. The charge density is varied from (0, 0.31, 0.777, 1.55, 2.33 and 3.10 F / m^3). At each charge density value, 200 µL of the beaker solution is removed and diluted to 1/10 if necessary. Afterwards, the measurement of the absorbance of the residual concentration is obtained from the previously established calibration line. The measurement of the voltage is made by reading it on the generator and the different abatement rates are obtained from the formula:

abatement rate = $\frac{(C_0 - C)}{C_0} * 100$

Where C_0 is the initial concentration of B.E in µM and C is the measured concentration in µM.

We then measured 4, this is:

- Density of charge, Quantity of electricity per unit of volume of effluents to be treated: ƀ = (I.t) / 96500V = Q / V expressed in, F / m^3; current intensity (A) t = electrolysis time (s), V = volume of the effluent (m^3);
- pH, It acts essentially on the rate of formation of the precipitates of metal hydroxides, and consequently, on the coagulation;
- The density of the current, Ratio of the intensity of current by the active surface of the electrode:

  ϭ = I / S, mA / cm^2; ϭ = current density, I = current intensity (mA), S = electrode area (cm^2) and
- Conductivity, Ability of a solution to conduct electrical current, µS / cm.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 USE OF IRON ELECTRODES

3.1.1 EFFECT OF THE SUPPORTING ELECTROLYTE ON THE ELIMINATION OF B.E BY ELECTROCOAGULATION

Removal of B.E by electrocoagulation with iron electrodes was performed using different carrier electrolytes: KCl, NaCl, Na_2SO_4 and K_2SO_4. By varying the charge density from 0 to 3.10 F / m^3, the effect of each electrolyte on the removal of Evans blue was studied.

The following Fig3 shows the evolution of the abatement rate as a function of the charge density for each support electrolyte used.

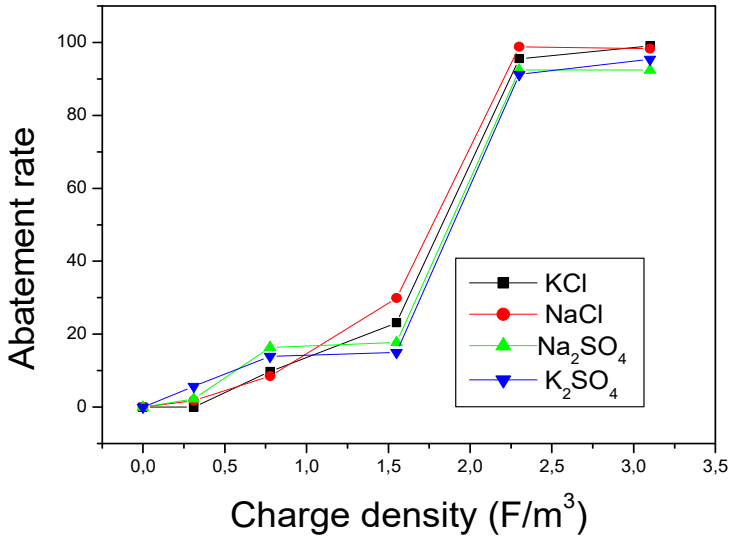


Fig. 3. Evolution of the abatement rate as a function of the charge density when using different types of support electrolytes for a charge density ranging from 0 to 3.10 F / m^3.

With regard to this figure, it is noted that the evolution of the abatement rate is similar for the four electrolytes used. In general, the abatement rate increases with the charge density.

When the value of the latter is 1.55 F / m^3, the slopes are larger and the peaks are formed from 2.33 F / m^3. This sharp increase in the abatement rate can be explained by the massive production of ferrous ions in solution that will combine with the hydroxide ions produced at the cathode, to form different types of complexes that can neutralize all the pollution load of the medium. This is illustrated by the equation:

$Fe_{(s)} + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_{2(S)} + H_{2(g)}$ (14)

The flocs observed during B.E elimination treatments float in all cases. This phenomenon could be attributed to the production of dihydrogens at the cathode, which can, by their upward movement, cause flocs on the surface.

These formed flocs are green in color, and the treated solution of B.E becomes rusty at the end of the experiment or after filtration. These color changes are attributed to the respective formation of ferrous and ferric hydroxides according to the equation:

$$3Fe_{(s)} + 8H_2O_{(l)} \longrightarrow 4H_{2(g)} + Fe(OH)_{2(s)} + 2Fe(OH)_{3(s)} \quad (15)$$

In addition, it is found that the highest abatement rates are obtained with the electrolytes containing the chloride ions. A reduction of 98.8% is already obtained with NaCl, for an optimal charge density of 2.33 F/m^3, followed by KCl with 95.5% for the same charge density value. These results are consistent with those found by Daneshvar et al, Ahyan et al [24,25] who worked on the treatment of yellow acid CI 23 and the treatment of a daily effluent by electrocoagulation, which stipulate that chloride ions significantly reduce the adverse effects of other anions that may be present in the water and are very good conductors of electric current, which confirms the speed and effectiveness of treatment with these electrolytes. With NaCl, it is also found that the floc formation is very fast in solution and the metal deposition is considerable at the anode at the end of the treatment.

The following Fig4 shows the evolution of the voltage during the treatment during the use of the different electrolytes supports:

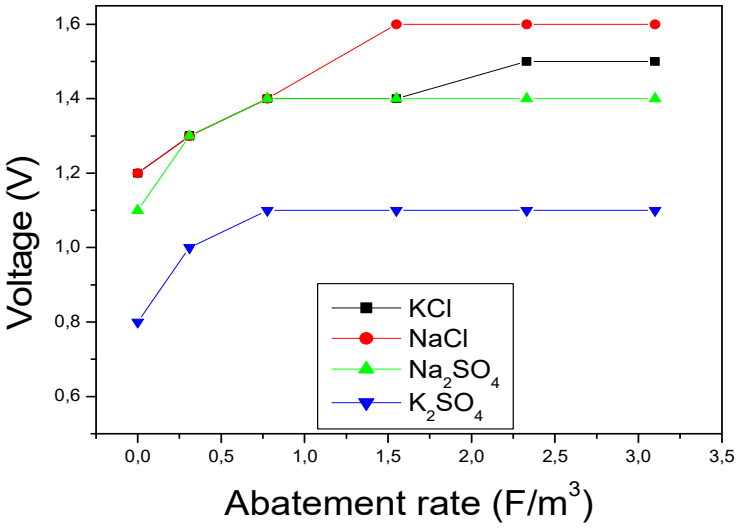


Fig. 4. Evolution of the voltage for a charge density ranging from 0 to 3,10F / m³ during the use of the different support electrolytes.

The voltage measurements made in the case of the use of the different electrolytes supports, show that it increases gradually and reaches a limit where it remains constant until the end of treatment. The greatest increase in tension is observed in the case of the use of NaCl (1.6V), followed by KCl (1.5V), the lowest value is noted in the case of the use of K_2SO_4 (1, 1V). This increase in voltage during the experiment is attributed to the increase in the resistance of the electrolyser, caused by the metal deposition at the anode (this deposit is even very visible on the anode at the end of each experience). The order of evolution of the voltage curve is also related to the conductivity of the solution. The more conductive the solution, the increase in voltage is high. Since the conductance of potassium is higher than that of Na, the solution of KCl (0.1M) is the best conductive solution with a limited number of ions in solution. The objective being to have a high abatement rate for low voltage values to optimize the treatment, the KCl (0.1M) will be maintained as the best supporting electrolyte and the value of the voltage found during its use (1.5V), for an optimal charge density set at 2.33 F / m^3 which made it possible to have a 95.5% reduction.

3.1.2 EFFECT OF PH VARIATION

To study the effect of pH on the treatment by electrocoagulation, the initial pH of the solution of Evans blue at 25 µM was measured, this pH is equal to pHi = 6.45, the objective being to adjust its pH. value in a range of 3, 5, 9, 10, and 11 with the KOH and HCl solutions. The study of the variations of the abatement rate when the voltage and the charge density are fixed respectively at 1.5V and 2.33 F / m3 has been made. KCl (0.1 M) was used as the supporting electrolyte. At each charge density interval, the concentration of the solution is measured from a spectrophotometer. The values of these different concentrations made it possible to calculate the different rates of abatement. At the end of the treatment, the final pH of the solution was also measured. Fig5 shows the evolution of the abatement rates for the different fixed pH values.

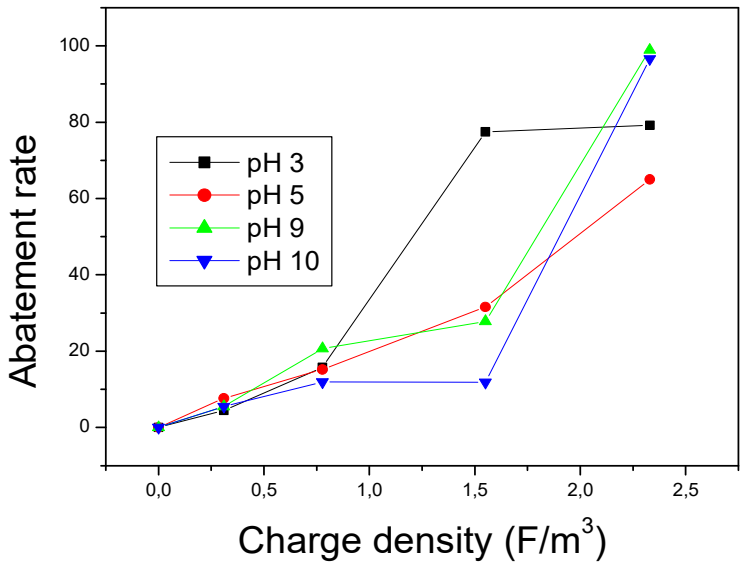


Fig. 5. Evolution of the abatement rate of the different pH values fixed for a charge density ranging from 0 to 2.33 F / m³ and a voltage set at 1.5V

The analysis of Fig5 shows that the best abatement rate is obtained in the case of basic pH, when the charge density is set at 2.33 F/m^3, and the voltage at 1.5V.

For the initial pH value of the B.E solution set at 9, the reduction rate obtained is 98.90%, followed by pH 10, where 96.66% of the abatement rate was obtained.

While trying to continue the treatment at pH = 11, the solution of BE tends to a purple color, which explains the stop of the treatment with pH = 10, this situation made it possible to understand the literature which stipulates that with pH> 10 , the absorption wavelength of BE changes, the amorphous Fe $(OH)_{3\,(s)}$ responsible for coagulation is not the majority and the cathode can be chemically attacked [9,20].

All of these results are consistent with those of Gousmi et al [26] who have applied the EC process to petroleum rejection, arguing that most of the metal hydroxides responsible for coagulation are formed at basic pHs. Thus the optimum pH value of BE treatment is set to 9.

Fig6 below shows the evolution of the different pH values fixed during the treatment:

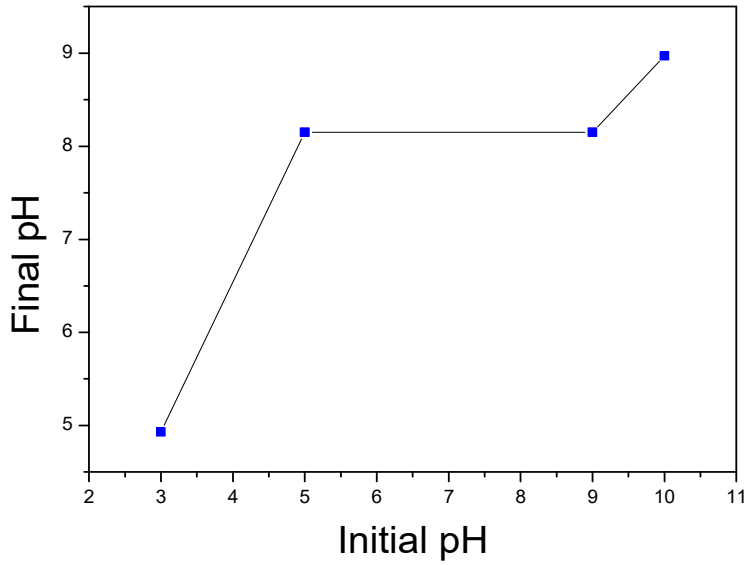


Fig. 6. Evolution of the different pHs fixed during the treatment

In general, it is noticed that for the experiments carried out in acid medium, an increase of the pH during the treatment is observed [7], this can be attributed to the reduction of the hydronium H + ions responsible for the acidity of the water in H_2 gaseous at the cathode according to the equation:

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_{2\,(g)}$ (16).

On the other hand for experiments in basic medium, it is a decrease of pH which is observed at the end, this is due to the consumption of the hydroxide ions by the ferrous ions and ferric ions (Fe^{2+} and $Fe^{3+)}$ to form the complexes of the hydroxides of iron, responsible for the coagulation of BE in solution [10]. The reduction of the OH- in the medium thus causes the decrease of the pH according to the equation:

$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_{3\,(S)}$ (17)

3.1.3 EFFECT OF THE VARIATION OF THE DENSITY OF THE CURRENT

To study the effect of the current density on the treatment, a variation of it of (2, 10, 14, 20 and 30 mA / cm^2) was performed, the charge density was set at 2.33 F / m^3 using KCl as the supporting electrolyte. The evolutions of the reduction ratio and the voltage as a function of the current density are respectively given by the following FIGS. 7 and 8:

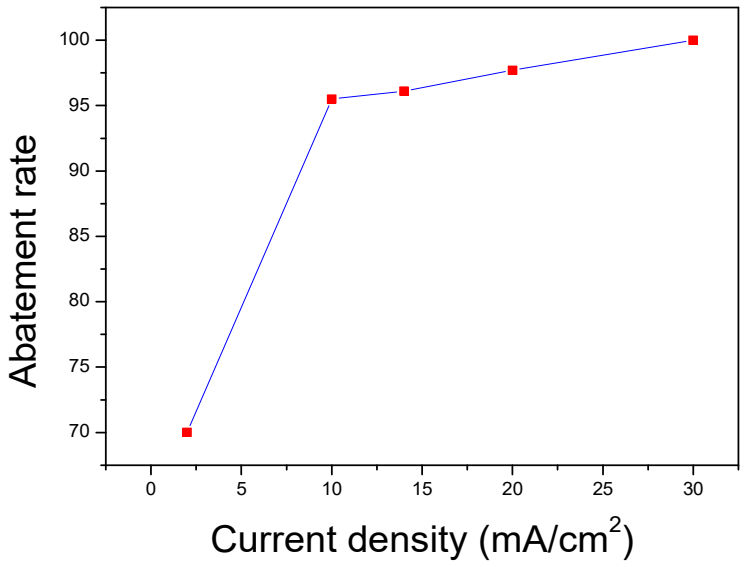


Fig. 7. Evolution of the abatement rate for a current density ranging from 0 to 30 mA / cm².

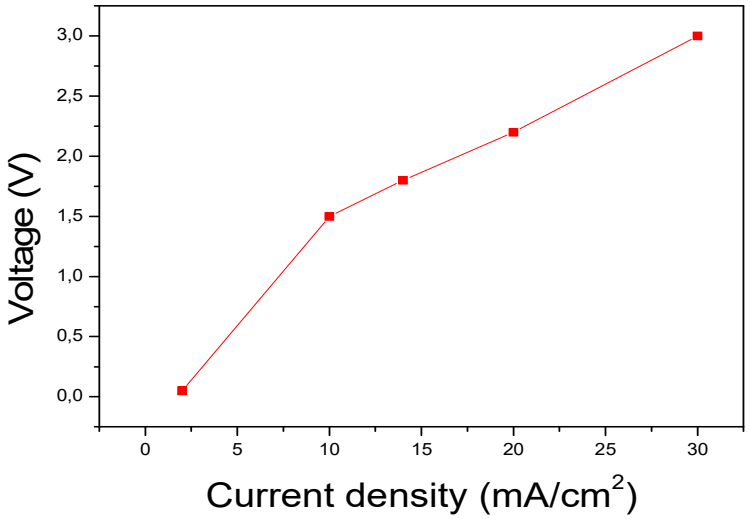


Fig. 8. Evolution of the voltage for a current density varying from 0 to 30 mA / cm²

It was noticed during this experiment, that the rate of abatement, as well as the voltage increase gradually with the current density applied, for the largest value of the latter (30 mA / cm^2), the flocs start to to form very rapidly and the release of dihydrogen at the cathode is more intense and very visible during treatment. The formed flocs take the green color, due to the formation of ferrous ions in solution. When the applied charge density reaches 1.55 F / m^3, floc complete flotation is observed and the B.E. treated solution becomes very clear. An abatement rate of 100% of B.E is obtained while the measured voltage reaches 3V. This increase in tension is explained by the formation of a considerable metal deposit at the cathode which is noticed.

The results obtained make it possible to conclude that the density of the current influences the formation speed of the flocs, and therefore the rate of treatment with EC. The higher it is, the faster the treatment [27]. However it is important to

emphasize that the current density should be moderate to avoid excessive energy cost of treatment. For this study a current density set at 20 mA / Cm^2 which allowed to have a reduction rate of 97.7% of the BE would be sufficient.

3.1.4 EFFECT OF VARIATION IN B.E CONCENTRATION

To study the influence of the concentration on the EC treatment of the B.E solution, solutions of B.E of 10 µM, 35 µM and 50 µM were prepared. With these solutions, variations in the abatement rate and voltage were studied by fixing the charge density at 2.33 F / m^3, the voltage at 1.5 V and the current density at 20 mA / cm^2. The following Fig9 illustrates the different results obtained in this case.

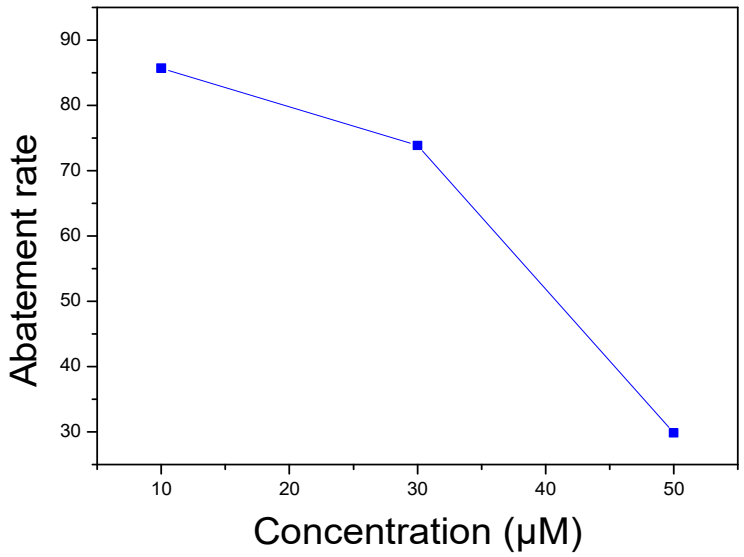


Fig. 9. Effect of the evolution of the abatement rate as a function of the different BE concentrations for a charge density ranging from 0 to 2.33 F / m³, a current density and a voltage set respectively at 20 mA / cm² and 1.5V

The analysis of this Figshows that as the concentration of BE increases, the abatement rate decreases from 85.69% to 29.85% when the charge density is varied from 0 to 2.33 F / m^3. The results obtained show that the applied charge density is effective for lower concentrations of B.E. and less effective for higher B.E. concentrations. This means that for a given treatment, the charge density to be applied must be proportional to the quantity of the pollutant in solution. The concentration of the pollutant must be known in order to better adapt the various electrolysis parameters [28]. Therefore, following this finding, we can conclude that for this study, for a better efficacy of treatment with EC, a BE concentration limited to 10 µM, which allowed us to obtain 85.69% The abatement is sufficient to optimize the treatment. The treated solution of B.E becomes rust after filtration, due to the oxidation of ferrous ions to ferric ions.

3.2 USE OF ALUMINUM ELECTRODES

3.2.1 EFFECT OF THE SUPPORTING ELECTROLYTE (KCL) ON THE ELIMINATION OF B.E BY ELECTROCOAGULATION

To study the effect of the nature of the electrode on the elimination treatment of the BE, aluminum electrodes are used, keeping the same operating mode and the same electrolysis parameters previously fixed in the case of the iron electrodes. (for a charge density ranging from 0 to 2.33 F / m^3, a voltage and a current density set respectively at 1.5V and 20 mA / cm^2.) In a 200 mL beaker used as an EC reactor and containing a magnetic bar, the solution of KCl (0.1M) is poured and all placed on a magnetic stirrer, 0.5mL of the stock solution of the BE (10^{-2}M) is removed and added to the solution. aluminum surface 5cm^2, as in the case of iron electrodes (H = 3cm and l = 1.67cm) are arranged vertically and connected to the generator through the conductor son. The changes in the rates of BE and of tension are studied when the densities The load is varied from 0 to 2.33 F / m^3.

These results are illustrated by Figures 10 and 11.

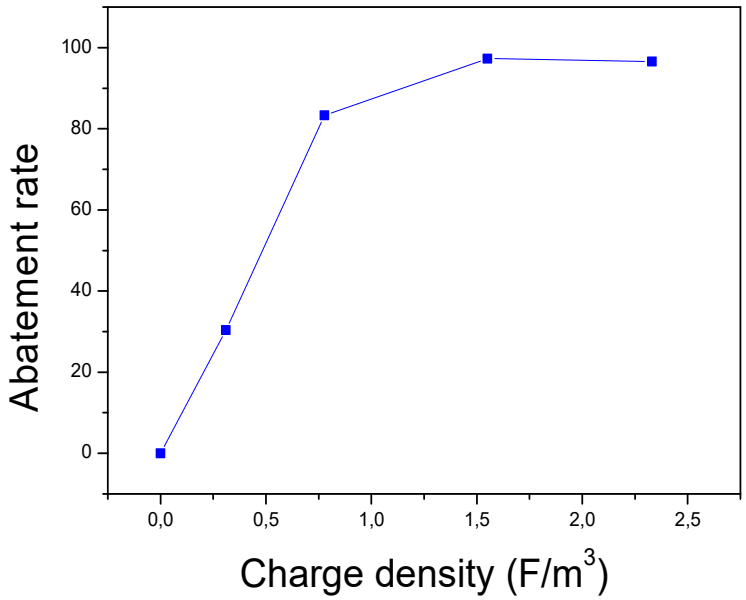


Fig. 10. Evolution of the abatement rate as a function of the charge density for a current density and an initial voltage set respectively at 20 mA / cm ² and 1.5 V when using the aluminum electrodes.

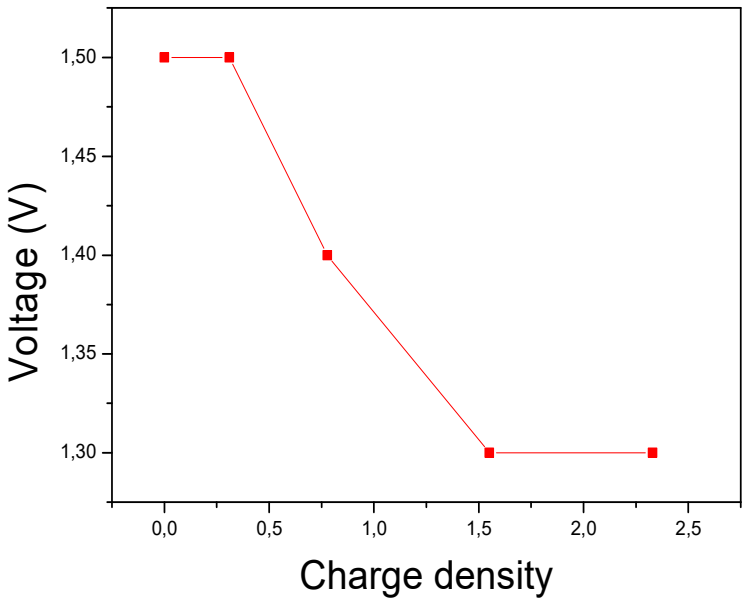


Fig. 11. Evolution of the voltage when using the aluminum electrodes for a charge density set at 20 mA / cm²

During this study, we find that the discoloration of the B.E solution is pronounced as soon as a charge density greater than 0.31F/m^3 is applied. The gas bubbles formed at the cathode are of low proportion compared to those obtained in the case of the use of iron electrodes. Very fast flotation of the formed flocs is observed. These flocks keep the blue color until the end of the treatment and tend to come off as soon as the applied charge density reaches 1.55F / m^3 and even during the sampling for

filtration. After filtration, the color of the solution is clear. At the end of the treatment, a metal deposit at the cathode is noticed, but this deposit is less important than that observed when using the iron electrodes.

Fig10 shows that the abatement rate reaches a maximum value when the charge density reaches 1.55 F / m^3, above this value, a decrease in the abatement rate is observed up to a value of 96, 56% at the end of the experiment.

This makes it possible to assert that the optimal charge density for an EC treatment of the B.E solution, in the case of the use of the aluminum electrodes, is 1.55 F/m^3. Ineffectiveness of the treatment which is materialized by the detachment of the flocs in solution is observed at the end of the treatment. These results are consistent with those reported by several authors. Donfack, Tchamango et al [5, 23], who all work with aluminum electrodes to treat by electrocoagulation, an artisanal tannery effluent and a daily effluent have demonstrated the effectiveness of these electrodes.

A slight decrease in tension is observed during the treatment (Fig11), this is attributed to a decrease in the resistance of the electrolyser, which explains the low density of flocs observed at the anode at the end of the treatment. Fig12 below shows the case where the abatement rates obtained when using these different electrodes (iron and aluminum) were compared.

3.2.2 COMPARISON BETWEEN THE REDUCTION RATES OBTAINED WHEN USING THE DIFFERENT ELECTRODES

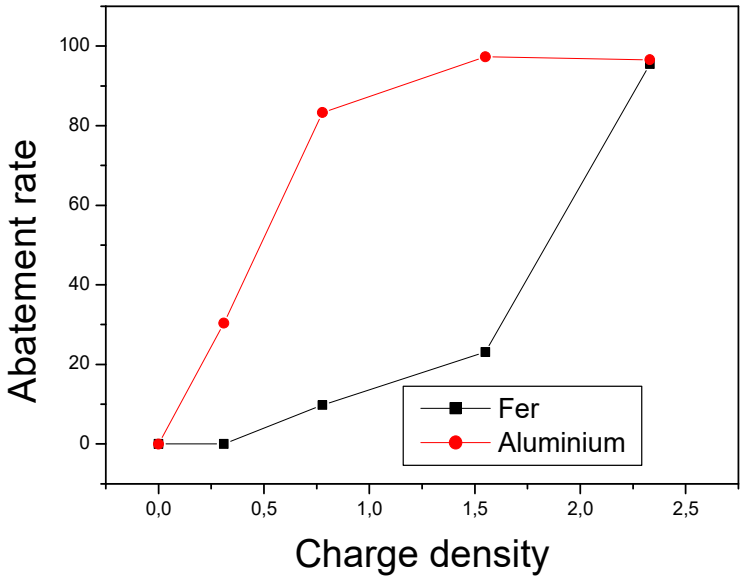


Fig. 12. Comparison of the B.E abatement rates obtained when using the Iron and Al electrodes

The comparison between the use of the different electrodes shows that, for a charge density of 2.33 F/m^3, aluminum gives the best result of the abatement rate with 96.56% whereas with the iron this rate is 95.5%. With the iron, during the treatment, there is evolution of the color of the formed flocs passing, of the original color of the BE to the green, however the excess of iron in solution confers a rust color corresponding to the transformation of the ions Ferric ions, this often decreases the effectiveness of EC treatment with iron as an electrode. With aluminum, the flocs formed retain the color of the B.E, but for a prolonged period of treatment, the flocs are likely to become detached in the solution thus reducing the effectiveness of the treatment. These results are consistent with those found by Donfack and Jarmany et al [5,10], all of whom used EC to treat artisanal tannery effluent and effluent from a textile industry, respectively, and all demonstrated efficacy. aluminum electrodes. To do this, DO and Chen [29] point out that the optimal conditions of EC vary with the choice of electrodes (iron or aluminum). This choice also depends on the following parameters:

- The initial concentration of the pollutant
- The nature of the pollutant
- The stirring speed of the medium and
- The density of the applied current.

Thus, different measurements must be taken and all the parameters must be mastered for a better result of the E.C treatment for each type of electrode used.

3.3 USE OF THE OPTIMAL CONDITIONS OF TREATMENT

The parameters set in the case of the different experiments carried out during the elimination of the BE by electrocoagulation, made it possible to have a low energetic consumption, to determine by the formula of the energy consumption (or the specific energy consumed) SEEC:

SEEC = (U.I.t_ec) / V in kWh/m³

The results are conferred in the following table:

Processing optimization parameters				
Density of charge, *F/m³*	**Current density, *mA/Cm²***	**Voltage, V**	**pH**	**Energy consumption**
2,33	**20**	**1,5**	**9**	**93,75**

4 CONCLUSION

Ultimately, this manipulation made it possible to optimize the treatment of the B.E solution by electrocoagulation. For this, a respective study of the effect of the nature of the background salt, the initial pH, the density of the applied current and the concentration of the B.E solution was made. KCl was chosen as the best supporting electrolyte because it gave a good result of reduction rate to optimize the treatment (95.5%) for a voltage limited to 1.5V and a charge density set at 2,33F/m^3. The best yields are obtained for the basic pH values and the pH 9 is chosen as the optimal pH with 98.90% of abatement rate, the treatment is efficient for low concentration values (10 µM) of the pollutant and for a current density set at 20 mA / cm^2 making it possible to moderate the energy consumption whose value for these various fixed parameters is 93.75 kWh/m^3. This low energy cost is attributed to the low charge density applied (2.33F/m^3) in this study, which allowed to obtain better values of rate of abatement. The comparison with the use of aluminum electrodes has shown that the latter is the best proposed electrode because it has demonstrated its treatment efficiency compared to iron, for the same electrolysis conditions.

REFERENCES

[1] D. A TESSEMA. Chimie environnementale, Université virtuelle Africaine, *Creative commons*, 152 (2011) 15-74.
[2] L. TEMO Les effets de la pollution chimique sur la qualité de l'eau à Yaoundé. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun (1995).
[3] S. YAHIATIENE et E. T. TAHIRIM. Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande Sebkha d'Oran. Mémoire de master. Université d'Oran, Algérie (2010)
[4] A. NOUJEP. Optimisation du traitement en mode continu d'un effluent laitier à l'aide d'un réacteur d'électrocoagulation. Mémoire de master, Université de Yaoundé I, Cameroun (2011).
[5] D. DONFACK. Etude comparative de l'élimination des paramètres de pollution d'un effluent de tannerie artisanale par électrocoagulation en utilisant les électrodes en aluminium et en fer. Mémoire de master, Université de Yaoundé I, Cameroun (2011).
[6] D. GAUJOUS. La pollution des milieux aquatiques : aide- mémoire. *Technologies et documents Lavoisier,* 2 (1995) 15-220.
[7] A. C. NDJOMGOUE YOSSA. Dépollution des eaux par électrocoagulation : Optimisation des paramètres d'électrolyse lors du traitement des eaux contaminées par les bactéries (E. coli). Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Cameroun (2015).
[8] J. Adams, J. Bartram, Y. Chartier, J. Sims. Organisation Mondiale de la Santé: Normes relatives à l'eau, l'assainissement et l'hygiène en milieu scolaire dans les environnements pauvres en ressources, *Standards School,* 67 (2010) 1-51.
[9] Y. S Yildiz, A. S Koparal, B. Keskinler. Effect of initial pH and supporting electrolyte on the treatment of water containing high concentration of humic substances by electrocoagulation, *Chemical Engineer Journal,* 138 (1-3) (2008) 63-72.
[10] A. Jarmany, A. Kheribech, M. Mountadar. Décoloration des rejets textiles par électrocoagulation, *Physical Chemistry news, 6* (2002) 101-109.
[11] Recommandations pour la qualité de l'eau potable au canada. https://www.canada.ca. Consulté le 23 Novembre 2017.
[12] G. BAOK. Pollution des eaux et rivières et impact sur les populations riveraines : Cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala-Bassa. Mémoire de master, Université de Dschang-FASA, Cameroun (2007).

[13] G. B. TAMNE. Traitement électrolytique des eaux : Etude de la dépollution d'un effluent coloré par électrocoagulation. Mémoire de master, Université de Yaoundé I, Cameroun (2000).
[14] H. W. GAO, Q. X. LANGMUIR. Aggregation of Evans blue on cetyltrimethyl ammonium bromide and on proteins and its applications, *Analytica Chimica Acta*, 458 (2002) 417-424.
[15] N. BARKA. Elimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photo catalytique sur T_iO_2 supporté. Thèse de doctorat, Université Ibn ZOHR Agadir, Maroc (2008).
[16] H. Djelal, M. Rigail, L. Boyer. Les effluents industriels et leur traitement, *Management Prospective Edition,* 20 (2008) 275-288.
[17] A. K Golder, A. N Samantha, S. Ray. Removal of chromium by electrocoagulation with multiples electrodes: bipolar and monopolar configurations, *Journal Hazardous Materials*, 53 (2006) 33-41.
[18] M. Y. A Mollah, B. Markovsky, P. Gomes, J. A. G Kesmez, M. Pargad, J. Cocke D. L traitement of orange II azo-dye by electrocoagulation (EC) technique in a continuous flowcell usig sacrificial iron electrodes, *Journal Hazardous Materials*, 109 (2004) 165-171.
[19] M. Mechelhoff. Aluminium electrochemistry in electrocoagulation reactors, *phoenix*, 213 (2008) 3-26.
[20] O. T Can, M. Kobya, E. Demirbas, M. Bayramoglu. Treatment of textile wastewater by combined electrocoagulation, *chemosphere*, 62 (2006) 181-187.
[21] M. TOUOMO WOUAFO. Traitement par électrocoagulation : Etude de quelques paramètres d'électrolyse sur l'élimination d'E. Coli des eaux. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun (2001).
[22] M. Bayramoglu, M. Kobya, M. eyvaz, E. Senturk. Technical and economic analysis of EC for the treatment of poultry slaughterhouse wastewater, *Separation and Purification Technology*, 51 (2006) 404-408.
[23] S.R Tchamango, C. P. Nanseu-Njiki, E. Ngameni, D. Hadjiev, A. Darchen. Treatment of daily effluents by electrocoagulation using aluminum electrodes, *Science of total Environment*, 408 (2010) 947-952.
[24] N. Daneshvar, A. R Khataee, A. R. Ghadium, M. H Rasoulifard. Décolorization of C.I acid yellow 23 solutions by electrocoagulation process. Investigation of operational parameters and evaluation of specific electrical energy consumption (SEEC), *Journal of Hazardous Materials,* 148 (2007) 566-572.
[25] I. Ahyan Sengil, M. Ozacar. Traitement of dairy wastewaters by electrocoagulation using mild steel electrodes, *Journal Hazardous Materials*, 137 (2007) 1197-1205.
[26] N. GOUSMI, K. BENDASOK. Etude de l'applicabilité du procédé d'électrocoagulation pour le traitement des rejets pétroliers, *Environmental Technology*, 37 (2016) 273-275.
[27] I. lineares-hernandez, C. Barrera-Diaz, G. Roa-Morales, B. Bilyeu, F. Urena-Nunez. Influence of the anodic material on electrocoagulation performance, *Chemical Engineer Journal*, 148 (2009) 97-105.
[28] X. Chen G. and P. L YUE. Séparation of polluants from restaurant water by electrocoagulation, *Separation Purification Technology*, 19 (2000) 65-76.
[29] J. S DO et M. L Chen. Decolorization of dye-contaning solutions by electrocoagulation, *Journal of Applied Electrochemistry*, 24 (1994) 785-790.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 582-588
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impacts psychologique, physiologique, somatique et socioprofessionnel du travail de nuit chez le personnel du centre hospitalier régional de Kolda (Sud Sénégal)

[Psychological, physiological, somatic and socioprofessional impacts of night work in Kolda's Regional Hospital Center (Southern Senegal)]

BOCAR BAILA DIEDHIOU[1], El HADJI MAKHTAR BA[2], OMAR COLY[3], FATOUMATA BA[4], JEAN AUGUSTIN DIEGANE TINE[5], and BAMBY SANKHARE[6]

[1]Médecin du travail, centre de santé de Niodior, Sénégal

[2]Maître-Assistant en Psychiatrie, FMPO, UCAD, Sénégal

[3]Médecin du travail, District sanitaire de Saréya, Sénégal

[4]Maître-Assistante en Physiologie humaine, Psychiatre, UFR Santé, UGB, Sénégal

[5]Assistant en Santé Publique, ISED, FMPO, UCAD, Sénégal

[6]Ingénieure Agronome spécialisée en Développement, Doctorante en Sciences Agronomiques, ED2DS, Sénégal

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Night work in hospitals, despite its many negative psychosomatic, occupational and social repercussions, remains very little evaluated in African countries, and particularly in Senegal. The objective of this study was to evaluate its various repercussions on the health and socio-professional life of workers. For this, we conducted a cross-sectional and descriptive study over a period of 3 months using anonymous questionnaires. Our sample included health professionals performing night watch. A total of 65 had participated in the study. Women accounted for 63%. State nurses were more numerous (44.7%). The average age was 34.2 years old. The average seniority in night work was 7.1 years. 55.4% of workers felt comfortable with this type of schedule, compared with 44.6% feeling disrupted. 74.6% preferred daytime work. Several impacts of night work were identified. They were physiological, with poor sleep quality (48.4%), insufficient sleep duration (42.2%), menstrual disorders (24.7% of women). On the psychological level, stress (52.3%), temperamental disorders (26.5%), anxiety and depression (7.7%) were found. The somatic effects were chronic fatigue (100%), cardiovascular symptoms, weight disorders (46.1%). On a professional level, the nocturnal victims of blood exposure accidents accounted for 36.5%. On the social level, 42.2% reported disruptions in their family life. Thus, regular medical and psychological monitoring of night workers is fundamental.

KEYWORDS: sleep disorders, effects, hospital, monitoring.

RÉSUMÉ: Le travail de nuit en milieu hospitalier, malgré ses nombreuses répercussions psychosomatiques, professionnelles et sociales négatives, reste très peu évalué dans les pays africains, et en particulier au Sénégal. L'objectif de cette étude était d'évaluer ses différentes répercussions sur la santé et la vie socio-professionnelle des travailleurs. Pour cela, nous avons procédé à une étude transversale et descriptive sur une durée de 3 mois à l'aide de questionnaires anonymes. Notre échantillon regroupait les professionnels de santé effectuant des gardes de nuit. Au total, 65 avaient participé à l'étude. Les femmes représentaient 63%. Les infirmiers d'état étaient plus nombreux (44,7%). L'âge moyen était de 34,2 ans. La moyenne d'ancienneté dans le travail de nuit était de 7,1 années. 55,4% des travailleurs se sentaient à l'aise avec ce type d'horaire contre

44,6% se sentant perturbés. 74,6% préféraient le travail de jour. Plusieurs répercussions du travail de nuit étaient recensées. Sur le plan physiologique, une mauvaise qualité du sommeil (48,4%), une insuffisance de la durée du sommeil (42,2%), des troubles menstruels (24,7% des femmes) ont été notés. Sur le plan psychologique, le stress (52,3%), les troubles caractériels (26,5%), l'anxiété et la dépression (7,7%) étaient retrouvés. Les effets somatiques étaient la fatigue chronique (100%), les symptômes cardiovasculaires, les troubles pondéraux (46,1%). Sur le plan professionnel, les victimes nocturnes d'accidents d'exposition au sang représentaient 36,5%. Sur le plan social, 42,2% déploraient des perturbations de leur vie familiale. Ainsi, un suivi médico-psychologique régulier des travailleurs de nuit est fondamental.

MOTS-CLEFS: troubles du sommeil, effets, hôpital, suivi.

1 INTRODUCTION

Le travail de nuit est « le travail effectué tout ou une partie de la nuit » **[1]**. Il peut constituer une adaptation à certaines exigences socioéconomiques ou organisationnelles. La nécessité de continuité des soins dans le secteur de la santé impose le recours à cette forme de travail. Ce type d'horaire engendre cependant des dysfonctionnements considérables liés à l'inversion des rythmes biologiques. Ainsi, l'organisme est contraint à fonctionner à des horaires où il est prédisposé au repos. A cet effet, la compensation du sommeil est faite aux heures où les facteurs environnementaux sont moins favorables. Cette situation, en plus d'exiger des efforts d'ajustement du travailleur et de son environnement familial, a des inférences sur sa vie professionnelle et sa vie privée **[2], [3].** Ainsi, plusieurs problèmes de santé « semblent être associés » à ce phénomène. Il s'agit notamment, des troubles du sommeil, de la fatigue chronique, des troubles digestifs, des maladies cardio-vasculaires, de la survenue de certains cancers **[1], [4].** L'objectif de cette étude était d'évaluer les différentes répercussions du travail de nuit dans notre contexte, sur la santé et la vie socio-professionnelle des travailleurs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une étude transversale et descriptive a été menée sur une période de 3 mois, du 1er mai au 30 juillet 2018, au centre hospitalier régional de Kolda (CHRK), établissement public de santé (EPS) de niveau II selon la pyramide sanitaire du Sénégal. La population d'étude était composée des professionnels de santé effectuant des gardes de nuit. Tous les professionnels présents au moment de l'enquête et qui avaient accepté de participer volontairement, ont été inclus. Des données ont été collectées à l'aide de questionnaires anonymes adressés à différentes catégories de professionnels : médecins, techniciens supérieurs, sages-femmes, infirmiers, laborantins, aides-infirmiers, instrumentistes, brancardiers. Ces questionnaires comprenaient d'une part, la version française de l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh et de l'échelle de somnolence d'Epworth (ESS). Ils comprenaient d'autre part plusieurs items renseignant sur les aspects socio-professionnels, et l'état de santé du personnel enquêté. Les données recueillies ont été saisies et analysées avec Microsoft Excel version 2013. Le consentement écrit, libre et éclairé des participants a été obtenu avant l'inclusion.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-PROFESSIONNELLES

Au total, 65 professionnels de santé ont participé à l'étude. Les femmes représentaient 63% (n=41) et les hommes 37% (n=24). L'âge moyen était de 34,2 ans avec des extrêmes de 23 et 56 ans. La majorité était mariée (69,2%). Les célibataires représentaient 30,8%. Les infirmiers d'état étaient plus nombreux (44,7%) (confer tableau 1).

Tableau 1. Répartition des participants à l'étude selon la profession

Professions	Effectifs (n)	Pourcentages (%)
Infirmiers d'état	29	44,7
Aides-soignants	16	24,7
Médecins	6	9,2
Sages-femmes	5	7,7
Brancardiers	4	6,2
Instrumentistes	2	3
Laborantins	2	3
Technicien supérieur	1	1,5
Total	65	100

La moyenne d'ancienneté dans la profession était de 9,2 ans. Au plan administratif, l'hôpital avait contractualisé 50,8% dont 40% (n=26) avec un contrat à durée indéterminée et 10,8% (n=7) avec un contrat à durée déterminée. La fonction publique sénégalaise employait 7,7% (n=5). 41,5% étaient des stagiaires diplômés, prestataires de service (n=27).

3.2 LE VÉCU PAR RAPPORT AU TRAVAIL DE NUIT

La moyenne d'ancienneté dans le travail de nuit était de 7,1 années. Plusieurs items renseignant sur le travail de nuit ont été renseignés (confer tableau 2).

Tableau 2. Vécu des professionnels vis-à-vis du travail de nuit

Items	**Pourcentages**
se sentent à l'aise avec le travail de nuit	55,4%
se sentent perturbés par le travail de nuit	44,6%
préférence marquée pour le travail de jour	74,6%
Préférence marquée pour le travail de nuit	25,4%
Rotation de 3 jours	76%
Rotation supérieure à 3 jours	24%
Etre habitués au travail de nuit	83%
Vouloir mettre fin au travail de nuit	43,1%

3.3 EFFETS DU TRAVAIL DE NUIT SUR LA SANTÉ DES PROFESSIONNELS

3.3.1 EFFETS PSYCHO-PHYSIOLOGIQUES

Les effets physiologiques étaient dominés par les troubles du sommeil et ceux psychologiques par le stress. (tableau **3**).

Tableau 3. Les impacts psycho-physiologiques du travail de nuit

effets psychophysiologiques	**Pourcentages (%)**
Sur le plan physiologique	
- mauvaise qualité sommeil	48,4
-insatisfaits du sommeil	42,2
- inefficacité du sommeil	37,5
- mauvaise récupération	54,9
- somnifères	9,3
- troubles menstruels	24,7
Sur le plan psychologique	
• Stress	52,3
• troubles caractériels	26,5
• anxiété/ dépression	7,7

3.3.2 SUR LE PLAN SOMATIQUE

La fatigue chronique était déplorée par tous les professionnels à des degrés différents. (confer tableau 4). Elle était quelques fois ressentie par 49,2%, souvent ressentie par 35,4%, toujours ressentie par 10,8% et rarement ressentie par 4,6% des professionnels.

Tableau 4. Les effets somatiques du travail de nuit chez le personnel du CHRK

Effets somatiques	Effectifs (n)	Pourcentage (%)
Fatigue chronique	65	100
Perte de poids	24	36,9
Palpitations	11	16,9
Prise de poids	6	9,2
Anorexie	3	4,6
Avortements	3	4,6
Hypertension artérielle	3	4,6

3.3.3 IMPACTS SUR LA VIE PROFESSIONNELLE

Parmi les soignants, 36,5% relataient des accidents de travail survenus la nuit essentiellement des accidents d'exposition au sang (AES).

3.3.4 IMPACTS SUR LA VIE SOCIALE

- Le temps libre à domicile et celui de vrai loisir étaient insuffisants respectivement pour 44,7% et 53,1% des travailleurs.
- 42,2% (n=27) déploraient un impact négatif du travail de nuit sur leur vie familiale (perturbations de l'homéostasie du couple conjugal ou parental, des relations avec les proches). Parmi eux, les mariés représentaient 88,9% (n=24), les célibataires 11,1% (n=3). 55,5% étaient de sexe féminin (n=15).
- Par rapport à l'alimentation, 73,8% déploraient des perturbations alimentaires à des degrés différents. Elles étaient parfois déplorées par 46,1% (n=30), souvent et très souvent déplorées respectivement par 20% (n=13) et 7,7% (n=5) des travailleurs.

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-PROFESSIONNELLES

La prédominance féminine chez les enquêtés se superpose à la prédominance globale des femmes dans la structure de soins traduisant une tendance à la féminisation de la profession d'infirmière. Par contre en Tunisie, une faible proportion des femmes (20%) a été observée chez les travailleurs de nuit **[5].** La relative jeunesse des professionnels s'explique par la prédominance des jeunes dans ce centre. Cette observation est voisine de celle faite au Cameroun où la population d'étude était dominée aussi par de jeunes adultes trentenaires dont la moyenne d'âge était de 33,4 ans **[6].** Le choix d'effectuer le travail de jour ou de nuit dépend essentiellement de l'ancienneté et/ou de la fonction dans la structure. Le travail de nuit est perçu comme contraignant. Ainsi, 74,6% du personnel enquêté préféraient le travail de jour. Des études ont montré une meilleure tolérance du travail de nuit par les jeunes **[7], [8].** Dans notre échantillon, ce même constat est fait. Il ressort ainsi de notre enquête, que parmi les sujets âgés de moins de 30 ans, 56,6% toléraient le travail de nuit. Notre enquête a par ailleurs révélé un taux élevé de stagiaires lié à une carence quantitative en soignants dans l'hôpital. Ainsi, l'administration a recours aux stagiaires dont la plupart sont des diplômés qualifiés en chômage, engagés par l'hôpital sous forme de prestation.

4.2 VÉCU DES PROFESSIONNELS PAR RAPPORT AU TRAVAIL DE NUIT

44,6% du personnel enquêté se sentaient perturbés par le travail de nuit. En effet, la moindre valorisation du travail de nuit, l'absence de reconnaissance, le sentiment de solitude et/ou d'isolement par rapport à la famille, les situations éprouvantes contribuent à majorer la souffrance psychique.

4.3 IMPACTS DU TRAVAIL DE NUIT SUR LA SANTÉ DES PROFESSIONNELS

4.3.1 TROUBLES DU SOMMEIL

La conséquence directe et majeure du travail de nuit touche surtout la sphère du sommeil **[9]**. Dans notre étude, les travailleurs souffraient de troubles du sommeil (mauvaise qualité du sommeil, inefficacité du sommeil diurne). Cela est dû pour la plupart, à des dettes chroniques de sommeil renforcées par un sommeil diurne, moins compensateur. En effet, ce sommeil diurne est perturbé par certains facteurs environnementaux (bruits, lumière du jour…). Ces observations sont confirmées par d'autres auteurs **[1], [10], [11].** Ces derniers ont objectivé des perturbations profondes de la qualité, de l'efficacité, de la profondeur et de la satisfaction du sommeil chez ces professionnels de nuit**.** Ces altérations qualitatives et quantitatives du sommeil sont responsables de la constitution d'une dette chronique de sommeil, génératrice de somnolence diurne. Elles favorisent également une surconsommation voire un abus de somnifères. Dans notre étude, 9,2% utilisaient des somnifères. Globalement, nos observations concordent avec celles de la littérature qui témoignent d'une perturbation quantitative et qualitative du sommeil lors du travail de nuit **[4], [10], [11].**

4.3.2 TROUBLES PSYCHOLOGIQUES

Le lien entre la dette de sommeil chronique et la survenue de symptômes dépressifs tels que le stress ou l'anxiété a été prouvé **[12], [13].** Ainsi, conformément à ces observations, des troubles psychiques ont été révélés par notre enquête. A l'issu des gardes, le stress a été déploré par 52,3% des soignants. Cet effet psychologique néfaste serait en corrélation avec une multitude de paramètres liés à la fatigue chronique, à la privation de sommeil, à la difficulté pour certains de compenser cette carence en sommeil. Toutefois, il faut ajouter les ruptures de contact tant sur le plan social et familial. D'autres paramètres singuliers au travail de nuit renforcent cet état de stress. Il s'agit notamment de la solitude et de l'isolement dont sont victimes ces travailleurs, de certaines particularités individuelles telles que la peur de la nuit. De surcroît, l'inquiétude pour les enfants et/ou le ou la conjoint (e) laissé seul à la maison renforce cet état. Ainsi, ces tensions psychiques génèrent des difficultés de concentration, et accroît l'anxiété et les pathologies dépressives.

4.3.3 EFFETS SOMATIQUES

La fatigue chronique est parmi les plaintes les plus évoquées **[10], [11].** Tous nos sujets ont déploré une fatigue chronique à des degrés différents. De plus, ils sont confrontés à la surcharge de travail consécutive à un déficit quantitatif et qualitatif en personnel, à la pression, à la mauvaise organisation du travail, au harcèlement lié aux sollicitations répétitives des patients et des accompagnants. A cela s'ajoutent, le manque de cadre et d'outils de travail adaptés rendant difficile les tâches.

Des études ont mis en évidence le lien entre la dette de sommeil chronique et une plus grande probabilité de devenir obèse, de développer le diabète et/ou l'hypertension artérielle **[12], [13]**. Dans notre étude, 7,1% des femmes ont signalé des avortements liés au travail de nuit. En effet, ce dernier est un facteur d'insuffisance pondérale de l'enfant à la naissance, de prématurité et d'avortements **[14].** Toutefois, aucune preuve objective ne saurait confirmer ce lien.

4.4 IMPACTS SUR LE PLAN PROFESSIONNEL

Sur ce plan, travailler à contre sens du fonctionnement physiologique de l'organisme peut avoir des conséquences négatives sur la performance du travailleur ainsi que sur sa qualité de travail. Lors du travail de nuit, l'émoussement des aptitudes psychomotrices et sensorielles, la monotonie du travail (surveillance), la baisse physiologique de vigilance, plus particulièrement entre 2 h à 4 h du matin, favorisent la survenue d'accidents de travail ou de circulation **[4].** Conformément à cette observation, le taux d'accidents recensés la nuit était assez conséquent (36,5%). En effet, les dettes répétées de sommeil constituent des occasions propices pour leur survenue. Ainsi, le risque d'altération de la vigilance, du jugement impacte négativement sur la précision et la qualité des gestes et réflexes. A cela, il faut ajouter le risque de somnolence et la fatigue chronique. Cela expose les soignants à des accidents d'exposition au sang (AES) et aux risques d'erreur médicale. Toutefois dans cet hôpital, les travailleurs sont confrontés à d'autres facteurs de risque d'accidents relatifs au défaut d'éclairage dans les salles de travail et à la mauvaise gestion des conteneurs de sécurité.

4.5 EFFETS SUR LA VIE SOCIALE ET FAMILIALE

Nos résultats révèlent que les professionnels mariés sont de loin beaucoup plus affectés par le travail de nuit (88,9%). En effet, ce type de travail induit une réduction des interactions entre le travailleur et ses enfants et/ ou son conjoint renforçant la détérioration de la responsabilité parentale. Cependant, les perturbations ne touchent pas seulement les relations du travailleur de nuit avec chacun des membres de la famille ; elles affectent aussi le déroulement quotidien de la vie de ceux-ci, leur qualité de vie et voire leur bien-être psychologique **[15].**

Ainsi, le conflit «vie privée/vie au travail» marqué par la difficulté de concilier les responsabilités familiales et les engagements professionnels augmente le niveau de stress perçu et réduit l'implication ainsi que la satisfaction professionnelle du salarié **[16].**

Face aux multiples contraintes inhérentes au travail de nuit (fatigue chronique, pression psychologique, conflit «vie privée/vie au travail»), 41,3% des professionnels pensent n'être pas en mesure de poursuivre la pratique de ce type d'horaire dans le futur.

Notre travail a des limites :

- L'absence d'analyse statistique dans un souci d'établir des corrélations
- La taille réduite de notre échantillon.

5 CONCLUSION

L'étude nous a permis de déterminer, dans notre contexte d'exercice en hôpital périphérique, différentes conséquences négatives du travail de nuit sur le bien-être psychique et somatique des travailleurs. Les répercussions sociales sont importantes avec une rupture de l'homéostasie familiale en général et du couple en particulier. Toutefois, il ressort qu'un suivi médico-psychologique régulier des travailleurs de nuit est fondamental.

REMERCIEMENTS

Je remercie sincèrement le personnel du Centre hospitalier Régional de Kolda, en particulier ceux qui ont participé à la réalisation de cette étude.

REFERENCES

[1] Ntawaruhunga E, Chouanière D, Danuser B, et al. Effets du travail de nuit sur la santé. *Rev Med Suisse* 2008; 4: 2581-5
[2] Barthe B, Quéinnec Y, Verdier F. L'analyse de l'activité de travail en poste de nuit: bilan de 25 ans de recherches et perspectives. *Le travail humain* 2004 ; 67 : 41-61
[3] Gadbois C. Les discordances psycho-sociales des horaires postés: questions en suspens. *Le travail humain* 2004 ; 67 : 63-85
[4] Noel S. La morbidité du travail à horaires irréguliers. *Revue médicale de Bruxellles* 2009 ; 4 : 309-317
[5] Debbabi F, Chatti S, Magroun I, et al. Le travail de nuit: ses répercussions sur la santé du personnel hospitalier. *Arch mal Prof* 2004 ; *65* :6 : 489-492
[6] Owona Mangaa LJ, Mandengue SH, Bita Fouda AA, et al. Etude du travail de nuit et ses effets chez les personnels des pharmacies privées à Douala. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement 2017; xxx:1*-6
[7] Harrington JM. Health effects of shift work and extended hours of work. *Occup Environ Med* 2001; 58: 68-72
[8] Saksvik IB, Bjorvatn B, Hetland H, et al. Individual differences in tolerance to shift work-A systematic review. *Sleep Med Rev* 2011; 15(4):221-3
[9] Rohmer O, Bonnefond A, Muzet A, et al. Étude du rythme veille/sommeil, de l'activité motrice générale et du comportement alimentaire de travailleurs postés obèses : l'exemple des infirmières. *Le travail humain* 2004; 4 (67): 359 – 76
[10] Costa G. Shift work and occupational medicine: an overview. *Occup Med* 2003; 53:83-8
[11] Shen J, Botly LCP, Chung SA, et al. Fatigue and shift work. *J Sleep Res* 2006; 15: 1-5
[12] Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep deprivation on response to immunization. *Journal of the American Medical Association* 2002; 288 (12):1471-72

[13] Rubin RT. Pharmaco-endocrinology of major depression. *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences* 1989; 238(5-6): 259-267
[14] Knutsson A. Health disorders of shift workers. *Occup Med* (Lond) 2003; 53:103-8.
[15] C Gadbois. Les discordances psychosociales des horaires postés : questions en suspens. *Le travail humain* 2004 ; 1(67) : 63-85
[16] Lourel M, Gana K, Wawrzyniak S. L'interface «vie privée–vie au travail»: adaptation et validation française de l'échelle SWING (Survey Work-home Interaction– Nijmegen). *Revue de Psychologie du travail et des Organisations* 2005 ; 11 (4) : 227-239.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 589-616
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Principes moteurs de responsabilité des contractants envers les tiers, victimes par ricochet en droit congolais

BANZA ILUNGA Aimé

Chef de travaux, Faculté de Droit, Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present topic has as object to wonder about the faculty of the civil responsibility to govern the indemnification of the third victims by rebound of the contractual non execution. Doesn't this preoccupation knock the principle of the relative effect of the conventions? It has a results a Congolese Right constant, the presence of numerous difficulties application so much such material right than right formal to the repair the prejudices, it require to adapt the right of the responsibility possibly the specificities of the compensation of damages by rebound contractual : apart from families criteria's and extra families limitation of indirect victims, an application of the main principles that make the responsibility of the contractors towards the unknown or the third party proves to be even more applicable. Thus, the ideology of the compensation for damage and the constitutionalizing of the civil law, the principle of the opposability of the contract should be analyzed in two ways. First, of the contractor's side, this one has the right to opposes this contract to the unknow partner in crime of the non-execution. Then, of the side of the unknown victim, that also has legal right to repair consisting in opposing the contract to the contracting parts in places of damaging non executed. It is just in relation with this last aspect that by the jurisprudence and the doctrine haggard been conceived of the motor principles bound to the generating fact of responsibility of the faltering contractor towards the third party. Thus, of thesis controversial principles of stipulation heart others tacit, of group of contracts, of the relativity of the faults contractual and intentional and the one of the identity of this faults; it was necessary to relay to the " theory of the assimilation moderated faults contractual and extracontractual ", that seem appropriate in responsibility Congolese law . By the way, "the principle contract with protective effects for the third party " of the German law that can inspires our law pertinently. This motor principles should find the action to repair of the prejudice by indirect victim contractual. Therefore, the third indirect victims, being near will have the right to choose between the foundation extracontractual or contractual. The judge will always appreciate supremely the case submitted to him.

KEYWORDS: responsibility, victims, ricochet, Congolese law.

RÉSUMÉ: La présente réflexion a pour objet de s'interroger sur l'aptitude de la responsabilité civile à régir l'indemnisation des tiers victimes par ricochet de l'inexécution contractuelle. Cette préoccupation ne heurte-t-elle pas le principe de l'effet relatif des conventions ? Il en résulte un constat en Droit congolais, la présence de nombreuses difficultés d'application tant du droit matériel que du droit formel à la réparation des préjudices, le besoin d'adapter éventuellement le droit de la responsabilité aux spécificités de la réparation des préjudices par ricochet contractuels : mis à part les critères familiaux et extrafamiliaux de limitation des victimes par ricochet, l'application des principes moteurs fondant la responsabilité des contractants envers les tiers s'avère encore plus pertinente. Ainsi, à l'heure de l'idéologie de la réparation et de la constitutionnalisation du droit civil, le principe de l'opposabilité du contrat devrait s'analyser en deux sens. D'abord, du côté du contractant, celui-ci a le droit d'opposer ce contrat au tiers complice de l'inexécution. Ensuite, du côté du tiers victime, qui a aussi un droit à réparation consistant à opposer le contrat aux parties contractantes en cas d'inexécution préjudiciable. C'est juste en rapport avec ce dernier aspect que des principes moteurs liés au fait générateur de responsabilité du contractant défaillant envers le tiers ont été conçus par la jurisprudence et la doctrine. Ainsi, de ces principes controversés de stipulation pour autrui tacite, de groupe de contrats, de la relativité des fautes contractuelle et délictuelle et celui de l'identité de ces fautes ; il fallait dégager la « théorie de l'assimilation tempérée des fautes contractuelle et extracontractuelle », qui semble idoine en droit congolais de la responsabilité. En outre, le principe du « contrat avec effets protecteurs pour les tiers » du Droit allemand peut

pertinemment inspirer notre Droit sur cette question. Ces principes moteurs devraient fonder l'action à réparation du préjudice par ricochet contractuel. Par conséquent, les victimes indirectes, étant proches auront le droit d'opter entre le fondement extracontractuel ou contractuel. Et ce fondement contractuel, se justifierait par « la théorie de la généralisation de l'action contractuelle ». Le juge pourra toujours apprécier souverainement les cas lui soumis.

MOTS-CLEFS: responsabilité, victimes, ricochet, droit congolais.

1 INTRODUCTION

Pour le sens commun, la responsabilité civile évoque l'idée d'un dommage et de sa réparation, ou encore l'indemnisation des victimes[1]. Par la responsabilité civile, le droit cherche plus modestement à assurer aux individus la réparation de leurs dommages privés afin de mettre les choses en état, de rétablir un équilibre qui avait disparu entre les membres du groupe[2]. En ce sens, Kalongo Mbikayi précise, « (…) la responsabilité civile a, elle, pour objet la réparation des dommages que les individus se causent dans leurs rapports privés »[3].

La question de l'indemnisation des *victimes par ricochet*[4] rentre surement dans la perspective de la protection des droits et libertés fondamentaux des citoyens tels que consacrés par notre Constitution. Les préjudices par ricochet peuvent être analysés dans le cadre de la responsabilité délictuelle et contractuelle[5], pénale[6], administrative[7], commerciale[8] etc.; dans le cadre de cette réflexion nous restons plus dans le créneau des préjudices par répercussion en matière contractuelle, ce qui appelle implicitement leur examen sur le terrain délictuel, administratif…

Ainsi, les nécessités de la société humaine peuvent provoquer l'émergence, à diverses époques et en divers endroits, d'un même genre de système, à savoir celui fondé sur la propriété privée[9] et le contrat. Il semble vraiment que partout où est apparue une Grande Société, elle ait été rendue possible par un système de règles de juste conduite comportant ce que David Hume a appelé « les trois lois fondamentales de la nature, *celles de la stabilité de possession, de son transfert par*

[1]P. JOURDAIN, *Les principes de la responsabilité civile*, 9e éd., Dalloz, Paris, 2014, p.1

[2]Ibidem, p.3

[3] KALONGO MBIKAYI, *Droit civil*, t.1, *Les obligations*, éd. univ. Afr., Kinshasa, 2012, p. 209

[4] Ce sont des personnes proches de la victime directe, qui peuvent avoir souffert personnellement et d'une manière médiate d'un préjudice qui leur est propre (perte de l'être cher, perte du soutien matériel que la victime apportait…) mais dont la source se trouve dans le dommage originaire. Ce sont des *victimes indirectes*.

[5] J. BECQUE, *La protection de la victime d'un dommage corporel et ses proches dans le cadre contractuel*, th., Montpellier, 1943, pp.13 et s. ; KALONGO MBIKAYI, *Responsabilité civile et socialisation des risques,* 2e éd., PUZ, Kinshasa, 1979, pp. 48 et s. ; M. BOURRIE-QUENILLET, *L'indemnisation des proches d'une victime décédée accidentellement. Etude d'informatique judicaire,* th., Montpellier, 1983, p. 11 et s. ; P-A CREPEAU, « L'indemnisation de la victime par ricochet d'un accident mortel résultant de l'inexécution d'un devoir contractuel », *in Revue de Droit de Mcgill*, vol. 26 : 3, Québec, 1981, pp.567 et s.; Y. CHARTIER, *La réparation du préjudice*, Dalloz, Paris, 1996, 130 p.; KANGULUMBA MBAMBI, *Indemnisation des victimes des accidents de la circulation et assurance de responsabilité civile automobile. Etude de droit comparé belge et congolais, th.,* Academia-Bruylant, 2013, p. 362 ; B. DUBUISSON et P. JOURDAIN (dir), *Le dommage et sa réparation dans la responsabilité contractuelle et extracontractuelle. Etudes de droit comparé*, Bruylant, Bruxelles, 2015, 1135 p. ; E. JUEN, *La remise en cause de la distinction entre la responsabilité contractuelle et la responsabilité délictuelle*, Thèse, LGDJ, Paris, 2016, p.11

[6] CSJ., RP 159, 26 sept. 1978, *Bull. Arr*., 1979, p.100. ; Léo. 28 septembre 1954, *R.J.C.B* 1955 p. 89 ; Elis. 17 mai 1960, *R.J.C.B* 1961 p. 13 ; Elis 26 mai 1964, *R.J.C.B* 1964, p. 179. ; J. DUPICHOT, *Des préjudices réfléchis nés de l'atteinte à la vie ou à l'intégrité corporelle*, LGDJ, Paris, 1969, p. 12 et s.

[7] Certainement, l'inexécution des contrats administratifs peut conduire à des préjudices par ricochet réparables. V. en ce sens M. SOUSSE, *La notion de réparation de dommages en droit administratif français*, LGDJ, Paris, 1994, 541 p. ; A. LAUBADERE, F. MODERNE et P. DELVOVE, *Traité des contrats administratifs,t.2, les obligations du contractant et de l'administration, les interventions de l'administration, l'incidence des faits nouveaux, la fin des contrats, le contentieux des contrats,* 2e éd., LGDJ, 1984, pp. 978 et s.; E. JURVILLIERS ZUCCARO, « Le tiers en droit administratif », Thèse, Faculté de droit, sciences économiques et gestion, Nancy-Université, 2010, pp. 120 et s.

[8] NAJAT ABARKAN, « L'indemnisation de la rupture brutale de relations commerciales établies », Mémoire de Master II, Université de Montpellier I, 2014, p. 7

[9] A ce sujet on peut renchérir avec Ph. Didier que les « vrais principes du gouvernement représentatif, ce sont les droits sacrés de *la propriété, de l'égalité et de la liberté* (P. DIDIER, « Le dauphiné, le code civil et les droits de l'homme », in *Le Code civil et les droits de l'homme, op. cit.*, p.13

consentement, et d'exécution des promesses »[10], ou, comme un auteur moderne résume le contenu essentiel de tous les systèmes contemporains de droit privé, *« la liberté de contrat, l'inviolabilité de la propriété, et le devoir de dédommager autrui pour les torts qu'on lui inflige »*[11]. Et un autre auteur moderne développe la notion de « *justice contractuelle* »[12] qui n'est qu'une forme de cette *justice commutative* qui sous-tend l'effet relatif du contrat et la notion du préjudice par ricochet. Selon cet auteur, il faut préciser que la justice contractuelle ne vise pas à déterminer ce qu'est ou ne doit pas être le contrat. La justice contractuelle renvoie au fondement de l'approche que l'on adopte du contrat, et c'est sous cet angle qu'elle permet d'analyser la règle de droit qui intervient dans le cadre du déséquilibre et de l'inégalité contractuels. À ce stade, une distinction peut être faite entre la justice contractuelle et l'équité. Alors que la seconde vise essentiellement la correction du contrat, la première opère au niveau plus profond des arguments philosophiques et épistémologiques qui interviennent dans le cadre des différents moyens juridiques de correction et de rééquilibrage du contrat[13]. Ainsi, dans le cadre de la théorie générale des contrats, pour Collart Dutilleul, la justice contractuelle permet de « débusquer derrière le contrat, les idées et les valeurs sociales sur lesquelles il se construit »[14]. Ce qui signifie que le contrat est régi par des valeurs qui en imposent la reconnaissance. À cet égard, *« la justice*, valeur supérieure, est ce qui justifie et fait triompher l'égalité et l'équilibre entre contractants dans un rapport d'échange »[15]. Et même sur le plan théorique, le débat sur la lésion met en relief l'univers du Code civil, prédominé dans son principe par la liberté contractuelle fondée sur le respect de la volonté individuelle, corrigée par la lésion à la recherche de la justice contractuelle.[16] La recherche de l'équilibre contractuel et la *correction* des inégalités apparaissent alors comme les principaux desseins de la justice contractuelle. Le contrat juste porte en lui l'accomplissement du triptyque problématique de la modernité : individuation, cohésion et justice[17].

[10] D. HUME, *Treatise, Works*, II, p.293, cité par A. HAYEK Friedrich, *Droit, législation et liberté. Une nouvelle formulation des principes libéraux de justice et d'économie politique* (trad. de l'anglais par R. Audouin, revue par P. Nemo), Quadrige, PUF, Paris, 2013, p.376 et s. V. aussi, B. BACHOFEN, *Le libéralisme au miroir du Droit : L'Etat, la personne, la propriété*, ENS éditions, Paris, 2008, p.155 et s.

[11] L. DUGUIT, d' après J. WALTER JONES, *Historical Introduction to the Theory of law*, Oxford, 1940, p.114 cité par A. HAYEK Friedrich, *op. cit*., p.400

[12] J-M. TAWALI, « Essai sur la justice contractuelle. Contribution à l'étude des fondements théoriques de la protection de la partie vulnérable », Th., Université de LAVAL, Québec, 2015, 568 p.

[13] Ibidem, p.9

[14] F. COLLART DUTILLEUL, « Quelle place pour le contrat dans l'ordonnancement juridique », dans C. Jamin et D. Mazeaud (dir.), La nouvelle crise du contrat, note 1, p. 226, cité par TAWALI, op. cit., p.8

[15] M. El GHARBI, « Justice contractuelle et liberté de la volonté : un rapport problématique », (2005) 1 R.R.J. 167., cité par J-M. TAWALI, op. cit., p.8

[16] NAOKI KAYANAMA « La liberté contractuelle, un droit de l'homme ? », in *Le Code civil et les Droits de l'homme*, *op. cit.,* p.159

[17] M. PLOUVIEZ, « Les fonctions du contrat. La notion de solidarité contractuelle selon Durkhein », in *Repenser le Contrat*, *op. cit*, p. 99

2 DIAGNOSTIC DU PROBLÈME

Si le *principe de relativité*[18] du contrat exonère les tiers du respect des stipulations contractuelles, le *principe de l'opposabilité*[19] induit pour eux le droit de se prévaloir du contrat, mais aussi l'obligation de ne passer outre cette réalité juridique qu'il crée. Il serait donc difficile de prétendre que les tiers puissent être totalement extérieurs au champ contractuel, ainsi qu'à ses perturbations éventuelles à l'instar de l'inexécution.

Cependant, et c'est déjà une première atténuation du principe, le contrat, s'il n'est pas pour les tiers un acte juridique, est au moins un fait juridique. Partant, ce contrat, privé par nature, va être opposable aux tiers en tant que simple *fait juridique*.

Mais si les principes semblent ainsi bien ordonnés, et spécialement celui de l'effet relatif, il pourrait s'avérer « *singulièrement dangereux et inexact de le*(s) *prendre au mot* »[20].

La difficulté se présente au moment où l'inexécution contractuelle cause un préjudice à un tiers. Ces beaux principes, n'avaient pas envisagé une hypothèse qui allait faire vaciller l'édifice tout entier. Ces principes originels du droit des contrats estiment que le monde contractuel et le monde délictuel sont séparés par une cloison étanche… Erreur ! Cette cloison est aussi étanche, hélas, que la coque du *Titanic* en 1912[21]. En effet, de même qu'un dommage de type délictuel peut survenir à l'occasion de l'exécution d'un contrat[22], l'inexécution d'une obligation contractuelle peut très bien causer un dommage à un tiers. Et c'est bien là le nerf de la difficulté : comment, et sur quel fondement, à partir des principes classiques que nous avons succinctement rappelés, un juge peut-il accorder une réparation ou ordonner une exécution forcée, lorsque cette dernière est

---

[18] Ce principe découle de l'art. 63 CCCL III qui dispose que « *les conventions n'ont d'effet qu'entre les parties contractantes ; elles ne nuisent point au tiers, et elles ne lui profitent que dans le cas prévu à l'article 21(à savoir celui d'une stipulation pour autrui) » ; A.* WELL*, Le principe de la relativité des conventions en droit privé français,* Th., Strasbourg, 1938, p.13s. *;* R. SAVATIER, « Le prétendu principe de l'effet relatif des contrats », *RTD civ.*, 1951, p. 525 ; M. BACACHE GIBEILI, *La relativité des conventions et les groupes de contrats*, Paris II, 1994, p. 28s. La jurisprudence congolaise fait aussi écho à ce principe moteur : CSJ, RC 100, 3 avril 1976*, Bull. arr*. 1977, p. 67 : « *la convention avenue entre les parties faisant la loi qui les régit dans l'interprétation et l'exécution de leurs obligations, l'arrêt qui méconnait le principe prévu à l'article 33 du code civil livre III doit être cassé sur ce point* » ; Kin, 28 fév. 1967, *RJC*, 44e année, janv-mars 1968, n° 1, p.54 « *les parties sont liées par leurs conventions ; il n'appartient pas au juge de modifier les obligations qui en découlent, sous prétexte d'équité* » ; TAKIZALA MASOSO MUVU, *Recueil de jurisprudence des Cours et Tribunaux du Congo*, PUL, Lubumbashi, sd., p. 218. Cependant on peut retrouver une nouvelle formulation liée à ce principe de relativité au nouvel art. 1199 c. civ. fr. *« le contrat ne crée d'obligations qu'entre les parties et que les tiers ne peuvent ni demander l'exécution du contrat ni se voir contraints de l'exécuter ».* Cette reformulation que l'on doit à l'0rdonnannace n° 2016-131 du 10 février 2016 relative au droit des obligations, est plus précise que celle de l'ancien article 1165 du Code civil français, le pendant de l'art. 63 CCCL III (v. G. CHANTEPIE et M. LATINA, *La réforme du droit des obligations. Commentaire théorique et pratique dans l'ordre du code civil,* Dalloz, Paris, 2016, p. 464 ; O. DESHAYES , Th. GENICON et Y-M. LAITHIER , *Réforme du Droit des contrats du régime général et de la preuve des obligations- commentaire article par article*, LexisNexis, Paris, 2016, pp. 428-429 ; A.FERAY-LAURENT et D. LOUIS-CAPORAL , « L'effet relatif du contrat », *La réforme du droit des contrats : actes de colloque,* 1ère Journée Cambacérès, 3 juillet 2015, Montpellier, Université de Montpellier, 2015, p. 279.

[19] Ce principe suscite aussi des controverses sérieuses : J.DUCLOS, *L'opposabilité, essai d'une théorie générale*, Th., LGDJ, 1984, p.47 ; M. LEVIS, *L'opposabilité du droit réel : de la sanction judiciaire des droits*, Economica, Paris, 1989, p. 22 ; Ph. DELMAS, *Le tiers à l'acte juridique*, Th., LGDJ, Paris, 2000, p.20 et s. ; EL RAJAB DIMA, « L'opposabilité des droits contractuels. Etude de droit comparé français et libanais », Th., Université Panthéon-Assas, 2013. Cependant Robert WITGEN et DANOS Fréderic, ont dans leurs thèses, renié l'existence de la notion d'opposabilité et son rôle explicatif. Ainsi, WITGEN développe une conception nuancée de l'opposabilité qui l'ampute de sa valeur de principe général. Pour lui, l'opposabilité n'est qu'une *notion descriptive* (v. R. WINTGEN, *Étude critique de la notion d'opposabilité, les effets du contrat à l'égard des tiers en droit français et allemand,* th., LGDJ., Paris, 2004, pp. 85 et s. ; D.DANOS, *Propriété, possession et opposabilité*, Economica, th. Paris 2006, p. 12s.). Les auteurs belges et congolais sont aussi favorables à ce principe moteur et c'est justement ce que la Cour de cassation belge appelle les « effets internes et les effets externes du contrat » : Cass(be), 25 nov. 1939*, Pas*. 1940, II, 25 ; DE PAGE, *Traité*, *op. cit,* p.616 et s. ; P. VAN OMMESLAGHE , *Droit des obligations*, vol. 1, PULB, Bruxelles, 2000, p. 231 et s. ; P.WERY, *Droit des obligations*, vol. 1, *Théorie générale des contrats*, Larcier, Bruxelles, 2011, p. 863 et s. ; KALONGO MBIKAYI, *Droit civil, op. cit.*, p. 178 ; M. FONTAINE, « Les effets ''internes ''et les effets ''externes'' des contrats, *in Les effets du contrat à l'égard des tiers, comparaisons franco-belges*(dir. de M.FONTAINE et J. GHESTIN) , LGDJ, Paris, 1992, p. 40 et s. ; R. JAFFERALI , « Les effets internes et externes du contrat », Communication lors des journées panaméennes de l'Association Henri Capitant du 18 au 22 mai 2015, p. 52 in *dipot-ulb.ac.be(11 avril 2017) ;* KANKONDE NETUPETE, *Manuel de droit civil des obligations,* vol.1*,les obligations contractuelles*, Editions Culturelles, Likasi, 2014, p.303

[20] R. SAVATIER, « Le prétendu principe de l'effet relatif des contrats, op. cit. », p. 525.

[21] C. BERNAT, « Réflexions sur l'extinction de la notion de « groupes de contrats » et le renforcement corollaire du principe de l'effet relatif des conventions », en ligne in cedricbena.fr.

[22] L. LETURMY, « La responsabilité délictuelle du contractant », *RTD Civ*, Paris, 1998, p. 839.

encore possible ? C'est cette question qui est à l'origine depuis plusieurs années d'une jurisprudence et d'une doctrine française, belge et congolaise en haleine, cherchant des justifications pour expliquer telle position, puis une autre (contraire à la précédente), essayant de créer de nouveaux concepts pour résoudre ou au moins réduire la difficulté. A présent, le droit positif français, que l'on aurait pu croire parvenu à une sorte d'équilibre, néanmoins fragile car pas exactement en harmonie avec la jurisprudence européenne sur cette question, vacille à nouveau en semblant amorcer une nouvelle évolution. Le droit congolais est aussi à la recherche des principes moteurs applicables dans de tels contentieux.

La question de droit soulevée dans cette réflexion est donc celle de l'incidence de l'inexécution sur les tiers et spécialement les tiers, victimes par ricochet. Plus profondément, quel lien de responsabilité est susceptible de lier les tiers aux parties ? Ce questionnement revêt ainsi un intérêt tant social que juridique. En effet, la tendance actuelle est à la contractualisation des relations humaines[23]. Il est donc nécessaire pour chacun de savoir à quel degré il intervient et son champ de responsabilité dans le contrat. Face à l'inexécution du contrat, le tiers peut être victime ou responsable. Cependant, lorsque le tiers est responsable de cette inexécution, le problème ne se pose pas véritablement. D'où la limitation de notre réflexion aux tiers, victimes par ricochet, étant entendu que c'est ici que demeure véritablement le problème. Il convient de déterminer, si le tiers victime de défaillance contractuelle devra agir en responsabilité civile extracontractuelle dans le sens où il n'est pas partie à la convention ou en responsabilité contractuelle en tant que victime de l'inexécution d'un contrat. Ainsi, le régime juridique de la responsabilité contractuelle telle que présentée par la doctrine contemporaine est le même que celui de la responsabilité délictuelle, avec leurs trois composantes importantes que sont la faute, le préjudice et le lien de causalité. Dès lors, nous sommes ici au cœur du débat. La question soulevée suite aux différents cas d'inexécutions contractuelles est celle du *fait générateur de responsabilité* des cocontractants envers les tiers à travers la notion de « faute ». Ainsi nous analysons ici, à travers une approche exégétique et historico-comparative, le fondement de la responsabilité du débiteur défaillant envers le tiers au travers les théories controversées dans la doctrine et dans la jurisprudence (2), ensuite sont déterminés les principes moteurs liés à ce fait générateur idoine en droit congolais dans le cadre du droit prospectif(3).

3 DES PRINCIPES MOTEURS LIÉS AU FONDEMENT DE LA RESPONSABILITÉ DU DÉBITEUR DÉFAILLANT À L'ÉGARD DES TIERS VICTIMES INDIRECTES

Il est question de déterminer les théories controversées dans la doctrine et la jurisprudence. Il s'agit de la thèse de stipulation pour autrui, celle de la relativité de la faute contractuelle et, celle de l'assimilation de la faute contractuelle et extracontractuelle, mais il faut dégager ensuite les critiques pouvant être apportées au raisonnement du juge ayant conduit à la solution en vigueur à ce jour, à savoir, l'identité des fautes contractuelle et délictuelle(§4) et rechercher un fait générateur nous paraissant personnellement idoine(§5).

3.1 THÉORIE DE LA STIPULATION POUR AUTRUI TACITE : MÉCANISME DE PROTECTION DES TIERS VICTIMES PAR LA RESPONSABILITÉ CONTRACTUELLE OU LA RESPONSABILITÉ DÉLICTUELLE ?

La notion de stipulation pour autrui[24], a été ou peut toujours été utilisée pour protéger les tiers victimes indirectes. Il convient de se demander si les tiers, vont-ils agir sur le terrain délictuel ou contractuel ? C'est une préoccupation majeure à laquelle il faudrait répondre en tenant compte de la tendance jurisprudentielle(A), que celle doctrinale(B).

[23] Josserand dit à ce sujet que « nous vivons de plus en plus contractuellement »(L. JOSSERAND, « Aperçu général des tendances actuelles de la théorie des contrats », In *Revue Trimestrielle de Droit civil,* Paris, 1937, pp.1 et s ; E. DURKHEIM, *De la division du travail social,* PUF, Paris, 1998, p. 374 ; H. S. MAINE, *L'ancien droit considéré dans ses rapports avec l'histoire de la société primitive et avec les idées modernes,* Trad. COURCELLE J.C., Guillaumin et Cie, 1874, p. 288 cité par M. PLOUVIEZ, « Les fonctions du contrat. La notion de solidarité contractuelle selon Durkhein », in *Repenser le Contrat, op. cit.*, p. 82

[24] La stipulation pour autrui prévu à l'art. 21 CCCL III, est une opération aux termes de laquelle une personne, le promettant, s'engage envers une autre personne, le stipulant, à accomplir telle prestation ou à transmettre telle chose en faveur d'une tierce personne, étrangère à cette opération, sous certaines conditions. Elle constitue une dérogation au principe de relativité de l'effet interne des contrats, dans la mesure où le tiers bénéficiaire va tirer profit de l'effet interne d'une convention à laquelle il est étranger.(JABOUL P., « la stipulation pour autrui, Rapport belge », in *Les effets du contrat à l'égard des tiers, comparaisons franco-belge, op. cit*., pp. 408 et s. ; P. WERY , *Droit des obligations, Vol. 1*, *op. cit*., p. 815 ; P. VAN OMMESLAGHE, *Droit des obligations*, vol 2., op. cit., p.244

3.1.1 DE LA TENDANCE JURISPRUDENTIELLE

La préoccupation susvisée présente un intérêt particulier lorsque l'action est intentée par les victimes indirectes (par exemple : les héritiers) d'un contractant dont le décès résulte précisément de l'inexécution du contrat par l'autre partie. Le problème s'est fréquemment présenté en matière de contrat transport et de transfusion sanguine.

L'héritier agissant *jure successionis* peuvent à ce titre réclamer sur le plan contractuel, au nom de la victime et proportionnellement à leur part héréditaire, la réparation du préjudice subi par le patrimoine de leur auteur.

Mais ils peuvent aussi réclamer réparation du préjudice matériel ou moral qu'ils ont subi à titre personnel du fait de la mort de la victime directe. Ils se présentent alors comme tiers à l'égard du contrat et leur action sera fondée sur la responsabilité quasi-délictuelle ou délictuelle de l'auteur du dommage. Telle est la position de *la jurisprudence belge*[25].

La jurisprudence française a été différente et a permis aux victimes par ricochet d'exercer l'action contractuelle pour obtenir réparation du préjudice qu'ils ont subi personnellement sur la stipulation pour autrui. Cette théorie s'est développée malgré les critiques de la doctrine.

La jurisprudence de la fin du XIX^{e} siècle et de la première moitié du XX^{e} envisageait la possibilité pour les tiers d'obtenir une indemnisation consécutive à une défaillance contractuelle par une extension des règles de la responsabilité contractuelle. L'action du tiers était donc fondée ici sur le contrat[26]. Notamment, la jurisprudence a eu recours à la technique de *la stipulation pour autrui*, seule exception réelle au principe de relativité.

Ensuite, la jurisprudence a permis d'étendre le bénéfice de certaines obligations de sécurité aux victimes par ricochet, notamment de celles que contient le contrat de transport des personnes[27].

C'est au profit des victimes indirectes d'accidents de transport qu'on a consacré aussi l'existence d'une *« stipulation pour autrui tacite* ». Suivant cette théorie, le créancier n'a pas seulement contracté dans son intérêt mais également dans celui d'un tiers victime potentielle d'une défaillance contractuelle qui pourra ainsi, en cas de préjudice survenu, rechercher la responsabilité contractuelle du débiteur. Elle a donc permis aux proches du passager décédé dans l'accident de se fonder sur le contrat pour obtenir le bénéfice de l'« obligation de sécurité » qui avait été admise dès 1932 au profit de la victime indirecte[28]. Cette jurisprudence a cependant été, par la suite, nuancée par la possibilité laissée aux proches de refuser le bénéfice de la stipulation afin de profiter des avantages que l'évolution du régime délictuel leur permettait d'espérer[29]. En revanche, de nombreux textes sont intervenus pour soumettre les victimes d'accidents de transport à des règles d'indemnisation qui s'appliquent uniformément au passager lui-même et à ses proches[30]. Or ces dispositions prévoient une responsabilité de nature contractuelle. D'ailleurs, la notion de stipulation pour autrui a été reprise par la Cour de cassation en 2001, pour indemniser le tiers victime d'un dommage par ricochet[31]. Toujours dans le domaine médical, en 2005 une victime indirecte a été indemnisée[32]. Le procédé, dont la portée pratique est demeurée limitée, paraît sur le déclin, pour autant que en matière de transfusion sanguine, où c'est aujourd'hui l'Établissement français du sang qui est administrativement

[25] Civ. Brux., 7 octobre 1947, *Bull. Ass*., 1948, p.279; Brux., 26 octobre 1946, *Bull. Ass*., 1948, p.490 ; Cass civ (be), Tongres, 13 janvier 1956, *Rev. gén. Ass. et resp*., 1957, n°5843

[26] Pour plus de détails v. BECQUE J., *La protection de la victime d'un dommage corporel et ses proches dans le cadre contractuel*, thèse, Montpellier, 1943, 201 p. ; H. PERRET, *Des ayants droits à indemnité au cas d'accidents mortels,* Pichon et Durand, Paris, 1934.

[27] V. aussi, P-A. CREPEAU, « L'indemnisation de la victime par ricochet d'un accident mortel résultant de l'inexécution d'un devoir contractuel », *op. cit*. , pp. 567-578 ; Fr. CHEVRETTE, « La responsabilité du transporteur aérien et la Constitution », *op. cit*., pp. 607-613

[28] Voir not., Cass (fr). civ., 6 déc. 1932 ; 24 mai 1933, DP 1933, p. 177, note L. Josserand ; Cass. req., 8 mars 1937, S. 1937, 1, p. 241, rapp. Pilon.

[29] Cass (fr).com., 19 juin 1951, D. 1951, p. 717, note G. Ripert ; S. 1952, 1, p. 89, note R. Nerson ; Cass. civ., 21 janv. 1959, D. 1959, Jur. p. 101, note R. Savatier, Jur. p. 281, note R. Rodière ; JCP 1959, II, 11002, in H. CAPITANT, F. TERR, Y. LEQUETTE, *Les grands arrêts de la jurisprudence civile, op. cit.*, p. 769.

[30] Voir. L 'article 123 du code de l'aviation civile relatif au transport aérien interne, l'article 10 de la Convention de Bruxelles du 29 août 1961 sur les transports maritimes internationaux, l'article 42 de la loi du 18 juin 1966 sur les transports maritimes internes, l'art. 12 de la Convention additionnelle à la Convention internationale sur le transport des voyageurs et des bagages par chemin de fer du 25 janvier 1961.

[31] Cass. 1ère civ., 13 févr. 2001 : Bull. civ., I, no 35, p. 21 ; D. 2001, somm. 2234, obs. Ph. DELEBECQUE

[32]Cass(fr) 2e civ., 20 oct. 2005, Bull. civ. II, n° 274 ; D. 2005, IR p. 2825 ; RTD. civ. 2006, p. 122, obs. P. Jourdain. Pour plus détails, v. B. DAPOGNY, *Les droits des victimes de la médecine*, Editions du Puit Fleuri, Paris, 2009, pp. 302 et s.; G. GENICOT, « Le nouveau régime belge d'indemnisation des dommages résultant de soins de santé », *op.cit*., pp. 269 et s.

responsable des contaminations virales, et son domaine est réduit, en matière de transport de marchandises, au seul transport maritime[33].

Cependant, dans la jurisprudence belge[34] et congolaise, cette théorie de stipulation pour autrui tacite n'a jamais été adoptée. Par ailleurs, la jurisprudence belge a toujours permis le concours des deux actions, contractuelle ou délictuelle, suivant que les victimes indirectes agissent en tant qu'héritiers ou en leur nom propre[35]. La question de l'option entre les deux actions ne se poserait réellement que s'il était permis aux victimes par ricochet agissant *jure successionis* d'invoquer aussi bien l'action délictuelle que l'action contractuelle.

3.1.2 DE LA TENDANCE DOCTRINALE

Il est important de noter que la doctrine a donné son avis sur cette création jurisprudentielle qu'est « la stipulation pour autrui tacite ».

Ainsi, Huet est favorable à ce mécanisme quand il écrit dans sa thèse « qu'un quelconque artifice technique vienne changer la qualité de la victime, la nature de la responsabilité et les règles d'indemnisation s'en trouvent aussitôt modifiées. Expressément réservé par l'article 1165, le procédé de la stipulation pour autrui, prévu par l'article 1121 du code civil, est l'un des cas de figure les plus connus d'une telle disqualification de la responsabilité. Si les tiers cherchent, parfois, à se prévaloir des divers mécanismes juridiques qui leur permettent, ainsi, d'évoquer les règles contractuelles, c'est évidemment parce que celles-ci présentent des avantages que la responsabilité délictuelle ne saurait leur assurer : elles n'y manqueront, en particulier, lorsque le débiteur défaillant est tenu d'une obligation de résultat, de telle sorte qu'il peut être condamné de plein droit à réparation en vertu de la convention violée. Naturellement encline à ouvrir aux victimes la voie qui conduit le plus sûrement à leur indemnisation, la jurisprudence a fait usage de tels procédés presque exclusivement dans l'intérêt des tiers, au risque de rendre fluctuante et incertaine la ligne de démarcation entre les deux responsabilités. Il importe, pourtant, que celle-ci soit fermement établie, car aucune cohérence ne subsisterait en la matière s'il devenait trop facile d'enjamber la frontière qui sépare les deux ordres »[36].

De même, pour Jourdain, il convient d'appréhender cette solution comme une application du principe de la relativité des conventions, ou comme une application de l'article 1122 du Code civil en vertu duquel l'on est censé avoir stipulé pour soi et pour ses héritiers ou ayants cause[37].

En revanche, selon d'autres auteurs, ce bénéfice offert aux victimes par ricochet d'user d'une action en responsabilité contractuelle aboutit à une atteinte à un grand principe du non-cumul des responsabilités contractuelle et délictuelle. Selon ce principe, lorsqu'un préjudice se rattache à l'exécution d'un contrat, il est interdit d'en demander la réparation sur le fondement de la responsabilité délictuelle. A fortiori, il est impossible de cumuler les deux voies et de demander réparation du même préjudice sur deux fondements différents car cela constituerait un enrichissement sans cause de la victime à être indemnisée deux fois pour un seul préjudice.

Certes, accorder un tel bénéfice, supposera le fait que s'il accepte le bénéfice de la stipulation pour autrui, le bénéficiaire disposera d'une action en responsabilité contractuelle, tandis que s'il n'en voudrait pas, il pourra toujours refuser le bénéfice de la stipulation afin de profiter des avantages que l'évolution du régime délictuel lui permet d'espérer, tout en échappant aux limitations de responsabilité insérées dans le contrat. Dans le contrat de crédit-bail par exemple, le vendeur (promettant)

[33]P. JOURDAIN, « la distinction des responsabilités délictuelle et contractuelle : état du droit français », p.14, disponible in www.grerca.univ-rennes1.fr/digitalAssets/280/280033_P.JOURDAIN.pdf (30.02.2017). Pour plus de détails, v. LE COUVIOUR, *La responsabilité civile à l'épreuve des pollutions majeures résultat du transport maritime*, PUAM, 2007, pp. 452 et s. ; C. BERNAT « *L'exploitation commerciale des navires et les groupes des contrats ou l'effet relatif dans les contrats commerciaux internationaux* », thèse, Bordeaux, 2003 ;

[34] Gand, 9 mars 1950, in *Rev. Crit. Jur. Belge*, 1951, p.21

[35] Civ. Brux, 11 juillet 1949*, Bull. Ass*., 1950, p.669; Civ. Brux., 7 octobre 1947, *Bull. Ass*., 1948, p.279; Brux., 26 octobre 1946, *Bull. Ass*., 1948, p.490; Liege, 21 décembre 1949, *Bull Ass*., 1950, p.106

[36] J. HUET, « Responsabilité contractuelle et responsabilité délictuelle, essai de délimitation entre les deux ordres de responsabilité », Thèse, Paris II, 1978, p. 219. Bien avant lui, d'autres auteurs étaient de cet avis : H. PERRET, *Des ayants droits à indemnité au cas d'accidents mortels, op. cit.,* p. 145 ; J.BECQUE, *op. cit*. , p.172

[37] P. JOURDAIN, « Vers l'abandon de la stipulation pour autrui tacite au bénéfice des proches de la victime directe », in *RTD*, Paris, 2004, p.96.

pourra opposer au crédit-preneur (tiers bénéficiaire), les clauses limitatives découlant du contrat principal[38]. On admet que pour échapper à l'application de la clause limitative de responsabilité contenue dans le contrat de transport, les victimes par ricochet peuvent refuser d'accepter la *stipulation pour autrui tacite* dont ils bénéficient[39].

Tout comme l'assimilation des fautes, que la stipulation pour autrui tacite offre un avantage aux tiers, jugé excessif. Cependant, pour un autre auteur, le cadeau dont les proches de la victime étaient ainsi gratifiés devait s'avérer empoisonnés. En effet, en invoquant le contrat de transport, les bénéficiaires de la stipulation pour autrui allaient se voir opposer les clauses de non responsabilité ou de limitation de responsabilité qui y étaient incluses; en conséquence, ils ne pouvaient obtenir plus que n'aurait pu obtenir le passager lui-même s'il avait survécu[40]. Bien plus, ils allaient ultérieurement se voir privés des facilités extraordinaires qui leur étaient donné par la "découverte" de l'article 1384, alinéa 1, sur la responsabilité du gardien de la chose, disposition correspondant l'article 260 du CCCLIII, al. 1.

Cependant, Martine pense dans sa thèse qu'il ne s'agit pas en effet d'autoriser un contractant à se prévaloir des règles de la responsabilité aquilienne mais seulement de permettre aux proches de la victime d'opter entre la qualité de tiers et celle de bénéficiaire de la stipulation. L'option ne porte donc pas directement sur la nature de la responsabilité.[41]

Quant au Droit belge, cette théorie de stipulation pour autrui n'a y jamais été adoptée et la doctrine l'a ardemment critiquée[42].

Quant à la doctrine congolaise, nous estimons que cette théorie de stipulation pour autrui tacite pourrait favorablement être accueillie en droit congolais pour autant que, d'une part, les victimes médiates méritent d'être traitées de la même façon que les victimes immédiates puisque le préjudice qu'ils subissent provient de celui qui a affecté ces dernières et d'autre part ça serait une façon de respecter les prévisions contractuelles.

3.2 LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ DE LA FAUTE CONTRACTUELLE

Cette théorie est favorable au recours à la responsabilité délictuelle pour asseoir le droit à réparation du tiers qui a subi un préjudice du fait de l'inexécution du contrat et ne soulève pas de difficultés lorsque le fait dommageable pour le tiers se distingue nettement de l'inexécution de l'obligation contractuelle[43].

Toute la question est alors de savoir si la seule inexécution du contrat par une partie suffit à constituer la faute délictuelle, dont peut se prévaloir le tiers pour obtenir une réparation[44].

Non seulement les victimes par ricochet ont ici le choix entre deux actions mais ils peuvent même les cumuler. Est-ce à proprement parler un cas de cumul ou de concours des responsabilités ? Certains auteurs y voient une dérogation au principe du non cumul.[45] Et d'autres viennent avec un argument en faveur du concours des responsabilités. Il s'agit pour Daclq de deux actions ayant des objets différents et intentées en des qualités différentes.[46]

Ainsi face aux hésitations de la jurisprudence sur la nécessité de l'autonomie ou la relativité de la faute délictuelle invoquée par le tiers par rapport à l'inexécution contractuelle(A), la doctrine tente d'expliquer ces errements afin de dégager l'ébauche

[38] R-N. SCHUTZ, *Les recours du crédit-preneur dans l'opération de crédit-bail : la théorie générale des obligations à l'épreuve d'un groupe de contrats, op. cit.,* p.277

[39] Ibidem, p. 277

[40] J. PINEAU, « A propos de l'affaire Marier », in *La Revue de Droit de Mcgill,* Vol 26 :3, Québec, 1981, pp. 563 et s.

[41] E-N. MARTINE, *L'option entre la responsabilité contractuelle et la responsabilité délictuelle*, thèse, LGDJ, Paris, 1955, pp.96 et s. Voir aussi, BECQUE J., *La protection de la victime d'un dommage corporel et ses proches dans le cadre contractuel*, op. cit., p. 103

[42] DALCQ Roger O., *op. cit*., p.127; H. DE PAGE, *Traité, op. cit.*, n° 926, p.849. Voir aussi certains auteurs qui semblent être favorables à la théorie notamment : C. DALCQ et F. TULKENS, « La transmission du virus du sida à l'occasion de transfusions sanguines et la responsabilité civile : Enseignements de la jurisprudence française », in *Mélanges Roger O. Dalcq : Responsabilités et assurances,* Larcier, Bruxelles, 1994, p.67 et s.

[43] Il s'agit précisément d'un cas où coexistent une responsabilité contractuelle et une responsabilité délictuelle fondées sur des faits distincts (pour plus de détails, voir VINEY G., *Introduction à la responsabilité, op.* cit, n°209, p. 399)

[44] I.MARCHERSSEAUX VAN MELE, « L'opposabilité du contrat aux tiers », *in Les effets des contrats à l'égard des tiers, comparaisons franco-belges, op cit*, p.91 et s.

[45] DE PAGE Henri, *Traité, op. cit.*, Tome 2, n° 927, p.850

[46] DALCQ Roger O., *op. cit*., p.128

d'une définition de la théorie de relativité de la faute délictuelle et contractuelle pouvant engager la responsabilité du débiteur défaillant(B).

3.2.1 DE LA TENDANCE JURISPRUDENTIELLE

Comme nous l'avons précédemment dit, la mise en œuvre jurisprudentielle de l'opposabilité des contrats par les tiers envers les parties a été opérée par un arrêt assez ancien datant de 1931, où la Cour de Cassation française a admis l'action d'un tiers en responsabilité délictuelle contre un contractant[47] ; il s'agit là d'un arrêt de principe.

La Cour de cassation a repris cette conception dans plusieurs autres décisions en considérant que « si, en principe, les conventions ne sont pas opposables à ceux qui n'y ont pas été parties, il ne s'ensuit pas que le juge ne puisse pas rechercher dans les actes étrangers à l'une des parties en cause des renseignements de nature à éclairer sa décision, ni ne puisse considérer comme une situation de fait vis-à-vis des tiers les stipulations d'un contrat »[48].

Précisément, la jurisprudence, a depuis longtemps imposé la preuve d'une *faute délictuelle détachable de tout manquement contractuel* afin d'engager la responsabilité du contractant envers le tiers victime d'un préjudice issu de cette défaillance contractuelle. Dès lors, l'article 1382 du Code Civil (actuel art. 1240)[49] devait s'appliquer au regard des conditions prévues. A partir de 1962, plusieurs jurisprudences de la Cour de cassation française en la matière ont suivi cette voie de la *relativité de la faute contractuelle*[50]. Seulement, on assiste dans les années 1980, à un retour à l'autonomie de la faute délictuelle par rapport au contrat, « faute envisagée en elle-même indépendamment de tout point de vue contractuel »[51].

Ainsi, *selon cette théorie*, le principe de l'effet relatif du contrat n'engendre de responsabilité envers des tiers que si le manquement contractuel est doublé d'un écart de conduite, caractérisant la faute délictuelle ; notamment d'un manquement à une obligation générale de prudence et de diligence[52]. Donc toute faute contractuelle n'est pas ipso facto une faute délictuelle et le contractant défaillant qui a causé un dommage à autrui ne sera sanctionné que lorsque ce dernier aura causé ce même dommage en dehors du contrat. Cette thèse est connue en Belgique sous le nom de la *théorie de la coexistence des responsabilités*, à la laquelle la jurisprudence apporte une réponse nuancée.[53]Ainsi, toute faute contractuelle ne constitue pas automatiquement une faute délictuelle. La jurisprudence estima donc, qu'il fallait prouver la faute délictuelle indépendamment de la faute contractuelle[54].

C'est cette formulation qui sera solennellement reprise par dans un arrêt publié[55], de cette même formation, en ces termes : « un tiers ne peut sur le fondement de la responsabilité délictuelle, se prévaloir de l'inexécution d'un contrat qu'à la condition que cette inexécution constitue un manquement à son égard du devoir général de ne pas nuire à autrui ».

On exigeait, en effet, que les juges relèvent, à l'appui de la condamnation prononcée au profit du tiers, « *une faute délictuelle envisagée en elle-même indépendamment de tout point de vue contractuel* ». Or, d'après l'interprétation retenue par la majorité des auteurs, il semble que, par cette formule, la Cour suprême entendait subordonner la responsabilité à la preuve de la violation par le débiteur d'une règle de portée générale dont celui-ci aurait dû répondre, même s'il n'y avait pas eu de contrat, en application de l'article 1382 du code civil ».[56] Il fallait, en d'autres termes, établir une « *faute détachable du*

---

[47] Cass (fr) Civ 1e ., 22 juillet 1931, D. H 1931, p. 506 ;

[48]Cass(fr) Civ 1e ., 6 février 1952, Bull., n° 55. 38.

[49] Cette disposition correspond à l'article 258 du code civil congolais livre III

[50]Cass(fr) Civ 1e , 9 octobre 1962, *Bull. civ*, n° 405, p. 349. (violation d'une obligation envisagée en elle-même indépendamment de tout point de vue contractuel) ; Cass(fr) civ 1e , 7 novembre 1962, JCP 1963, II, note P. Esmein ;Cass(fr) Civ 3e . , 15 oct. 1970, *Bull. civ*, n° 515, p. 375 ; Cass(fr) civ. 3e , 18 avril 1972, *Bull. civ*. III, n° 233, p. 167 ; Cass (fr) Civ. 1e , 23 mai 1978, *Bull. civ*, n° 201, p. 161

[51] Cass (fr) civ. 3e, 27 Sept. 1984, *Bull. Civ*. III, p119

[52] T. TERRE, Ph.SIMLER et Y. LEQUETTE, *op. cit.,* p. 552.

[53] WERY Patrick, « les conditions de la coexistence des responsabilités : quid du recours de l'organe de la société créancière contre le cocontractant de celle-ci? » note sous Cass(be), 25 oct. 2012, *R.G.D.C.*, 2015, pp.563 et s.

[54]Cass(fr) Civ. 1e , 11 avril 1995, *R.T.D Civ*., 1995, p. 895 obs. P. Jourdain : condamnation d'un mandataire, vis à vis d'un tiers autre que le mandant, sur "des fautes quasi délictuelles détachables des obligations du contrat de mandat.

[55] Com. 5 avril 2005, Bull No 81.

[56] J. HUET, op. cit., n°643 et s ; F. BERTRAND, *L'opposabilité du contrat aux tiers,* op. cit., p.356 et s. ; G. DURRY, obs. in RTD civ. 1974, p.814 cités par G.VINEY , La responsabilité du débiteur à l'égard du tiers auquel il a causé un dommage en manquant à son obligation contractuelle, *op. cit.* , p. 2 ;

contrat ».[57] Cette condition a été également exigée par la Cour de cassation de Belgique qui l'a toujours maintenue[58], avec l'approbation de la doctrine belge.

A travers cette théorie de la relativité de la faute contractuelle, on peut ainsi en déduire une certaine invocabilité de la faute contractuelle par le tiers. Ce courant jurisprudentiel sera soutenu par plusieurs auteurs.

3.2.2 DE LA TENDANCE DOCTRINALE

Plusieurs auteurs n'ont pas hésité à soutenir cette théorie de la relativité de la faute contractuelle en critiquant la thèse adverse, à savoir celle de l'assimilation des fautes contractuelle et délictuelle.

G. Viney a estimé que l'assimilation des fautes contractuelles et délictuelles conduisait aussi à permettre un panachage des règles contractuelles et délictuelles[59]. L'indépendance des fautes délictuelle et contractuelle a malheureusement conduit à permettre au tiers de se servir du contrat pour exercer son action en responsabilité délictuelle sans pour autant devoir respecter les clauses de ce contrat qui le gênent[60]. Il en est de même de François Terré et ses compagnons qui pensent de la sorte[61].

MM. Le Tourneau ,[62] Jourdain [63], Remy [64], Groutel[65], etc. sont aussi partisans de cette théorie.

C'est en cette occurrence que la doctrine congolaise, elle, a aussi pris position en étant favorable à cette théorie de relativité de faute. Le Doyen Kalongo Mbikayi affirme à ce sujet que « *un même fait peut constituer une faute contractuelle à l'égard de l'autre partie au contrat et constituer une faute délictuelle à l'égard d'un tiers étrangers »*[66]. L'auteur donne le cas d'un contrat de transport entre le transporteur A et le client B. S'il y a accident dommageable, A aura commis *une faute contractuelle* (violation de l'obligation de sécurité) à l'égard de B (et à l'égard de ses héritiers agissant en son nom). Mais à l'égard des parents ou du conjoint du défunt qui réclament réparation du dommage moral ou matériel ressenti, A aura commis *une faute délictuelle*[67]. Ces proches parents agiront donc comme tiers victimes par ricochet, pour réparation de leur préjudice personnel.

La majorité de la doctrine belge est aussi favorable à cette théorie. M. Jafferali estime que l'inexécution du contrat ne constitue pas ipso facto une faute dont un tiers pourrait se plaindre, car cela reviendrait à lui permettre de se prévaloir des effets internes du contrat[68]. Néanmoins, cette inexécution constitue un fait juridique susceptible d'être pris en considération au regard d'une autre règle de droit[69]. Or, précisément, les articles 1382 et 1383 du code civil belge (actuels art.1240 et 1241 c. civ. fr.) interdisent, de manière générale, d'adopter un comportement incompatible avec le devoir général de prudence, ou qui constituerait la violation d'une obligation précise imposée par la loi ou le règlement. Si l'inexécution commise par une partie constitue, simultanément et indépendamment du contrat, la méconnaissance d'une telle interdiction, alors elle est également constitutive d'une faute aquilienne engageant la responsabilité extracontractuelle de cette partie envers le tiers[70].

---

[57] Pour des cas où cette exigence a été invoquée pour repousser l'action du tiers : cass(fr) civ 1e , 24 nov. 1954, Bull. civ I,n° 335 ; 14 nov.1958, Bull civ, n°427 ; 4 avril 1962, Gaz pal. 1963, 2, p.31 ; 15 dec.1964, Bull. cvi. I, n° 565 ; 21 oct.1965, Bull civ., n°766 ; Cass(fr) civ. 3e, 17 oct. 1973, Bull. Civ. 1973, IV, 388

[58]Cass(be), 25 octobre 2012, Pas. 2012, n° 568, RGDC, 2015, p.562, note Patrick WERY; Cass(be) 21 octobre 2010, Pas., 2010, n° 620, avec les conclusions contraires de Monsieur le premier avocat général A. HENKES

[59] G. VINEY, *op. cit.,* p. 394; A. BENABENT, *op. cit.*, pp.391-392.

[60] G. VINEY, *op.* cit.,, p 403 et s.

[61] Fr. TERRE, Ph. SIMLER et Y. LEQUETTE, *op. cit.,* p. 553

[62] LE TOURNEAU*, op. cit.*, p. 346

[63] P. JOURDAIN, « Faute délictuelle et manquement contractuel : des relations complexes. Illustration à travers les fautes délictuelles de l'entrepreneur et du mandataire », *RTD. Civ*. 1995, p. 895 et *RTD civ*. 2005, p. 602.

[64] Ph. REMY, « La responsabilité contractuelle, Histoire d'un faux concept, op. cit. » , p. 323 et s.

[65] H. GROUTEL, note sous Cass(fr) Com., 5 avril 2005, Responsabilité civile et assurances, juin 2005, n° 174.

[66] KALONGO MBIKAYI, *Droit civil, t. 1, Les obligations, op. cit.,* p.278

[67] Ibidem, p.278

[68] R. JAFFERALI, « Les effets internes et externes du contrat » Rapport belge*, Association Henri Capitant, journées panaméennes,* 18–22 mai 2015, p. 87, *in www henricapitant.org/storage/app/media/pdfs/evenements/les tiers 2015/ Belgique3. Pdf,*

[69] Ibidem, pp 55-57

[70]Cass(be), 25 octobre 2012, Pas. 2012, n° 568, RGDC, 2015, p.562, note P. WERY; Cass(be) 21 octobre 2010, Pas., 2010, n° 620, avec les conclusions contraires de Monsieur le premier avocat général A. HENKES

Plusieurs auteurs belges dont Van Ommeslaghe, Dubuison, De Coninck, Willerman et autres sont favorables à cette théorie.[71]

Analysons donc la théorie de l'assimilation des fautes.

3.3 LA THÉORIE DE L'ASSIMILATION DES FAUTES CONTRACTUELLE ET DÉLICTUELLE

3.3.1 DE LA TENDANCE JURISPRUDENTIELLE

L'*assimilation automatique des deux fautes* c'est le fait de considérer que la faute contractuelle constituait ipso facto une faute délictuelle à l'égard des tiers*.* Un arrêt de la Chambre sociale de la Cour de cassation française en date du 21 mars 1972 est particulièrement révélateur à cet égard, Georges Durry l'analysant comme une manifestation de la « double nature » de la faute : « à la fois manquement à l'obligation volontaire et, s'il y a, parmi les victimes, des tiers, faute délictuelle »[72]. Dans cet arrêt, la Cour de Cassation décide que la *faute contractuelle était le fondement de la faute délictuelle*[73]. De nombreux arrêts paraissent s'en tenir à une approche purement unitaire des fautes contractuelle et délictuelle et déduisent l'existence d'une faute délictuelle de la seule faute contractuelle.

La jurisprudence la plus révélatrice de cette thèse assimilatrice est, sans conteste, l'arrêt rendu le 15 décembre 1998 par la première chambre civile. Dans cet arrêt, la 1ère chambre civile a retenu, sous le double visa des articles 1165 et 1382 du Code Civil (actuel art.1240), que « les tiers à un contrat sont fondés à invoquer l'exécution défectueuse de celui-ci lorsqu'elle leur cause un préjudice »[74].

Une autre solution a été rendue en matière de concurrence déloyale et de distribution sélective.[75]. Dans cette affaire, un tiers vient se plaindre de la concurrence déloyale que lui font les distributeurs sélectifs, qui profitent des avantages du réseau, sans respecter leurs obligations contractuelles.

Franchissant un nouveau pas vers la consécration de l'assimilation des fautes, la jurisprudence a considéré dans un arrêt en date du 18 Juillet 2000, les *victimes par ricochet et tiers au contrat d'hospitalisation, ont été indemnisées* pour le décès du patient proche dans une clinique psychiatrique.[76] Il en est de même dans un autre arrêt du 13 février 2001[77]. C'est la même position qui sera adoptée dans un arrêt du 18 mai 2004 rendu en matière de mandat[78].

Et c'est bien en appliquant cette théorie assimilatrice des fautes que l'assemblée plénière de la Cour de cassation a rendu *l'arrêt Perruche*[79]. Cette jurisprudence a été consacrée, ultérieurement, par trois arrêts rendus en assemblée plénière qui ont précisé les conditions de l'indemnisation[80].

Au final, l'Assemblée plénière de la cour de cassation a finalement affirmé en 2006 que *« un tiers à un contrat peut invoquer, sur le fondement de la responsabilité délictuelle, un manquement contractuel dès lors que ce manquement lui a causé un dommage»*[81]. Plusieurs autres décisions récentes vont dans ce cens.

---

[71] X. DIEUX et D. WILLERMAN, « La responsabilité civile du prestataire de service à l'égard des tiers », in *Le contrat de service*, Ed. jeune Barreau, Bruxelles, 1994, n°7 e s. ; P. VAN OMMESLAGHE, *Droit des obligations, vol 2, op. cit.*, p. 355, B. DUBUISON, V. CALLEWAERT, DE CONINCK et G. GATHEM*, La responsabilité civile, chronique de jurisprudence 1996 -2007, op cit,* n° 569, pp. 479 et s.

[72] DURRY Georges, RTD civ. 1973, p. 128 cité par Ph. DELMAS, *op. cit.,* p. 385

[73] Cass (fr) Soc., 21 mars 1972, R.T.D. Civ., 1973, p. 128, obs. G. Durry qui constate que la faute a une « double nature, à la fois manquement à l'obligation volontaire et, s'il y a, parmi les victimes, des tiers, faute délictuelle »; Com., 16 janvier 1973, Bull., n° 28

[74] Cass (fr) civ 1[e]civ., 15 déc. 1998, *Bull.* civ. 1998, I, n°368

[75]Cass(fr) com., 1[e] juil. 2003, Sté Anaïs c/ Sté Marie-Jeanne Godard et Sté MJG Béarn.

[76]Cass(fr), civ. 1e ., 18 juill. 2000, *Bull. Civ*. 2000, I, n°221

[77]Cass(fr), Civ. 1[e] ., 13 fév. 2001, *Bull*., n° 35, p. 21 ; D. 2001, somm. com., p. 2234 obs. Ph. Delebecque

[78]Cass(fr)civ. 1[e] , 18 mai 2004, *Bull. civ*. 2004, I, n°141 (Qui paraît aller à l'encontre de l'arrêt précité de la chambre commerciale du 17 juin 1997).

[79]Cass(fr) Ass. plén., 17 novembre 2000, *Bull*., n° 9, p. 15 : « *Dès lors que les fautes commises par un médecin et un laboratoire dans l'exécution des contrats formés avec une femme enceinte avaient empêché celle-ci d'exercer son choix d'interrompre sa grossesse afin d'éviter la naissance d'un enfant atteint d'un handicap, ce dernier peut demander la réparation du préjudice résultant de ce handicap et causé par les fautes retenues ».*

[80]Cass(fr) Ass. plén., 13 juillet 2001, n° 97-17.369, 97-19.282, 98-19.190.

[81] Cass. (Fr.), ass plen., 6 oct. 2006, n° 05--13255.

Nous pouvons déduire à ce sujet que la Haute juridiction a, en ce qui concerne le fait générateur de responsabilité des contractants vis-à-vis des tiers, opté pour un rayonnement contractuel accru.

En clair, selon cette conception jurisprudentielle de l'identité des fautes contractuelle et délictuelle, le succès de l'action en responsabilité du tiers, victime d'un dommage causé par l'inexécution du contrat, suppose que la victime prouve que son préjudice a bien été causé par cette faute contractuelle. Il n'est cependant pas nécessaire qu'elle démontre, en outre, l'existence d'une faute délictuelle, indépendante de la faute contractuelle, détachable du contrat inexécuté.

3.3.2 DE LA TENDANCE DOCTRINALE

La doctrine, elle a été visiblement partagée entre son souci d'assurer une protection satisfaisante des droits des victimes et son attachement à la relativité de la faute contractuelle.

Ainsi, ceux qui rejettent cette thèse ont mis en avant, dans cette perspective, une distinction entre l'inexécution des « *obligations strictement contractuelles* », caractéristiques du contrat, et le manquement à un devoir de portée générale greffé sur le contrat mais reflétant une règle de conduite qui s'impose également dans les rapports extracontractuels, comme l'obligation de sécurité, d'information, de mise en garde ou de conseil. Alors que seul le cocontractant pourrait se prévaloir du manquement à une obligation « *strictement contractuelle »,* les tiers seraient autorisés à fonder leur action sur le manquement à l'une des obligations accessoires ajoutées par la jurisprudence aux obligations principales[82].

Une autre distinction a été également évoquée. Elle opposerait les obligations stipulées dans l'intérêt exclusif du créancier, et dont celui-ci serait seul habilité à se prévaloir, à celles qui le sont également dans l'intérêt d'autres personnes, celles-ci étant alors autorisées à se fonder sur leur inexécution pour justifier la responsabilité du débiteur lorsqu'elles ont subi un dommage[83].

Elle a également le mérite d'assurer un traitement égalitaire entre toutes les victimes, qu'elles soient ou non liées par un contrat à l'auteur de la faute ou du manquement dommageable. Elle a pour avantage d'unifier la responsabilité à l'égard des victimes d'inexécution contractuelle sans s'attacher à la qualité souvent contingente, de tiers ou de partie contractante.

L'assimilation des fautes délictuelle et contractuelle est, également, guidée par la généralité même des termes de l'article 1240 c. civ. fr. (art 258 CCCLIII) qui confère à la notion de faute délictuelle une certaine plasticité à même d'englober l'inexécution d'obligations contractuelles[84]. Avouons que l'interprétation des articles 1147 et 1382 en rapport avec la distinction des *deux fautes, contractuelle et délictuelle*, faisait déjà débat au sein de la doctrine classique.[85]

Face à l'effet relatif des conventions, la doctrine contemporaine a tendance à justifier le véritable fondement du droit pour un tiers d'obtenir la réparation du dommage que lui cause un manquement contractuel par le principe de l'opposabilité du contrat.

---

[82] JOURDAIN Patrice, obs. in RTD civ.1992, p.567 cité par G. VINEY, *op. cit*., p.3

[83] CARVAL S., obs, in Rev. contrats, 2006, pp 1233-1235 cité par VINEY Genevieve, op. cit., p.3

[84] LE TOURNEAU, *op. cit*., n° 973 ; R. WINTGEN, *op. cit*., n° 327.

[85] A ce sujet, des auteurs classiques s'affrontaient déjà sur deux thèses, d'une part ceux qui soutiennent la *dualité* de fautes délictuelle et contractuelle et d'autre part, ceux qui soutiennent *l'unité* des fautes.

A.) Ainsi, parmi les partisans de la dualité de responsabilité civile, on aligne : C. SAINCTELETTE, *De la responsabilité et de la garantie (accidents de transport et de travail),* Bruylant-Christophe, Bruxelles, 1884, p. 10 et s. ; C. DEMOLOMBE, *Cours de Code Napoléon*, *Traité des contrats ou des obligations conventionnelles en général*, Tome VIII, édition A. Durand et L. Hachette et Cie, Paris, 1882, n°472 et s ; C. AUBRY et C. RAU, *Cours de droit civil français d'après la méthode de Zachariae, 5e éd.,* t. 6 (révu par E. BARTIN), Impr. et Libr. Gén. de Jurisp. Marchal et Billard, Paris, 1920, p.371; F. LAURENT , *Principes de droit civil français*, t 15, A. Durand et Pedone, Paris, 1872, pp. 22 et s.; A. SOURDAT, *Traité général de la responsabilité ou de l'action en dommages-intérêts en dehors des contrats,* Tome 1, I.L.G.J Marchal et Billard, Paris, 1911, p. 578 et s. ; H. AUVYNET, *Droit romain : théorie des fautes. Droit français : faute contractuelle et faute délictuelle*, thèse, Faculté de Droit de Paris, A. Durand et Pedone-Lauriel Editeurs, 1893, pp. 56 et s ; A. CHENEVIER, *Responsabilité contractuelle et responsabilité délictuelle,* Thèse, Faculté de Droit, Université de Nancy, Imprimerie administrative l. KREIS, 1899, pp. 26-27 ; H. LALOU, *La responsabilité civile : principes élémentaires et applications pratiques*, Dalloz, Paris, 1932, pp. 218 et s.

B.) Et parmi les partisans *de l'unité* de responsabilité civile et qui proposaient déjà une *assimilation* de la faute contractuelle à la faute délictuelle, on retient : J. GRANDMOULIN, *Nature délictuelle de la responsabilité pour violation des obligations contractuelles, T*hèse, Rennes, 1892, pp. 33 et s. ; M. PLANIOL , Note, in *Recueil Dalloz*, 1896. 2., p. 457 ; *J.* AUBIN, *Responsabilité délictuelle et responsabilité contractuelle,* Thèse, Faculté de Droit de Bordeaux, Imprimerie Y. CARBORET, 1897, pp. 3 et s*. ;* P. ESMEIN, « Le fondement de la responsabilité contractuelle rapprochée de la responsabilité délictuelle », in *RTD*, 1933, p. 627 ; H. DE PAGE, *Traité élémentaire de droit civil belge, op. cit.*, n°583.

C'est pourquoi, la tendance doctrinale favorable à l'assimilation de deux fautes part de l'idée soutenue par MM. Flour, Aubert et Savaux que « le tiers victime, qui invoque le manquement contractuel au soutien de sa demande d'indemnisation, ne prétend en aucune façon s'introduire dans le rapport d'obligation contractuel : il se borne à faire valoir le fait de l'inexécution, comme tout tiers peut invoquer la situation de fait constituée par le contrat, qu'il soit ou non exécuté(...). Ce n'est là que le mécanisme de l'opposabilité du contrat qui est mis en œuvre ». Ces mêmes auteurs ajoutent que le fait même que les tiers aient subi un dommage en conséquence du manquement contractuel « parait bien impliquer une violation du devoir de ne pas nuire à autrui au sens de l'art 1382 du code civil » et qu'on s'explique mal « que les tiers victimes ne puissent faire valoir, contre le débiteur contractuel, la situation endommageable créée par ce débiteur, qui aurait pu l'éviter en exécutant correctement son obligation ». Selon ces auteurs, le seul véritable problème parait être celui de la causalité. Il convient dans tous les cas de s'assurer que le dommage dont la réparation est demandée est bien la conséquence du manquement du débiteur contractuel[86].

M. Tosi est également favorable à cette théorie, cet auteur nous parle de « *manquement contractuel dérelativisé*[87] ». Il en va de même de Wincker [88] et de Cédric Bernart [89] qui sont partisans de cette théorie.

D'ailleurs, cette jurisprudence a été confirmée ultérieurement par d'autres arrêts rendus par la même formation précisant les conditions d'indemnisation des victimes[90]. C'est la position réaffirmée expressément par l'assemblée plénière de la Cour de Cassation dans son célèbre *« arrêt du 6 octobre 2006* », communément appelé « *l'arrêt Myr'Ho* »aussi appelé « *Bootshop* ». Une autre décision du 13 juillet 2010, illustre bien cette extension[91]. Il y a des cas de jurisprudence récente qui ont octroyé réparation aux entreprises sous-traitantes ou partenaires, alors victimes par ricochet ; au regard des préjudices qu'elles ont subi par contrecoup[92].

Toutefois, si la question du fait générateur de responsabilité des contractants envers les tiers ; ne semble pas véritablement faire débat en Belgique[93], elle déchaine au contraire les passions en France où il y a un débat doctrinal et jurisprudentiel intense et incessant, et surtout quand la jurisprudence, a choisi son camp, depuis l'avènement de cet arrêt du 6 octobre 2006, les tiers pouvant ainsi se prévaloir du contrat en dépit de sa relativité, pour prouver la faute délictuelle sans se le voir opposer par les parties. Cet arrêt a abouti ainsi à mettre en place une sorte de *principe d'identité des fautes contractuelles et délictuelle*. Il nous semble aussi comme Olivier Gout, que cette question ne fait pas véritablement débat en RD Congo, raison pour laquelle nous sommes parmi les premiers qui veulent bien susciter ce débat dans notre droit.

Cet aggiornamento tant doctrinal que jurisprudentiel montre bien que d'une part les opinions sont divisées et divergentes selon le point de vue d'où l'on se place, et d'autre part que les décisions demeurent fluctuantes et, du moins en apparence, plutôt contradictoires.

Enfin, quoi que nous soyons aussi favorables à cette théorie, ce qui semble beaucoup plus contestable, c'est de soumettre cette responsabilité au régime délictuel, au risque de déstabiliser le contrat. C'est le bien-fondé de dégager une théorie médiane et originale, mais il convient d'examiner d'abord les applications en rapport avec les trois théories analysées.

---

[86] J. FLOUR, J-L. AUBERT et E. SAVAUX , *op. cit.*, p.411

[87] J-P. TOSI, « Le manquement contractuel dérelativisé », in *Ruptures, mouvements et continuité du droit,(sous la direction de M. Gobert*), Economica, Paris, 2004, p. 478 et s.

[88] G. WICKER, « La sanction délictuelle du manquement contractuel ou l'intégration de l'ordre contractuel à l'ordre juridique général », *Revue des contrats,* Paris,2007, p.593, n° 2.

[89] C. BERNAT, Réflexions sur l'extinction de la notion de « groupes de contrats » et le renforcement corollaire du principe de l'effet relatif des conventions, op. cit., n°8

[90]Cass(fr) Ass. plén., 13 juillet 2001, n° 97-17.369, 97-19.282, 98-19.190

[91] Cass. 3e civ., 13 juill. 2010, no 09-67516 : LEDC oct. 2010, p. 1, obs. O. Deshayes.

[92] -Cass Com, 6 Septembre 2011, n°11, SAS DENIS-FRERES-CSS/SA LESAFRE ; - Cass. Com, 18 mai 2010, n°08-21.681 SAS PLANETE PROD-SAS PRESSE PLANETE/ FRANCE TELEVISION; - CA Paris Pole5, chambre5, 27/février 2014, RG n°12/04804, IMPRIMTOUT/SARL TECHNIQUES PROMEDIA, inédit

[93] B. DUBUISON, V. CALLEWAERT, DE CONINCK et G. GATHEM*, La responsabilité civile, op. cit.,* n° 568 et s. ; B. DUBUISON, « Responsabilité contractuelle et responsabilité extracontractuelle. Les relations entre la responsabilité aquilienne et les contrats. Fatales attractions », n° 31 et s. ; P. VAN OMMESLAGHE , *Droit des obligations*, t 2, Bruylant, 2010, n°821 et s. cité par O. GOUT *, op. cit*., p. 138

3.4 DES APPLICATIONS PARTICULIÈRES EN RAPPORT AVEC LES VICTIMES PAR RICOCHET

Les tiers peuvent bien se plaindre en cas d'inexécution du contrat.

Le contractant qui, en manquement à son devoir général de prudence, porte atteinte à la sécurité des biens des personnes étrangères au contrat sera condamné à leur égard. L'exemple peut être tiré des constructeurs qui, à cause des vices de construction ou de toute autre négligence, endommagent les biens d'autrui. Le tiers pourra agir directement contre le constructeur ou contre le maître d'ouvrage qui agit à son tour contre l'entrepreneur. Il pourra également assigner ceux-ci ensemble. Une société d'aménagement et de construction avait fait édifier un bâtiment à l'emplacement d'un immeuble préalablement démoli, tandis qu'une autre société avait été tenue de contrôler techniquement les fondations. Un tiers ayant subi un dommage suite à ces travaux, cette deuxième société a été mise hors de cause au motif qu'elle n'était chargée que « d'une mission spécifique et précise », celle du contrôle technique. Ses engagements ne lui imposaient pas de vérifier systématiquement les incidences de la construction neuve sur l'entourage. Par conséquent, elle ne pouvait être condamnée à réparer le préjudice lié aux fissures apparues sur un immeuble voisin, alors que ces « désordres causés aux tiers étaient dus à un tassement de la construction nouvelle ». En revanche, la constatation suivant laquelle cette société était chargée du contrôle de la conception et du mode de fondation des ouvrages a permis à la Cour de cassation d'engager sa responsabilité[94].

De même l'action personnelle des parents d'un enfant blessé à l'aire de jeu d'un restaurant a été reçue et fondée[95]. Ces derniers étant tiers au contrat de restauration (la qualité de contractant de leur enfant étant indifférente de ce chef), la règle du non-cumul, que la Cour de cassation déclare sans application à l'égard des tiers[96], en réalité, s'applique pareillement mais « en négatif », ainsi que l'a jugé la deuxième chambre civile dans un arrêt du 23 octobre 2003 : « la victime par ricochet d'un accident relevant de la responsabilité contractuelle dispose d'une action en responsabilité délictuelle pour obtenir réparation de son préjudice »[97]. C'est dire que le tiers, victime par ricochet d'un préjudice contractuel, ne peut pas plus que le contractant lui-même, choisir le fondement juridique de son action en réparation : son action est nécessairement délictuelle. Mais une nuance persiste car, s'il ne dispose d'aucune option, dans la pratique le tiers peut panacher, en mêlant son action délictuelle d'éléments contractuels».[98] Quant aux tiers victimes, pourtant bénéficiaires de l'exécution du contrat, sans être partie, ni appartenir à un groupe de contrats, ils peuvent aussi, en tant que personnes intéressées, exercer à l'encontre du débiteur défaillant une action en responsabilité extracontractuelle. Tel est, par exemple, le cas des membres de la famille du locataire qui sont en tiers par rapport au bailleur et peuvent agir contre lui sur le terrain délictuel (ou même contractuel). Ou encore le cas du destinataire qui n'ayant pas pu, du fait de la perte des marchandises, adhérer au contrat de transport en prenant livraison de celles-ci, dispose contre le transporteur d'une action en responsabilité quasi-délictuelle.

De même les tiers victimes d'une prestation de service défectueuse peuvent agir sur e fondement de la responsabilité délictuelle. Ainsi, le mandataire qui, dans l'exécution de son mandant commet des fautes qui nuisent à des tiers, engage sa responsabilité délictuelle à leur égard[99]. La même solution peut être admise à propos de l'exécution d'un contrat de prêt[100], d'un contrat de consommation[101], d'un contrat d'agriculture[102], d'un contrat de transport[103], d'un contrat d'entreprise[104], d'un

[94]Cass(fr). 3e civ., 25 mars 1998 : Bull. civ. III, n° 72.

[95] Cass(fr)civ 1e , 28 juin 2012 FS-P+ B+I , n° 10-28 492, en ligne in http://www.dalloz-actualite.fr/document/civ-1re-28-juin-2012-fs-pbi-n-10-28492 (22.07.2017)

[96] Cass (fr)Com. 9 juill. 2002, Bull. civ. IV, n° 122 ; CCC 2002, n° 172, obs. Leveneur

[97]Cass(fr) Civ. 2e, 23 oct. 2003, Bull. civ. II, n° 330 ; JCP 2004. II. 10187, obs. Tricot-Chamard

[98]Cass(fr)., ass. plén., 6 oct. 2006, prec.

[99] A. GILSON-MAES, « Mandat et responsabilité civile », Thèse, Université de Reims Champagne-Ardenne, Ecole doctorale sciences de l'homme et de la société, 2012-2013, pp.403 et s.

[100] L. SIMONT et A. BRYNEEL, *La responsabilité extracontractuelle du donneur de crédit en droit comparé*, op. cit., op. cit., pp. 112 et s

[101] E. CHEVRIER (coll.*), Loi relative à la consommation- L'analyse des principales dispositions de la loi et ses difficultés de mise en œuvr*e, Dalloz, Paris, mai 2014, p.3 ; N. RZEPECKI , *Droit de la consommation et théorie générale du contrat*, PUAM, Aix-Marselle, 2002, pp.512 et s. ; J. CALAIS-AULOY « La class action et ses alternatives en droit de la consommation », *LPA* 10 juin 2005, p. 29 et s. ; M. LECLERC , « Les class actions, du droit américain au droit européen. Propos illustrés par le droit de la concurrence », Thèse de Doctorat, Université Paris-Dauphine, 2011, p.39 et s.

[102] L.MANTEAU*, Les contrats en agriculture*, *op. cit*., pp. 326 et s.

[103] KALONGO MBIKAYI, *Droit civil, t.1, Les obligations, op. cit.,* p.278 ; R. RODIERE , *Droit des transports*, *op. cit.,* p.746; P-A, CREPEAU, « L'indemnisation de la victime par ricochet d'un accident mortel résultant de l'inexécution d'un devoir contractuel », *in op. cit.*, pp. 570 et s.

[104] M. FAURE–ABBAD, *Droit de la construction : les contrats de construction immobilières, les responsabilités et garanties des constructeurs*, 3e édition, Gualino, Paris, 2016, pp. 358 et s. ; Ch. PONCE, *Droit de l'assurance construction : les responsabilités des constructeurs-l 'assurance*

contrat administratif liés aux travaux publics[105] , d'un dépôt bancaire[106], des relations commerciales établies[107], d'un contrat médical[108],[109] etc.

Ainsi, par exemple, lorsqu'un centre médical commet une faute contractuelle à l'égard de son patient, les parents de celui-ci peuvent invoquer cette même faute sur le plan délictuel afin d'obtenir la réparation de leur préjudice par ricochet. Certains auteurs trouvent dans ce courant jurisprudentiel une application de la théorie de l'opposabilité du contrat par les tiers[110].

Il a également été jugé dans ce sens. Il s'agit d'un enfant qui s'est blessé dans l'aire de jeu d'un restaurant[111]. Deux actions ont été initiées. Celle de l'enfant comme victime directe de l'inexécution du contrat. Et celle de ses parents, victimes par ricochet (responsabilité délictuelle) qui se fondent sur la responsabilité du fait des choses. C'est la défectuosité de la chose qui cause des préjudices à des victimes directes et aux tiers au contrat.

On met donc l'accent sur l'indépendance des préjudices supportés par la victime initiale et par ses proches : la victime souffre de son propre malheur : elle a droit à réparation ; elle souffre également du malheur des autres : elle a droit à une autre réparation.

Ainsi donc quoi que nous soyons aussi favorables à cette théorie de l'assimilation, en revanche, ce qui semble contestable, c'est de soumettre cette responsabilité au régime délictuel, au risque de déstabiliser le contrat. C'est le bien-fondé de l'analyse des critiques qui suivent.

3.5 DES FONDEMENTS DES CRITIQUES À LA THÉORIE DE L'ASSIMILATION DES FAUTES CONTRACTUELLE ET DÉLICTUELLE

La majeure partie de la doctrine, comme on l'a révélé, est hostile à l'assimilation des fautes contractuelle et délictuelle. Certains auteurs soutiennent même que l'adoption d'une solution aussi radicale par la Haute Juridiction française en matière de responsabilité fait l'effet d'un « cheval de Troie appelé à bouleverser un droit commun si patiemment et (…) intelligemment élaboré »[112]. Nous pouvons relever les raisons qui fondent les critiques par une telle solution, tant sur le plan théorique (A et B), que sur le plan pratique (C), qui ont pu conduire cet auteur à exprimer l'idée d'un véritable bouleversement du droit de la responsabilité, et qui a été retenue au nom d'une priorité désormais établie au profit de l'indemnisation ou de la satisfaction des victimes (D).

3.5.1 UNE CONTRIBUTION À L'ATTEINTE AU PRINCIPE DE RELATIVITÉ DES CONTRATS

Il est vrai que la thèse de l'assimilation des fautes peut-être justifiée dans un souci de protection des tiers victimes afin de les indemniser pour les préjudices qu'ils subissent, également au regard des concepts du bon père de famille et de l'attente légitime ; seulement, suite à la divergence jurisprudentielle, la solution ayant mis fin au débat, trouvant toute sa force dans le principe d'opposabilité des contrats par les tiers, semble *excessive portant ainsi atteinte au principe d'effet relatif des conventions.*

Or, c'est bien ce principe qui, selon les partisans de la relativité de la faute contractuelle, postule que la faute contractuelle n'est constituée qu'à l'égard du créancier contractuel. Suivant les propos de Patrice Jourdain, c'est pour permettre à la relativité

dommages ouvrages-l'assurance risque « décennale »-les assurances facultatives, 3e éd. Gualino, Paris, 2013, pp. 202 et s. ; J. DESLAURIERS, *Vente, louage, contrat d'entreprise ou de service*, 2e éd., Wilson & Lafleur, Montréal, 2013, pp. 518

[105] A. LAUBADERE, F. MODERNE et P. DELVOVE*, op. cit.*, pp. 978 et s.; N. SOUSSE, op. cit., p.23 ; E. JURVILLIERS ZUCCAR, op. cit., 120 et s.

[106] S'agissant du dépôt bancaire, nous pouvons relever le cas de moult victimes directes et indirectes causé par la faillite de la BIAC en 2016 chez nous en RDC, des actions judicaires devraient être nombreuses.

[107] NAJAT ABARKAN, op. cit., pp.65 et s. ; B. FAGES, *Droit des obligations, op. cit*., pp.310 et s. ; SAIDANI HARIZ, « La rupture du contrat », op. cit., p.3 et s. ;

[108] B. DAPOGNY, *Les droits des victimes de la médecine*, *op. cit*., pp. 302 et s. ; LOPEZ G. et BORNSTEIN S., *victimologie clinique*, éd., Maloine, Paris, 1995, 348 p. ; G. GENICOT, « Le nouveau régime belge d'indemnisation des dommages résultant de soins de santé », *op. cit*., p. 290

[109]Cass(fr). 1ère civ. 18 juill. 2000, *Bull. civ*. I, no 221, p. 144

[110] P. JOURDAIN, « La faute délictuelle identifiée à la faute contractuelle » in *RTD civ.*, 2001, p.146 ; Ph. DELEBECQUE, « Toute faute contractuelle est-elle ipso facto une faute quasi-délictuelle à l'égard des tiers ? », Dalloz, 2001, p. 2234.

[111] Cass (fr), civ. 28 juin 2012, n° 10-28492, société ADDO c/ consort X. V. aussi, N. GUERRERO, *Hôtels, cafés, restaurants : droits et obligations dans l'exercice de votre activité professionnelle,* op. cit., pp. 125 et s.

[112] Ph. DELEBECQUE, *Recueil Dalloz*, 2001, sommaires commentés n°28

des conventions de « produire son plein effet »[113] que celle-ci doit s'accompagner d'une relativité de la faute contractuelle. Cette dernière apparaît ainsi, selon Wintgen, comme un « complément nécessaire»[114] de l'effet relatif des conventions.

En s'en tenant aux arguments des défenseurs de la théorie de relativité de la faute contractuelle, l'affirmation du principe de la faute contractuelle par le tiers, sans autre condition que celle de l'existence d'un dommage, « sonne le glas de la relativité de la faute contractuelle »[115] et méconnaît ainsi le vieux principe de l'effet relatif des contrats. L'assimilation des fautes reviendrait, selon eux, à permettre au tiers de réclamer indirectement à son profit le bénéfice d'un contrat auquel il n'a jamais été parti, ce qui heurte directement le principe de l'effet relatif des conventions[116].

Le principe de relativité du contrat semble encore plus affaibli, lorsque le tiers se voit indemnisé ; on peut ainsi penser à une forme d'exécution de l'obligation contractuelle au profit de ce tiers. Il est ainsi temps de voir en quoi cette solution semble inachevée.

Nous l'avons dit les droits belge, congolais et même québécois ne sont pas favorables à cette théorie assimilatrice à cause de ses effets pervers.

3.5.2 UNE CONTRIBUTION À LA POLITIQUE D'INDIFFÉRENCIATION DE DEUX ORDRES DE LA RESPONSABILITÉ CIVILE (RESPONSABILITÉ CONTRACTUELLE ET EXTRACONTRACTUELLE)

L'étude des deux ordres de responsabilité civile est classique. Dans le but de soutenir cette thèse de dualité, Sainctelette a proposé une démarcation entre le lien de droit qui assure le respect de la loi et celui qui assure le respect du contrat, seul le premier pouvant être qualifié de « responsabilité », le second n'étant proprement désigné que par l'expression « garantie »[117]. Ainsi, d'autres auteurs favorables à ces deux ordres de responsabilités, dont Huet[118], Courtiau[119], puis Zoé [120] ont insisté sur la dualité des fonctions assignées aux dommages et intérêts en matière contractuelle : la fonction de réparation, la fonction de paiement, voire la fonction de punition quand il s'agit des dommages et intérêts punitifs.

Cependant, les partisans de de l'indifférenciation de ces deux ordres de responsabilité, rejettent ces considérations. Leur pionnier, GrandMoulin, soutenait l'idée d'une *assimilation de la faute contractuelle à la faute délictuelle* envers les tiers dans la mesure où elle porte atteinte à un droit d'autrui[121]. L'auteur défendait la thèse selon laquelle la différence d'origine des obligations délictuelle et contractuelle n'est pas irréductible et concluait ainsi *à l'absence d'existence de la responsabilité contractuelle* et *à l'unité de la théorie de la responsabilité [122].* Dans cette conception de l'unité, « la violation du droit de créance est un *délit civil* », et la responsabilité qui sanctionne la violation du contrat est *« une et délictuelle »[123].* De nombreux auteurs ont rejoint cette thèse moniste : Aubin[124], Planiol,[125] De Page[126], Juen [127]… A son tour, Philippe Remy va aussi s'élever contre la responsabilité contractuelle qu'il qualifie de « faux concept ».

[113] P. JOURDAIN, obs. Cass. com., 17 juin 1997, RTD civ., 1998, p. 113
[114] R. WINTGEN, *op. cit*., n°333.
[115] D. MAZEAUD*, op. cit*., p. 269
[116] J. HUET, op. cit., n°495 ; D. MAZEAUD, op. cit., p. 687
[117] Ch. SAINCTELETTE, *op. cit.*, pp. 10-11
[118] J. HUET, « Responsabilité contractuelle et délictuelle : essai de délimitation entre les deux ordres de responsabilité », op. cit., pp.11, 32
[119] M-N. COURTIAU, « Responsabilité contractuelle et inexécution : pour une autonomie de la responsabilité contractuelle », Thèse, Paris I, 2001
[120] J. Zoé, « Payer, réparer, punir. Étude des fonctions de la responsabilité contractuelle en droit français, allemand et anglais », op. cit., p. 21
[121] J. GRANDMOULIN, *op. cit.*,p. 42 et s.
[122] Ibidem, p.34
[123]J.GRANDMOULIN, *op. cit*., pp. 33, 34 et s.
[124] J. AUBIN, *op. cit.,* p.51
[125] M. PLANIOL*, op. cit,* n° 873 et s.
[126] H. DE PAGE, *op. cit.*, n°583. 6
[127]E. JUEN *, op. cit., p.55*

Outre ces controverses doctrinales, la remise en cause de la distinction de deux ordres de responsabilité a ses racines dans le principe de non-cumul[128] et dans le recours au forçage judiciaire du contrat[129], c'est-à-dire à l'intégration d'obligations résultant d'un devoir général dans le contrat, à l'instar de l'obligation de sécurité et celle d'information.

Certainement, il est évident d'admettre que le non-respect d'un devoir général du contrat puisse conduire sur une responsabilité extracontractuelle : la faute contractuelle est alors bien, en même temps, une faute délictuelle.

Au contraire, il est plus difficile d'admettre la même extension si la faute contractuelle ne résulte que de l'inexécution d'un « plus contractuel »[130] indépendant des devoirs généraux : le fait d'autoriser un tiers à invoquer la violation d'une obligation purement contractuelle pour établir une faute délictuelle affecte, comme nous avons pu le constater, le principe de relativité des contrats. Et c'est en cela que la décision du 6 oct. 2006 constitue un nouveau tempérament au principe de la distinction des deux ordres de responsabilité. Certes, en abandonnant la relativité de la faute contractuelle et en alignant, sur le plan du fait générateur de la responsabilité du débiteur contractuel, le sort du tiers sur celui du créancier contractuel, l'Assemblée plénière consacre la « fongibilité des objets respectifs de la responsabilité contractuelle et de la responsabilité délictuelle »[131] et nie ainsi le particularisme de la responsabilité contractuelle. Ainsi, il convient d'identifier les obligations purement contractuelles c'est-à-dire qui trouvent uniquement leur origine et leur condition d'existence dans le contrat[132] ou qui conçurent directement à la réalisation de l'opération économique projetée. Cependant, la complexité quant à la *différenciation* entre le domaine du contrat et du délit n'étant pas toujours aisée, et l'existence du caractère artificiel de la distinction et imprévisible de la qualification du contrat ou des obligations contenues dans le contrat complique les choses[133].

La remise en cause de différenciation de deux ordres de responsabilité est aussi due par le fait de *l'existence des règles unitaires d'indemnisation* dans le cadre de la responsabilité objective.

De tout ce qui précède, la politique d'indifférenciation de ces deux ordres de responsabilité semble s'installer. Ainsi, « le concept de responsabilité contractuelle tend à s'évanouir, apparaissant encore un peu plus comme le prolongement de la responsabilité délictuelle »[134]. Nous ne serons donc pas étonnés qu'elle s'en rapproche progressivement. La nature de l'obligation violée restant sans influence sur la faute[135], ceci permet à atténuer la différence de nature entre les deux responsabilités. Doit-on pour autant conclure à une évolution en faveur d'un plus large recours à la responsabilité aquilienne ? Le régime aquilien est plus favorable à la victime. Donc, on rejoint de plus en plus la thèse de « *l'unité des responsabilités* » soutenue par Grandmoulin, pourtant classique et abandonnée au début du 20e siècle. Cette thèse qui semble refaire surface, a-t-elle de chance de résister, d'autant plus que le droit comparé enseigne que l'existence d'une dualité de régime de responsabilité est le modèle dominant ?

3.5.3 UNE CONTRIBUTION À L'ÉLARGISSEMENT DU CERCLE DES VICTIMES ET À L'ATTEINTE AU CONTRAT ET AUX PRÉVISIONS DES CONTRACTANTS

La théorie de l'assimilation des fautes contractuelle et délictuelle aboutit à élargir le cercle des personnes susceptibles d'engager la responsabilité du débiteur défaillant. Or, comme a pu l'affirmer un auteur, cet élargissement est considérable face à l'augmentation incessante du nombre de tiers susceptibles de subir des dommages consécutifs à l'inexécution d'une obligation contractuelle[136]. Selon un autre auteur, ce phénomène se rattache à « la complexité croissante des relations économiques et à l'évolution des techniques de production et de distribution »[137].

---

[128] H. LAROCHE, « Le concours de responsabilités civiles », op. cit., p.16; GOUT Olivier, « le cumul des responsabilités contractuelle et extracontractuelle en droit belge et en droit français : de la genèse aux perspectives d'évolution, op. cit. », p.123 et s. ; P. WERY, *Droit des obligations, vol. 1, op. cit*., pp.589-606

[129] Ph. REMY,« op. cit. », p.323

[130] J. HUET, *op cit* , n°299 p. 284, et n°672 p.637

[131] Ph. BRUN, « Feu de la relativité de la faute contractuelle », op. cit., p. 22

[132] VAN RYN J., *Responsabilité aquilienne et contrats en droit positif*, Sirey, Paris, 1933, n° 196 et s.

[133] O. GOUT, « le cumul des responsabilités contractuelle et extracontractuelle en droit belge et en droit français : de la genèse aux perspectives d'évolution », *op. cit.*, p.143

[134] STOFFEL-MUNCK, *op. cit.*, p. 587

[135] M. PLANIOL, *op. cit.*, n°877

[136] M. BACACHE-GIBEILI, *op. cit.*, n°28.

[137] J. HUET, « Responsabilité contractuelle et délictuelle : essai de délimitation entre les deux ordres de responsabilité, op. cit., n°593 et s.

L'extension du bénéfice du contrat à n'importe quel intéressé porte atteinte aux prévisions des parties et constitue une source importante d'insécurité juridique, dès lors qu'elles ne peuvent pas toujours anticiper quels tiers se réclameraient de l'inexécution. Au demeurant, dans un certain nombre de cas, le débiteur contractuel n'entend s'engager qu'au profit de son créancier, auquel le contrat vise à conférer un avantage particulier. Or, dans ces mêmes cas, la reconnaissance d'une coïncidence systématique entre les fautes contractuelle et délictuelle permet indirectement aux tiers de bénéficier de cet avantage spécifique. Là encore, par conséquent, la solution de l'identité des fautes méconnaît totalement les prévisions du débiteur contractuel.

Par exemple, pense Philippe Le Tourneau, qu'un tiers pourra obtenir réparation intégrale du préjudice que lui cause un manquement contractuel sans se voir opposer les clauses limitatives ou élusives de réparation prévues dans la convention, quand bien même l'engagement n'aurait été souscrit que sous cette réserve[138]. Or, les clauses relatives à l'inexécution des obligations contractuelles occupent une place de choix dans la plupart des contrats et des conditions générales contractuelles, soutient Patrick Wéry[139]. Les dispositions du Code civil relatives aux sanctions de l'inexécution étant, en principe, supplétives de volonté, le législateur laisse le champ libre à l'imagination des parties. Celles- ci peuvent ainsi organiser, à leur guise, les suites à réserver à un manquement contractuel. Ainsi, au nom de la liberté contractuelle, les parties peuvent insérer dans leur contrat une clause quelconque[140]. Les parties peuvent, tout d'abord, chercher à améliorer le sort du créancier, en lui reconnaissant différents droits qu'il pourra exercer sans intervention judiciaire préalable. C'est à cette logique que répondent les clauses pénales, les clauses résolutoires expresses ou les clauses d'exécution d'office. A l'inverse, les parties peuvent chercher à améliorer la situation du débiteur, en restreignant voire en supprimant les droits que la loi accorde au créancier. Telle est, par exemple, la finalité des clauses limitatives ou exonératoires de responsabilité[141]. Ainsi, Le Tourneau voit mal en quoi le seul fait de manquer à un engagement souscrit envers une personne déterminée constitue une faute envers *le reste du monde* qui pourra, de surcroit, donner lieu à une action s'affranchissant des règles déterminant l'étendue de cet engagement et de la répartition des risques d'inexécution qu'il prévoyait[142].

Au demeurant, ces critiques montrent la nécessité de garder une certaine distinction entre responsabilité contractuelle et responsabilité délictuelle.

3.5.4 UNE CONTRIBUTION À L'IDÉOLOGIE DE LA RÉPARATION, À L'IDÉE DE SATISFACTION ET AU FORÇAGE DU CONTRAT

La théorie de l'assimilation s'inscrit dans un droit de la responsabilité fortement marqué par le souci d'indemnisation des victimes. En effet, avant même l'arrêt du 6 octobre 2006, on trouvait déjà bien d'autres manifestations de cette « *idéologie de la réparation* »[143]qui imprègne notre droit contemporain de la responsabilité civile et qui veut que tout dommage trouve réparation. Le phénomène dit du « *forçage* » du contrat est particulièrement révélateur à cet égard : cet élargissement de la sphère contractuelle a véritablement coïncidé avec l'évolution du droit de la responsabilité pour faute vers un droit de la responsabilité pour risque, qui tend à faire que tout risque créé puisse aboutir à une indemnisation des victimes, indépendamment de leur qualité. C'est pourquoi nous avons dit précédemment que le *dommage devient l'alpha et l'Omega* de la responsabilité civile.

C'est par ailleurs dans la même optique que l'on assiste, au plan législatif, à une véritable multiplication des régimes spéciaux de réparation qui favorisent l'indemnisation de la victime, sans distinguer selon qu'elle soit tiers ou partie au contrat. En permettant au tiers de réclamer, à son profit, le bénéfice d'un contrat auquel il n'est pas partie, la décision de l'Assemblée plénière serait ainsi, en quelque sorte, « l'équivalent jurisprudentiel »[144] de ces régimes spéciaux et une manifestation

[138] Ph. LETOURNEAU*, op. cit.*, p. 346

[139] P. WERY, « le contrôle judiciaire relatif aux clauses applicables à un manquement contractuel : un contrôle aux multiples facettes », in *Théorie générale des obligations et contrats spéciaux. Questions choisies*, *op. cit*, p.178

[140] A. BANZA ILUNGA et V. MWAPE NGOSA, « Les clauses élusives de responsabilité dans les contrats de fourniture d'énergie électrique : comment sauvegarder les intérêts des consommateurs ? », in *Le Point*, Lubumbashi, octobre 2013, p.232

[141]idem

[142] Ph. LETOURNEAU*, op.cit.*, p. 346

[143] L. CADIET, « Sur les faits et méfaits de l'idéologie de la réparation », in *Mélanges offerts à Pierre DRAI, Le juge entre deux millénaires*, Dalloz, Paris, 1999, pp.496 et *s.* ; MAZEAUD Denis« Famille et responsabilité. Réflexions sur quelques aspects de "l'idéologie de la réparation" », in *Mélanges CATALA*, Litec, Paris, 2001, p. 569 et s . V. aussi DENIMAL Marie, « La réparation intégrale du préjudice corporel : réalités et perspectives », Thèse, Université de Lille 2 – Droit et Santé, Décembre 2016, p. 47.

[144] C. LACROIX, Les Petites Affiches, 2007, n°16, p.16

supplémentaire de cette idéologie de la réparation. La socialisation de la réparation va de pair avec l'objectivation de la responsabilité, elle signale le passage d'une « justice commutative de la responsabilité à une justice distributive de la solidarité »[145]. Quelle que soit sa valeur du point de vue politique, économique ou social, il n'est guère douteux que cette *expansion* s'est faite au prix de multiples *forçages et torsions* qui ont fait perdre au droit de la responsabilité civile sa simplicité et sa cohérence[146].

Cependant, si la protection de la victime est une préoccupation à ne pas perdre de vue, elle ne doit pas pour autant dégénérer en abus lorsqu'elle se transforme en idéologie. En effet, comme a pu le faire remarquer Wintgen, le souci de protéger les victimes a progressivement pris le pas sur l'autre objectif du droit de la responsabilité, celui de préserver la liberté d'action des personnes[147]. Du droit de la responsabilité, l'idéologie de la réparation n'a pas seulement perturbé les frontières, elle en a également brouillé les fonctions[148].

On le voit, par conséquent, le point focal du droit de la responsabilité n'est plus l'auteur du dommage et sa faute. La victime et son dommage sont au premier plan, comme le précise Boris Starck dans sa thèse et l'évolution du droit de la responsabilité ne s'explique plus que par le souci d'améliorer l'indemnisation des victimes. A ce sujet Carbonnier disait : « Les victimes d'abord (que les fautes s'envolent).[149] ». Ainsi, L'individu[150] est au centre des préoccupations déclenchant une pulvérisation du droit en droits subjectifs qui modifie des schémas traditionnels de pensées longtemps exercés[151]. Le centre de gravité du droit de la responsabilité s'est orienté de l'auteur du dommage à la victime. Si une idée force devait être scandée elle serait au regard des orientations contemporaines : « *À tout dommage, indemnisation* », comme le veut l'idéologie de la réparation[152].

Ainsi, la jurisprudence a, depuis une trentaine d'années, su exploiter toutes les potentialités de la notion de préjudice afin d'étendre le champ de l'indemnisation. Cette attitude prétorienne amène la doctrine à s'interroger sur l'intention des juges du fond « *le tout réparer ne l'emporte (t-il) pas sur le bien réparer ? »*[153]. La prolifération des préjudices réparables en est une parfaite illustration. Le préjudice tend « *à devenir l'alpha et l'omega de la responsabilité civile (…)* ». *Ainsi, le principe n'est plus « toute faute appelle réparation», mais « tout dommage appelle condamnation»*[154]*.* Dans cet enchainement, l'existence d'un mal devient le centre de gravité de la responsabilité ; la faute pourrait tout aussi bien s'analyser comme la commission d'un mal, le préjudice comme la souffrance d'un mal et *la réparation comme la guérison d'un mal*.[155]

Aujourd'hui, le mal est pris tellement au sérieux. Faut-il aller jusqu'à craindre, avec Jean Hauser, « *l'autodestruction de l'homme par l'inflation des droits subjectifs* »[156]. L'enflure des droits subjectifs, en tout cas, crée un mouvement, sinon

---

[145] Y. LAMBERT FAIVRE, « l'évolution de la responsabilité», in *Mélanges offerts à Pierre DRAI, Le juge entre deux millénaires*, Dalloz, Paris, 1999, p. 44 ; J. GAZZANICA, « Les métamorphoses historiques de la responsabilité », in *Les métamorphoses de la responsabilité*, PUF, Paris, 1997, pp.3 et s. Sur les rapports, d'un point de vue de philosophie du droit, entre la justice et la responsabilité, voir. X. DIJON, *Droit naturel, t.1, les questions du droit*, *op. cit*., p .5 et s ; HAYEK Friedrich August, *Droit, législation et liberté. Une nouvelle formulation des principes libéraux de justice et d'économie politique*, *op. cit.,* p.376 et s. ; B. BACHOFEN, *Le libéralisme au miroir du Droit : L'Etat, la personne, la propriété*, *op. cit*., p.153 et s. ; TAWALI Joelle Manekeng, « Essai sur la justice contractuelle. Contribution à l'étude des fondements théoriques de la protection de la partie vulnérable », op. cit., pp. 12 s.

[146] P. RICOEUR, « Le concept de la responsabilité. Essai d'analyse sémantique » *in Le Juste,* éd. Esprit, Paris, 1995, p.41.

[147] R. WINTGEN, *Revue des Contrats*, 2007, p. 609, n°9 : « il n'est pas concevable de supprimer, par une obligation de réparation généralisée, toute liberté d'action susceptible de nuire à autrui ».

[148] L. CADIET, *op. cit.*, p.506 ; M. DEGOFFE, *Droit de la sanction non pénale*, *op. cit., p*. 12 et s. ; J. GAZZANICA, « Les métamorphoses historiques de la responsabilité *», op. cit*., pp.4 s.

[149] J. CARBONNIER, *Droit civil*, Vol. 2, 1e édition, « quadrige », Paris, 2004, p.2412.

[150] KARPIK L., « être victime, c'est chercher un responsable », *Le Monde*, 22/23 août 2004, p.5.

[151] J. CARBONNIER, *Droit et passion du droit sous la Ve République*, Flammarion, Paris, 1995, p. 121 et s. cité par D. DENIMAL, « La réparation intégrale du préjudice corporel : réalités et perspectives, op. cit. », p.21

[152] CADIET Loic, « Sur les faits et méfaits de l'idéologie de la réparation », op. cit., p. 495; D.MAZEAUD « Famille et responsabilité Réflexions sur quelques aspects de "l'idéologie de la réparation" », in *Mélanges CATALA, op. cit*., p. 569.

[153]Ph. BRUN, Rapport introductif in La responsabilité civile à l'aube du XXIe siècle, Bilan prospectif, Resp. civ. et assur. juin 2001, hors série, p. 4 cité par M. DENIMAL, op. cit. , p.47

[154]Ph. LE TOURNEAU, *Droit de la responsabilité et des contrats, op. cit*., p.414

[155] LABRUSSE-RIOU C., « Entre mal commis et mal subi : les oscillations du droit », dans *La responsabilité. La condition de notre humanité*, Autrement, « Séries Morales », n° 14, 1994, p.94 et s. cité par Ph. LE TOURNEAU, *op. cit.,* p.414

[156] Obs. sous Cass(fr) civ. 1e , 26 mars 1996, *Bull. civ*. I, n° 156, *RTD. civ*. 2000.80, obs. J. Hauser.

désintégrateur, du moins déstabilisateur pour le droit de la responsabilité civile[157]. A travers l'exaltation de *l'ego*, c'est toujours le même *« besoin indemnitaire* [158]» ou la même « *folie réparatrice*[159] » qui est à l'œuvre et que traduit encore la prolifération des variétés de préjudice réparable. L'évolution de la jurisprudence sur le point de savoir si la naissance d'un enfant peut être la source d'un préjudice réparable est l'exemple exacerbé de cette tendance[160]. En égard des droits toujours plus ambitieux dont l'individu se pense bardé, la vie fait de lui une victime permanente et toute atteinte à ses prétendus droits, toute déconvenue, lui est préjudice réparable. *L'automaticité de la sanction du droit subjectif appelle ainsi la dilution de la notion de préjudice, qui ne joue plus son rôle régulateur du besoin indemnitaire*[161]*.*

Ainsi, Zoé fustige aussi *l'omniprésence de la réparation*, quand il écrit que « (…) Responsabilité civile et réparation sont à ce point indissociables que le dommage a pénétré jusqu'à la définition même de la première. La responsabilité délictuelle et la responsabilité contractuelle désignent ainsi l'« obligation (…) de réparer le dommage causé » respectivement par un délit civil et par l'inexécution. *La responsabilité devient réparation* »[162].

Certes, la responsabilité civile ne se limite plus à protéger les individus et les groupes contre les atteintes au patrimoine. Elle tend également, dans de nombreux pays, à les garantir contre certains dommages de nature non économique ou extrapatrimoniale, comme les « peines et souffrances », les atteintes à la réputation, aux droits de la personnalité et même parfois aux sentiments et aux affections[163]. Or cette extension de la définition des préjudices couverts a obligé les juristes à dépasser l'approche purement réparatrice. Pour justifier l'allocation d'une indemnité ou d'un avantage quelconque, il faut donc recourir à un autre concept et certains auteurs ont invoqué l'idée de *« satisfaction* »[164]ou parfois de *« consolation* »[165]donnée à la victime pour contrebalancer les désagréments ou les souffrances qu'elle a endurées.

La notion de « *satisfaction* » a même été mise en application par la Convention européenne des droits de l'homme dont l'article 41, intitulé précisément « *satisfaction équitable* ». Il existe aujourd'hui, une jurisprudence assez abondante de la Cour européenne au sujet du contenu et de la mise en œuvre de ce droit à une « satisfaction équitable »[166]

L'idée de satisfaction, si elle élargit les perspectives de la réparation ou mieux de l'idéologie de la réparation, apparait tout de même comme un produit e substitution de celle-ci.

3.6 DE LA THÈSE PERSONNELLE : VERS UNE THÉORIE DE L'ASSIMILATION TEMPÉRÉE

Nous plaçant du côté des victimes et en dépit de ces critiques, tantôt fondées, tantôt mal fondées, nous soutenons la théorie de l'identité des fautes contractuelle et délictuelle, pour autant qu'elle soit *tempérée*. Notre thèse consiste de ce fait à approuver cette assimilation faite par les juges, car, il vaut mieux détourner le principe de la séparation des fautes et réparer le préjudice bien certain et légitime d'une victime, plutôt que de s'en tenir à la lettre d'un principe théorique, et laisser subsister une injustice, en pratique, par absence d'indemnisation de la victime.

Cette assimilation des fautes contractuelle et délictuelle permet ainsi d'assurer un traitement égalitaire entre toutes les victimes, qu'elles soient ou non liées par un contrat à l'auteur de la faute ou du manquement dommageable. Avec cette théorie, les conditions d'application de la responsabilité seront rigoureusement les mêmes quelle que soit la qualité de la victime

---

[157] ATIAS C., « Le droit de nuire », *Dalloz*, 1997. Chron.385 ; J. CARBONNIER, *Droit et passion du droit sous la V^e^ République, op. cit.,*p.122 cités par Ph. LE TOURNEAU*, op. cit*., p.410

[158] P. Murat, obs. sous Cass(fr)civ. 1^e^ , 26 mars 1996, *Bull. civ* I, n° 156.

[159] J. HAUSER, obs. prec.

[160]Ph. LE TOURNEAU*, op. cit*., p.410

[161]Ibidem, p.410

[162]J. ZOE, op. cit. , p.3

[163] G. VINEY et P. JOURDAIN, *op. cit.*, p.3 ; P. KAYSER, *La protection de la vie privée par le droit : protection du secret de la vie privée,* 3^e^ éd., Economica, PUAM, Paris, 1999, p. 127 et s. ; C. SINTEZ, « La sanction préventive en droit de la responsabilité. Contribution à la théorie de l'interprétation et de la mise en effet des normes », op. cit., p.41

[164] Cette idée a été surtout développée en Suisse, en Allemagne et dans les pays d'influence germanique : H. TOLL, *Consequences of liability*, ch.8 vol. IX de *l'International Uncyclopedia of comparative Law*, n° 10,35,93 et s. cité parVINEY Géneviève et JOURDAIN Patrice, *op .cit.,* n°3.

[165] Le terme « *solatium* » est employé principalement par les juristes Ecossais : v. H. STOLL, *op. cit*., n° 92

[166] J-F. FLAUSS et E. LAMBERT ABDELGAWAD, « L'indemnisation du dommage par la Cour européenne des droits de l'homme et ses effets sur le droit français », Rapport réalisé avec le soutien de la Mission de recherche Droit et Justice, septembre 2009, cité par G. VINEY et P. JOURDAIN, *op. cit.*, p.4

requérante. La généralité des termes des articles 258 et 259 du CCCL III permet à la faute délictuelle d'englober la défaillance contractuelle. Il suffit d'accorder à la faute délictuelle un sens générique et global, au travers une interprétation téléologique.

De plus, l'identité des fautes contractuelle et délictuelle permet d'enrayer la difficulté pour le tiers victime de déterminer si le manquement contractuel constitue, abstraction faite du contrat, une faute délictuelle. La question s'est principalement posée dans les rapports entre la victime d'une chose défectueuse et le constructeur ou le fournisseur de celle-ci. Même dans ce domaine, l'existence d'une faute délictuelle peut être dégagée en fonction de critères contractuels.

Ainsi, la *théorie de l'assimilation tempérée* que nous préconisons dans cette étude semble être un principe moteur favorable à l'indemnisation des victimes par ricochet en matière des contrats même en droit congolais et notre jurisprudence devrait évoluer aussi dans ce sens en rendant des arrêts de principe se fondant sur une *assimilation modérée ou tempérée*. Cette théorie consisterait « *d'une part, à considérer que l'inexécution contractuelle peut constituer une faute délictuelle qui fonde la réparation du préjudice causé à la victime indirecte, laquelle doit prouver et d'autre part, accorder à cette victime une action contractuelle, afin de respecter les prévisions du contrat et son effet relatif. La victime indirecte a l'option entre les deux ordres de responsabilités. Elle a à sa portée l'action extracontractuelle et contractuelle. Cette dernière (action contractuelle) peut être sous-tendue par une autre théorie que nous pouvons nommer '' théorie de l'extension de l'action contractuelle ou la théorie de la généralisation de l'action contractuelle ou des actions directes'' ».*

Il ne restera qu'aux dites victimes de prouver la réalité, la légitimité et le lien de causalité de leurs préjudices respectifs. Les juges congolais pourront toujours apprécier les litiges de ce genre au cas par cas. C'est donc cette théorie de l'assimilation tempérée qui nous permet de dégager d'autres principes moteurs de réparation des préjudices par ricochet en matière contractuelle, dans un droit prospectif, au travers bien entendu certaines propositions de réforme ou de modification de certaines dispositions du CCCL III.

4 DES PRINCIPES MOTEURS PROPOSÉS EN DROIT CONGOLAIS

Après avoir développé plusieurs théories qui fondent l'action des tiers victimes, il convient de déterminer des principes moteurs qui puissent être idoines pour le droit congolais, pour autant la jurisprudence n'a pas encore fixer des principes quant à ce. En effet, ces principes se fondent de la thèse de l'assimilation tempérée que nous avons proposée de *lege ferenda* afin de favoriser une réforme en matière de droit de contrat et de responsabilité dans notre pays.

4.1 PRINCIPE D'OPTION ENTRE LE FONDEMENT DÉLICTUEL OU CONTRACTUEL AU PROFIT DES VICTIMES PAR RICOCHET

En droit congolais, l'approche des principes de base conduit d'abord à prendre en considération la place qui est désormais celle du contrat dans le droit contemporain de la responsabilité. Conçu à l'origine comme un instrument destiné à réglementer les seuls rapports des parties contractantes, le contrat est progressivement devenu un lieu d'obligation ouvert sur la société et, en tant que « fait social », il a progressivement intégré un certain nombre d'obligations accessoires dépassant la sphère étroite des parties contractantes, telles que les obligations de sécurité, d'information et de conseil.

Ainsi, spécialement, la recherche des principes de base pour fonder l'action des tiers victimes indirectes, passerait par la conciliation harmonieuse du principe relatif des contrats avec le droit pour les tiers victimes de l'inexécution d'un contrat d'obtenir réparation.

Cette conciliation peut être guidée par une profonde réforme du Code civil congolais livre III, qui du reste, est obsolète par rapport à plusieurs domaines d'actualité, en l'occurrence ici en matière de contrat et de responsabilité civile. Ainsi, il est souhaitable qu'un projet de loi puisse prévoir d'ajouter au Code civil livre III d'abord, un article (par exemple art. 63 bis, ou autre numéro) mentionnant que « *le contrat est opposable aux tiers et aux parties contractantes elles-mêmes. Certes, les tiers doivent respecter la situation juridique créée par le contrat et en revanche, ils peuvent s'en prévaloir sans être en droit d'en exiger l'exécution ».*

D'un point de vue purement formel, il serait souhaitable, que le projet de loi projeté emploie expressément les termes « d'opposabilité du contrat aux tiers et par les tiers *».*

Nous estimons qu'une telle disposition consacrerait le principe d'opposabilité des contrats « *erga omnès* » qu'avait dégagé peu à peu doctrine et jurisprudence, en dépit de moult hésitations et controverses. Il relèverait le double sens de cette

opposabilité qui joue tant à l'encontre des tiers qu'à leur profit[167], sous la réserve essentielle qu'ils ne peuvent exiger l'exécution du contrat, ce qui permettrait de distinguer de façon radicale l'effet obligatoire de l'opposabilité.

De surcroit, il serait bien venu d'ajouter un autre article avec deux alinéas (ex. art 45 bis du CCCLIII) disposant comme suit:

« *L'inexécution d'une obligation contractuelle causant un préjudice à un tiers ne peut rester irréparable. En principe, le tiers peut en demander réparation au débiteur défaillant sur le fondement de la responsabilité extracontractuelle et à condition qu'il démontre que l'inexécution constitue à son égard un fait générateur de responsabilité extracontractuelle.*

Toutefois, le tiers victime par ricochet peut également en demander réparation sur le fondement contractuelle. Son action est soumise aux mêmes conditions et limites que l'action du créancier, victime directe de l'inexécution.

Dans tous les deux cas, la faute invoquée par le tiers doit être en lien de causalité avec le préjudice qu'il a subi ».

Il ressort de cet article que d'un point de vue sémantique, il préfère le terme de *préjudice* à celui de *dommage*. Ce qui est déjà innovant.

D'un point de vue substantiel, il précise le régime de l'action en réparation fondée sur l'inexécution d'un contrat, ouverte aux tiers, victimes indirectes.

La solution proposée réalise un compromis entre les intérêts du débiteur défaillant et ceux des tiers. Elle respecte les prévisions contractuelles sans entacher le droit à réparation dont le tiers est titulaire.

D'abord, dans la proposition de l'alinéa 1er, *plus accessible*, si le tiers peut établir à la charge du débiteur, un fait générateur de responsabilité extracontractuelle, comme le veut la théorie de la relativité de la faute contractuelle, il n'y alors aucune raison de le priver de l'action destinée à faire connaître cette responsabilité.

La combinaison de ces deux dispositions confère certes un choix aux tiers victimes. Ils choisissent entre deux actions, l'une fondée sur le devoir général de ne pas nuire à autrui et l'autre sur le contrat. Ce qui implique que le premier choix, optant pour une *conception stricte de la relativité des contras*, refuse la mise en œuvre de la responsabilité contractuelle au bénéfice des tiers et requiert de leur part, pour l'octroi d'une indemnisation sur le fondement délictuel, la preuve de ce que le manquement contractuel constitue en même temps une faute délictuelle à leur égard (application de la théorie de la relativité de la faute contractuelle). Le second choix, retenant une *conception plus souple du principe relativité* permet aux tiers d'invoquer un manquement contractuel, mais à la condition d'appliquer à leur action le régime contractuel de responsabilité (application quelque peu assouplie de la théorie de l'assimilation des fautes contractuelles et délictuelle). Mais, à la différence de la solution asymétrique actuellement retenue par la Cour de cassation française (arrêt du 6 oct. 2006), il devrait en supporter toutes les conséquences et pourrait ainsi se voir opposer toutes les contraintes liées au contrat, à savoir les clauses limitatives ou élusives de responsabilité, les clauses de compétence, l'exigence de prévisibilité du préjudice, etc.

Seules les tiers victimes indirectes ont le droit à une action de nature contractuelle au regard de leur proximité avec le créancier contractuel, victime directe l'inexécution. Il s'agit là de la proposition de l'alinéa 2e qui est la plus radicale. C'est ce que l'on peut nommer *« la théorie de l'extension de l'action contractuelle ou la théorie de généralisation ou d'extension des actions directes ».* Dans le cas contraire, ils disposeront à ce moment-là, de l'option pour l'action en responsabilité extracontractuelle.

En l'absence de tout lien direct entre les contractants et le tiers, le recours à la responsabilité civile délictuelle est la principale voie reconnue à la victime. Mais pour éviter les inconvénients du régime de la responsabilité délictuelle, les tiers, victimes indirectes peuvent être soumis dans certaines circonstances à un régime contractuel auquel ils n'ont pas concouru. Et même les tiers dans le cadre des groupes de contrat peuvent aussi bénéficier ce régime contractuel. Même si le droit congolais ne connait pas encore cette notion de groupes de contrats, il est évident que sur le terrain, il s'agit d'un phénomène qui s'installe de plus en plus, et surtout dans le domaine de la construction d'immeubles.

[167] Le double sens de l'opposabilité veut que : 1. Les parties au puissent opposer le contrat au tiers (ex. cas de tierce complicité soutenue en droit belge, français et congolais) ; 2. Les tiers puissent aussi opposer le contrat aux parties (la présente étude en donne les principes moteurs de référence).

Cependant les critiques peuvent toujours être faites à l'encontre de notre prise de position, celle de l'option entre les deux ordres de responsabilités et que nous considérons comme *solution médiane* entre la théorie de la relativité de la faute contractuelle et celle assimilatrice des fautes[168].

En réalité, la critique faite à la solution proposée ne saurait concerner le principe de la non-intervention de la responsabilité délictuelle dans le domaine contractuel. Elle est beaucoup plus générale et a essentiellement pour objet de remettre en cause non pas la dualité des responsabilités dans leur essence mais uniquement dans leurs régimes.

D'ailleurs, cette unification de deux ordres de responsabilités s'applique déjà chez nous dans le domaine de transport aérien, régi par la Convention de Varsovie, laquelle la RDC a ratifié. Ainsi, en ce qui concerne le transport de personnes et notamment le transport aérien international, la situation des tiers et en particulier celle des victimes par ricochet, est identique à celle du passager contractant (l'art. 24 de la Convention de Varsovie, 12 octobre 1929)[169].

Enfin, une raison de plus de faire adhérer des partisans à la solution proposée, est le fait que l'extension de la responsabilité contractuelle au profit des tiers victimes par ricochet, bien qu'elle pourrait permettre un nivellement de leur situation sur celle des contractants, constitue seulement une action en réparation et non une réclamation de l'exécution du contrat. Les victimes indirectes n'ont pas droit d'exiger l'accomplissement de la prestation de la part du débiteur mais de se prévaloir de sa responsabilité contractuelle dans le cas où il ne l'aurait point exécutée. Ce serait une manière de respecter les principes de l'effet obligatoire et de relativité des contrats. L'innovation proposée est loin d'être parfaite, mais ses imperfections apparaissent comme étant moins graves que celles d'abandonner les tiers victimes indirectes à leur triste sort en droit positif congolais, qui dans le silence de la loi, la minime jurisprudence a pour tendance de tourner vers l'opposabilité à sens unique[170], c'est-à-dire en faveur des contractants et non des tiers. Il est souhaitable que la jurisprudence congolaise consacre une opposabilité à double sens.

4.2 DE L'INSPIRATION DU PRINCIPE DU « CONTRAT AVEC EFFETS PROTECTEURS POUR LES TIERS » DU DROIT ALLEMAND

S'agissant des tiers, le droit allemand compense le caractère restrictif de son régime de responsabilité extracontractuelle par une extension artificielle du champ contractuel au profit de certaines tierces au contrat. Cette dernière est réalisée au travers l'un des mécanismes qui tendent à combler les lacunes de la responsabilité extracontractuelle à savoir le « contrat avec effets protecteurs pour les tiers » (*Vertrag mit Schutzwirkung fur Dritte*).[171]

A partir du mécanisme de la stipulation pour autrui, la jurisprudence a créé « le contrat avec effets protecteurs pour les tiers » afin de reconnaître à certains tiers un droit à réparation en cas d'inexécution ou d'exécution défectueuse du contrat, notamment en matière de violation d'une obligation de sécurité ou d'information. La jurisprudence semble considérer qu'il s'agit là d'un mécanisme objectif, directement fondé sur le principe de bonne foi (§ 242 BGB) et retient traditionnellement trois conditions qui doivent être remplies pour qu'un tiers puisse bénéficier de l'effet protecteur[172]. Il faut d'abord que le tiers se trouve dans une situation de proximité au contrat, c'est-à-dire qu'il soit autant exposé aux risques d'une inexécution que le créancier ou qu'il ait vocation à bénéficier de la prestation fournie. Il faut ensuite que le créancier ait intérêt à ce que le tiers bénéficie de l'obligation contractuelle. Et la jurisprudence exige enfin que le débiteur puisse prévoir l'étendue de sa responsabilité et qu'il ait donc connaissance du nombre de tiers protégés.

Proximité, intérêt du créancier, et prévisibilité : ces trois conditions traditionnelles ont progressivement été assouplies, mais elles sont aujourd'hui complétées par une condition de subsidiarité qui freine considérablement l'extension du champ contractuel. En clair, au travers l'institution juridique susvisée qui est connue depuis longtemps dans ce pays, le droit allemand connaît donc en faveur du tiers des droits d'action contractuelle aussi en dehors du contrat. Mais il ne s'agit là` jamais du droit de demander l'exécution du contrat (comme c'est le cas dans la stipulation pour autrui), mais d'obligations de sécurité que

[168] Cette solution médiane que nous avons qualifiée de « *l'assimilation tempérée des fautes délictuelle et contractuelle* ».

[169] V. l'art. 24 de la *Convention de Varsovie*, 12 octobre 1929, 137 L.N.T.S. 12, et notamment la rédaction du texte tel que modifié par le *Protocole de Guatemala*, 8 mars 1971, ICAO Doe. 8932/2, et le *Protocole de Montréal* n° 4, 25 septembre 1975, ICAO Doc. 9148.

[170] La Cour suprême de justice considère que: « le principe de relativité des conventions, posé par les art. 33 et 63 du CCCL III, n'exclut pas l'*opposabilité des contrats*, considérés comme fait, aux tiers qui doivent les respecter sous peine d'engager leur *responsabilité délictuelle* sur base de l'article 258 du CCCL III »(CSJ. ,11 avril, 1979, *Bull. Arrêts*. 1984, p. 55)

[171] *MunchKomm, Gottwald, § 328, nos 96 et s*. cité par S. LORENZ, « La responsabilité contractuelle dans l'avant-projet : un point de vue allemand », in *Revue des contrats,* Paris, Janvier 2007, p.62

[172] R. WINTGEN, *op. cit*., n°316.

l'on classerait en Allemagne parmi les obligations de moyens. Ces obligations de sécurité ne vont pas non plus s'étendre simplement au tiers. Ne seront protégées que les personnes qui ont une certaine relation proche avec la partie au contrat et avec l'obligation due. Ces personnes sont celles que nous appelons « victimes par ricochet ».

Ainsi, la jurisprudence congolaise peut se s'inspirer de ce mécanisme qui semble idoine pour l'indemnisation des tiers victimes par ricochet au regard de leur proximité avec le créancier, victime directe du préjudice. Ou alors c'est au législateur d'intégrer dans le futur droit ce mécanisme au chapitre de l'opposabilité des contrats par les tiers.

4.3 VERS UN SYSTÈME D'OPPOSABILITÉ À DOUBLE SENS EN DROIT OHADA

4.3.1 DES PERSPECTIVES DE L'AVANT–PROJET D'ACTE UNIFORME SUR LE DROIT DES CONTRATS

L'avant-projet d'Acte uniforme sur le droit des obligations contractuelles pose la question de savoir s'il doit couvrir les seuls contrats commerciaux, ou l'ensemble des obligations contractuelles civiles et commerciales[173]. Il nous paraît que la limitation du domaine de cet acte aux seuls contrats commerciaux, rendrait excessivement complexe le droit des obligations contractuelles. Et M. Masamba renchérit en disant qu' « il est vrai que le Droit OHADA lorgne aussi sur les matières civiles intéressant l'entreprise, comme précisément le droit des obligations »[174]. D'ailleurs, la question de responsabilité du débiteur à l'égard des tiers victimes indirectes (ou d'opposabilité par les tiers) se pose avec acuité tant dans les contrats civils, que commerciaux. Ainsi, la présente réflexion, englobe les aspects de tous ces contrats[175].

Ainsi, s'agissant particulièrement de la solution préconisée quant à l'opposabilité du contrat, à l'opposé de notre thèse qui consacre l'opposabilité du contrat *erga omnes*, l'avant-projet d' Acte uniforme sur le droit des contrats[176] consacre cette opposabilité dans un seul sens. Tout autre est donc la solution adoptée par l'avant- projet. En effet, dans son chapitre 5 intitulé « Contenu du contrat et des droits des tiers », spécialement à la section 2e « droits des tiers » figure un article 5/10 qui parle de la relativité. Reprenant quelque peu l'article 63 du code civil livre III, l'alinéa 1 de cet article dispose que « *les droits et obligations nés du contrat n'ont d'effet qu'entre les parties* ». L'innovation est présente dans l'alinéa 2 « *la situation juridique créée par le contrat est opposable aux tiers de plein droit, sauf si la loi requiert des formalités particulières* ». Comment comprendre qu'en prévoyant dans cette partie les « droits des tiers », on ait pensé qu'à leur obligation de respecter la situation juridique créée par le contrat et non à leur droit de se prévaloir de cette situation. Il est donc nécessaire, avant d'envisager l'adoption de cet avant- projet à consacrer *l'opposabilité du contrat à double sens* (c'est à dire par les parties aux tiers et par les tiers aux parties) et non à sens unique comme c'est le cas (opposabilité du contrat par les parties aux tiers uniquement).

Il sied de rappeler que depuis que cet avant-projet est transmis au Secrétariat Permanent de l'OHADA en septembre 2004 par le professeur Marcel Fontaine, il n'a pas encore fait l'objet d'un Acte uniforme proprement dit, ce qui témoigne que la perspective d'unification des différentes législations des Etats membres n'apparaît pas d'actualité[177]. L'évidence de sa prégnance est telle que dès le début du siècle dernier déjà, Louis Josserand proclamait « nous vivons de plus en plus contractuellement »[178].

Ce qui est davantage surprenant qu'en Europe, que les Principes du droit européen des contrats ou Principales of European Contract Law (PECL), tels que formulés par la Commission Lando en vue de l'unification du droit européen des contrats, ne font aucune référence directe à la problématique de l'opposabilité des contrats aux tiers ou par les tiers. Ce constat a conduit un auteur à s'interroger sur le point de savoir si « l'assimilation de l'inexécution contractuelle à une faute délictuelle à l'égard des tiers peut être accueillie par des systèmes qui distinguent plus clairement, les fonctions de la responsabilité contractuelle et de la responsabilité délictuelle »[179].

---

[174] MASAMBA MAKELA, « L'impossible et le contrat », publié dans *les Mélanges Pougoué*, 2015, p.3, en ligne sur www.daldewolf.com/documents (03/07/2017)

[175] Pour s'en convaincre, l'affaire Myr'hoo du 6 octobre 2006 de la cour de Cassation française, largement développée dans cette réflexion, rentre dans le domaine du contrat commercial.

[176] M. FONTAINE, « Acte uniforme OHADA sur le droit des contrats, avant-projet », UNIDROIT, mai 2006,p. 21

[177] MBISSANE NGOM « Propos impertinents sur l'unification du droit général des contrats », in *European Journal of Law Reform*, 2011(3), p.441

[178] JOSSERAND Louis, op. cit., p.7

[179] REMY Philippe, « Les concepts contractuels français à l'heure des Principes du droit européen des contrats », in *Recueil Dalloz*, 2003, p. 5.

Ainsi donc, pour l'heure, dans l'espace OHADA que celui de l'Union Européenne[180], chaque État reste donc maître de sa conception de l'opposabilité du contrat et des conséquences qu'il faut en tirer. Et en dépit même des incohérences résultant de la mise en œuvre du régime délictuel, que le droit positif congolais puisse opter pour une pénétration de plus en plus mesurée du tiers victime par ricochet dans le contrat. C'est pourquoi, il convient d'interroger aussi le Projet de texte uniforme sur le droit des obligations.

4.3.2 DES PERSPECTIVES DU PROJET DE TEXTE UNIFORME SUR LE DROIT DES OBLIGATIONS

Après l'Avant-projet d'Acte uniforme sur les contrats soit entré en hibernation, des analyses ont conduit à la mise au point du « Projet de texte de droit uniforme des obligations, de la preuve et de la prescription extinctive dans l'espace OHADA ». Il s'agit d'un projet substitutif qui prendra probablement la forme d'un cadre de référence, en d'autres termes d'une *loi-type,* à la libre disposition des Etats membres de l'OHADA[181]. La Conférence des Chefs d'Etats et de Gouvernement a, en effet, décidé qu'à côté des Actes uniformes, le dispositif communautaire devra s'enrichir de cadres de référence. La méthodologie d'intégration juridique vient donc de se métamorphoser au sein de l'OHADA, en réponse aux préoccupations relatives à l'avenir de notre organisation et de son rayonnement[182].

Les solutions innovantes, même hardies, ont été retenues, mais toujours dans une démarche qui n'entraîne pas une sorte de dépaysement pour les juristes, les praticiens et les lecteurs de la vie des affaires. La sécurité juridique est avant tout l'intelligibilité du droit[183].

Comme il s'agirait d'une loi-type sur les obligations à l'instar des Principes européens des contrats, et non d'un acte uniforme qui s'imposerait immédiatement aux Etats, il est donc souhaitable que ce projet aboutisse et que la RDC s'inspire pour une législation appropriée en matière des obligations. Dans ce domaine, nul n'ignore le cadre vétuste et désuet du Décret du 30 juillet 1888 sur les contrats ou obligations conventionnelles. Donc les perspectives offertes par ce projet de texte seraient bien accueillies dans notre pays, pour autant que la plus part des solutions proposées sont acceptables. Et pour s'en convaincre contrairement à l'Avant-projet d'acte uniforme sus relevé, ce projet envisage l'opposabilité du contrat à double sens[184]. Il envisage le principe de relativité et son corollaire, l'opposabilité. Cependant le projet ne vise pas particulièrement le cas des tiers, victimes par ricochet comme on l'aurait souhaité.

Au demeurant, il faut dire que ce texte n'est encore qu'un projet rendu public en 2015. Aura-il un succès ou un échec comme l'Avant-projet de l'acte uniforme sur le droit des contrats? Jusque-là on n'en sait rien. Mais après deux années passées de silence, l'on peut relever la tendance que chaque Etat de l'OHADA veut encore rester maitre de son droit des obligations, un droit stratégique et subtil, et qui dépasse d'ailleurs la sphère de droit des affaires. Les Etats membres ne veulent pas encore abandonner leur souveraineté législative et judiciaire sur ce droit de développement.

5 CONCLUSION

Au demeurant, nous relevons que du fait de l'imbrication des relations sociales et de la circulation des richesses, bien souvent les tiers, victimes par ricochet qui peuvent se prévaloir de la responsabilité délictuelle ou contractuelle seraient en fait, d'une façon ou d'une autre, liés au contrat dont la mauvaise exécution ou la rupture abusive leur a causé un préjudice.

[180] Dans la même occurrence P. ANCEL conclut dans un de ses articles que « décidément, même si on peut concevoir, dans un avenir proche que soit mis en place un droit positif des contrats ou des obligations proprement européen, dont l'identité textuelle du droit civil en France et en Belgique pourrait apparaitre comme un lointain précurseur ; on est encore loin, dans un contexte où la formation des juristes reste essentiellement nationale, d'une science juridique européenne. Or le premier peut-il vivre sans la seconde ? » (P. ANCEL, « l'abus en droit français et en droit belge », in *Le droit des obligations dans les jurisprudences françaises et belges, op cit*, p.101)

[181] MASAMBA MAKELA, « L'impossible et le contrat, op. cit. », p.3

[182] J. ISSA SAYEGH ET P-G. POUGOUE, « L'OHADA : défis, problèmes et tentatives de solutions, communication au colloque de Ouagadougou », 2008 ; MASAMBA R., « L'optimisation du processus d'harmonisation du droit des affaires en Afrique », *Revue de Droit International et de Droit Comparé*, Bruxelles, Bruylant, n° 2-3, 2008, p. 265.,

[183] J. ISSA-SAYEGH, PG POUGOUE et M. SAWADOGO, « Projet de Texte Uniforme portant Droit Général des Obligations dans l'espace OHADA », *in OHADA*, *Fondation pour le Droit continental*, 15/avril 2015, p.6

[184] V. art. 228 et 261 du Projet de texte

Il s'agit là d'une prise de position qui veut que les parties au contrat puissent être responsables de leurs agissements à l'égard des personnes autres que celles qui appartiennent au cercle étroit du contrat. C'est une position qui est donc révélatrice de la modification de l'analyse des relations contractuelles en ce sens qu'elle déroge au principe de relativité du contrat. On peut affirmer que le contrat n'a plus pour objet la seule satisfaction des attentes exprimées par les parties mais répond aussi à un objet social. Il apparait de ce point de vue moins comme ayant un enjeu restreint participant d'un ensemble des volontés individuelles que comme étant pourvu d'un enjeu global c'est-à-dire une fonction d'organisation sociale.

Des principes controversés de stipulation pour autrui implicite, de la relativité des fautes contractuelle et délictuelle et celui de l'identité de ces fautes ; nous avons dégagé la théorie de l'assimilation tempérée des fautes, qui semble idoine en droit congolais de la responsabilité. Cette théorie devrait fonder l'action à réparation du préjudice par ricochet contractuel. Par conséquent, les victimes indirectes, étant proches auront le droit d'opter entre le terrain délictuel ou contractuel. Le terrain contractuel se justifie par « la théorie de généralisation de l'action contractuelle, ou de l'action directe ». En outre, si notre Droit devrait s'inspirer de la théorie allemande du « contrat avec effets protecteurs pour le tiers », c'est aussi souhaitable. Il en est de même de la conception en droit OHADA des obligations du principe d'opposabilité du contrat en double sens. Ces mesures devraient s'accompagner d'une bonne interprétation et d'une bonne adaptation des situations par le juge congolais.

REFERENCES

[1] P. JOURDAIN, *Les principes de la responsabilité civile*, 9e éd., Dalloz, Paris, 2014, p.1

[2] KALONGO MBIKAYI, *Droit civil*, t.1, *Les obligations*, éd. univ. Afr., Kinshasa, 2012, p. 209

[3] CSJ., RP 159, 26 sept. 1978, *Bull. Arr*., 1979, p.100. ; Léo. 28 septembre 1954, *R.J.C.B* 1955 p. 89 ; Elis. 17 mai 1960, *R.J.C.B* 1961 p. 13 ; Elis 26 mai 1964, *R.J.C.B* 1964, p. 179. ; J. DUPICHOT, *Des préjudices réfléchis nés de l'atteinte à la vie ou à l'intégrité corporelle*, LGDJ, Paris, 1969, p. 12 et s.

[4] NAJAT ABARKAN, « L'indemnisation de la rupture brutale de relations commerciales établies », Mémoire de Master II, Université de Montpellier I, 2014, p. 7

[5] D. HUME, *Treatise, Works*, II, p.293, cité par A. HAYEK Friedrich, *Droit, législation et liberté. Une nouvelle formulation des principes libéraux de justice et d'économie politique* (trad. de l'anglais par R. Audouin, revue par P. Nemo), Quadrige, PUF, Paris, 2013, p.376 et s. V. aussi, B. BACHOFEN, *Le libéralisme au miroir du Droit : L'Etat, la personne, la propriété*, ENS éditions, Paris, 2008, p.155 et s.

[6] L. DUGUIT, d' après J. WALTER JONES, *Historical Introduction to the Theory of law*, Oxford, 1940, p.114 cité par A. HAYEK Friedrich, *op. cit*., p.400

[7] J-M. TAWALI, « Essai sur la justice contractuelle. Contribution à l'étude des fondements théoriques de la protection de la partie vulnérable », Th., Université de LAVAL, Québec, 2015, 568 p.

[8] F. COLLART DUTILLEUL, « Quelle place pour le contrat dans l'ordonnancement juridique », dans C. Jamin et D. Mazeaud (dir.), La nouvelle crise du contrat, note 1, p. 226, cité par TAWALI, op. cit., p.8

[9] M. El GHARBI, « Justice contractuelle et liberté de la volonté : un rapport problématique », (2005) 1 R.R.J. 167., cité par J-M. TAWALI, op. cit., p.8

[10] NAOKI KAYANAMA « La liberté contractuelle, un droit de l'homme ? », in *Le Code civil et les Droits de l'homme*, *op. cit.,* p.159

[11] M. PLOUVIEZ, « Les fonctions du contrat. La notion de solidarité contractuelle selon Durkhein », in *Repenser le Contrat*, *op. cit*, p. 99

[12] R. SAVATIER, « Le prétendu principe de l'effet relatif des contrats, op. cit. », p. 525.

[13] C. BERNAT, « Réflexions sur l'extinction de la notion de « groupes de contrats » et le renforcement corollaire du principe de l'effet relatif des conventions », en ligne in cedricbena.fr.

[14] L. LETURMY, « La responsabilité délictuelle du contractant », *RTD Civ*, Paris, 1998, p. 839.

[15] Gand, 9 mars 1950, in *Rev. Crit. Jur. Belge*, 1951, p.21

[16] P. JOURDAIN, « Vers l'abandon de la stipulation pour autrui tacite au bénéfice des proches de la victime directe », in *RTD*, Paris, 2004, p.96.

[17] R-N. SCHUTZ, *Les recours du crédit-preneur dans l'opération de crédit-bail : la théorie générale des obligations à l'épreuve d'un groupe de contrats, op. cit.,* p.277

[18] J. PINEAU, « A propos de l'affaire Marier », in *La Revue de Droit de Mcgill,* Vol 26 :3, Québec, 1981, pp. 563 et s.

[19] I.MARCHERSSEAUX VAN MELE, « L'opposabilité du contrat aux tiers », *in Les effets des contrats à l'égard des tiers, comparaisons franco-belges, op cit*, p.91 et s.

[20] WERY Patrick, « les conditions de la coexistence des responsabilités : quid du recours de l'organe de la société créancière contre le cocontractant de celle-ci? » note sous Cass(be), 25 oct. 2012, *R.G.D.C.*, 2015, pp.563 et s.

[21] P. JOURDAIN, « Faute délictuelle et manquement contractuel : des relations complexes. Illustration à travers les fautes délictuelles de l'entrepreneur et du mandataire », *RTD. Civ*. 1995, p. 895 et *RTD civ*. 2005, p. 602.
[22] Ph. REMY, « La responsabilité contractuelle, Histoire d'un faux concept, op. cit. » , p. 323 et s.
[23] H. GROUTEL, note sous Cass(fr) Com., 5 avril 2005, Responsabilité civile et assurances, juin 2005, n° 174.
[24] KALONGO MBIKAYI, *Droit civil, t. 1, Les obligations, op. cit.,* p.278
[25] R. JAFFERALI, « Les effets internes et externes du contrat » Rapport belge*, Association Henri Capitant, journées panaméennes,* 18–22 mai 2015, p. 87, *in www henricapitant.org/storage/app/media/pdfs/evenements/les tiers 2015/ Belgique3. Pdf,*
[26] J-P. TOSI, « Le manquement contractuel dérelativisé », in *Ruptures, mouvements et continuité du droit,(sous la direction de M. Gobert*), Economica, Paris, 2004, p. 478 et s.
[27] G. WICKER, « La sanction délictuelle du manquement contractuel ou l'intégration de l'ordre contractuel à l'ordre juridique général », *Revue des contrats,* Paris,2007, p.593, n° 2.
[28] C. BERNAT, Réflexions sur l'extinction de la notion de « groupes de contrats » et le renforcement corollaire du principe de l'effet relatif des conventions, op. cit., n°8
[29] L. SIMONT et A. BRYNEEL, *La responsabilité extracontractuelle du donneur de crédit en droit comparé*, op. cit., op. cit., pp. 112 et s
[30] L.MANTEAU*, Les contrats en agriculture*, *op. cit*., pp. 326 et s.
[31] NAJAT ABARKAN, op. cit., pp.65 et s. ; B. FAGES, *Droit des obligations, op. cit*., pp.310 et s. ; SAIDANI HARIZ, « La rupture du contrat », op. cit., p.3 et s. ;
[32] B. DAPOGNY, *Les droits des victimes de la médecine*, *op. cit*., pp. 302 et s. ; LOPEZ G. et BORNSTEIN S., *victimologie clinique*, éd., Maloine, Paris, 1995, 348 p. ; G. GENICOT, « Le nouveau régime belge d'indemnisation des dommages résultant de soins de santé », *op. cit*., p. 290
[33] P. JOURDAIN, « La faute délictuelle identifiée à la faute contractuelle » in *RTD civ.*, 2001, p.146 ; Ph. DELEBECQUE, « Toute faute contractuelle est-elle ipso facto une faute quasi-délictuelle à l'égard des tiers ? », Dalloz, 2001, p. 2234.
[34] Ph. DELEBECQUE, *Recueil Dalloz*, 2001, sommaires commentés n°28
[35] M-N. COURTIAU, « Responsabilité contractuelle et inexécution : pour une autonomie de la responsabilité contractuelle », Thèse, Paris I, 2001
[36] J. Zoé, « Payer, réparer, punir. Étude des fonctions de la responsabilité contractuelle en droit français, allemand et anglais », op. cit., p. 21
[37] VAN RYN J., *Responsabilité aquilienne et contrats en droit positif*, Sirey, Paris, 1933, n° 196 et s.
[38] O. GOUT, « le cumul des responsabilités contractuelle et extracontractuelle en droit belge et en droit français : de la genèse aux perspectives d'évolution », *op. cit.*, p.143
[39] J. HUET, « Responsabilité contractuelle et délictuelle : essai de délimitation entre les deux ordres de responsabilité, op. cit., n°593 et s.
[40] P. WERY, « le contrôle judiciaire relatif aux clauses applicables à un manquement contractuel : un contrôle aux multiples facettes », in *Théorie générale des obligations et contrats spéciaux. Questions choisies*, *op. cit*, p.178
[41] A. BANZA ILUNGA et V. MWAPE NGOSA, « Les clauses élusives de responsabilité dans les contrats de fourniture d'énergie électrique : comment sauvegarder les intérêts des consommateurs ? », in *Le Point*, Lubumbashi, octobre 2013, p.232
[42] C. LACROIX, Les Petites Affiches, 2007, n°16, p.16
[43] P. RICOEUR, « Le concept de la responsabilité. Essai d'analyse sémantique » *in Le Juste,* éd. Esprit, Paris, 1995, p.41.
[44] L. CADIET, *op. cit.*, p.506 ; M. DEGOFFE, *Droit de la sanction non pénale*, *op. cit., p*. 12 et s. ; J. GAZZANICA, « Les métamorphoses historiques de la responsabilité *», op. cit*., pp.4 s.
[45] J. CARBONNIER, *Droit civil*, Vol. 2, 1e édition, « quadrige », Paris, 2004, p.2412.
[46] KARPIK L., « être victime, c'est chercher un responsable », *Le Monde*, 22/23 août 2004, p.5.
[47] J. CARBONNIER, *Droit et passion du droit sous la Ve République*, Flammarion, Paris, 1995, p. 121 et s. cité par D. DENIMAL, « La réparation intégrale du préjudice corporel : réalités et perspectives, op. cit. », p.21
[48] Ph. LE TOURNEAU, *Droit de la responsabilité et des contrats, op. cit*., p.414
[49] LABRUSSE-RIOU C., « Entre mal commis et mal subi : les oscillations du droit », dans *La responsabilité. La condition de notre humanité*, Autrement, « Séries Morales », n° 14, 1994, p.94 et s. cité par Ph. LE TOURNEAU, *op. cit.,* p.414
[50] J-F. FLAUSS et E. LAMBERT ABDELGAWAD, « L'indemnisation du dommage par la Cour européenne des droits de l'homme et ses effets sur le droit français », Rapport réalisé avec le soutien de la Mission de recherche Droit et Justice, septembre 2009, cité par G. VINEY et P. JOURDAIN, *op. cit.*, p.4
[51] *MunchKomm, Gottwald, § 328, nos 96 et s*. cité par S. LORENZ, « La responsabilité contractuelle dans l'avant-projet : un point de vue allemand », in *Revue des contrats,* Paris, Janvier 2007, p.62
[52] MASAMBA MAKELA, « L'impossible et le contrat », publié dans *les Mélanges Pougoué*, 2015, p.3, en ligne sur www.daldewolf.com/documents (03/07/2017)

[53] M. FONTAINE, « Acte uniforme OHADA sur le droit des contrats, avant-projet », UNIDROIT, mai 2006,p. 21
[54] MBISSANE NGOM « Propos impertinents sur l'unification du droit général des contrats », in *European Journal of Law Reform*, 2011(3), p.441
[55] MASAMBA MAKELA, « L'impossible et le contrat, op. cit. », p.3
[56] J. ISSA-SAYEGH, PG POUGOUE et M. SAWADOGO, « Projet de Texte Uniforme portant Droit Général des Obligations dans l'espace OHADA », *in OHADA*, *Fondation pour le Droit continental*, 15/avril 2015, p.6

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 617-632
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Prioritization of Construction and Assembly Based on Commissioning Systems on FPSO Platforms

Marques Marcel[1], Duailibe Paulo[2], Morano Cássia[3], Matsumoto Roger[4], and Machado Cíntia[5]

[1]Department of Professional Master Degree in Industrial Assembly,
Universidade Federal Fluminense,
Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

[2]Department of Professional Master Degree in Industrial Assembly,
Universidade Federal Fluminense,
Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

[3]Department of Professional Master Degree in Industrial Assembly Universidade Federal Fluminense,
Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

[4]Department of Professional Master Degree in Industrial Assembly Universidade Federal Fluminense,
Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

[5]Department of Ports, Mechanical Engineering and Production Engineering Centro Federal de Educação Tecnológica
(CEFET/RJ) (COOPE), Itaguaí, Rio de Janeiro, Brazil

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Commissioning sector has been trying to implement the prioritization of the equipment's, instrumentation and piping installation and assembly activities based in its systems and subsystems. In general, the prioritization of these activities is carried out differently between the Construction and Assembly sector and the Commissioning sector. Thus, this work aims to analyze which of these prioritization approaches is the most effective in terms of project final delivery time, as it is verified that there are many conflicts regarding the prioritization of these activities between these two sectors. That said, it's important to state that the Construction and Assembly sector prioritizes the quantitative measurement of a certain period of work aiming financial responses, while the Commissioning sector prioritizes activities that are really essential and that impact the deployment of the FPSO (Floating Production Storage and Offloading) platform, so that it can start the process of obtaining the first oil. Hence, for the accomplishment of this work, the Experimental Study Method was used, in which 5 common subsystems between 2 similar FPSO platform projects were analyzed. In each case the prioritization of the installation and assembly activities of the equipment, instruments and pipes was elaborated respectively by the Construction and Assembly sector (project A) and by the Commissioning sector (project B). Comparative rundown curves were generated between projects A and B, where the manpower allocation efficiency generated by the Commissioning through the priority systems was verified.

KEYWORDS: Construction; Assembly; Conditioning; Commissioning; System and Subsystems; FPSO; Mechanical Completion.

1 INTRODUCTION

Despite the current situation of political and economic conflicts at both the national and international levels, proven reserves (properly proven geological studies for pre-salt oil extraction) on Brazilian soil are a reality that requires an increasing demand for construction and assembly projects within the Oil and Gas segment, which will tend to increase in the medium and long term. Among these projects, FPSO (Floating Production Storage and Offloading) is one of the most used for oil exploration

Corresponding Author: Marques Marcel

in Brazil, as it continues to innovate its construction methods in order to be able to quickly and efficiently deliver the asset to the end customer, without compromising its constructability. That said, offshore construction and assembly enterprises, which in the present study is an FPSO, are subdivided into the following stages: basic design, FEED, detailed design, supplies or procurement, construction and assembly, conditioning or pre-commissioning, commissioning and final delivery.

In order to approach the commissioning work area and forms of FPSO platforms, it is necessary to first deal with the Construction and Assembly phase that "Is the phase of an industrial enterprise characterized by the pre-assembly, construction and assembly of equipment, systems and facilities" [1]. It is at this stage that the contracted company responsible for carrying out the assembly of the equipment begins its field activities. In the specific case of this work, it is related to the Construction and Assembly project and integration of structure, equipment / instruments, pipes, cables, among other items, of the FPSO platform modules. It should be emphasized that integration is understood as one of the processes necessary to ensure that several elements of the project are properly coordinated [2]. However, these items can only be considered mechanically complete when a series of requirements are met, among them are all the Construction and Assembly actions that were foreseen in the project and must have been completed and duly certified (without impediments, ie, "A" pendency). The impediments are those pendency's generated during assembly, for instance, of an equipment that somehow still encounters conditions that directly affect the safety of those who will operate it or even its own functionality and that of the process plant itself. After these aforementioned actions, an item of a certain subsystem can be considered mechanically complete by the Construction and Assembly sector.

In the case of the Commissioning, the first plans took place after World War II and come from the great increase of industrial production and the need to create mechanisms that would, in a certain way, guarantee a delivery date for the new plants. These plans were generated to allow and guarantee the transition from the plant performance test period to the operational period, within the deadline and quality required in the project [3]. Guimarães [4] brings a very detailed commissioning definition where it says that it is a structured set of knowledge, practices, procedures and skills simultaneously employed to a facility, focusing at making it operational according to the desired performance requirements, having as main objective to ensure the transfer of the installation from the manufacturer to the operator in a fast, orderly and safe way, certifying its operability in terms of performance, reliability and traceability of information. NORSOK Standard [5] complements this understanding in a very concise manner, ensuring that Commissioning is the functional verification of equipment and facilities that are grouped into systems, being started soon after conclusion of the Mechanical Completion of a system or part of it (subsystem). According to this same understanding, however, bringing a concept that is directly and explicitly addressed to the delivery of the enterprise to the final customer, we have another definition that says that Commissioning is "The well-planned, documented and managed engineering follow-up aimed at starting and transferring the utilities, systems and / or equipment to its respective final user, under satisfactory operational and safety conditions, taking into account the project requirements and their expectations " [6]. Applying these concepts to ships in a general way, since this paper deals with FPSO-type Commissioning, we have the explanation that historically, the term Commissioning refers to a series of preparation activities to ensure that ships would not face any operational failure during their lifetime. [7]. Souza [8] complements such information by stating that a ship must undergo several stages during the so-called Commissioning process, and in the course of which several equipment are installed and tested, problems are identified and corrected, and the crew is extensively trained. In this context, the conditioning or pre-commissioning and commissioning phases require special attention, as they will ensure the functional and safe operation of the whole enterprise. Therefore, the conditioning and commissioning phases occur during and, mainly, after the construction and assembly phase. At this phase, all the systems and subsystems of the plant are tested and parameterized in order to make it operational and safe, with all its functionalities working according to the established in the detailed design. Gandra [9] presents a very broad scope of commissioning, and its concept is very current, as can be seen in Figure 1:

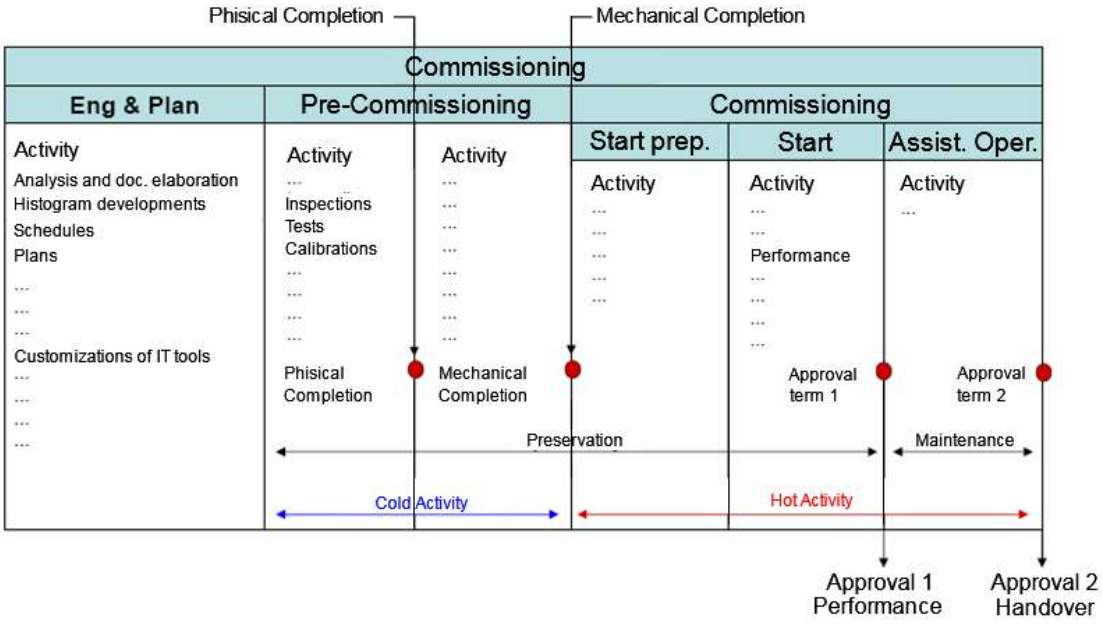


Fig. 1. Understanding Commissioning as a project phase [9]

Although widely applied by the construction and assembly industry, Commissioning presents itself as a potential research area, as it can be verified that there are few academic studies focused on this subject. One of the problems encountered at the commissioning of a plant is the prioritization of what should be commissioned. Often what happens is the commissioning of equipment or systems which will be used only at later stages, leaving behind systems or equipment that really should be prioritized at the moment, resulting in time loss. What generally occurs between the Construction and Assembly and Commissioning sectors is that, during the construction phase of the platform, the form of measurement occurs differently between these sectors. In the case of the Construction and Assembly sector, the measurement is performed according to quantitative parameters with a financial focus, while in the commissioning sector it is performed according to systems and subsystems for installation and assembly of equipment, instruments and piping. In this later case, the focus is on the quickest possible release of the platform. One way for the Commissioning sector to carry out its measurement is by proving that the so-called cold tests (Cold Commissioning) have been completed. These can be defined by "the set of measurements and tests of meshes only with the control tension, that is, without the working tension, in order to let the equipment of a system / subsystem in condition to come into operation" [3]. However, in order to be able to perform this type of test, all equipment / instruments relative to the same subsystem must be assembled by the Construction and Assembly sector in order to close a certain set of equipment / instruments (called a blank test for electrical items, loop test regarding instrumentation and test pack for piping), being that this often happens in a partial way, that is, not all of the items needed to perform these tests are properly assembled. This can occur for several reasons, but the most recurring reasons in the industrial sector is the lack of material (which was not prioritized by the Construction and Assembly sector to the supply sector) or even the assembly of a missing item. Often the Construction and Assembly sector doesn`t have financial interest in this activity at that time of the construction, resulting in a delay in the commissioning services due to the lack of mechanical complementation of the priority items for the Commissioning sector.

Due to these two distinct ways of directing manpower, the objective of this work is to compare the prioritization of systems and subsystems in the activities of installation and assembly of equipment, instruments and piping of an FPSO platform generated by the Commissioning sector, with activities prioritized by the Construction and Assembly sector, with the purpose of putting it into operation more efficiently in the deadline of the enterprise. This work only covers the final phase of module integration, until deployment of the FPSO platform from the dockyard. Thereby, it`ll be demonstrated through experimental studies applied to 5 priority subsystems of 2 similar FPSOs, which of the methods of directing labor in FPSO platforms projects, implemented by the Construction and Assembly and Commissioning sectors, is more effective regarding the deadline for the final delivery of the enterprise to the client. Each of these 2 methods was applied in a distinct FPSO project, the one used by the Construction and assembly sector denominated project A and the one applied by the Commissioning sector denominated project B.

2 METHODS

This research was based on an experimental methodology consisting of an empirical investigation that has as main objective the hypothesis testing which seeks to establish cause-and-effect relationships by direct manipulation of the variables related to the study object, seeking, in this way, to identify the phenomenon causes [10]. Project A was considered as the control group for the application of this method, where the labor directing was taken accordingly to the Construction and Assembly sector, and project B was considered the experimental group once it was where the Commissioning methodology was employed.

2.1 SAMPLING

The sample is a convenient portion of the universe (population); It`s considered to be an universe subset [10]. The nonprobability sampling method was employed, because it was the best fit to the way which the raw data were analyzed. This way, five subsystems considered of high importance for obtaining the first oil in these two projects were selected for analysis. The analysis was carried out by comparing progress rundown curves. Then, Malhotra [11] tells us that non-probabilistic sampling relies on the researcher's personal judgment and does not rely on probability to choose the sample elements. For the mentioned author, the researcher may select the sample arbitrarily, based on convenience, or make a conscious decision about which elements should be included in the sample. This research was based on intentional nonprobability sampling, in which the elements are selected based on the researcher`s personal judgment [12]. Gil [13] reiterates that this type of sampling consists of choosing a subgroup of the population which, based on the available information, can best represent the whole. However, the researcher needs to have a good knowledge of the type of subgroup selected. Nonetheless, if it does not have this knowledge, it is necessary to formulate hypotheses, which, in a way, compromises the representativeness of the sample.

2.2 VARIABLES, DELINEATION AND RESEARCH CLASSIFICATION

The two methodologies to be analyzed were used as independent variables, one in each different group i.e., the Construction and Assembly methodology was applied in the control group, considered in Project A, and the Commissioning methodology was applied in the experimental group, considered in Project B. With this, the dependent variables, whose effects were produced by the independent variables, are the delay or advance in pre-commissioning and commissioning activities, generated by the correct or inappropriate labor directing focused on the priority systems for the realization of the FPSO first oil.

Regarding the research delineation, this study can be considered as quasi-experimental, since the study has the control of two applied independent variables. Therefore, the quasi-experimental delineations bring together the study in which there may or may not be direct or indirect manipulations of the independent variables [12].

On the classification of the research, it can have its nature divided into two basic types, qualitative and quantitative, and also a mixture of these two research types [12]. Reiterating the importance of using the union of these two classifications, we have the assertion that "quantity and quality are immanent characteristics of all objects and phenomena and are interrelated" [13].

2.3 ADVANCE CONTROL SOFTWARE FOR CONSTRUCTION AND ASSEMBLY AND COMISSIONING SECTORS

All Construction and Assembly, Conditioning and Commissioning activities must be registered in some way. In the past, these records were done manually on sheets of paper, but today there are several types of software (database) that manage the activities and their results. Some of these programs are developed for general purposes, i.e., they may be used by several different companies, and others are customized to meet the particular needs of a singular company. Generic management systems are usually cheaper than custom systems, but they involve other costs that the customized ones do not require. NORSOK Standard [5] informs that these management systems, called PCS (Project Completion System), are computerized systems developed for the management of Mechanical Completion, Commissioning, Pending List and Preservation electronic documentation, organized by systems, subsystems, operation area, suppliers packages commissioning, the mechanical completion of these packages and / or by individual tags. This makes them essential for registration of the Construction and Assembly and Commissioning activities at all industrial enterprise. To better understand the steps within this kind of software, it is possible to visualize in Figure 2 the Mechanical Completion and Commissioning flow of a system and / or subsystem.

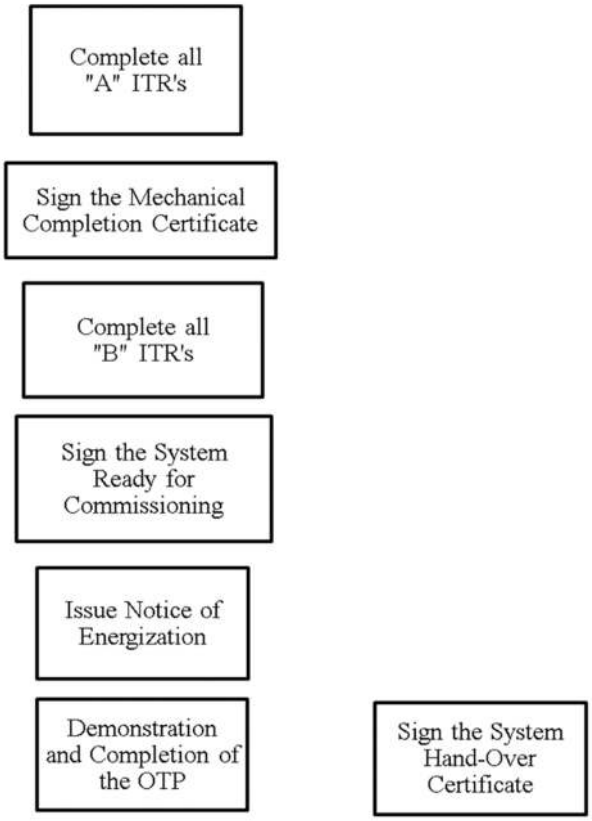


Fig. 2. Mechanical Completion Flow for Commissioning

Source: The author

2.4 RUNDOWN CURVES

During the execution of an enterprise, the manager`s main concerns are, among others, the cost reduction, project deadline and increase in productivity. To assist in the analysis of these and other variables, there are some advance and control tools. One of these tools is known by S-Curve, which is one of the most used resources among professionals working with industrial projects. This tool assists managers in controlling the progress of the project as a whole and also helps them to analyze each separate stage. Stonner [14] explains that the S-Curve is an excellent way of monitoring and managing information because it allows to compare, along its course, the progress made with what was foreseen, detects deviations and projects deadlines for the eventual re-scheduled services. Silva Filho and Miranda [15] says that the S-Curve, so called by its usual shape, allows programming and control of the production and available resources, especially the manpower and man-hour. Because of its objectivity, it is widely used and considers the percentage weight of each item, according to the adopted unit. Among the advance curves, there is also the so-called Rundown Curve, which is an unfolding of the S-Curve. Stonner [16] says that the Rundown curves are similar to the conventional advance Curves, but instead exhibit a decreasing shape. They are widely used to demonstrate the consumption of some contingency reserve.

However, in the present work, these curves will be applied to assess completion of the Construction and Assembly check sheets, Explosion proof equipment / instruments (Ex) and Pre-Commissioning which are incomplete over a given period of the project until the project deadline using the program Microsoft Excel 2010 as a database. And, in order to assist in the generation of these curves, it is important to perform data leveling once two different projects are being compared, even though they are very similar throughout the same phases of the project, each one has a different number of items to be installed, assembled or pre-commissioned during this period. In order to start a comparative Rundown curve it is ideal that the quantity of items to be compared starts from the same point, i.e., it has the same amount to be evaluated. Considering this information, a leveling formula of Project A, which had a larger quantity of items to be completed at this stage of the Project, was generated and applied, making it possible to evaluate the progress of this project in a proportional way and not simply a completion analysis of each item. For a better understanding of this scenario, formula (1) presents a mathematical way from which one can deduce such leveling:

$$\mathrm{Lev}_{\mathrm{proj.A}} = \left(\frac{\mathrm{Tpw1}_{\mathrm{proj.B}}}{\mathrm{Tpw1}_{\mathrm{proj.A}}}\right) \cdot \mathrm{Tpw2}_{\mathrm{proj.A}} \quad (1)$$

Where:

$\mathrm{Lev.}_{\mathrm{proj.A}}$ = Leveling of pending items at Project A.;

$\mathrm{Tpw1}_{\mathrm{proj.B}}$ = Total pending items at week 1 in Project B;

$\mathrm{Tpw1}_{\mathrm{proj.A}}$ = Total pending items at week 1 in Project A;

$\mathrm{Tpw2}_{\mathrm{proj.A}}$ = Total pending items at week 2 in Project A.

3 PRESENTATION OF PROJECTS A AND B

3.1 PROJECT A CHARACTERISTICS

Petrobras granted a group of Offshore Oil and Gas companies the lease and operation of this FPSO unit for a period of 20 years. One of these companies was responsible for designing, building and commissioning this platform as an EPC contractor (Engineering, Procurement and Construction). This floating unit was installed in the Sapinhoá field, in the Santos Basin pre-salt, 310 kilometers from the coast. Following are some information about this FPSO features:

a) Production capacity: 150 thousand bpd (barrels per day);

b) Natural gas treatment capacity: 6 million m³ / day;

c) Storage capacity: 1.6 million barrels of oil;

d) Accommodation: 140 people;

e) Water depth: 2,140 meters;

f) Original hull type: converted from an oil tanker at CXG shipyard, China;

g) Injection water treatment: 180 thousand barrels / day.

The gas unused for reinjection in the field will be disposed of by a specific gas pipeline to the Monteiro Lobato Gas Treatment Unit (UTGCA), located in Caraguatatuba, on the coast of São Paulo. Nine producing wells and seven injector wells will be connected to this FPSO.

3.2 PROJECT B CHARACTERISTICS

According to information provided by the Petrobras website (Dec. 2015), the company granted a group of Offshore Oil and Gas companies the lease and operation of this FPSO unit for a period of 20 years. One of these companies was responsible for designing, building and commissioning this platform as an EPC contractor. This floating unit was installed in the Lula field (Tupi Northeast area), in the Santos Basin, 250 kilometers from the coast. Following are some information about this FPSO features:

a) Production capacity: 150 thousand bpd (barrels per day);

b) Natural gas treatment capacity: 6 million m³ / day;

c) Storage capacity: 1.6 million barrels of oil;

d) Accommodation: 180 people;

e) Water depth: 2.20 meters;

f) Original hull type: converted from a Very Large Crude Carrier (VLCC) tanker at the CXG shipyard in China;

g) Injection water treatment: 200 thousand barrels/day.

The full scope of the Lula Central project includes 18 wells, nine of which are producers, four WAG (water and gas) injectors and five water injectors.

3.3 Different Characteristics Between Projects A And B

These two floating units have very similar design features, but they are not 100% equal. There are some small differences between them that will be listed below:

a) The existing H_2S removal unit in Project A has been replaced by a second VRU (Vapor Recovery Unit) in Project IV;

b) The configuration of the risers is a bit different from one project to the other;

c) The water injection system increased from 180,000 barrels per day in Project II to 200,000 barrels per day in Project IV;

d) The platform hull is simple In Project A, while in Project B it uses double hull.

4 Application Of Methodologies In Projects A And B

This chapter presents the application of the Rundown curves in five high priority subsystems for the FPSO deployment from the dockyard, and the results between planned and executed for the projects A (control group) and B (experimental group) were evaluated in each of these subsystems. At the end of this section, it is presented a summary of the analyzes performed in the other 4 subsystems.

4.1 Heating Medium system

According to the operating procedure for the heating system, developed by the featured company, this structure installed in an FPSO is mainly driven by the Residual Heat Recovery Units, which are designed to recover residual heat from the exhaust gases produced at the gas turbines and using them to heat the system, providing a constant temperature of 130^{o}C to the FPSO consumers. The heating system has an approximate capacity of 90m3 of fresh water, inhibited with a design temperature and pressure of 160^{o}C and 17.2 bar, respectively. However, the tube bundle of the heat exchanger for this system is designed to withstand up to 560^{o}C.

This system is composed of some equipment and instruments that are of vital importance for its operation, such as:

a) 1 expansion vessel;

b) 3 electric centrifugal pumps responsible for the circulation of the system;

c) 3 waste heat recovery units;

d) 1 heat exchanger;

e) 3 waste collection baskets (protection for centrifugal pumps);

f) Various consumers and temperature controllers.

4.1.1 Control Group – Project A – Heating Medium System

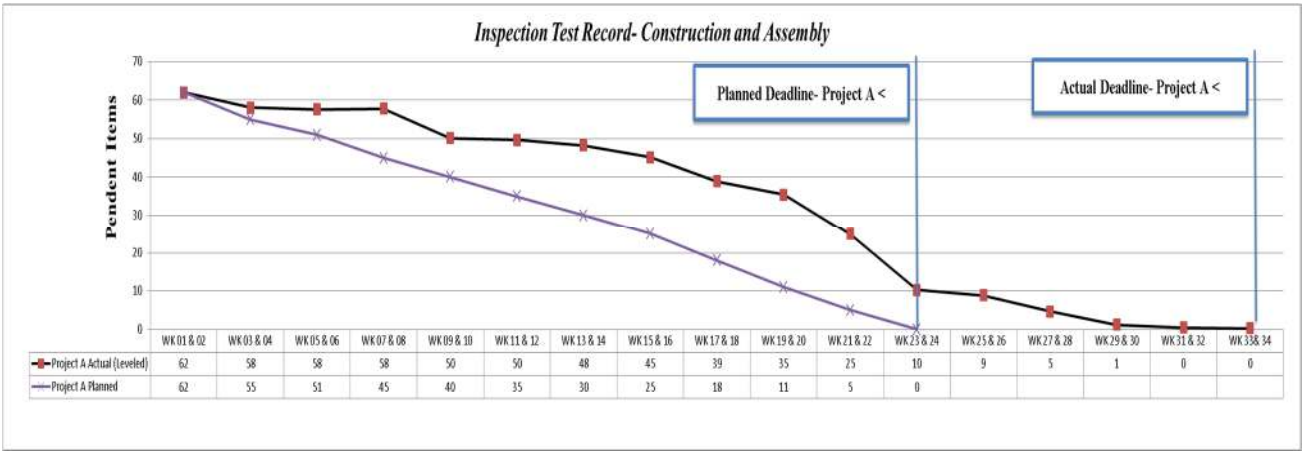
This was the group where the method of directing the manpower into the heating system was applied by the Construction and Assembly sector.

4.1.1.1 Construction and Assembly

At the beginning of the integration phase of the project, the quantity of pending items to be carried out during this phase was analyzed through item checklist. It was considered pending item the ones which were incomplete at this stage as to the remaining time for completion of the works final phase. In order to complete all pending issues of this subsystem, a Planned and Actual Rundown curves were generated containing the quantity of pending items to inform the Construction and Assembly sector how many of these items should be completed per day to achieve the project objective in that subsystem deadline.

In this case, there were 266 pending items in the referred subsystem during this stage, however, after leveling with Project B, this number decreased to 62, thus matching to the Actual Curve start point. For this project, all its final activities were planned to be carried out in 23 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the

Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was planned versus the Actual results, as shown in Figure 3 below.



	WK 01 & 02	WK 03 & 04	WK 05 & 06	WK 07 & 08	WK 09 & 10	WK 11 & 12	WK 13 & 14	WK 15 & 16	WK 17 & 18	WK 19 & 20	WK 21 & 22	WK 23 & 24	WK 25 & 26	WK 27 & 28	WK 29 & 30	WK 31 & 32	WK 33& 34
Project A Actual (Leveled)	62	58	58	58	50	50	48	45	39	35	25	10	9	5	1	0	0
Project A Planned	62	55	51	45	40	35	30	25	18	11	5	0					

Fig. 3. Heating Medium System – Construction and Assembly Planned x Actual curves – Project A.

Source: Author

It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Construction and Assembly.

The two curves started with 62 pending items in week 1, showing little evolution until week 5. From week 6 onwards, it was achieved more significant progress, which continued up until week 23. Thereafter, the progress once again became slower, and maintained the slow pace until the completion of activities, which occurred only at week 32.

As a result, Project A's Construction and Assembly activities were delayed by 8 weeks, that is, approximately 56 days compared to what was planned at the beginning of the project's integration phase.

4.1.1.2 EXPLOSION PROOF EQUIPMENT / INSTRUMENTS

In order to initiate activities on explosion-proof equipment and instruments, it is necessary that the Construction and Assembly items check sheets have been completed and included in the Completions database, as shown previously in figure 2 (Chapter 2). In this case, there were 128 pending items prior to the application of the leveling. The leveling formula (1) was then applied and this number was reduced to 13, which can be compared later with the Actual curve. For this project, it was planned to carry out all its final activities within 23 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was Planned versus the Actual results, as shown in Figure 4 below.

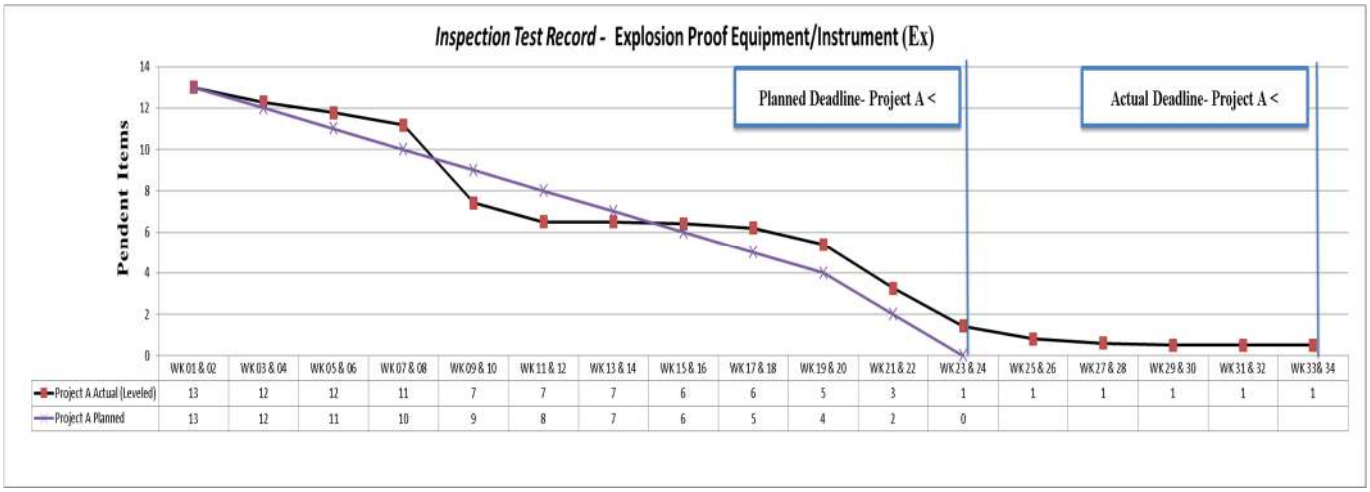


Fig. 4. Heating Medium System – Planned x Actual Curves for the Explosion Proof Equipment/Instrument – Project A

Source: Author

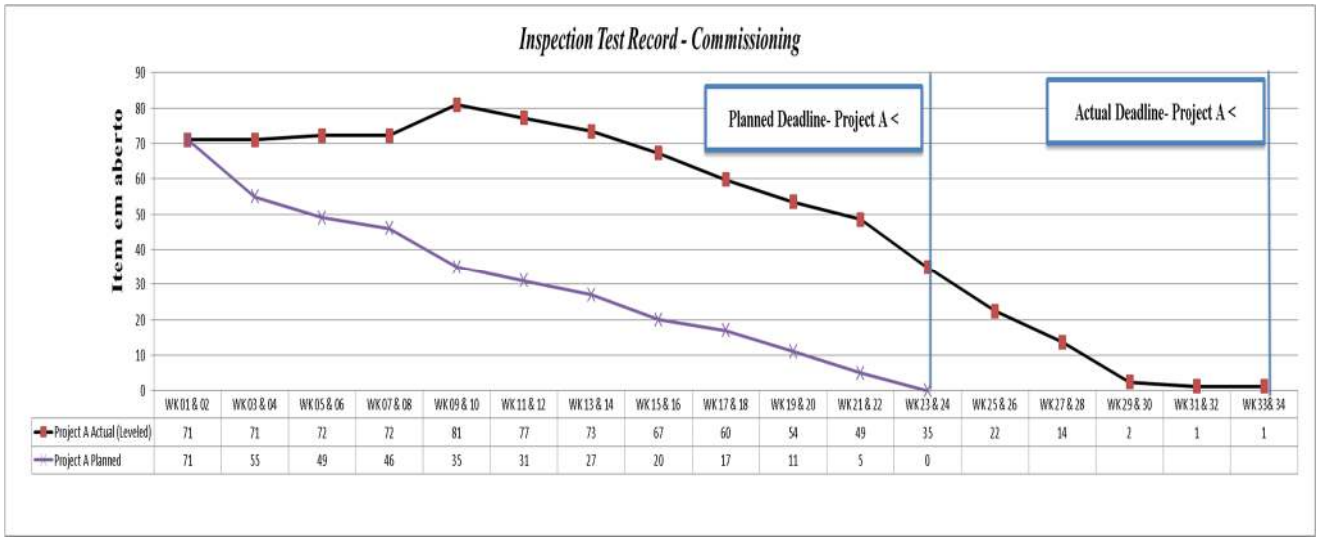
It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Construction and Assembly.

Both curves started with 13 pending items at week 1, showing little evolution until week 7. From week 8 onwards, it was achieved more significant progress, which continued up until week 10. Thereafter, the progress once again became slower, up until week 20. After this week, the progress was faster but, again, stagnated at week 26 remaining with a pending item up until the deadline at week 34.

As a result, Project A's Explosion Proof Equipment/Instrument were delayed by 11 weeks, that is, approximately 77 days compared to what was planned at the beginning of the project's integration phase.

4.1.1.3 PRE-COMMISSIONING

In order to initiate Commissioning activities, it is necessary that both the Construction and Assembly items check sheets and the Explosion Proof Equipment/Instrument ones have been completed and included in the Completions database, as shown previously in figure 2. In this case, as was previously done in the pending items of the Construction and Assembly sector, there were 57 pending items prior to the application of the leveling. The leveling formula (1) was then applied and this number was raised to 71, which can be compared later with the Actual curve. For this project, it was planned to carry out all its final activities within 23 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was planned versus the Actual results, as shown in Figure 5 below.



	WK 01 & 02	WK 03 & 04	WK 05 & 06	WK 07 & 08	WK 09 & 10	WK 11 & 12	WK 13 & 14	WK 15 & 16	WK 17 & 18	WK 19 & 20	WK 21 & 22	WK 23 & 24	WK 25 & 26	WK 27 & 28	WK 29 & 30	WK 31 & 32	WK 33& 34
Project A Actual (Leveled)	71	71	72	72	81	77	73	67	60	54	49	35	22	14	2	1	1
Project A Planned	71	55	49	46	35	31	27	20	17	11	5	0					

Fig. 5. Heating Medium System - Planned x Actual Curves for the Commissioning – Project A.

Source: Author

It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Commissioning.

Both curves started with 71 pending items at week 1, keeping stagnated until week 4. Between weeks 5 to 10 there was an increase in the number of pending items, which can occur during the execution of an enterprise and, as this is an experimental work that uses real data generated during work evolution, one can observe this type of event. From week 11 until week 22 very slow progresses has been made. After week 23 to week 30, the progress improved significantly, but stagnated after this period until week 34, with 1 pending item.

As a result, Project A's Commissioning activities were delayed by 11 weeks, that is, approximately 77 days compared to what was planned at the beginning of the project's integration phase. The results were similar to the ones verified in the Explosion Proof Equipment/Instrument actual curve.

4.1.2 CONTROL GROUP – PROJECT B – HEATING MEDIUM SYSTEM

This was the group where the method of directing the manpower into the heating system was applied by the Commissioning sector.

4.1.2.1 CONSTRUCTION AND ASSEMBLY

At the beginning of the integration phase of the project, the quantity of pending items to be carried out during this phase was analyzed through item checklist. It was considered pending item the ones which were incomplete at this stage as to the remaining time for completion of the works final phase. In order to complete all pending issues of this subsystem, a Planned and Actual Rundown curves were generated containing the quantity of pending items to inform the Construction and Assembly sector how many of these items should be completed per day to achieve the project objective in that subsystem deadline.

In this case, there were 62 pending items in the referred subsystem during this stage, however, unlike Project A, the leveling formula was not used (1), because it only 2 projects will be compared and one of them has already been properly leveled to the other. For this project, it was planned to carry out all its final activities within 15 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was planned versus the Actual results, as shown in Figure 6 below.

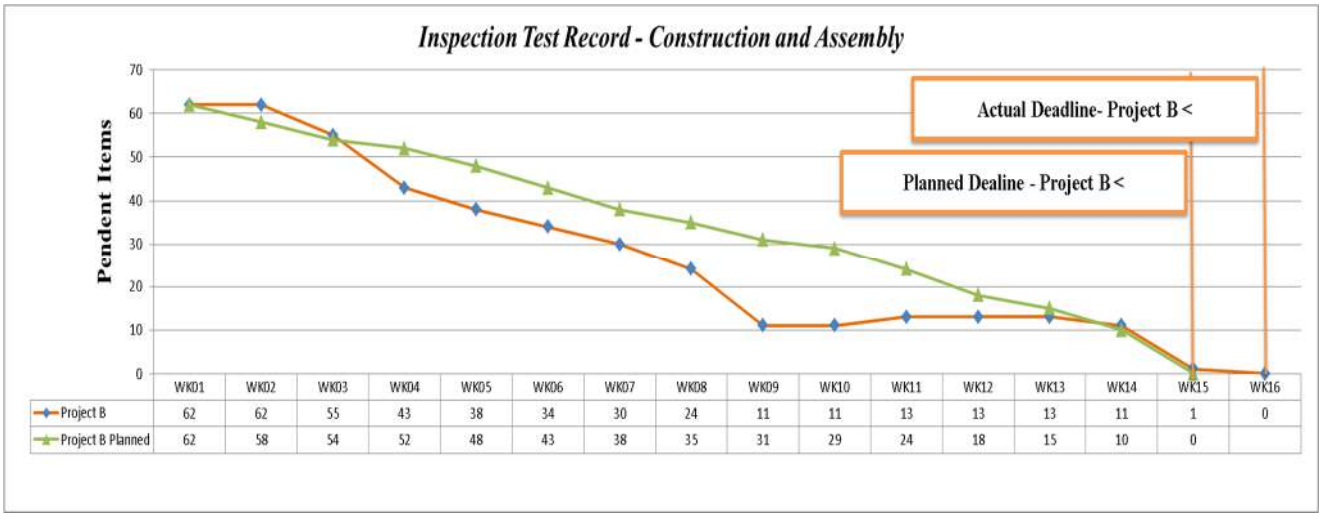


Fig. 6. Heating Medium System – Construction and Assembly Planned x Actual curves – Project B.

Source: Author

It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Construction and Assembly.

Both curves started with 62 pending items at week 1 but, by week 2, the actual curve started to have a good daily advance in relation to the Planned Curve, crossing it at week 3. This means that the actual evolution is occurring faster than what was initially programmed. This evolution was noted until week 14, when the actual curve was delayed by only 1 pending item, repeating the same situation at week 15.

As a result, Project B's Construction and Assembly activities were delayed by only 1 week, resulting from 1 open item.

4.1.2.2 EXPLOSION PROOF EQUIPMENT / INSTRUMENTS

In order to initiate activities on explosion-proof equipment and instruments, it is necessary that the Construction and Assembly items check sheets have been completed and included in the Completions database.

For this project, it was planned to carry out all its final activities within 15 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was planned versus the Actual results, as shown in Figure 7 below.

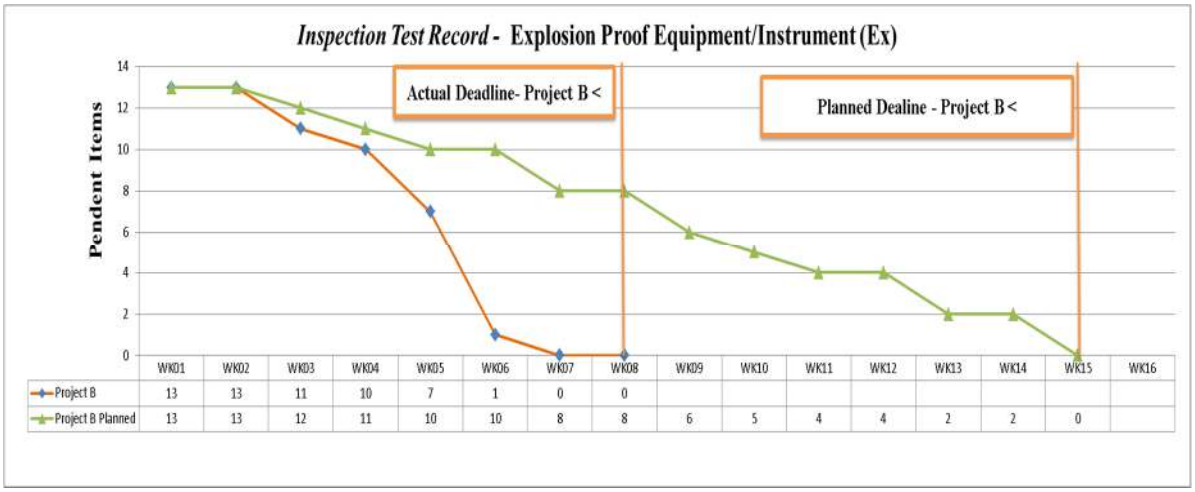


Fig. 7. Heating Medium System – Planned x Actual Curves for the Explosion Proof Equipment/Instrument – Project B

Source: Author

It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Explosion Proof Equipment/Instrument.

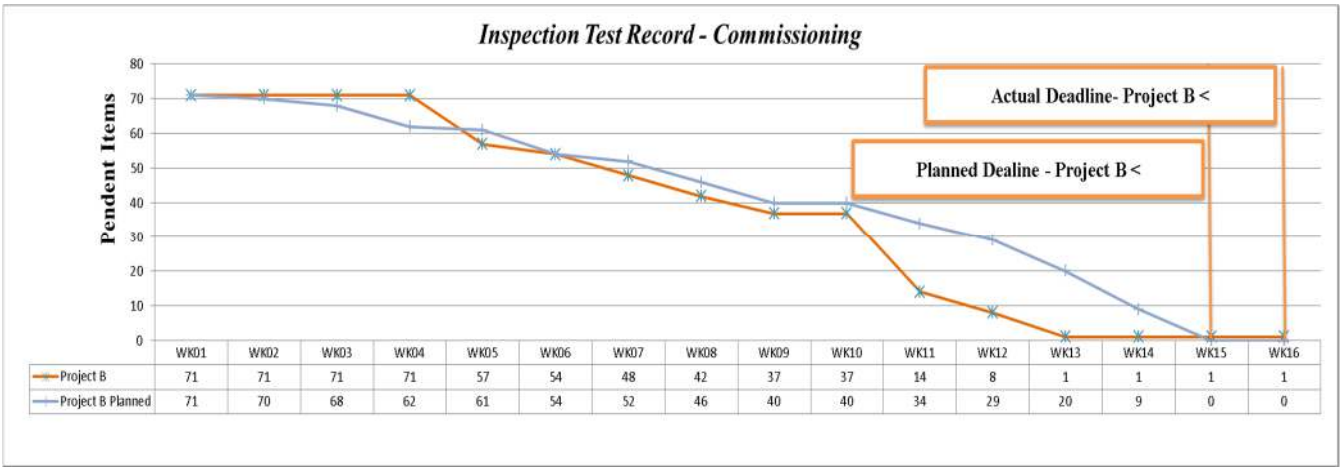
Both curves started with 13 pending items at week 1 but, by week 2, the actual curve remains below the planned Curve, which means that the Actual Curve was more effective than what was initially programmed. This means that the actual evolution is occurring faster than what was initially programmed.

With this, it is verified that the activities in the Equipment and Explosion-proof Instruments of Project B had their conclusion as planned in week 15 of the project.

4.1.2.3 PRE-COMMISSIONING

In order to initiate Commissioning activities, it is necessary that both the Construction and Assembly items check sheets and the Explosion Proof Equipment/Instrument (when applicable) ones have been completed and included in the Completions database, as shown previously in figure 2.

For this project, it was planned to carry out all its final activities within 15 weeks. After the generation of a curve demonstrating how the evolution of the Construction and Assembly activities should occur during this phase (Planned Curve), the control of the completion of these pending items was started and its evolution was introduced in the so-called Actual Curve. With the development and completion of the Planned and Actual Curves, a comparison could be made, which allows a clear visual analysis of what was planned versus the Actual results, as shown in Figure 8 below.



	WK01	WK02	WK03	WK04	WK05	WK06	WK07	WK08	WK09	WK10	WK11	WK12	WK13	WK14	WK15	WK16
Project B	71	71	71	71	57	54	48	42	37	37	14	8	1	1	1	1
Project B Planned	71	70	68	62	61	54	52	46	40	40	34	29	20	9	0	0

Fig. 8. Heating Medium System - Planned x Actual Curves for the Commissioning – Project B.

Source: Author

It is possible, by examining what was planned in contrast to what was accomplished in the same chart, to analyze what happened in the activities of Commissioning.

Both curves started with 71 pending items at week 1 maintaining stagnation in those values until week 4. From week 5 to week 13, a strong advance occurred, practically maintaining at all times the Actual Curve below the Planned Curve, which shows that the Actual Curve was faster than the planned during that period. Then, from week 13 to week 16 the number of pendency's stagnated at 1. Several reasons can be raised to explain what happened. For example, this item may be damaged and waiting for the supplier to perform an exchange or maybe, for some reason, it has not been delivered correctly to the workplace, among other possible cases.

As a result, Project B's Commissioning activities were delayed by 1 week when compared to what was planned. It should be noted that this delay occurred due to a single pending item.

4.1.3 DEVELOPMENT ANALYSIS OF THE A AND B PROJECTS

After obtaining all the planned x actual curves for the heating systems activities, taking into account the different ways in which the labor was directed by the Construction and Assembly and Commissioning sectors during the final stage of integration of the last installed module in the FPSO until the day it was deployed, some other curves were also developed to carry out a definitive comparison between these two groups.

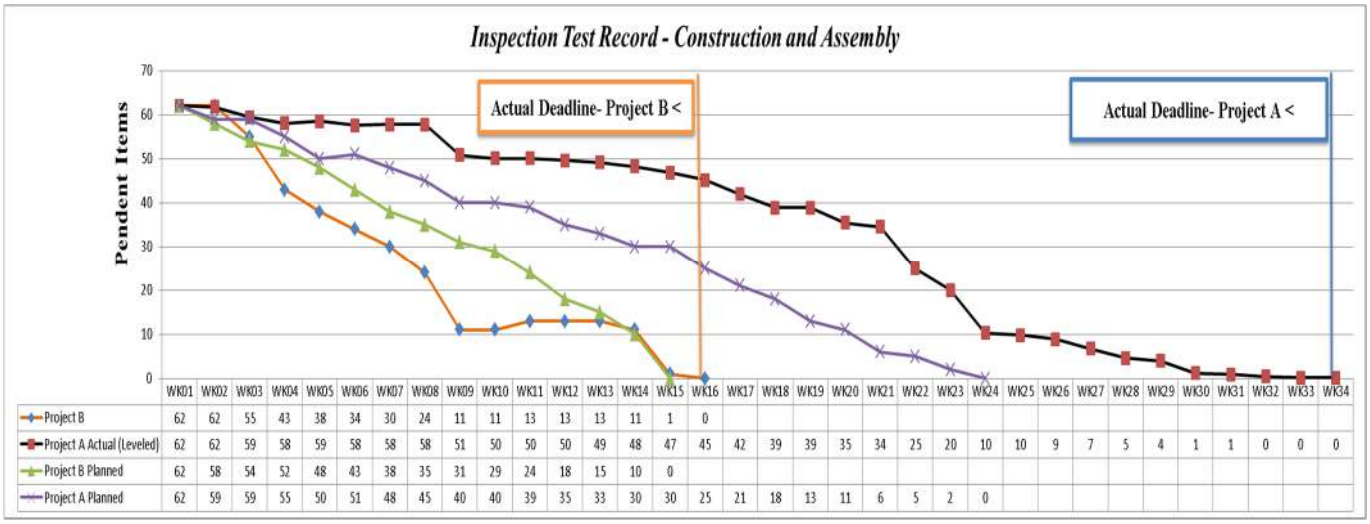
For the realization of this final comparison all the previously generated curves for this subsystem are considered:

a) Curves Planned / Actual- Projects A and B - Construction and Assembly;

b) Curves Planned / Actual - Projects A and B - Explosion Proof Equipment / Instruments;

c) Curves Planned / Actual - Projects A and B - Commissioning.

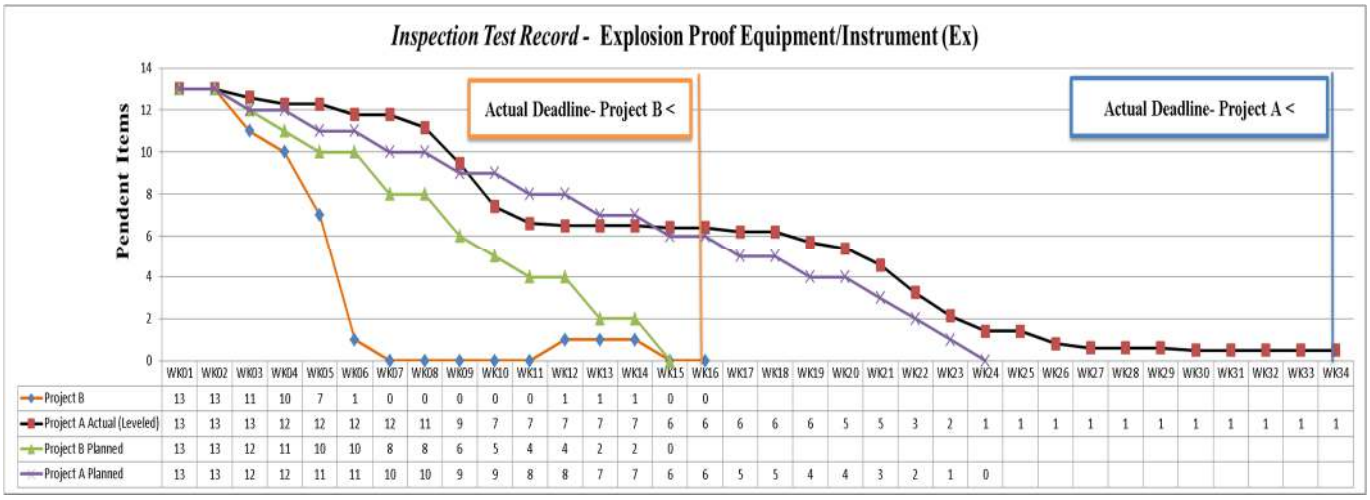
With all these data compiled into the following 3 graphs, it is possible to understand and analyze which methodology, Construction and Assembly or Commissioning, is the most effective in terms of attending to the deadline of each of the two projects in question.



	WK01	WK02	WK03	WK04	WK05	WK06	WK07	WK08	WK09	WK10	WK11	WK12	WK13	WK14	WK15	WK16	WK17	WK18	WK19	WK20	WK21	WK22	WK23	WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31	WK32	WK33	WK34
Project B	62	62	55	43	38	34	30	24	11	11	13	13	13	11	1	0																		
Project A Actual (Leveled)	62	62	59	58	59	58	58	58	51	50	50	50	49	48	47	45	42	39	39	35	34	25	20	10	10	9	7	5	4	1	1	0	0	0
Project B Planned	62	58	54	52	48	43	38	35	31	29	24	18	15	10	0																			
Project A Planned	62	59	59	55	50	51	48	45	40	40	39	35	33	30	30	25	21	18	13	11	6	5	2	0										

Fig. 9. Heating Medium System – Construction and Assembly Planned x Actual curves – Projects A and B.

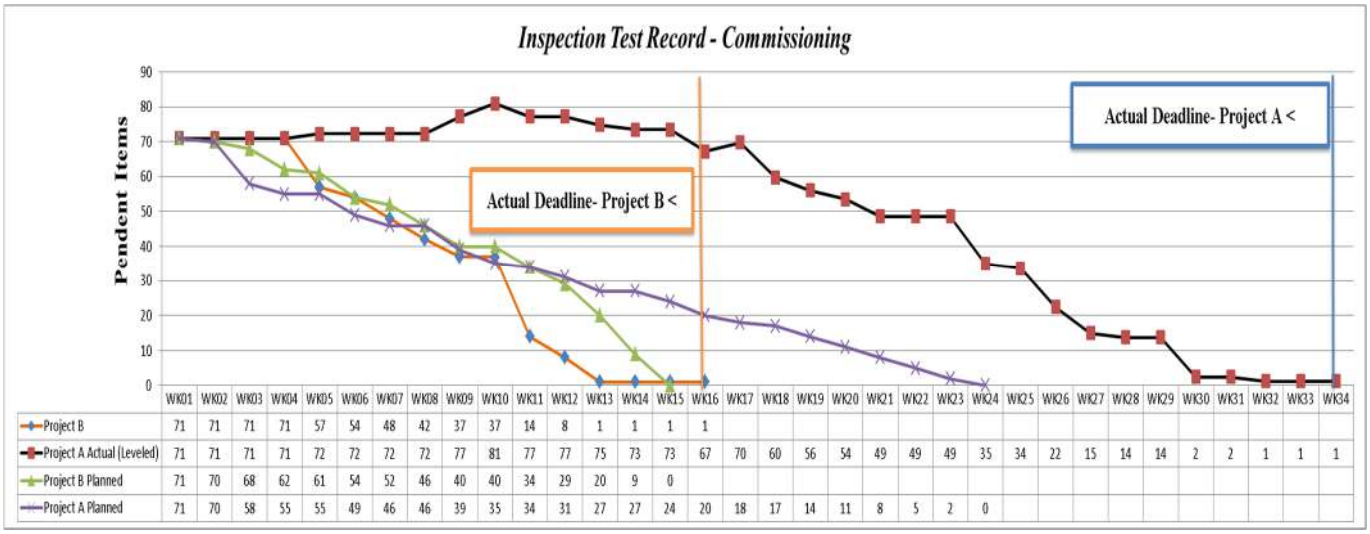
Source: Author



	WK01	WK02	WK03	WK04	WK05	WK06	WK07	WK08	WK09	WK10	WK11	WK12	WK13	WK14	WK15	WK16	WK17	WK18	WK19	WK20	WK21	WK22	WK23	WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31	WK32	WK33	WK34
Project B	13	13	11	10	7	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0																		
Project A Actual (Leveled)	13	13	13	12	12	12	12	11	9	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Project B Planned	13	13	12	11	10	10	8	8	6	5	4	4	2	2	0																			
Project A Planned	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	2	1	0										

Fig. 10. Heating Medium System – Planned x Actual Curves for the Explosion Proof Equipment/Instrument – Projects A and B

Source: Author



	WK01	WK02	WK03	WK04	WK05	WK06	WK07	WK08	WK09	WK10	WK11	WK12	WK13	WK14	WK15	WK16	WK17	WK18	WK19	WK20	WK21	WK22	WK23	WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31	WK32	WK33	WK34
Project B	71	71	71	71	57	54	48	42	37	37	14	8	1	1	1	1																		
Project A Actual (Leveled)	71	71	71	71	72	72	72	72	77	81	77	77	75	73	73	67	70	60	56	54	49	49	49	35	34	22	15	14	14	2	2	1	1	1
Project B Planned	71	70	68	62	61	54	52	46	40	40	34	29	20	9	0																			
Project A Planned	71	70	58	55	55	49	46	46	39	35	34	31	27	27	24	20	18	17	14	11	8	5	2	0										

Fig. 11. Heating Medium System - Planned x Actual Curves for the Commissioning – Projects A and B.

Source: Author

4.2 COMPARATIVE OVERVIEW OF PRE-COMMISSIONING ACTIVITIES BETWEEN PROJECTS A AND B

At the end of the comparative analysis between these 5 subsystems a general table was created, containing the main data of the pre-commissioning activities that took place in projects A and B.

Table 1. General analysis of pre-commissioning activities for projects A and B.

GENERAL ANALYSIS OF PRE-COMMISSIONING ACTIVITIES TO PTOJECTS A AND B								
SYSTEM	PLANNED WEEK		ACTUAL WEEK		WEEK OF DELAYS		% OF DELAY	
	PROJ. A	PROJ. B	PROJ. A	PROJ. B	PROJ. A	PROJ. B	PROJ. A	PROJ. B
Heating Medium System	23	15	34	16	11	1	47,82%	6,67%
Cooling Medium System	23	15	34	13	11	0	47,82%	0,00%
Engine Start Air, Instrument Air and Distribution System	23	15	27	16	4	1	17,39%	6,67%
Sea Water Lift Pumps and Topsides Distribution System	23	15	34	16	11	1	47,82%	6,67%
HP Flare and LP Flare System	23	15	32	16	9	1	39,13%	6,67%

Through all the data generated in the comparative charts, it is possible to highlight some that had a very significant date discrepancy as, for example, the delay in the heating system that in project A had a discrepancy of 47.82% over the planned date, against project B that had only 6.67%. In a similar way we have the cooling system that in project A had a delay of 47.82% compared to the planned date against project B that had 0% of delay since it finished its activities of pre-commissioning 2 weeks before the planned date.

Based on the data presented in Chapter 4, it was possible to estimate a general percentage of projects A and B to verify which was most effective in terms of the completion period of the pre-commissioning activities. As a result, Project A obtained an average of 9 weeks of delay, i.e. approximately 39%. In project B, the approximate average delay was 1 week, that is, 6.67%.

5 CONCLUSION

According to the initial proposal, the objective of this work is to compare the prioritization of systems and subsystems in the installation and assembly of equipment, instruments and pipelines required by the Commissioning sector, with the activities prioritized by the Construction and Assembly sector, with the objective of putting the FPSO platform in operation more efficiently within the project deadline.

Therefore, 5 subsystems were compared through the rundown curves, between 2 similar projects of Construction and Assembly and Commissioning of FPSO platforms, which took place in Niteroi, Rio de Janeiro state. Through the result of this analysis, it could be verified that 2 similar projects can present completely different results through changes in the manpower directing (method generated by the Construction and Assembly or method generated by the Commissioning). This analysis was performed through 5 subsystems considered by the commissioning manager as a priority for the departure of the dock platform from the shipyard, towards the anchoring period, where most of the final commissioning tests take place.

It is concluded, therefore, based on the data generated in this work, that the method of directing the workforce through the prioritization of systems and subsystems in the activities of installation and assembly of equipment, instruments and pipelines elaborated by the Commissioning sector was more effective in terms of delivery time of the project than the direction elaborated by the Construction and Assembly sector.

Based on these data, it is suggested for future work the application of this method in other types of industrial facilities, in order to obtain a greater consolidation in its application.

REFERENCES

[1] FERREIRA, Miguel. GERENCIAMENTO DA QUALIDADE PELA CONTRATANTE NA MONTAGEM INDUSTRIAL DE PLANTAS DE PROCESSO, Universidade de São Paulo, p. 7 - 8, 1998.

[2] PMBOK 5ª Edition, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, Inc., 2013.

[3] MATHEDI, Octávio. Práticas de Engenharia de Condicionamento e Comissionamento, Editora AGBook, 2010.

[4] GUIMARÃES, Alexandre, Processo de Comissionamento em Instalações Industriais, apostila FUNCEFET, Rio de Janeiro, 2013.

[5] NORSOK STANDARD, Mechanical Completion and Commissioning, disponível em: https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standard-categories/z-mc-preservation/z-007/.Acesso em: 05 de abril de 2016.

[6] JUNIOR, C. Carlos R. Análise do Processo de Comissionamento de Instalações de Produção de Óleo e Gás Offshore: Uma proposta de Indicadores de Performance, Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da UFRJ, Agosto, 2014.

[7] SHAKOORIAN, Amirali, Performance Assessment of Building Commissioning Process as a Quality Assurance System, Degree Doctor of Philosophy in the College of Architecture Georgia Institute of Technology School of Building Construction, May, 2006.

[8] SOUZA, V., Bergson José. Modelo para Compatibilização de Projetos na Fase de Comissionamento Baseado em Confiabilidade e Risco, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

[9] GANDRA, Rodrigo Mendes, Comissionamento como uma ferramenta do processo de controle de qualidade em projetos industriais, Prática, p. 22-27, Janeiro, 2010.

[10] LAKATOS e MARCONI, Fundamentos de Metodologia Científica, Atlas, 5. Ed. – São Paulo, 2003.

[11] MALHOTRA, Naresh K., Pesquisa de Marketing: Foco na Decisão, tradução Opportunity Translations; revisão tecnica Maria Cecilia Laudisio e Guilherme de Farias Shiraishi - 3. ed. --Sao Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

[12] OLIVEIRA, M. Ferreira, METODOLOGIA CIENTÍFICA: Um Manual Para a Realização de Pesquisas em Administração, Universidade Federal de Goiás, 2011.

[13] Gil, Antonio Carlos, Métodos e técnicas de pesquisa social, Atlas, 6. Ed. – São Paulo, 2008.

[14] STONNE, Rodolfo, Ferramentas de Planejamento, Editora E-papers Serviços Editoriais, 2001.

[15] FILHO S. P. Edgar; Miranda, A. W. Gilberto., Planejamento, Programação e Controle da Produção (Serviços) em Upgrade de Unidade Marítima, Shutdown de Plataforma de Exploração Semi-Submersível, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

[16] STONNE, Rodolfo, A Curva Rundown de Contingência, Disponível em: https://blogtek.com.br/curva-rundown-contingencia/. Acesso em dezembro de 2013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 633-651
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

CHLOROPHYCEAE (CHLOROPHYTA) DU FLEUVE BANDAMA (CÔTE D'IVOIRE)

[CHLOROPHYCEAE (CHLOROPHYTA) FROM BANDAMA RIVER IN CÔTE D'IVOIRE, WEST AFRICA]

LOZO Roméo N.[1], BERTÉ Siaka[1], KOUASSI BLÉ A.T.[2], OUATTARA Allassane[3], and KOUAMÉLAN Essetchi P.[1]

[1]Laboratoire d'hydrobiologie, Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire d'écologie et de Biologie Aquatique, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study of microalgae of the Bandama River was carried out from samples taken from February to October 2013 using 20 µm mesh wide plankton net. This study uses a light microscope and Scanning Electron Microscope (M.E.B.) which allows a better observation of the fine structure of the walls of the organisms. Seventy-five (75) taxa were identified, distributed among 27 genera, 13 families, 4 order and 2 classes. Among these, 12 taxa are mentioned for the first time in the algae flora of Côte d'Ivoire. This study contributes to increase our knowledge on *Chlorophyta*. Results of this study can be used for teaching and algae taxonomy studies.

KEYWORDS: Chlorophyta, Chlorophyceae, Conjugatophyceae, Bandama River, Côte d'Ivoire.

RESUMÉ: A partir des prélèvements effectués de février à octobre 2013 à l'aide d'un filet de 20 µm de vide de maille sur le fleuve Bandama, une étude des micro-algues a été menée. Cette étude fait appel à la microscopie optique et électronique à balayage (M.E.B.) qui permet une meilleure observation de la structure fine des parois des organismes, favorisant ainsi des déterminations plus précises des taxons. Soixante et quinze taxons de Chlorophyta appartenant à 27 genres, 13 familles, 4 ordres et 2 classes ont été décrits. Parmi ceux-ci, 12 taxons sont cités pour la première fois dans la flore algale de Côte d'Ivoire. Cette étude pourrait servir à l'enseignement et à l'initiation à la systématique des micro-algues.

MOTS-CLEFS: Chlorophyta, Chlorophyceae, Conjugatophyceae, Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le rôle et l'importance des algues ne sont plus à démontrer malgré qu'elles soient moins bien connues du fait de leur habitat essentiellement aquatique [1]. Productrices primaires des chaînes trophiques des milieux aquatiques, elles sont également des sources d'oxygène photosynthétique [2]. Leur utilisation, comme indicateurs biologiques de qualité des eaux, est devenue courante pour la gestion des milieux [3]. Selon [4], ces organismes occupent une position trophique importante et en constituent, de ce fait, un élément déterminant dans le fonctionnement des milieux aquatiques. En Côte d'Ivoire, la majorité des études sur les algues s'est réalisée dans les milieux aquatiques des régions du sud de la Côte d'Ivoire. On peut citer les travaux de [5] [6], [7], [8], [9], [10], [11] et [12]. Ainsi, les peuplements algaux de retenues et cours d'eaux de plusieurs régions de la Côte d'Ivoire ne sont que partiellement ou pas connus. C'est le cas du fleuve Bandama qui est le seul fleuve ayant entièrement son bassin versant en Côte d'Ivoire [13]. Cette étude ne concernera que la systématique des Chlorophyta en vue de contribuer à une bonne connaissance de la diversité algale de la Côte d'Ivoire particulièrement celle du fleuve Bandama.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

MILIEU D'ÉTUDE

Le bassin du fleuve Bandama qui est notre milieu d'étude est entièrement situé en Côte d'Ivoire et occupe une superficie de 97 500 km^2, entre 3°50 et **7°** O, 5° et 10°20 N. Long de 1 050 km, le fleuve Bandama est formé par la réunion de son cours principal (Bandama blanc) et de ses deux grands affluents qui sont la Marahoué (Bandama rouge) et le N'Zi. Deux barrages ont été construits sur le cours principal : le barrage de Kossou en 1972 à 296 km de l'embouchure et celui de Taabo en 1978, construit à 195 km de l'embouchure [14]. Dix stations réparties sur le Bandama blanc, le lac de Kossou, le lac de Taabo et la Marahoué ont été retenues pour la présente étude (**figure 1**).

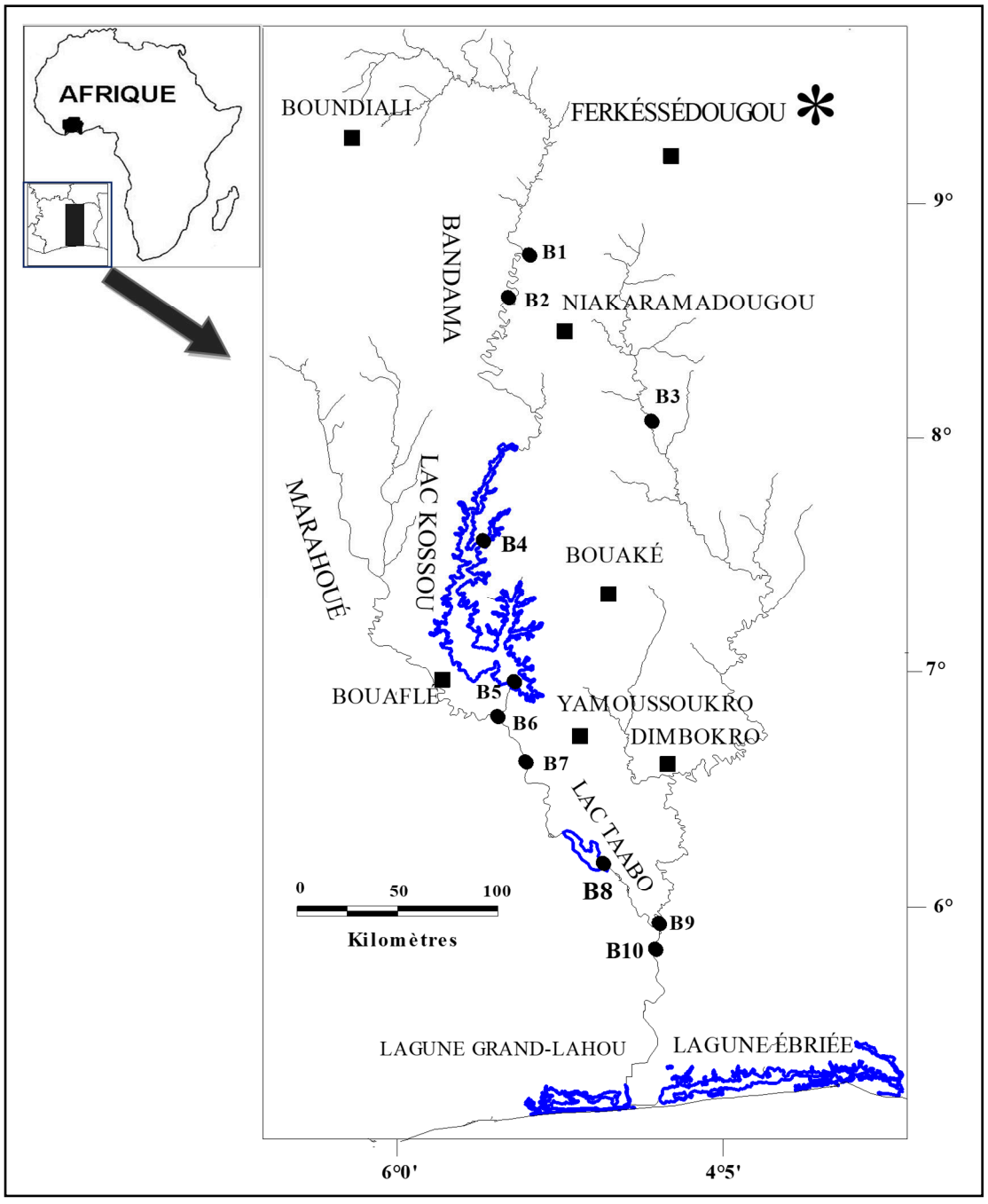


Fig. 1. Le fleuve Bandama et la localisation des stations de prélèvement

: Cours d'eau : Plan d'eau : Station : Villes

PARAMÈTRE PHYSICO-CHIMIQUES

Au cours de cette étude, divers appareils ont été utilisés pour la mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau. Les mesures du pH, de la température de l'eau (°C), de la conductivité (µS/cm) et de l'oxygène dissous (en mg/l) ont été effectuées à l'aide d'un multiparamètre portable HANNA modèle HI9828. Un disque de Secchi de diamètre 29 cm, a servi à la détermination de la transparence de l'eau.

Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés *in situ*. Cinq (5) minutes après la mise sous tension de l'appareil, la sonde est plongée dans l'eau. La sélection des fonctions permet l'affich e automatique de la valeur du paramètre sélectionné. Pour mesurer la transparence, le disque de Secchi est plongé dans l'eau jusqu'à sa disparition complète. Ensuite, il est remonté très lentement jusqu'à ce qu'il soit visible et cette distance est notée.

ÉCHANTILLONNAGE ET CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS

Le prélèvement du phytoplancton a nécessité un filet à plancton de 20 µm de vide de maille, un seau de 10 litres, des piluliers et du formol commercial pour la fixation.

Les échantillons d'eau sont transvasés dans le filet à plancton par un seau. Les micro-algues ont été recueillies par filtration au filet dans des piluliers et sont fixés sur place avec une solution de formaldéhyde à la concentration finale de 5 %.

OBSERVATION ET IDENTIFICATION DES MICRO-ALGUES

Le matériel utilisé pour les observations est composé de lames fines, de lamelles, d'une pipette, d'une étuve, d'un coffret, d'un microscope photonique de type Olympus et d'un microscope électronique à balayage de modèle Supra 40 VP Zeiss.

Au laboratoire, nous avons effectué les observations à partir des échantillons fixés et conservés. Après le dépôt des espèces de micro-algues au fond du pilulier, une goutte d'eau prélevée à l'aide d'une pipette est examiné au microscope photonique à l'objectif 40x. Les espèces sont photographiées à partir de la caméra du microscope. Ensuite, une goutte d'échantillon d'eau fixée est prélevée et montée sur lame mince puis séchée dans une étuve. Les préparations sont montées, observées, mesurées et photographiées au microscope électronique à balayage (MEB). L'identification des espèces du phytoplancton a été faite sur la base de clés de détermination et de divers documents : [15], [16], [17], [18], [19], [20], [5] [6], [21], [7], [8], [10] et [11].

Le logiciel ADOBE PHOTOSHOP a permis le traitement des images et la constitution des planches.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les valeurs du pH enregistrées dans le fleuve Bandama fluctuent entre 5,81 et 8,65. La conductivité varie entre 74,45 à 129,65µS/cm. La variation de la température est moins marquée de l'amont à l'aval du fleuve. La température de l'eau varient de 24,47 °C à 33,34 °C avec une moyenne de 28,05 °C. Les mesures du taux d'oxygène dissous dans chaque station indiquent que la station B1 est la plus oxygénée (8,49 mg/l). Le taux d'oxygène le plus faible s'observe à la station B8 avec 1,08 mg/l. Les valeurs de la conductivité de l'eau varient entre 19,66 µS/cm et 148 µS/cm avec une moyenne de 72,18 µS/cm. La valeur moyenne de la transparence de l'eau est de 42 cm. Les valeurs enregistrées oscillent de 10 cm à 150 cm.

COMPOSITION TAXINOMIQUES

Une brève description accompagnée d'une illustration est donnée pour chaque taxon avec ses dimensions et la station de prélèvement. Le trait à côté de chaque iconographie mesure 10 µm. Les taxons rencontrés pour la première fois dans la flore algale ivoirienne sont marqués d'un astérisque.

Embranchement des Chlorophyta Cavalier-Smith

Classe : Chlorophyceae Wille *in* Warming

Ordre : Sphaeropleales Luerssen

Famille : Ankistrodesmaceae Korshikov

Genre : *Ankistrodesmus* Corda

***Ankistrodesmus gracillis* (Reinsch) Korshikov**

Les cellules vivant en colonies, sont arquées en croissant de lune (**figure 2**). Les cellules mesurent 14-25 x 2-3 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4, B5, B8 et B10.

Famille : Selenastraceae Blackman et Tansley

Genre : *Kirchneriella* Schmidle

***Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius**

Les cellules courbées en croissant, ont leurs extrémités arrondies (**figure 3**). Dimensions : cellules de 9-12 x 4-6 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B5, B6 et B7.

Famille : Botryococcaceae Wille

Genre : *Dictyosphaerium* Nägeli

***Dictyosphaerium pulchellum* Van Goore**

Les cellules sphériques, sont réunies en colonies. Les cellules sont unies entre elles par les fragments maternels en groupe de 4 ou 6 cellules (**figure 4**). Dimensions : cellules de 3-4 µm de diamètre. Cette espèce a été prélevée aux stations B2, B4, B5, B6 B9 et B10.

Ordre : Chlorococcales Pascher

Famille : Golenkiniaceae (Korshikov) Komárek

Genre : *Golenkinia* Chodat

***Golenkinia paucispina* West et G.S.West**

La cellule est sphérique et mesure 30,5 µm de diamètre. Elle est ornée de nombreuses soies hyalines rayonnantes (**figure 5**). L'espèce a été rencontrée dans les stations B8 et B10.

Famille : Hydrodictyaceae (Gray) Dumortier

Genre : *Pediastrum* Meyen

***Pediastrum biradiatum* Meyen**

Les cénobes plats et circulaires sont composés de 4-8 cellules. Chaque cellule a une longueur de 6 µm et 4 µm de largeur. Les cellules externes sont pourvues de deux appendices profondément bifides (**figure 6**). Dimensions : cénobe de 20 µm de diamètre. Ce taxon a été rencontré aux stations B4, B7, B8 et B10.

***Pediastrum duplex* var. *gracillimum* West et G.S. West**

Les cénobes circulaires, plats, perforés, sont composés de 8 cellules. Les cellules marginales, à base concave, ont chacune deux appendices étroits. Les cellules internes en forme de H, avec des côtés concaves ont une paroi lisse (**figure 7**). Dimensions: 10-15 x 8-10 µm. Cette variété a été prélevée aux stations B1, B2, B4, B5, B6, B7, B8, B9 et B10.

***Pediastrum duplex* var. *rugulosum* Raciborski**

Les cénobes circulaires sont composés de 8, 16, 32 ou plus avec des perforations entre les cellules. Les cellules marginales sont pourvues d'appendices en forme de corne étroite ayant des extrémités tronquées. Les cellules internes sont dépourvues d'appendices. La paroi cellulaire est irrégulièrement granulaire (**figure 8**). Dimensions : 18-22 x 15-17 µm. Cette variété a été rencontrée aux stations B7 et B8.

***Pediastrum simplex* Meyen**

Les cénobes, plats, circulaires, perforés, sont composés de 8-16 cellules. Les cellules marginales à base trapézoïdale sont pourvues chacune d'un appendice simple, long. Les cellules internes sont triangulaires avec des côtés concaves (**figure 9**). Dimensions : 11-38 x 7-21 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B5, B6, B7, B8 et B10.

***Pediastrum simplex* var. *duodenarium* (Bail) Rabenh**

Les cénobes, avec lacunes sont composés de 16-32 cellules. Les cellules marginales ont une corne étroite non ramifiée (**figure 10**). Dimensions : 12-15 x 8-11 µm. Cette variété a été récoltée à la station B10.

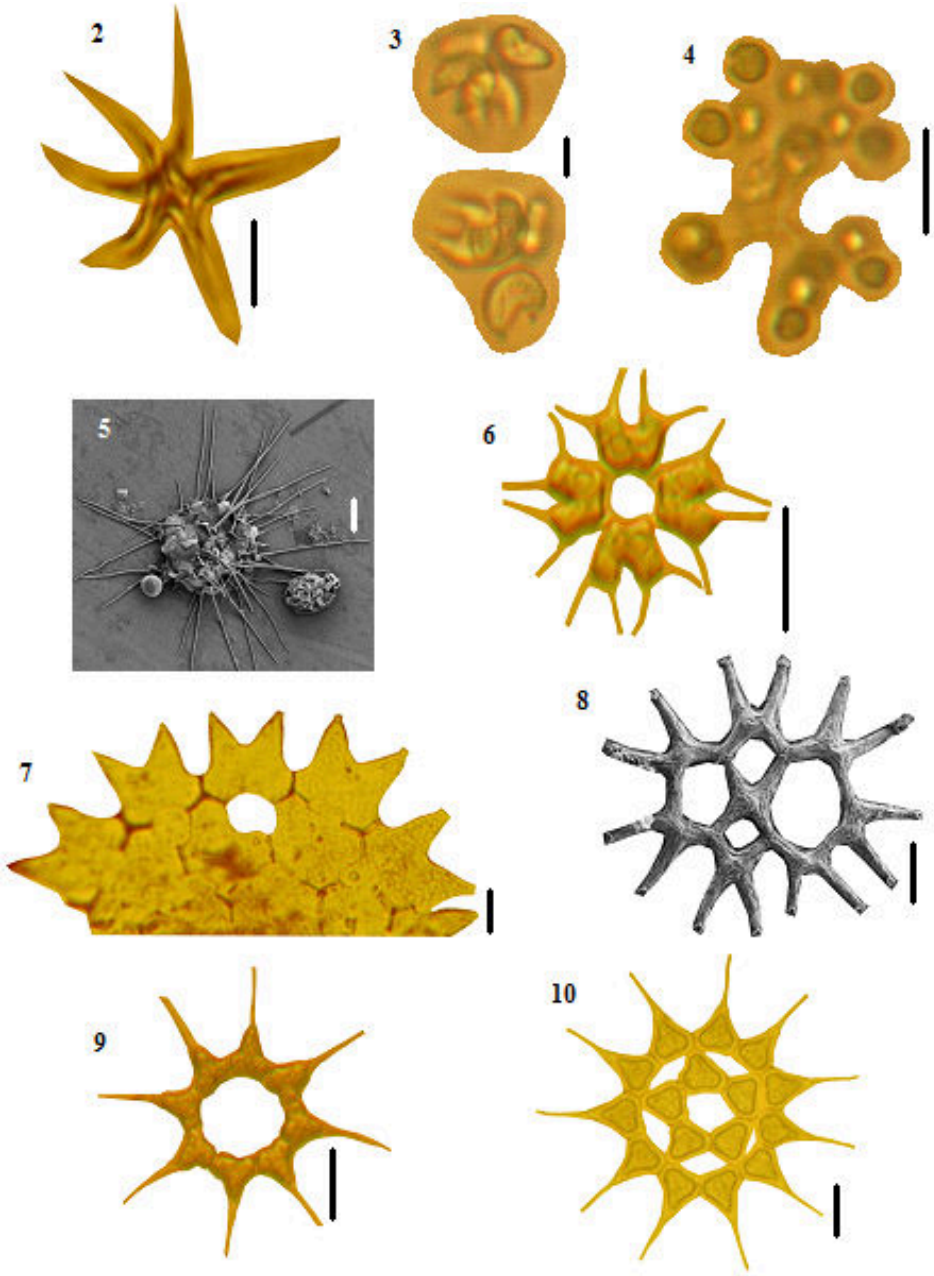


Figure 2 - 10 : 2 - Ankistrodesmus gracillis (Reinsch) Korshikov, 3 - Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius, 4 - Dictyosphaerium pulchellum Van Goore, 5 - Golenkinia paucispina West et G.S. West, 6 - Pediastrum biradiatum Meyen, 7 - Pediastrum duplex var. gracillimum West et G. S. West, 8 - Pediastrum duplex var. rugulosum Raciborski, 9 - Pediastrum simplex Meyen, 10 - Pediastrum simplex var. duodenarium (Bail) Rabenh

***Pediastrum simplex* var. *echinulatum* Wittrock**

Les cénobes, de 4-8 cellules, sont de forme circulaire ou carrée. La paroi cellulaire est irrégulièrement couverte de petites structures ressemblant à de courtes épines. (**figure 11**). Dimensions des cellules avec les cornes : 13,7-18,2 x 10-13 µm. Cette variété a été rencontrée aux stations B5 et B8.

***Pediastrum simplex* var. *simplex* Meyen**

Les cénobes sont composés de 8 cellules. Les cellules marginales ont une corne étroite non ramifiée **(figure 12)**. Dimensions des cellules avec les cornes : 12-16,3 x 11-14 µm. Cette variété a été rencontrée aux stations B3, B5, B8 et B10.

***Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs**

Les cénobes plats, circulaires, pleins ou perforés, sont formés de 4-16 cellules à base pointue. Les cellules sont profondément incisées. Les cellules marginales sont pourvues de deux appendices bifurqués (**figure 13**). Dimensions : cellule de 9-12 µm de diamètre. Cette espèce a été prélevée aux stations B4, B5, B7, B8, B9 et B10.

Famille : Neochloridaceae Ettl et Komárek

Genre : *Tetraedron* Kützing

***Tetraedron trigonum* (Nägeli) Hansgirg**

Les cellules sont de forme triangulaire et mesurent 12 à 16 µm avec les appendices (**figure 14**). Cette espèce a été prélevée aux stations B2, B5, B6 et B10.

Famille : Scenedesmaceae Oltmanns

Genre : Coelastrum Nägeli

***Coelastrum indicum* Terner**

Les cénobes sont sphériques, constitués de 8-16 cellules, avec un diamètre de 13-15 µm. Les cellules sont sphériques ou subspheriques de 4-8 µm de diamètre (**figure 15**). Ce taxon a été récolté aux stations B5, B8 et B10.

***Coelastrum pulchrum* Schmidle**

Les cénobes sont composés de plusieurs cellules (4, 8, 16 voir 32 cellules) structurées en étage. Chaque cellule est en contact avec la cellule adjacente par une extension protubérante tronquée. Cette disposition en étoile crée des lacunes intercellulaires arrondies (**figure 16**). Dimensions : cellules de diamètre 11-12 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B5, B6, B7, B9 et B10.

Genre : *Crucigenia* Morren

***Crucigenia quadrata* Morren**

Les cénobes ovoïdes, de 10-15,2 µm de diamètre, sont constitués de 4 cellules elliptiques, de 5-7 x 3-5 µm avec un méat dans la partie centrale (**figure 17**). Ce taxon a été rencontré aux stations B5, B7 et B10.

***Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze**

Les cénobes carrés sont formés de quatre cellules triangulaires laissant au centre une petite lacune. Elles sont parfois groupées en colonies composées, de 6-8 µm de côté (**figure 18**). Ce taxon a été rencontré à la station B10.

Genre : *Crucigeniella* Lemmermann

***Crucigeniella apiculata* Morren**

Les cénobes sont rectangulaires, formés de 4 cellules de 6-8 x 4-5 µm et groupées en colonies de 10-12 x 5-9 µm (**figure 19**). Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B7, B8, B9 et B10.

***Crucigeniella rectangularis* (Nägeli) Komárek**

Les cellules allongées forment une colonie plus ou moins rectangulaire (**figure 20**). Dimensions des cellules : 5-8 x 3-6 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B1, B4 et B5.

Genre : Desmodesmus (Chodat) Friedl et Hegewald

***Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) Friedl et Hegewald**

Les cénobes sont formés de 2 à 4 cellules alternantes ovoïdes. Les cellules marginales portent 1 à 3 épines alors que les cellules centrales n'en portent qu'une (**figure 21**). Dimensions : cellules de 11,5-13 x 6-7 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B8 et B10.

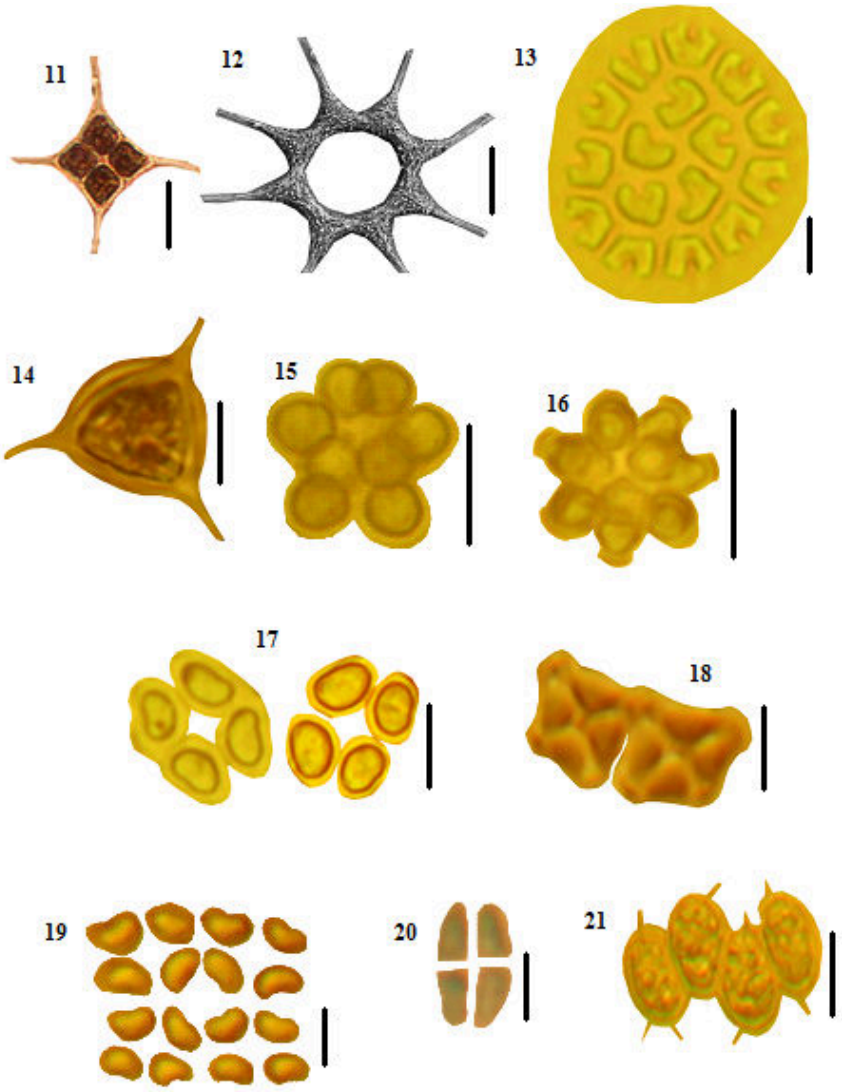


Figure 11 - 21 : 11 - Pediastrum simplex var. echinulatum Wittrock, 12 - Pediastrum simplex var. simplex Meyen, 13 - Pediastrum tetras (Ehrenberg) Ralfs, 14 - Tetraedron trigonum (Nägeli) Hansgirg, 15 - Coelastrum indicum Terner, 16 - Coelastrum pulchrum Schmidle, 17 - Crucigenia quadrata Morren, 18 - Crucigenia tetrapedia (Kirchner) Kuntze, 19 - Crucigeniella apiculata Morren, 20 - Crucigeniella rectangularis (Nägeli) Komárek, 21 - Desmodesmus denticulatus (Lagerheim) Friedl et Hegewald

***Desmodesmus quadricaudatus* (Turpin) Hegewald**

Le cénobe est constitué de 2 à 8 cellules ovoïdes à ellipsoïdales, largement arrondies à aplaties aux pôles. Les cellules marginales portent chacune un aiguillon à chaque pôle (**figure 22-23**). Dimensions : cénobe de 13-18 x 7-8 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B7, B8, B9 et B10.

***Desmodesmus regularis* (Swirenko) Hegewald et Vanormelingen**

Les cénobes sont linéaires et formés de 4 cellules fusiformes ayant les extrémités effilées (**figure 24**). Dimensions : cellules de 12-15 x 3-4 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B5, B9 et B10.

Genre : *Scenedesmus* Meyen

***Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat**

Les cénobes sont composés de 2, 4 ou 8 cellules falciformes. Les cellules marginales sont courbées en croissant et longuement pointues aux pôles (**figure 25**). Dimensions : cellules de 12-13 x 6,1-7 µm. Ce taxon a été récolté aux stations B2, B5, B6 et B7.

***Scenedesmus acutiformis* Schröde**

Les cénobes plans sont formés de 2 à 4 cellules fusiformes à cylindriques. Les cellules aiguës aux pôles sont ornées chacune d'une côte longitudinale joignant les 2 pôles (**figure 26**). Dimensions des cellules : 12-20 x 3-8 µm. Ce taxon a été récolté à la station B4.

***Scenedesmus bernardii* Chodat**

Le cénobe comprend 4 à 8 cellules fusiformes ou falciformes disposées en séries alternantes et en zigzag **(figure 27)**. Dimensions : 17,1-33,6 x 3,4-5,7µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B7, B8 et B10.

***Scenedesmus bicaudatus* Dedussenko**

Les cénobes sont formés de 2 à 4 cellules. Les cellules externes portent chacune un aiguillon, les 2 étant disposés en diagonale (**figure 28**). Dimensions : cellules de 10-15 x 4-6 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B7 et B10.

***Scenedesmus disciformis* (Chodat) Fott et Komarek**

Les cénobes sont constitués de 4 à 8 cellules ovoïdes-ellipsoïdales. Les cellules sont disposées en deux rangées alternantes sans lacune (**figure 29**). Dimension : 7-12 x 4-6 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B8, B9 et B10.

***Scenedesmus naegelii* Brébisson**

Les cénobes sont constitués de 4 cellules ovoïdes ou ellipsoïdales, disposées linéairement. Les cellules marginales portent chacune deux aiguillons tandis que les centrales sont ornées à l'un des pôles d'un aiguillon (**figure 30**). Dimension : 28-30 x 7,5-9 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B5 et B8.

***Scenedesmus pecsensis* var. *setosus* fo. *denticulatus* Uherkovich**

Le cénobe est constitué de 4 à 8 cellules ovoïdes à ellipsoïdales, arrondies à aplaties aux pôles. Les cellules marginales portent chacune un aiguillon à chaque pôle alors que les cellules internes portent chacune un aiguillon (**figure 31**). Dimensions : 12-14 x 6,5-7,2 µm. Ce taxon a été rencontré à la station B4.

***Scenedesmus smithii* Teiling**

Le cénobe est formé de 4 cellules hexagonales arrangées en deux séries subalternantes. Les cellules portent 2 ou 3 épines aux pôles (**figure 32**). Dimensions des cellules : 14-16 x 4-6 µm. Ce taxon a été récolté aux stations B2, B6, B9 et B10.

Genre : *Tetrastrum* Chodat

***Tetrastrum heteracanthum* (Nordstedt) Chodat**

Les cénobes sont plats et carrés, formés de 4 petites cellules avec un méat central. Les cellules sont plus ou moins triangulaires. La marge externe de chaque cellule présente deux épines, une longue et une courte (**figure 33**). Dimensions : 6,5-8,5 x 6-7 µm sans les épines. Ce taxon a été récolté aux stations B2, B6, B8 et B10.

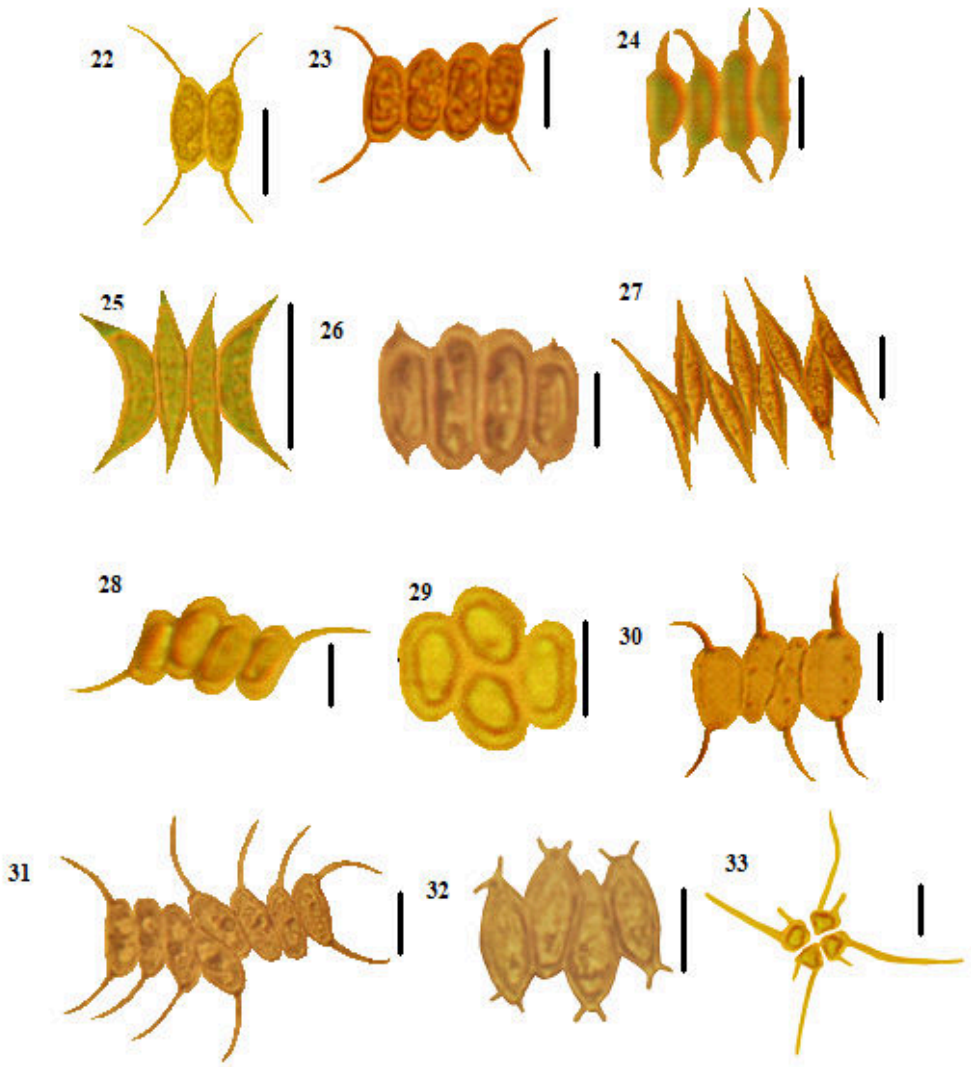


Figure 22 - 33 : 22 et 23 - Desmodesmus quadricaudata (Turpin) Hegewald, 24 - Desmodesmus regularis (Swirenko) Hegewald et Vanormelingen, 25 - Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat, 26 - Scenedesmus acutiformis Schröder, 27 - Scenedesmus bernardii Chodat, 28 - Scenedesmus bicaudatus Dedussenko, 29 - Scenedesmus disciformis (Chodat) Fott et Komarek, 30 - Scenedesmus naegelii Brébisson, 31 - Scenedesmus pecsensis var. setosus fo denticulatus Uherkovich, 32 -Scenedesmus smithii Teiling, 33 - Tetrastrum heteracanthum (Nordstedt) Chodat

Ordre : Volvocales Ehrenberg

Famille : Volvocaceae Ehrenberg

Genre : *Eudorina* Ehrenberg

***Eudorina elegans* Ehrenberg**

La colonie est ellipsoïdale à presque sphérique de 72-90 x 55,5-72 µm (**figure 34**). Les cellules, de 10-14 µm aux stations de diamètre sont globuleuses, disposées en couronnes plus ou moins parallèles. Cette espèce a été récoltée aux stations B4, B5 et B10.

Genre : *Pandorina* Bory De St. Vincent

***Pandorina morum* (Müller) Bory**

Le cénobe, regroupant 16 cellules, est enrobé dans un mucilage gélatineux à deux feuillets (**figure 35**). Les cellules sont comprimées les unes contre les autres. Elles ont 8-15 µm de diamètre. Cette espèce a été récoltée aux stations B2, B4, B5, B6, B7, B8 et B9.

Classe : Conjugatophyceae Engler

Ordre : Desmidiales Bessey

Famille : Closteriaceae Bessey

Genre : *Closterium* Nitzsch ex Ralfs

***Closterium kuetzingii* Brébisson**

La cellule fusiforme, brusquement rétrécie aux extrémités en longs appendices hyalin, est plus longue que large. La paroi est finement striée (**figure 36**). Dimension : 250-315 x 15-18 µm. Cette espèce a été récoltée aux stations B4 et B8.

***Closterium leibleinii* Kützing**

La cellule est droite ou à peine courbée, enflée au milieu. La cellule est 6-8 fois plus longue que large, arrondie aux pôles et mesure 60-120 x 16-17,5 µm. Elle présente un chloroplaste à 3 pyrénoïdes par hémisomate (**figure 37**). Cette espèce a été récoltée à la station B10.

Famille : Desmidiaceae Kützing ex Ralfs

Genre : *Actinotaenium* Teiling

***Actinotaenium curtum* (Ralfs)Teiling**

La cellule est ellipsoïdale, arrondie aux pôles avec un léger étranglement dans sa partie médiane. Le chloroplaste de la cellule présente deux pyrénoïdes (**figure 38**). Dimension : 18-22 x 12-15 µm. Cette espèce a été rencontrée aux stations B2, B6, B7 et B8.

Genre : *Cosmarium* Corda

***Cosmarium connatum* Brébisson ex Ralfs**

La cellule est circulaire ou largement elliptique en vue apicale, avec deux pyrénoïdes par hémisomate. Chaque hémisomate concave à la base présente un apex plan. La paroi est lisse ou finement ponctuée (**figure 39-40**). Dimensions : cellules de 35-61,3 x 23-46,6 µm ; isthme : 15-18 µm. Cette espèce a été rencontrée aux stations B7 et B8.

***Cosmarium depressum* var. a*chondrum* (Boldt) West et G.S. West**

La cellule est un peu moins longue que large. Les hémisomates elliptiques, peu déprimés à l'apex contiennent chacun un chloroplaste avec un gros pyrénoïde (**figure 41**). Dimension : 15-20 x 12-18 µm, isthme large de 4-6 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B4, B5 et B7.

***Cosmarium granatum* Brébisson ex Ralfs**

La cellule est plus longue que large, à constriction médiane profonde et à sinus fermé. La paroi est lisse. Les hémisomates sont plus ou moins triangulaires-pyramidaux et concaves sur les côtés. On observe un pyrénoïde par hémisomate (**figure 42**). Dimensions : 30-33 x 19-24 µm, isthme large de 6-8 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B5 et B8.

***Cosmarium monoliforme* (Turpin) Ralfs**

La cellule, plus longue que large, a une constriction médiane profonde et un sinus ouvert. Les hémisomates renferment chacun un pyrénoïde. La cellule est largement elliptique en vue apicale (**figure 43**). Dimension : cellule de 28-30 x 20-22 µm, isthme large de 7-8 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B2, B4, B5, B6, B7 et B10.

***Cosmarium pseudodecoratum* Schimile**

La cellule a un contour ondulé. Chaque hémisomate a sa marge latérale convexe, son apex tronqué, présente de légères ondulations. On observe deux pyrénoïdes par hémisomate (**figure 44**). Dimension : 30-34 x 20-25 µm ; isthme large de 8-10 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B6 et B7.

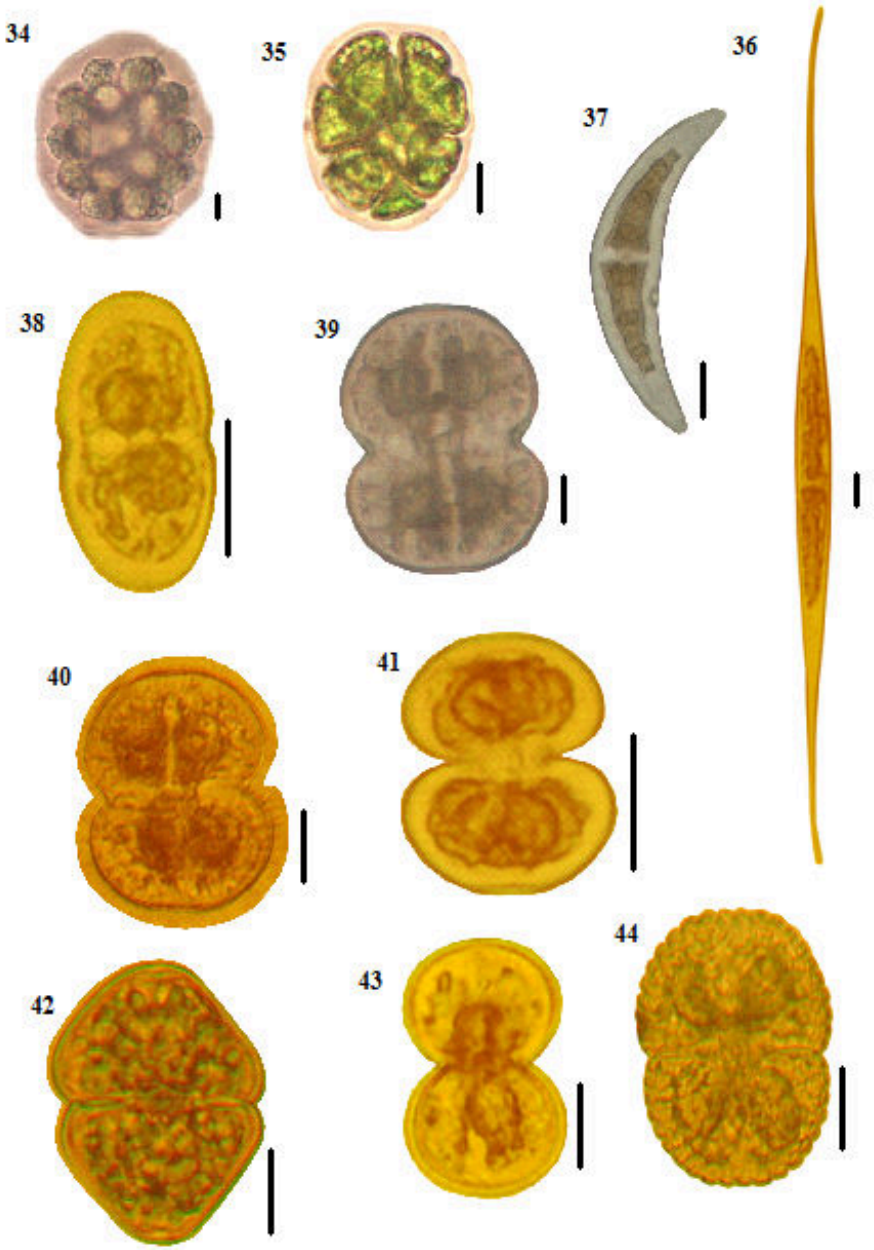


Figure 34 - 44 : 34 - Eudorina elegans Ehrenberg, 35 - Pandorina morum (Müller) Bory, 36 - Closterium kuetzingii Brébisson, 37 - Closterium leibleinii Kützing, 38 - Actinotaenium curtum (Ralfs)Teiling, 39 et 40 - Cosmarium connatum Brébisson ex Ralfs, 41 - Cosmarium depressum var. achondrum (Boldt) West et G.S. West, 42 - Cosmarium granatum Brébisson, 43 - Cosmarium monoliforme (Turpin) Ralfs, 44 - Cosmarium pseudodecoratum Schimile

***Cosmarium pseudopachydermum* Nordstedt**

La cellule présente des hémisomates pyramidaux à côté convexes et aux apex légèrement arrondis. La paroi est lisse ou finement ponctuée (**figure 45**). Dimension : 65-70 x 38-40 µm et l'isthme 10-12 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B4 et B8.

***Cosmarium punctulatum* Brébisson**

La cellule est ornée sur toute sa surface de granules. Les hémisomates sont rectangulaires, plus ou moins arrondis aux angles et contiennent chacun un pyrénoïde (**figure 46**). Dimension : 27-30 x 24-25 µm ; isthme : 7,5-9 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B2, B4, B5, B6, B7 et B10.

***Cosmarium quadrum* Lundell**

La cellule est subquadratique avec un sinus profond linéairement fermé. Les hémisomates rectangulaires ont des angles arrondis et sont ornés sur toute leur surface de verrues. Chaque hémisomate renferme deux pyrénoïdes (**figure 47-48**). Dimension : 46-65 x 39-42 µm, isthme large de 10-13 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B5, B7 et B8.

******Cosmarium quadrum* **var.** ***sublatum* (Nordstedt) West et G.S. West**

La cellule, plus longue que large, a une constriction médiane profonde et un sinus étroitement linéaire. Les hémisomates sont subrectangulaires, ornés sur toute leur surface de verrues rondes. On observe deux pyrénoïdes par hémisomate (**figure 49**). Dimension : 25-30 x 20-23 µm, isthme large de 7-8 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4 et B5.

***Cosmarium subtumidum* Nordstedt**

La cellule est un peu moins longue que large. Les hémisomates elliptiques, peu déprimés à l'apex contiennent chacun un chloroplaste avec 4 pyrénoïdes **(figure 50)**. Dimensions : 17-21 x 12-18 µm ; isthme : 5-7 µm. Cette espèce a été prélevée à la station B4.

***Cosmarium venustum* (Brébisson) Archer**

La cellule a des hémisomates de forme trapézoïdale, possède un lobe apical marqué d'une incision peu profonde. Chaque lobe latéral est concave à sa base et convexe vers l'apex. L'hémisomate porte en outre un chloroplaste renfermant un pyrénoïde (**figure 51**). Dimension : 20-26 x 14-15 µm, isthme : 4-6 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B2, B4, B6 et B8.

Genre : ***Euastrum* Ehrenberg**

******Euastrum dubium* **var.** ***ornatum* Woloszynska**

La cellule est longue de 58-60 µm et large de 35-37 µm. Le lobe apical de la cellule est marqué d'une incision profonde et linéaire (**figure 52**). Ce taxon a été rencontré aux stations B4, B5, B7 et B8.

******Euastrum praemorsum* **(Nordstedt) Schmildle**

La cellule présente un lobe apical marqué d'une incision médiane étroite et profonde, prolongé de chaque côté par une forte dent. Les deux lobes latéraux de même largeur, bien séparés par un sinus assez profond contiennent chacun un chloroplaste renfermant un pyrénoïde central (**figure 53**). Dimensions : 58 x 35 µm ; isthme : 8-9 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4 et B10.

******Euastrum rectangulare* **Fritsch et Richter**

La cellule est plus ou moins longues que larges. L'apex est marqué d'une incision médiane peu profonde, largement ouverte, prolongé latéralement par des épines peu développées. Les hémisomates sont rectangulaires (**figure 54**). Dimension : 21-24 x 18-20 µm, isthme large de 5-6 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B5 et B7.

***Euastrum spinulosum* Delponte**

La cellule présente un hémisomate divisé en cinq lobes. La marge du lobe apical est légèrement déprimée dans sa partie médiane. Les marges de tous les lobes sont garnies de courtes épines pointues. Chaque hémisomate présente une protubérance saillante en son centre. Le plaste, par hémisomate, est pariétal et renferme deux pyrénoïdes (**figure 55**). Dimension : 77-80 x 63-65 µm, isthme large de 16-18 µm. Cette espèce a été prélevée à la station B4.

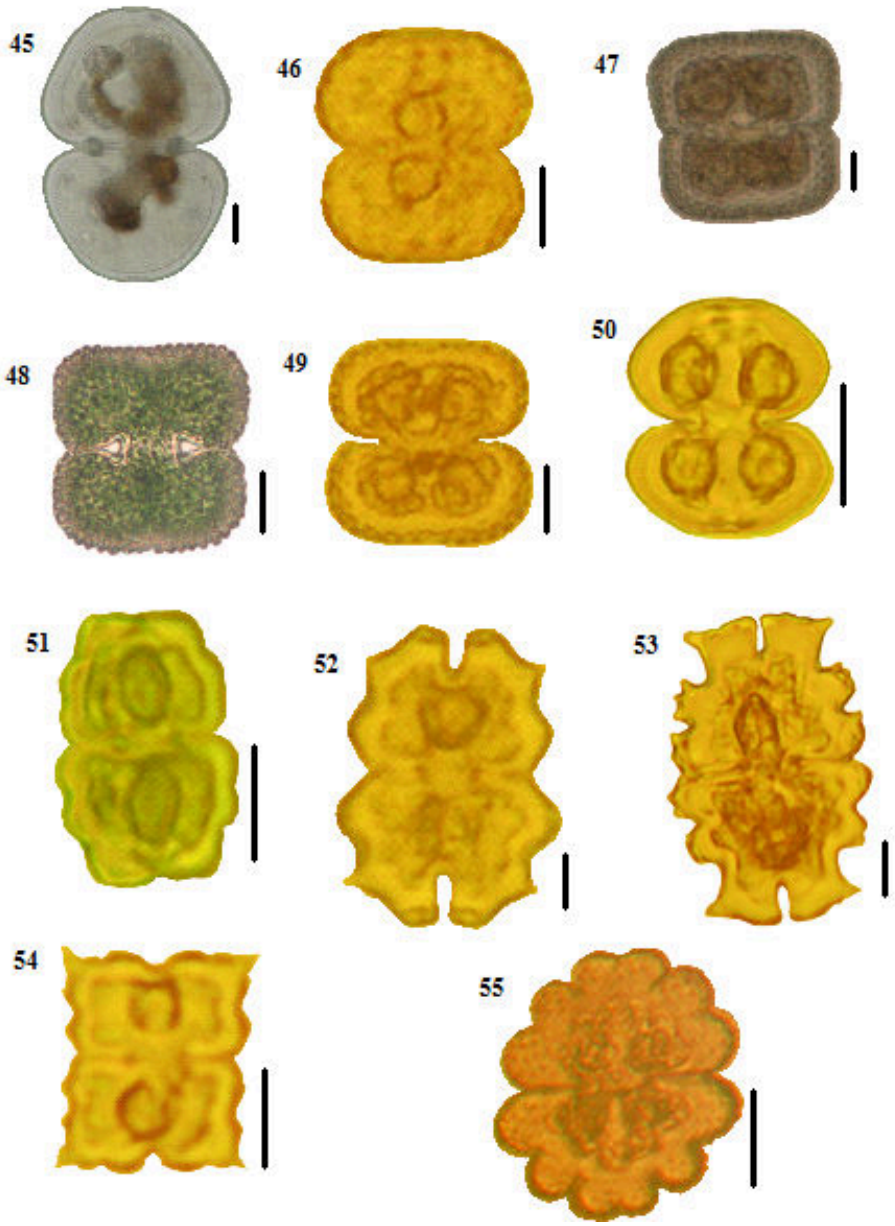


Figure 45 - 55 : 45 - Cosmarium pseudopachydermum Nordstedt, 46 - Cosmarium punctulatum Brébisson, 47 et 48 - Cosmarium quadrum Lundell, 49 - Cosmarium quadrum var. sublatum (Nordstedt) West et G.S. West, 50 - Cosmarium subtumidum Nordstedt, 51 - Cosmarium venustum (Brébisson) Archer, 52 - Euastrum dubium var. ornatum Woloszynska, 53 - Euastrum praemorsum (Nordst.) Schmildle, 54 - Euastrum rectangulare Fritsch et Richter, 55 - Euastrum spinulosum Delponte

Genre : *Hyalotheca* Ehrenberg

***Hyalotheca dissiliens* Brébisson ex Ralfs**

Les cellules du filament sont cylindriques, montrant généralement un léger rétrécissement entre deux hémisomates circulaires à largement elliptiques en vue apicale. La paroi est lisse ou finement ponctuée. Les hémisomates contiennent chacun un plaste axial, étoilé, renfermant un pyrénoïde central (**figure 56**). Dimensions : 25-33 x 12-20 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B8, B9 et B10.

Genre : *Micrasterias* Agardh ex Ralfs

***Micrasterias mahabuleshwarensis* Hobson**

La cellule a une membrane ornée de rangée de petites dents et d'une forte papille centrale protubérante. Le lobe apical est pourvu de lobules supplémentaires disposés transversalement. Les lobes latéraux sont divisés deux fois (**figure 57**). Dimensions : 102-110,2 x 78-83 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B7 et B10.

***Micrasterias radians* Turner**

La cellule légèrement longue que large, est profondément constrictée. Elle a un sinus ouvert avec un angle aigu. Les hémisomates lobés ont des incisions interlobulaires largement ouvertes, celles de chaque côté du lobe polaire étant plus profondes que celles situées entre les lobes latéraux supérieurs et inférieurs. Les lobes latéraux sont divisés chacun en courts lobules légèrement divergents, terminés par deux épines (**figure 58**). Dimensions : cellule de 97,3-109,8 x 81-85 µm, isthme de 12-15 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B4 et B5.

Genre : *Pleurotaenium* Nägeli

***Pleurotaenium ovatum* Nordstedt**

La cellule est 3 à 4 fois plus longue que large. L'hémisomate est étroitement ovale et orné à l'apex d'une couronne de perles bien séparées les unes des autres. L'isthme est beaucoup plus large que l'apex avec une largeur de 59,5 µm (**figure 59**). Dimension 230-300 x 65-100 µm. Ce taxon a été prélevé à la station B1.

***Pleurotaenium subcoronulatum* (Turner) West et G.S. West**

La cellule est longue et présente souvent des ondulations légères sur toute sa longueur. Chaque hémisomate présente à sa base des perles (**figure 60**). Dimension : 346-350 x 20-42 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B5 et B8.

***Pleurotaenium trabecula* Nägeli**

La cellule est en forme de bâtonnet cylindrique et présente un renflement juste avant l'isthme (**figure 61**). Chaque hémisomate est marqué à la base par 3 ondulations pas très marquées et possède des plastes rubanés. Dimension : 328-400 x 20-35 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B4 et B10.

Genre : *Spondylosium* Brébisson

***Spondylosium pulchrum* (Bailey) Archer**

Le filament est formé de cellules plus larges que longues, marquées par un sinus profond (**figure 62**). Il existe un plaste par hémisomate, portant un ou plusieurs pyrénoïdes. Dimensions : 60-65 x 25-30 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4 et B5.

Genre : *Staurastrum* Meyen

***Staurastrum forficulatum* Lundell**

La cellule est ornée de deux appendices triangulaires en vue apicale. Les angles sont prolongés par un appendice bien développé surmonté de deux appendices plus petits (**figure 63**). Dimensions : 18,3-22 x 29-33 µm ; isthme : 6-7 µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4, B5, B7 et B8.

***Staurastrum gladiosum* Turner**

La cellule est triangulaire en vue apicale, arrondie aux angles. La membrane est couverte d'épines bien développées (**figure 64**). Dimensions : 26,7-28,4 x 25,2-27,1 µm ; isthme : 8-9,1µm. Cette espèce a été prélevée aux stations B4 et B5.

***Staurastrum leptocladum* var. *leptocladum* Nordstedt**

La cellule, elliptique en vue apicale, est prolongée par de long bras subparallèles terminés par deux dents (**figure 65**). Dimension : 78-80 x 37-39 µm ; isthme : 6-6,5 µm. Cette variété a été récoltée aux stations B5, B6 et B7.

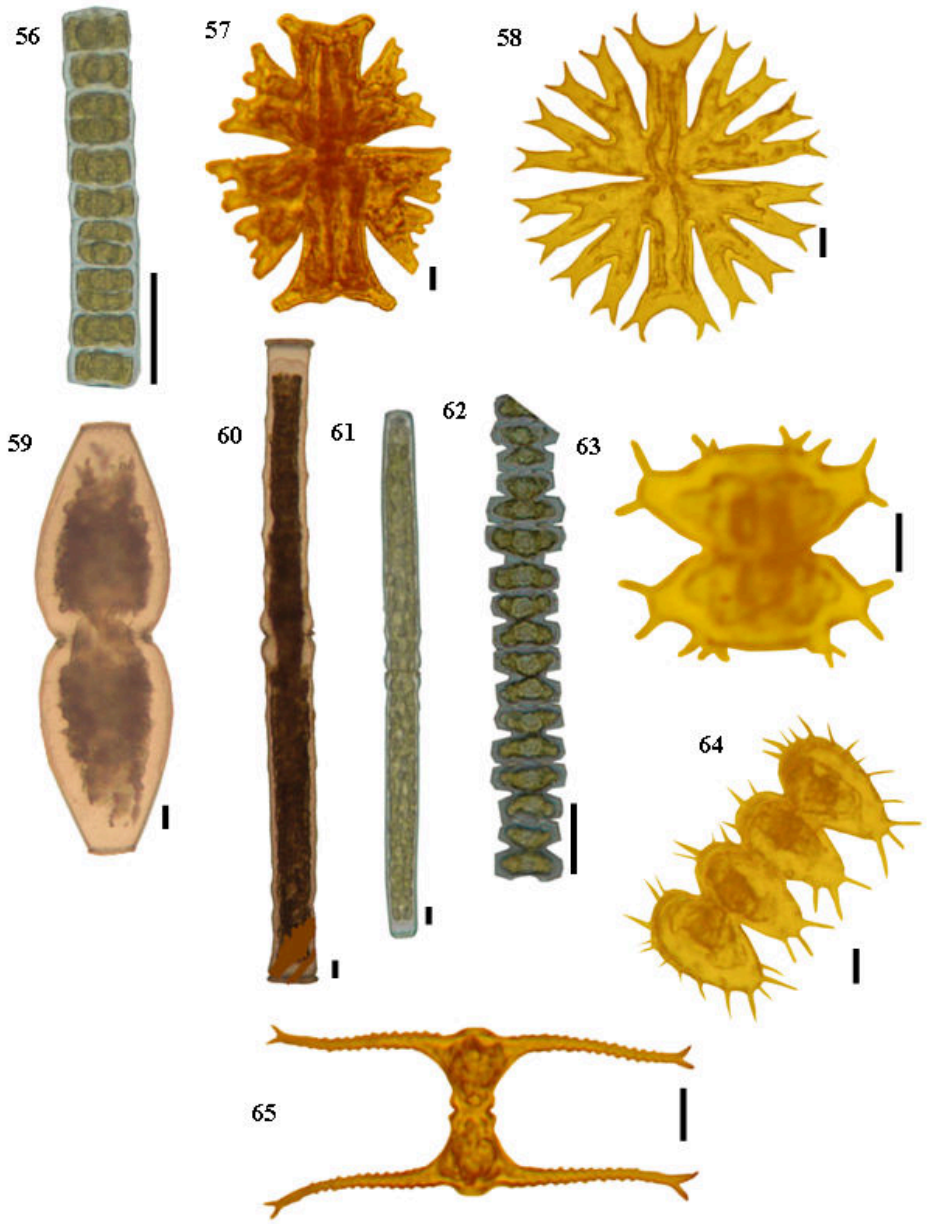


Figure 56 – 65 : 56 - Hyalotheca dissiliens Brébisson ex Ralfs, 57 - Micrasterias mahabuleshwarensis Hobson, 58 - Micrasterias radians Turner, 59 - Pleurotaenium ovatum Nordstedt, 60 - Pleurotaenium subcoronulatum (Turner) West et G. S. West, 61 - Pleurotaenium trabecula Nägeli, 62 - Spondylosium pulchrum (Bailey) Archer, 63 - Staurastrum forficulatum Lundell, 64 - Staurastrum gladiosum Turner, 65 - Staurastrum leptocladum var. leptocladum Nordstedt

***Staurastrum leptocladum* var. *cornutum* Wille**

La cellule mesure 25,9 µm de longueur sans les bras et 34,3 µm avec les bras, pour une largeur de 6,5 µm. Les bras flexueux sont terminés par deux dents. Chaque apex porte deux épines (**figure 66**). Cette variété a été rencontrée aux stations B4, B5, B7 et B8.

***Staurastrum setigerum* Cleve**

La cellule est triangulaire en vue apicale, avec une membrane couverte d'épines plus ou moins développées **(figure 67**). Dimensions : 38,7-41 x 43-45,2 µm. Ce taxon a été rencontré aux stations B8 et B10.

***Staurastrum tetracerum* Ralfs**

La cellule est prolongée de chaque côté par un bras relativement long et denticulé sur toute sa longueur **(figure 68)**. La cellule est longue de 7,1-9 µm sans les bras, large de 25,5-30,1 µm avec les bras et présente un apex un peu concave. Ce taxon a été prélevé aux stations B2, B4, B5, B6, B7, B8, B9 et B10.

***Staurastrum* sp.**

La cellule mesure 17,4-18,5 x 10,14 µm sans les bras. Elle est prolongée par des bras bifurqués à leur extrémité. La longueur des bras est de 23,6-25 µm (**figure 69**). Ce taxon a été prélevé à la station B8.

Genre : *Staurodesmus* Teiling

***Staurodesmus convergens* (Ralfs) Lillier**

La cellule est elliptique en vue apicale. Les hémisomates sont convexes au sommet, ornés de chaque côté d'un aiguillon prolongeant la courbure du sommet **(figure 70-71)**. Dimensions : 36-55 µm de longueur et 35-37 µm de largeur. Ce taxon a été prélevé aux stations B2, B4, B5, B6, B7 et B10.

***Staurodesmus glaber* Teiling**

La cellule a des hémisomates triangulaires en vue frontale, à côtés droits et apex plan. Les épines sont souvent bien développées et convergentes (**figure 72**). Dimensions : 19,5-21 x 16,8-20 µm. Ce taxon a été prélevé aux stations B2, B6 et B7.

***Staurodesmus mamillatus* (Nordsted) Teiling**

Les cellules sont triangulaires en vue apicale avec un isthme allongé. Les hémisomates, un peu renflé aux angles, sont convexes à l'apex et ornés à chaque angle d'une épine plus ou moins forte (**figure 73**). Dimension : 22-24,1 x 16-17 µm. Cette espèce a été rencontrée aux stations B8, B9 et B10.

***Staurodesmus subulatus* (Ehrenberg ex. Ralfs) Teiling**

Les cellules mesurent 30-35 µm de longueur et 31-50 µm de largeur sans les bras. Les hémisomates, elliptiques, sont prolongés par de longs aiguillons à chaque angle **(figure 74)**. Cette espèce a été rencontrée à la station B7.

Genre : *Teilingia* Bourrelly

***Teilingia granulata* (Roy et Bisset) Bourrelly**

Les cellules sont subquadrangulaires à sinus largement ouvert et peu profond. Les cellules, munies de plusieurs granules marginaux sont unies par des apex plans **(figure 75)**. Dimensions : cellule de 8,8-10 x 7,6-8 µm. Ce taxon a été récolté aux stations B2, B6, B7, B8, B9 et B10.

Genre : *Xanthidium* (Ralfs) Ehrenberg

***Xanthidium cristatum* Brébisson ex Ralfs**

Les cellules ont des hémisomates à peine trilobés avec un sinus ouvert. Le lobe apical est pourvu de 4 épines dressées alors que les lobes latéraux sont pourvus de 4 à 5 épines **(figure 76)**. Dimensions : 40-53,3 x 34,6-36 µm, isthme de 8-10 µm. Cette espèce a été rencontrée aux stations B5 et B8.

***Xanthidium* subtrilobum West et G.S. West**

Les cellules ont des hémisomates plus ou moins nettement trilobés, parfois presque pyramidaux. Le lobe apical est pourvu de 4 épines dressées et les lobes latéraux pourvus chacun de 3-5 épines (**figure 77**). Dimensions : 42-55 x 38-44 µm, isthme de 6-8 µm. Cette espèce a été rencontrée aux stations B4 et B8.

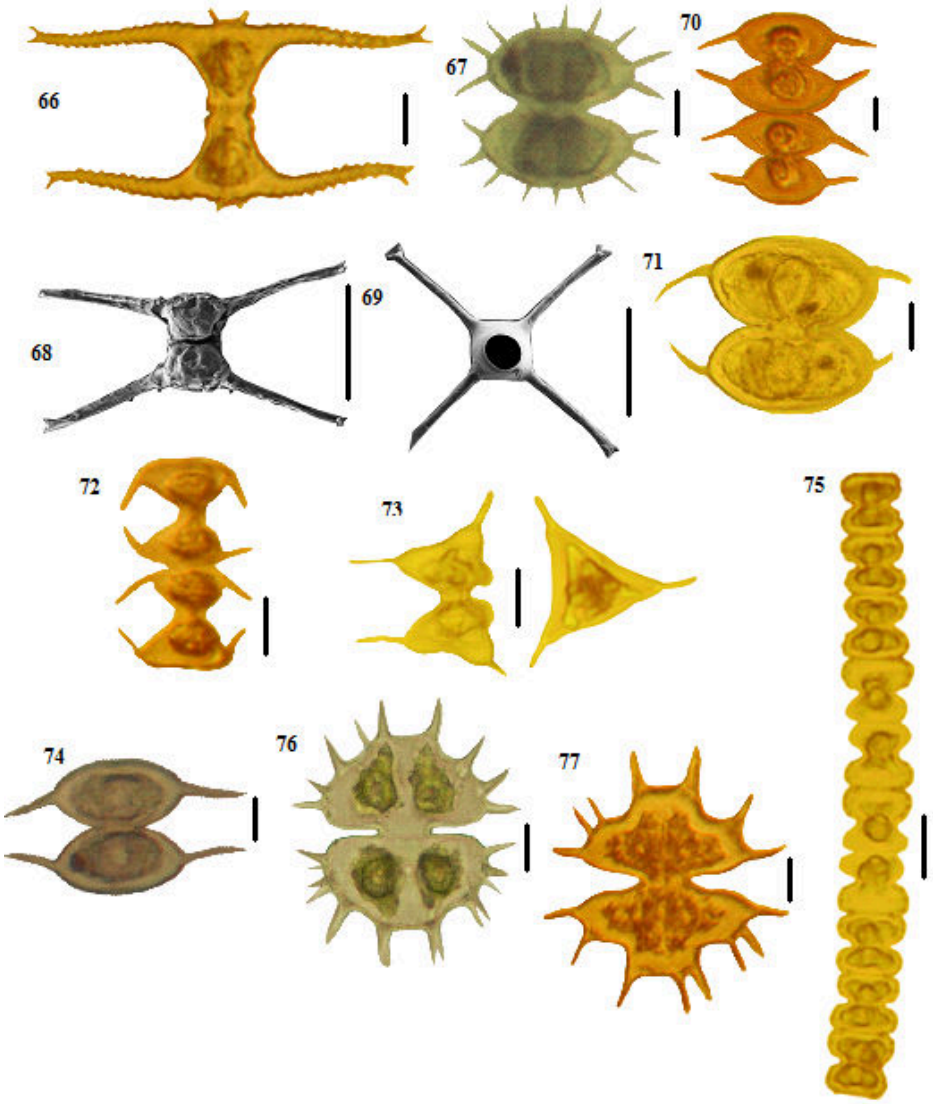


Figure 66 - 77 : 66 - Staurastrum leptocladum var. cornutum Wille, 67 - Staurastrum setigerum Cleve, 68 - Staurastrum tetracerum Ralfs, 69 - Staurastrum sp., 70 et 71 - Staurodesmus convergens (Ralfs) Lillier, 72 - Staurodesmus glaber Teiling, 73 - Staurodesmus mamillatus (Nordsted) Teiling, 74 - Staurodesmus subulatus (Ehrenberg ex. Ralfs) Teiling, 75 - Teilingia granulata (Roy et Bisset) Bourrelly, 76 - Xanthidium cristatum Brébisson ex Ralfs, 77 - Xanthidium subtrilobum (West et G.S. West)

Famille : Mesotaeniaceae Rabenhorst

Genre : *Gonatozygon* Rabenhorst

***Gonatozygon aculeatum* Hastedt**

Les cellules sont cylindriques et pourvues de paroi couvertes d'épines de 6,3 µm de longueur (**figure 78**). Dimensions : 127 x 13 µm. Cette espèce a été récoltée aux stations B4 et B5.

Famille : Zygnemataceae Kützing

Genre : *Spirogyra* Link

***Spirogyra* sp. 1**

Le filament de 20-22 µm de diamètre est composé de cellules longues de 102-104 µm renfermant chacune 2 chloroplastes rubanés (**figure 79**). Ce taxon a été prélevé aux stations B1, B4, B5, B8 et B10.

***Spirogyra* sp. 2**

Le filament observé présente trois plastes pariétaux enroulés en hélice avec des cellules de 260 x 50 µm **(figure 80)**. Ce taxon a été prélevé aux stations B4, B5 et B8.

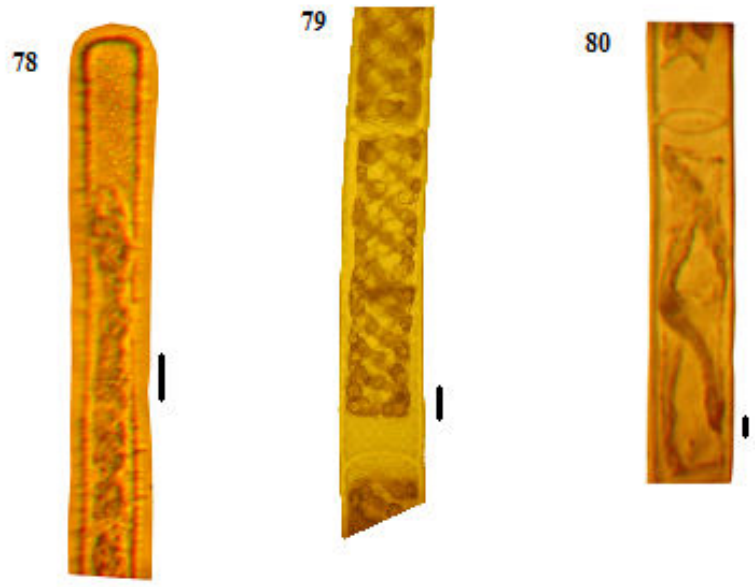


Figure 78 - 80 : 78 - Gonatozygon aculeatum Hastedt, 79 - Spirogyra sp.1, 80 - Spirogyra sp.2

De cette étude taxinomique, il ressort que la flore algale du fleuve Bandama comprend 75 taxons de Chlorophyta qui se repartissent en 28 genres, 12 familles, 4 ordres et 2 classes. La famille des Desmidiaceae avec 37 taxons, est la plus diversifiée. Cette richesse du milieu en Chlorophyta a été observée par [15] dans l'ensemble des collections d'eau du sud de la Côte d'Ivoire, [21] et [22] dans la Haute Comoé et la Bagoé, [7] dans la rivière Bia. Hors de la Côte d'Ivoire, les travaux de [23], [24] et [21] respectivement dans la haute volta, à Porto Alegre et dans la Bagré ont relevé cet état de fait. La prolifération des Chlorophyta pourrait s'expliquer par le fait que les conditions du milieu leurs sont favorables. Nos résultats observés dans le fleuve Bandama sont en accord avec les observations de [25] selon lesquelles la disponibilité des nutriments est un facteur essentiel à la prolifération des Chlorophyta. Aussi, les pH alcalins relevés dans la majorité des stations sont favorables au développement de nombreuses Desmidiales [6].

Concernant le nombre de taxons par stations, on observe que les stations B4, B5 et B8 sont les plus riche avec respectivement 38, 44 et 38 taxons répertoriés. Cette richesse pourrait être liée à leur caractère lentique. En effet, le caractère stagnant des lacs favorise des processus biologiques tels que les cycles complets de reproduction et de développement des algues. Cette richesse algale en relation avec la stabilité des eaux a été constatée par [7] sur le lac d'Ayamé en Côte d'Ivoire.

4 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de décrire 75 taxons récoltés. Parmi ceux-ci, 12 taxons sont cités pour la première fois dans la flore algale de Côte d'Ivoire. Il s'agit des taxons : *Tetraedron trigonum*, *Cosmarium quadrum* var. *sublatum*, *Euastrum dubium* var. *ornatum, Euastrum praemorsum*, *Euastrum rectangulare*, *Micrasterias mahabuleshwarensis*, *Spondylosium pulchrum*, *Staurastrum forficulatum*, *Scenedesmus pecsensis* var. *setosus* fo. *denticulatus*, *Staurastrum leptocladum* var. *leptocladum*, *Staurodesmus mamillatus, Gonatozygon aculeatum*. Cette étude basée sur la microscopie optique et électronique pourrait servir à l'enseignement et à l'initiation à la systématique des micro-algues.

REFERENCES

[1] Gayral P., 1975. Les Algues : morphologie, cytologie, reproduction, écologie. Doin Éditeur, Paris, 166 p.

[2] Mollo P. et Noury A., 2013. Le manuel du plancton. *Charles Léopold Mayer*, Paris (France), 198 p.

[3] Iltis A., 1980. Les algues. *In* : Durand J.R. et Lévêque C (Éds) : Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne Tome I. O.R.S.T.O.M., Collection Initiations Documents Techniques n° 44, Paris, pp. 9-61.

[4] Dufour P. et Durand J.R., 1982. Production végétale des lagunes de Côte d'Ivoire. *Revue Hydrobiologie tropicale*, 15 : 209-230.

[5] Da K.P., 1992. Contribution à la connaissance du phytoplancton de la mare et du complexe piscicole du Banco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de 3ème cycle, FA.S.T., Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 384 p.

[6] Da K.P., 2007. Étude taxinomique du phytoplancton dulçaquicole des masses d'eaux lentiques et lotiques de quelques sites au Sud de la Côte d'Ivoire, entre les fleuves Bandama et Bia : apports de la microscopie électronique à balayage. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles. U.F.R. Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 402 p.

[7] Ouattara A., 2000. Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Catholique Leuven, Belgique, 226 p.

[8] Komoé K., 2010. Distribution du phytoplancton dans le complexe lagunaire de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, université de Cocody-Abidjan, 282 p.

[9] Niamien-Ébrottié J.E., 2010. Composition et distribution spatiale et saisonnière des peuplements d'algues de quatre rivières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié, Éholié, Éhania et Noé). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 119 p.

[10] Kouassi B.A.T., 2013. Taxinomie, composition floristique et dynamique spatio-saisonnière des algues périphytiques de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 190 p.

[11] Konan E.S., 2014. Distribution spatio-temporelle du peuplement phytoplanctonique et variabilité des facteurs abiotiques de la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, (Côte d'Ivoire), 174 p.

[12] Salla M., 2015. Taxinomie, composition et distribution spatio-saisonnière du phytoplancton des rivières tropicales côtières Boubo et Mé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, (Côte d'Ivoire), 187 p.

[13] Iltis A. et Lévêque C., 1982. Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Revue d' Hydrobiologie tropicale*, 15 (2) : 115-130.

[14] Traoré K., 1996. État des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. Rapport de consultation Avril 1996. Projet F.A.O. TCP/ IVC/4553, 135 p.

[15] Bourrelly P., 1961a. Algues d'eau douce de la République de Côte d'Ivoire. *Bulletin de l'Institut Français de l'Afrique Noire,* série A, 23 (2) : 283-374.

[16] Bourrelly P., 1970. Les Algues d'eau douce, Initiation à la Systématique. Tome III : Les Algues Bleues et Rouges. Éditions N. Boubée et Cie, Paris, 512 p.

[17] Bourrelly P., 1972. Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. Éditions N. Boubée et Cie, Paris, 572 p.

[18] Bourrelly P., 1988. Les Algues d'eau douce. Complément tome I : Les Algues vertes. Société Nouvelle Édition Boubée, Paris, 182 p.

[19] Compère P., 1977. Algues de la région du lac Tchad. VII : Chlorophycophytes (3ème partie : Desmidiées*. Cahier O.R.S.T.O.M, Série Hydrobiologie,* 11 (2) : 77-177.

[20] Zongo F., 2007. Inventaire et systématique des micro-algues dulçaquicoles du réservoir de Bagré au Burkina Faso (Province de Boulgou). Thèse de Doctorat d'État, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 164 p.

[21] Iltis A., 1982a. Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire. 1. Stations de prélèvement, méthodologie, remarques sur la composition qualitative et biovolumes. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 15 (3) : 231-239.

[22] Iltis A., 1982b. Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire. II. Variations saisonnières des biovolumes, de la composition et de la diversité spécifique. *Revue d' Hydrobiologie tropicale*, 15 (3) : 241-251.

[23] Couté A. et Rousselin G., 1975. Contribution à l'étude des Algues d'eau douce du Moyen Niger (Mali). *Bulletin du Musée National d'Histoire Naturelle, Paris*, 277 : 73-175.

[24] Franceschini I.M., 1991. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues) Gebrüder Bortraeger, Verlagsbuchhandlung, 73 p.

[25] Beman J.M., Arrigo K.R. et Matson P.A., 2005. Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean. *Nature,* 434 : 211-214.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 652-667
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution des modèles hydrologiques et des SIG à l'étude de l'impact de la variabilité climatique et du changement de l'occupation du sol sur les ressources en eau du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire

[Contribution of hydrological models and GIS to the study of the impact of climate variability and land-use change on water resources of the Volta watershed in Côte d'Ivoire]

Germain Miessan ADJA[1], Jacques Edoukou DJEMIN[2], Franck-Armstrong Okon N'DRI[2], Fernand Koffi KOUAME[2-3], and Jean BIEMI[2-3]

[1]Section des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), Département des Sciences et Technologies, École Normale Supérieure (ENS) d'Abidjan, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE),
Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), 22 BP 582 Abidjan 22,
Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), 22 BP 801 Abidjan 22,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The water resources of the Volta watershed in Côte d'Ivoire are often destined for human consumption and the development of agro-pastoral or industrial activities. This study aims to characterize climate variability and its consequences and to analyze the dynamics of land-use on the water resources of this basin, from hydrological models and GIS. Since the rainfall decline, observed during the years 1963 to 1970, several periods of drought have been observed and have caused the disappearance of plant species, some water bodies and some areas of groundwater recharge. The determined rainfall during the period 1936 to 2002 is 1102.86mm with only a surplus of 87.30mm of which 5.68% is destined for surface runoff and 2.23% for groundwater recharge. The flow rate of rivers from 1990 to 1993 is $1.39 m^3.s^{-1}$ with a drying up coefficient of $6.95.10^{-2}$ j^{-1} and a mobilized water volume by aquifers of only $0.028 km^3$. These parameters determine a low hydraulic potential of the basin. Dominated by tree savannah or shrubby savannah (81.17%) in 1990, the degradation of the vegetation cover of the basin has had adverse effects on water resources. However, until the year 2000, the regeneration of gallery forest and dense tree savannah (from 8.48% to 16.01%) will favor the reconstitution of some water bodies. Thus, for an effective rehabilitation of the environment, it will be necessary to reinforce the strategic plans for adaptation to climate variability.

KEYWORDS: Climate Variability, Land-Use, Water Resource, Volta Watershed, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Les ressources en eau du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire sont souvent destinées à la consommation humaine et au développement des activités agro-pastorales ou industrielles. Cette étude vise à caractériser la variabilité climatique et ses conséquences et à analyser la dynamique de l'occupation du sol sur les ressources en eau de ce bassin, à

Corresponding Author: Jacques Edoukou DJEMIN

partir des modèles hydrologiques et des SIG. Depuis la baisse pluviométrique constatée durant les années 1963 à 1970, des périodes de sécheresse ont été observées et ont provoqué la disparition d'espèces végétales, de certains points d'eau et de certaines zones de recharge des nappes. La pluviométrie déterminée sur la période 1936 à 2002 est de 1102,86mm avec seulement un excédent de 87,30mm dont 5,68% sont destinés à l'écoulement de surface et 2,23% à la recharge des nappes. Le débit des cours d'eau sur la période 1990 à 1993 est de 1,39$m^3.s^{-1}$ avec un coefficient de tarissement de 6,95.10^{-2} j^{-1} et un volume d'eau mobilisé par les aquifères de seulement 0,028km^3. Ces paramètres déterminent un faible potentiel hydraulique du bassin. Dominé par la savane arborée ou arbustive claire (81,17%) en 1990, la dégradation du couvert végétal du bassin a eu des effets néfastes sur les ressources en eau. Cependant, jusqu'en 2000, la régénération de la forêt galerie et de la savane arborée dense (de 8,48% à 16,01%) va favoriser la reconstitution de certains plans d'eau. Ainsi, pour une réhabilitation effective de l'environnement, il faudra renforcer les plans stratégiques d'adaptation à la variabilité climatique.

MOTS-CLEFS: Variabilité Climatique, Occupation du Sol, Ressource en Eau, Bassin Versant de la Volta, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La variabilité climatique est généralement un effet de conditions naturelles du milieu [1]. Cependant, souvent les activités anthropiques accélèrent le processus. Dans le domaine de l'environnement, ces fluctuations peuvent également entraînées de sérieuses perturbations sur la faune et la flore [2]. La variabilité climatique serait à l'origine de la baisse pluviométrique observée en Afrique de l'Ouest depuis 1970 [3] [4]. Cette baisse a eu un impact sur la modification du cycle de l'eau et a entraîné des effets néfastes directs ou induits importants sur l'environnement humain et naturel. L'un de ces effets néfastes est la diminution des ressources en eau disponibles. Selon [5], en Côte d'Ivoire, les changements hydro-climatiques ont entraîné un tarissement de la majorité des points d'eau de surface et de nombreux puits, par conséquent une baisse importante du niveau piézométrique des aquifères. La baisse des pluies a donc entraîné celle des ressources en eau de surface et souterraine et par conséquent la disponibilité en eau [6]. Cette réalité se vit sur toute l'étendue du territoire en particulier dans le Nord-Est où une portion du bassin versant de la volta s'illustre en tant que principal hydro-système régissant les ressources en eau de la région. Le bassin versant de la Volta, couvrant six pays de l'Afrique de l'Ouest (Burkina-Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Bénin, Togo, Mali) [7], présente d'énormes potentialités en terres irrigables évaluées à 1.513.000 ha pour le développement d'activités agricoles. Les ressources en eau de ce bassin peuvent favoriser également l'approvisionnement en eau potable de plusieurs centaines de populations ainsi que l'essor du secteur industriel. Au niveau de la Côte d'Ivoire, les affluents de ce bassin regorgent de nombreux barrages agro-pastoraux. Cependant, il est soumis à d'énormes contraintes dont la diminution et la dégradation de la qualité des ressources en eau, la disparition accélérée de cours d'eau secondaires, l'assèchement des zones humides et la diminution de la biodiversité [1]. Le contexte de variabilité climatique et de mutations spatiales suscite une évaluation de son potentiel hydrique en vue d'une gestion quantitative des ressources en eau. La présente étude vise à caractériser la variabilité climatique et ses conséquences et à analyser la dynamique de l'occupation du sol sur les ressources en eau du bassin versant de la Volta au niveau de la Côte d'Ivoire. L'évaluation et la gestion efficace desdites ressources d'un territoire requièrent une connaissance approfondie des processus hydrologiques ou hydrogéologiques mis en jeu, ainsi que leurs échelles de temps et d'espace particuliers [8]. Pour ce faire, les outils numériques d'aide à la prise de décision sont utilisés. Ils permettent d'intégrer des données multi-sources et de faire des analyses pouvant tenir compte des contraintes très diversifiées pour une optimisation de la gestion des ressources en eau [9]. Parmi ces outils, les modèles hydrologiques ou hydrogéologiques qui occupent une place de choix dans la compréhension des processus et interactions dynamiques entre les paramètres environnementaux et physiographiques intervenant sur un hydro-système, sont retenus. L'intégration de données géo-spatiales provenant de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) a contribué au développement de certains modèles hydrologiques ou hydrogéologiques et à l'adaptation de modèles préexistants par l'exploitation efficiente des informations dérivées. La modélisation spatialisée devient alors un "bon outil" pour la compréhension du fonctionnement d'un hydro-système et la prise en compte des modifications de certaines variables comme l'occupation et l'utilisation des sols.

1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Volta est situé au Nord-Est au niveau de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 8°60 et 9°94 Nord et les longitudes 2°57 et 3°60 Ouest (Figure 1). C'est un bassin transfrontalier dont la partie ivoirienne circonscrit les régions du Boukani (Bouna) et du Gontougo (Bondoukou). Son principal cours d'eau qui le draine est le fleuve Volta Noir qui prend sa source au Burkina-Faso. Le relief y est peu accidenté avec des altitudes variant de 200 à 550m. Il est caractérisé par un climat de type tropical humide, particulièrement chaud et relativement sec avec un régime pluviométrique uni-modal [10], une saison pluvieuse de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. La couverture végétale dense au Sud de la zone d'étude

s'éclaircit et passe à la savane arborée et arbustive au Nord. Le fleuve de la Volta présente un régime qui s'apparente au régime tropical de transition [10]. Ce régime est caractérisé par une crue généralement unique en août, septembre et octobre suivie d'une décrue rapide en novembre et décembre. Au cours de cette période, interviennent le tarissement et la longue période de basses eaux de janvier à mai. Le Nord-Est de la Côte d'Ivoire est irrigué par plusieurs affluents de la Volta noire dont les plus importants prennent leur source dans l'Ouest et les zones de hautes altitudes de cette région. Les populations en majorité paysannes s'adonnent aux cultures vivrières (igname, mais, mil, sorgho, riz, arachide), maraîchères (tomate, aubergine, gombo et piment) et du coton. À ces cultures, s'ajoute l'arboriculture constituée par les vergers de manguiers et d'anacardiers. La production animale est constituée de bovins, d'ovins et de caprins. Les sols sont de type ferrugineux et ferralitique moyennement et fortement désaturé. Au plan géologique, la zone d'étude appartient au domaine protérozoïque (Baoulé-Mossi) constituée de formations birimiennes (schistes, arkoses…) et tarkwaiennes (grès, arkoses, conglomérats quartzo-phylliteux…). Au plan hydrogéologique, la région abrite des aquifères de socle.

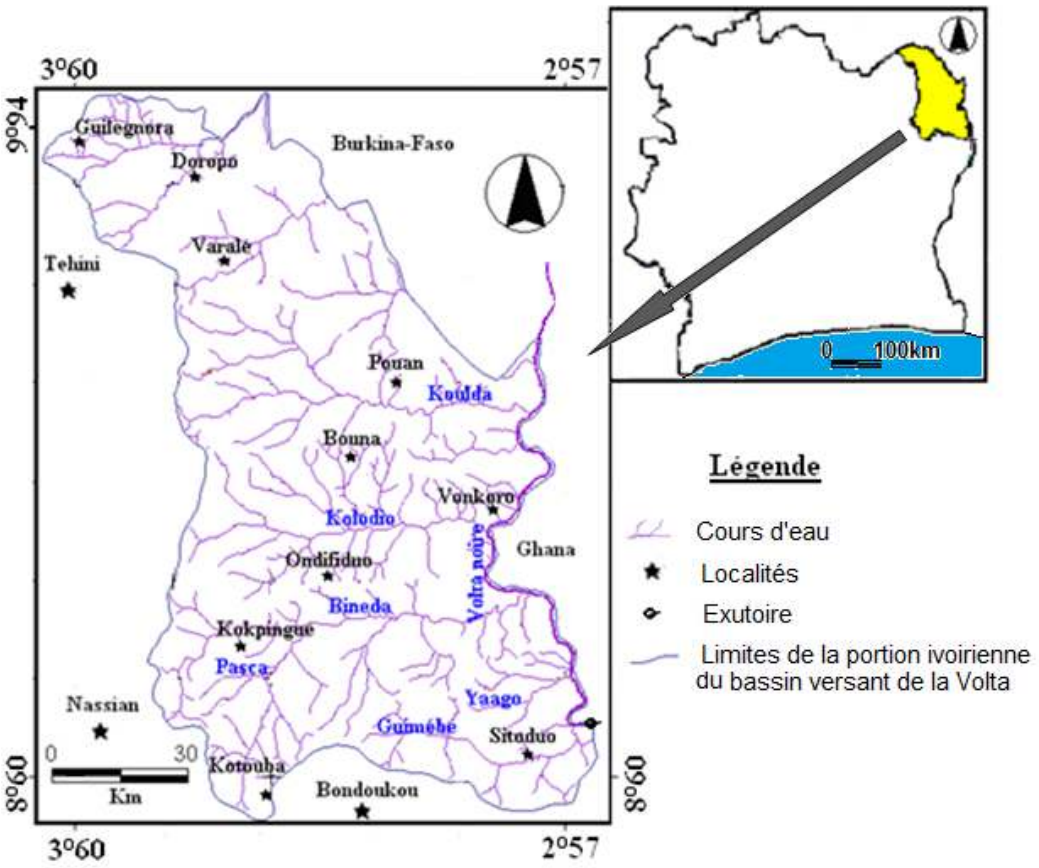


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DONNÉES ET MATÉRIEL

Les données utilisées dans cette étude sont des données pluviométriques annuelles des stations hydrométriques des localités de Valaré, Bouna et Bondoukou sur la période 1936 à 2002, obtenues auprès de la Société de Développement Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM). Elles sont composées également de données hydrométriques qui concernent les moyennes mensuelles des débits des cours d'eau (période 1990-1993) mesurés à la station de jaugeage de la localité de Gbanlou (à Kokpingué). Elles sont obtenues auprès de la Direction des Ressources en Eau (DRE). À ces données, s'ajoutent aussi des données satellitaires composées d'images satellitaires et de Modèle Numérique d'Altitude de la zone d'étude. Les images satellitaires sont deux images mosaïquées Landsat TM ortho-rectifiées de format MrSID (Multi-resolution Seamless Image Database) datant de 1990 et de 2000, fournies par le site américain : https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/. D'une résolution

spatiale de 28,5m, ces images se composent des bandes spectrales TM7 (moyen infrarouge), TM4 (proche infrarouge) et TM2 (visible vert). Le MNA, avec une résolution spatiale de 90m, est fourni par le site américain : ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/Africa en format SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). La carte topographique du degré carré de Bouna, réalisée à l'échelle 1/200 000 par le Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT) en 1996, a été utilisée pour reproduire le réseau hydrographique numérique. L'analyse de la variabilité hydro-pluviométrique et de l'évolution de l'occupation du sol a nécessité l'utilisation de plusieurs logiciels. Ainsi, le logiciel Khronostat 1.00 a été utilisé pour la détection éventuelle de rupture au sein des séries chronologiques de pluies. L'application du programme "Évaluation de la Variabilité Climatique" (EVC) a permis de faire le bilan hydrologique sur chaque station et de calculer les coefficients de tarissement et les volumes d'eau mobilisés par les aquifères. Le logiciel ENVI 4.3 a permis de faire la mosaïque des fichiers MNA et de traiter des images Landsat TM pour aboutir à l'élaboration de la carte d'occupation du sol de la zone d'étude. Le programme PCI Works V7.0 a été utilisé pour convertir le fichier de la carte d'occupation du sol au format ASCII. Ce format ASCII est acceptable par PHYSITEL 3.0 qui a permis de structurer les données d'occupation du sol.

2.2 MÉTHODES

La méthodologie de ce travail s'articule autour de la caractérisation de la variabilité climatique, ses conséquences et l'étude de la dynamique de l'occupation du sol sur les ressources en eau de la portion ivoirienne du bassin versant de la Volta.

2.2.1 CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ HYDRO-CLIMATIQUE

La caractérisation de la variabilité climatique sur la portion ivoirienne du bassin versant de la Volta est conduite par le calcul d'indices climatiques à l'aide du filtre non récursif passe-bas d'ordre 2 de HANNING et la détection de ruptures dans les séries hydro-climatiques. Concernant spécifiquement l'écoulement des cours d'eau, le bilan hydrologique est établi et le régime du tarissement et les volumes d'eau mobilisées sur le bassin sont déterminés.

2.2.1.1 CALCUL D'INDICES PLUVIOMÉTRIQUES À L'AIDE DU FILTRE PASSE-BAS NON RÉCURSIF DE HANNING D'ORDRE 2

Les indices pluviométriques permettent de mettre en évidence les périodes excédentaires et déficitaires au sein d'une série chronologique. Leur calcul dans ce travail est effectué par la méthode de HANNING (méthode des moyennes mobiles pondérées, centrées et réduites) qui est un filtre passe-bas non récursif d'ordre 2. Sa mise en œuvre est réalisée au moyen de l'équation 1 [11] présentée par [12]:

$$X_{(t)} = 0{,}06X_{(t-2)} + 0{,}25X_{(t-1)} + 0{,}38X_{(t)} + 0{,}25X_{(t+1)} + 0{,}06X_{(t+2)} \quad \text{pour} \quad 3 \le t \le (n-2) \tag{1}$$

Où, $X_{(t)}$ est le total pluviométrique pondéré du terme t ;

$X_{(t-2)}$ et $X_{(t-1)}$ sont les totaux pluviométriques observés de deux termes qui précèdent immédiatement le terme t ;

$X_{(t+2)}$ et $X_{(t+1)}$ sont les totaux pluviométriques observés de deux termes qui suivent immédiatement le terme t.

Les totaux pluviométriques pondérés des deux premiers termes [$x_{(1)}$, $x_{(2)}$] et des deux derniers termes [$x_{(n-1)}$, $x_{(n)}$] de la série sont calculés au moyen des équations 2 à 5 :

$$x_{(1)} = 0{,}54x_{(1)} + 0{,}46x_{(2)} \tag{2}$$

$$x_{(2)} = 0{,}25x_{(1)} + 0{,}50x_{(2)} + 0{,}25x_{(3)} \tag{3}$$

$$x_{(n-1)} = 0{,}25x_{(n-2)} + 0{,}50x_{(n-1)} + 0{,}25x_{(n)} \tag{4}$$

$$x_{(n)} = 0{,}54x_{(n)} + 0{,}46x_{(n-1)} \tag{5}$$

Où, n est la taille de la série.

Pour mieux visualiser les périodes pluviométriques déficitaires et excédentaires, les moyennes mobiles sont centrées et réduites à l'aide de l'équation 6 :

$$y'_{(t)} = \frac{(x_{(t)} - m)}{s} \tag{6}$$

Où, m est la moyenne de la série des moyennes mobiles pondérées ;

s est l'écart-type de la série des moyennes mobiles pondérées.

2.2.1.2 DÉTECTION DE RUPTURES DANS LES SERIES HYDRO-CLIMATIQUES A PARTIR DU TEST DE PETTITT

Une "rupture" peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent inconnu [13]. En climatologie ou hydrologie, ce changement marque une modification du régime pluviométrique ou hydrologique. L'une des méthodes réputées et couramment utilisée pour mener cette détection est le test de PETTITT [14]. La méthode BAYÉSIENNE DE LEE ET HEGHINIAN [15] est parfois utilisée.

- **TEST DE PETTITT**

C'est un test non-paramétrique dérivé du test de MANN-WHITNEY [16]. Pour ce test, l'absence de rupture dans la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N, les séries chronologiques (X_i) i=1 à t et t+1 à N appartiennent à la même population. La variable à tester est le maximum en valeur absolue de la variable $U_{t,N}$ définie par l'équation 7 :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{N} D_{ij} \qquad (7)$$

Où, D_{ij}= sgn($X_i - X_j$) avec : sgn=1, si X>0 ;

sgn=0, si X=0 ;

sgn=-1 si X<0.

Au cas où l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable $U_{t,N}$.

- **METHODE BAYESIENNE DE LEE ET HEGHINIAN**

La méthode BAYÉSIENNE DE LEE ET HEGHINIAN [15] vise à confirmer ou à infirmer l'hypothèse d'un changement de moyenne dans la série. Elle consiste à déclarer la série stationnaire ou non en analysant la densité de probabilité a posteriori de la position du point de rupture. Il s'agit d'une approche paramétrique dont l'application sur une série nécessite une distribution normale des valeurs de celle-ci. L'absence de rupture dans la série constitue l'hypothèse nulle. La procédure repose sur le modèle (système d'équations) suivant :

$$X_i = \begin{cases} \mu + \varepsilon_i & i = 1,...,\tau \\ \mu + \delta + \varepsilon_i & i = \tau + 1,...,N \end{cases} \qquad (8)$$

Où, les ε_i sont indépendants et normalement distribués, de moyenne nulle et de variance σ^2;

τ représente la position de la rupture dans le temps ;

δ l'amplitude du changement sur la moyenne.

- **CALCUL DES DEFICITS**

A la détection des ruptures hydro-climatiques s'associe le calcul de déficits. En effet, les variations moyennes de part et d'autre de la rupture permettent d'évaluer les déficits induits par ces ruptures. Ce déficit s'obtient à partir de l'équation 9 [17] :

$$D = \left(\frac{\overline{x_j}}{\overline{x_i}} - 1\right) \times 100 \qquad (9)$$

Où, $\overline{x_j}$ représente la moyenne sur la période après la rupture ;

$\overline{x_i}$ est la moyenne sur la période avant la rupture ;

D est le déficit exprimé en pourcentage (%).

2.2.1.3 BILAN HYDROLOGIQUE

L'expression classique du bilan hydrologique s'établie selon l'équation 10. L'établissement de ce bilan passe par la détermination de certains paramètres de l'équation 10 :

$$P = E + R + I \quad (10)$$

Où, P (mm) = précipitation ;

E (mm) = évaporation directe et la transpiration des plantes (évapotranspiration) ;

R (mm) = ruissellement de surface et hypodermique ;

I (mm) = infiltration.

La détermination de ce bilan se fait suivant la démarche de THORNWHAITE [18] qui est assortie de conditions ci-dessous :

- Si P ≥ ETP, l'etr est égale à l'etp : c'est une quantité d'eau (P-ETR) qui servira à la reconstitution des réserves du sol ;
- Si P < ETP, l'ETR va se réaliser non seulement sur la totalité des pluies mais encore sur les réserves du sol, de sorte que ETR = P+RFU (où, RFU est la réserve facilement utilisable).

2.2.1.4 COEFFICIENTS DE TARISSEMENT ET VOLUMES D'EAU MOBILISÉS PAR LES AQUIFÈRES

L'étude du comportement des basses eaux sur le bassin versant a nécessité l'observation de l'évolution des débits moyens annuels d'eau écoulée, la détermination des coefficients de tarissement et des volumes d'eaux mobilisés par les aquifères sur la période 1990 à 1993. L'objectif ici était de montrer comment la relation eau de surface-eau souterraine a été affectée par un éventuel déficit pluviométrique. Pour le calcul des coefficients de tarissement et du volume d'eau mobilisé par les aquifères, la loi de MAILLET présentée par [19] et améliorée par la résolution dichotomique déjà appliquée par plusieurs auteurs dont [20], [21], [22] est utilisée. L'expression mathématique du coefficient de tarissement est donnée par l'équation 11 :

$$Q_t = Q_0 e^{-kt} \quad (11)$$

Où, Q_t ($m^3.s^{-1}$) est le débit à l'instant t (s) donné ;

Q_0 ($m^3.s^{-1}$) est le débit initial (au début du tarissement) ;

k (j^{-1}) est le coefficient de tarissement de maillet.

En régime non influencé, la courbe annuelle de tarissement exprime la vidange du réservoir souterrain. Ainsi, la quantité d'eau récupérée à la station de jaugeage correspond exclusivement aux volumes dynamiques mobilisés par l'ensemble des aquifères du bassin. Le volume d'eau écoulé V à chaque instant t est donné par l'équation (12) :

$$V = \int_0^t Q_0 e^{-kt} dt \quad (12)$$

Où, V est le volume d'eau écoulé en m^3.

2.2.2 CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

La caractérisation de la structure spatiale de la zone d'étude est faite à l'aide de la carte des pentes obtenue à partir du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) et de la superposition du réseau hydrographique sur le MNA grâce au SIG. L'étude de l'évolution de l'occupation du sol est réalisée à partir d'images satellitaires. Les images satellitaires utilisées pour l'élaboration des cartes d'occupation du sol des années 1990 et 2000 ont d'abord subi un prétraitement qui a consisté à appliquer un certain nombre d'opérations telles que la correction radiométrique, la correction atmosphérique et la correction géométrique. La cartographie de l'occupation du sol s'est faite à partir de la classification supervisée par maximum de vraisemblance de chaque image Landsat TM en s'appuyant sur les travaux antérieurs de [10]. L'algorithme est basé sur la théorie probabiliste Bayésienne, qui suppose que les classes sont distribuées de façon gaussienne. Les pixels sont donc classés selon la probabilité d'appartenir à une classe donnée, sur la base des informations spectrales issues des parcelles d'entrainement [23]. L'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs des différents types de surfaces. Ces échantillons forment un ensemble de données-tests (sites de contrôle et d'entraînement). La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec la région géographique et les types de surfaces présents sur l'image. Les

informations numériques pour chacune des bandes et pour chaque pixel de ces ensembles sont utilisées pour définir les classes et ensuite reconnaître des régions aux propriétés similaires à chaque classe.

3 RÉSULTATS

3.1 VARIABILITÉ DU CLIMAT SUR LA PORTION IVOIRIENNE DU BASSIN VERSANT DE LA VOLTA

3.1.1 FLUCTUATION DES INDICES PLUVIOMÉTRIQUES

Les différentes valeurs de ces indices permettent de déterminer les périodes humides, normales et sèches. Les variations interannuelles des indices pluviométriques, sur la période 1936-2002 aux stations de Bondoukou, Bouna et Valaré de la zone d'étude, sont caractérisées par une alternance d'années humides et sèches (Figure 2). Aucune période normale n'a été signalée sur l'ensemble de ces trois stations. L'analyse montre que :

- À la station de Bondoukou, située au Sud de la zone d'étude, une période humide et période sèche sont à distinguer avec une moyenne interannuelle de 1115,59mm. La période humide est définie de 1936 à 1970 avec une moyenne interannuelle de 1158,59mm, marquée par un excédent de 43mm. L'année 1963 est la plus arrosée avec une moyenne interannuelle de 1601,3mm. Cette période humide est caractérisée par deux années significativement sèches (1936 et 1937). Quant à la période sèche (de 1970 à 2002), une moyenne interannuelle de 1060,36mm a été enregistrée, soit un déficit de 55,23mm. Au cours de cette période sèche, il faut noter cependant quelques années pluvieuses (1980, 1984 et 1991) avec des précipitations moyennes interannuelles qui oscillent autour de 1408,53mm en moyenne ;
- À la station de Bouna, située au centre de la zone d'étude, deux périodes sèches alternent avec une période humide. La moyenne interannuelle de la série pluviométrique est de 1053,75mm. La première période sèche part de 1936 à 1947 avec une moyenne interannuelle de 951,25mm, soit un déficit de 102,50mm. Le caractère déficitaire de cette période sèche se remarque sur dix années déficitaires sur les 11 années définies. Cette première période sèche est suivie d'une période humide (de 1947 à 1965) caractérisée par une moyenne interannuelle de 1212,60mm correspondant à un excédent de 158,85mm. L'année 1959 est la plus arrosée (1934,8mm) avec une pluviométrie moyenne interannuelle largement au-dessus de la moyenne. Enfin, survient la deuxième période sèche (de 1965 à 2002) avec une moyenne interannuelle de 998,06mm marquée par un déficit de 55,69mm. Cette période sèche définie sur trente-sept (37) années comprend vingt-trois (23) années déficitaires (soit 62,16%) ;
- À la station de Valaré, située au Nord de la zone d'étude, la série pluviométrique a une moyenne interannuelle de 1062,98mm. Ici au contraire deux périodes humides alternent avec une période sèche. La première période humide (de 1936 à 1971) a enregistré une moyenne interannuelle de 1114,28mm, marquée par un excédent de 51,30mm. Cette période humide est caractérisée par des précipitations largement au-dessus de la moyenne interannuelle. L'année 1963 est la plus arrosée (1556mm) au cours de cette période. La période sèche qui survient par la suite de 1971 à 1995 a enregistré une moyenne interannuelle de 973,84mm, soit un déficit de 89,14mm. Cette période sèche est la plus sévère avec une fréquence plus longue de vingt-quatre (24) années consécutives. L'année 1983 a enregistré la pluviométrie la plus faible avec 657mm. La deuxième période humide (de 1995 à 2002) a une moyenne interannuelle de pluie de 1108,86mm correspondant à un excédent de 45,88mm. Cette période est pluvieuse dans son ensemble à l'exception de l'année 1996 avec une pluviométrie moyenne interannuelle de 945mm.

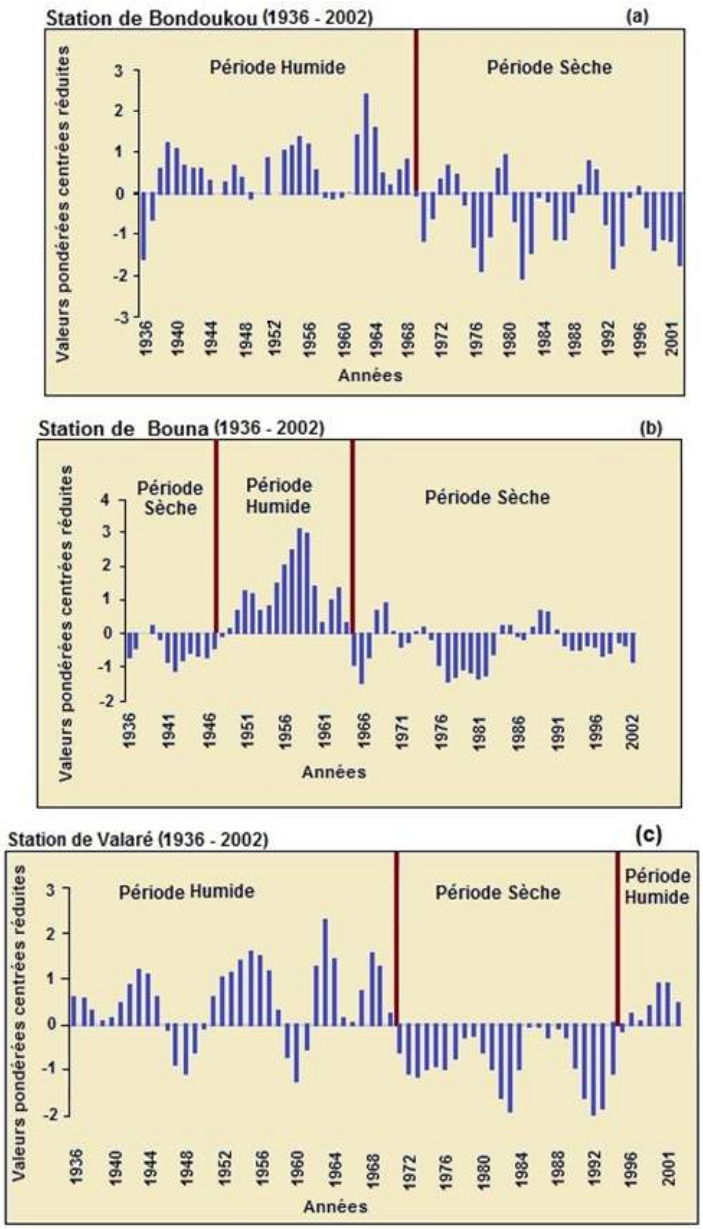


Fig. 2. Variations des moyennes mobiles pondérées de la pluviométrie aux stations pluviométriques de la zone d'étude sur la période 1936 à 2002

Une analyse de l'ensemble des graphes montre une baisse de la pluviométrie dans le bassin versant de la zone d'étude. Elle s'accentue de façon générale après les années 1960. Les périodes sèches sont plus marquées avec un déficit moyen de 51,39mm. Cette baisse de la pluviométrie réduit les apports d'eau aux eaux de surfaces, aux zones humides et aux eaux souterraines.

3.1.2 ANALYSE DES RUPTURES DANS LES SÉRIES PLUVIOMÉTRIQUES

Les résultats du test de PETTITT permettent d'identifier des ruptures dans les séries pluviométriques des stations de Bouna et de Valaré (Figure 3). Ces ruptures, équivalentes dans le cas présent à une diminution de la pluviométrie annuelle, ont été observées en 1963 (Bouna) à 90% et en 1970 (Valaré) à 99% au sein des séries pluviométriques avec un niveau de signification qui varie d'une station à une autre. Ce niveau de signification traduit ici l'importance réelle ou non d'un changement de la moyenne au sein des séries pluviométriques. D'après le test de PETTITT, la série pluviométrique à la station de Bondoukou est homogène car elle ne présente pas de rupture. Les résultats obtenus à partir de la méthode BAYÉSIENNE DE LEE et HEGHINIAN

au niveau de Bouna et de Valaré sont similaires à ceux obtenus avec le test de PETTITT. Cependant, selon cette méthode, une rupture dans la série pluviométrique de la station de Bondoukou a été observée en 1970.

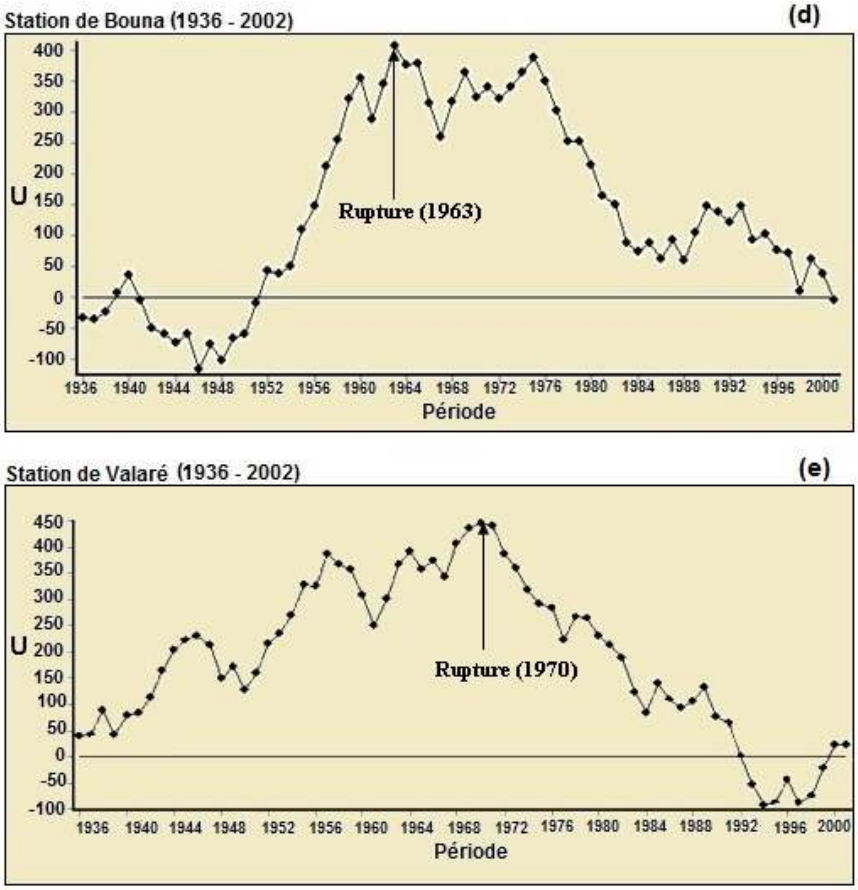


Fig. 3. Fluctuations de la variable U du test de Pettitt aux stations pluviométriques de Bouna et de valaré sur la période 1936 à 2002

En somme, la procédure de détection de ruptures dans les séries pluviométriques des stations de la zone d'étude révèle des ruptures en 1963 à la station de Bouna et en 1970 aux stations de Bondoukou et de Varalé.

3.2 RÉGIME HYDROLOGIQUE

3.2.1 BILAN HYDROLOGIQUE

Les résultats du bilan hydrologique aux différentes stations de Bondoukou, de Bouna et de Valaré sur la période 1936 à 2002 sont consignés dans le tableau 1. L'analyse de ces résultats montre que les relevés pluviométriques moyens annuels sont inférieurs aux valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) déterminées. Dans ce cas, les plantes ne disposent pas suffisamment d'eau pour leur croissance complète. Elles ne se contentent que de l'évapotranspiration réelle (ETR) imposée par les conditions naturelles d'humidité du sol. Par conséquent, il peut en résulter une réduction du couvert végétal durant la période considérée. Ces relevés pluviométriques moyens annuels sont par contre supérieurs aux valeurs de l'évapotranspiration réelle. Ce qui implique des excédents respectifs de 98,50mm, 44,40mm et 119mm au niveau des trois stations considérées soit une moyenne de 87,30mm qui correspond à la pluie efficace moyenne de la zone d'étude. Cette valeur moyenne de la pluie efficace constitue 7,92% des précipitations moyennes annuelles (1102,86mm) dont 5,68% pour les écoulements de surface et seulement 2,23% pour les infiltrations directes destinée à la réalimentation des aquifères. Le calcul du bilan hydrologique a permis par ailleurs de distinguer deux grandes saisons au cours de l'année au niveau de la zone d'étude. La saison sèche définie du mois de novembre à mars, est caractérisée par un assèchement progressif des sols qui provoque le

flétrissement des végétaux, notamment les plantes herbacées jusqu'au début de la saison des pluies. Cette saison des pluies s'étend du mois d'avril à octobre avec des précipitations de plus en plus fréquentes qui vont plutôt favoriser les écoulements de surface au détriment des infiltrations pour la recharge des aquifères. Le déficit pluviométrique moyen enregistré dans la zone d'étude est de 651,44mm soit 59,07% des précipitations indiquant que cette zone est de moins en moins arrosée. Par conséquent, les ressources en eau de surface et souterraine pourraient diminuer significativement.

Tableau 1. Récapitulatif des paramètres du bilan hydrologique estimés aux stations pluviométriques de Bondoukou, de Bouna et de Varalé

Stations	Pluies (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	P-ETR (mm)	ETP-ETR (mm)	Écoulements (mm)	Infiltrations (mm)
Bondoukou	1175,76	1532	1077,26	98,5	454,74	78	20,5
Bouna	1070,94	1745	1026,54	44,4	718,46	37	7,4
Valaré	1061,87	1724	942,87	119	663,37	73	46
Moyennes	1102,86	1667	1015,56	87,30	651,44	62,67	24,63

3.2.2 Analyse Des Ecoulements : Débits D'eau Écoulée, Coefficients De Tarissement Et Volumes D'eau Mobilisés Par Les Aquifères

Les résultats de ces différents paramètres obtenus après la rupture de 1963 ou de 1970 sur la période de 1990 à 1993 sont consignés dans le tableau 2. L'analyse de ce tableau montre que le débit d'eau écoulée à la station hydrométrique de jaugeage de Gbanlou dans la localité de Kokpingué est relativement élevé en 1991 par rapport aux autres années considérées. Ce débit est de 4,51$m^3.s^{-1}$ contre 0,78$m^3.s^{-1}$, 0,08$m^3.s^{-1}$ et 0,18$m^3.s^{-1}$. En effet, le débit moyen annuel d'eau écoulée déterminé est de 1,39$m^3.s^{-1}$. Ce débit est faible car la période considérée s'inscrit dans une période de baisse pluviométrique. Les coefficients de tarissement moyens déterminés après la rupture de 1963 ou de 1970 sur la période de 1990 à 1993 varient de 2,73.10^{-2} à 9,92. 10^{-2} j^{-1}. Le coefficient de tarissement le plus faible (2,73.10^{-2} j^{-1}) est enregistré pendant l'année 1991 ou cours de laquelle le débit moyen annuel d'eau écoulée était le plus important. Le coefficient de tarissement moyen sur l'ensemble des quatre années considérées est de 6,95.10^{-2} j^{-1}. Les résultats du tableau 2 montrent que les volumes d'eau mobilisés par les aquifères au niveau de la zone d'étude varient entre 0,0022km^3 et 0,0935km^3 avec une moyenne de 0,028km^3. Quand le coefficient de tarissement augmente, le volume d'eau mobilisé par les aquifères diminue. Le coefficient de tarissement étant proportionnel à la vitesse de vidange de la nappe, cela symbolise une sensibilité des nappes de la zone d'étude aux variations saisonnières dont la conséquence est la baisse du niveau piézométrique des aquifères.

Tableau 2. Évolution interannuelle des débits moyens annuels d'eau écoulée, du coefficient de tarissement et du volume d'eau mobilisé par les aquifères

Années	Débits moyens annuels d'eau écoulée ($m^3.s^{-1}$)	Coefficients de tarissement moyens (x 10^{-2} j^{-1})	Volumes d'eau mobilisés (km^3)
1990	0,78	9,6423	0,0122
1991	4,51	2,7346	0,0935
1992	0,08	5,4806	0,0022
1993	0,18	9,9287	0,0027
Moyennes	1,39	6,95	0,028

3.3 Caractérisation Physiographique De La Zone D'étude

3.3.1 Caractérisation Géomorphologique

La zone d'étude est dominée dans son ensemble par de faibles pentes comprises entre 0 et 4,50% avec des pentes moyennes peu représentées variant de 4,50 à 8,11% (Figure 4). Les pentes fortes à très fortes (8,11 à 19,30%) sont très peu représentées au Nord-Ouest, à l'Ouest et à l'Est de la zone d'étude. Le couplage du réseau hydrographique au MNA permet d'identifier la structure interne de l'écoulement. La majeure partie de la zone d'étude a une altitude inférieure à 350m (Figure 4). Ces altitudes décroissent de l'Ouest vers l'Est, faisant de l'Est une zone plane avec, des altitudes variant de 0 à 250m. Le ruissellement des eaux pluviales s'effectue donc de l'Ouest vers l'Est qui pourrait constituer une zone à forte recharge des nappes. Les caractéristiques physiographiques démontrent que la zone d'étude peut être favorable à la fois à une bonne

infiltration des eaux issues des précipitations et à un bon écoulement des différents affluents vers le cours d'eau principal. Cependant, la baisse pluviométrique constatée a des répercussions sur les ressources en eau de cette région.

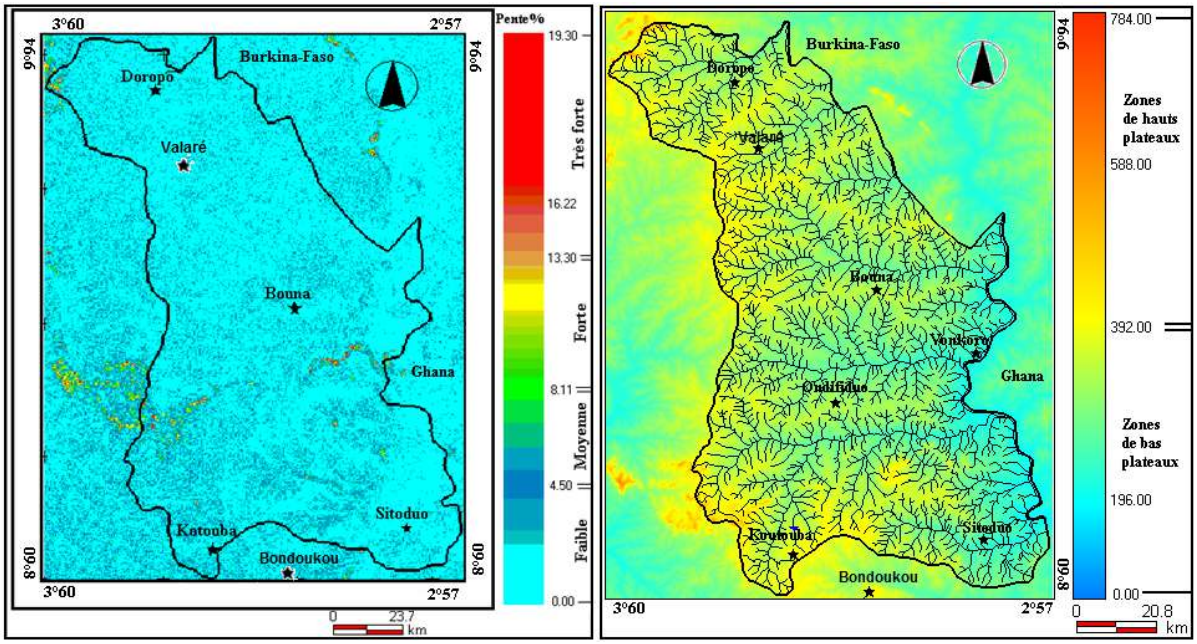


Fig. 4. Carte des pentes et carte MNA couplé au réseau hydrographique du bassin versant de la zone d'étude

3.3.2 CARACTÉRISATION SPATIALE DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA ZONE D'ÉTUDE

La Figure 5 présente les cartes d'occupation du sol du bassin versant de la partie ivoirienne du fleuve Volta respectivement en 1990 et 2000. Cette figure permet d'identifier six (6) termes d'occupation du sol : la forêt galerie, la savane arborée claire, la savane desséchée, les zones humides, les plans d'eau et les sols nus et zones urbaines. Les différentes superficies occupées par ces différents états de surfaces sont consignées dans le tableau 3. Les différentes cartes d'occupation du sol montrent une couverture végétale plus ou moins importante sur l'ensemble du bassin. L'analyse montre que :

- En 1990, la forêt galerie et la savane arborée et/ou arbustive dense occupaient seulement les zones de hautes altitudes de l'Ouest, du Nord-Ouest et du Sud-Ouest. Elles étaient très peu représentées au Centre, à l'Est et au Sud-Est avec une superficie de 817,47ha soit 8,48% du bassin. La savane arborée et/ou arbustive claire était fortement représentée sur l'ensemble du bassin avec une superficie de 7824,79ha soit 81,17%. Les zones de savane desséchée et/ou brûlée estimées à 194,73ha (2,02%), étaient faiblement disséminées sur l'ensemble de la zone d'étude et plus représentatives à l'Est et au Sud. Les sols nus et les zones urbaines étaient évalués à 30,85ha (0,32%). Les zones humides et les plans d'eau représentaient respectivement 409,70ha (4,25%) et 362,46ha (3,76%). Elles sont représentées au Sud-Ouest et moins perceptibles au Sud et à l'Est du bassin ;
- En 2000, la superficie de la forêt galerie et de la savane arborée et/ou arbustive dense a augmenté à 1543,36ha soit 16,01% de la superficie totale de la zone d'étude comparativement à la période 1990. Elles ne se limitent plus aux zones de l'Ouest mais couvrent également les zones de l'Est caractérisées de zones de faibles pentes favorables à l'infiltration. La savane arborée et/ou arbustive claire a diminué, sa superficie est passée à 7176,98ha (74,45%) soit une perte de 6,72% par rapport à l'année 1990. Par contre, la savane desséchée et/ou brûlée a augmenté, passant de 194,73ha en 1990 à 262,21ha en 2000. Cette savane s'observe au Centre, au Sud et au Sud-Est du bassin. Les sols nus et zones urbaines ont connu aussi une extension. La superficie est passée de 30,85ha à 93,51ha en 2000. Quant aux zones humides (155,20ha), elles connaissent une régression. Cependant, la superficie des plans d'eau qui était de 362,46ha en 1990 a augmenté et est passée à 408,74ha en 2000. La validation de la classification a été opérée par deux matrices de confusion. Les différents résultats statistiques avec une précision globale de 82,89% pour l'année 1990 et de 87,33% pour l'année 2000, attestent que la classification effectuée est satisfaisante.

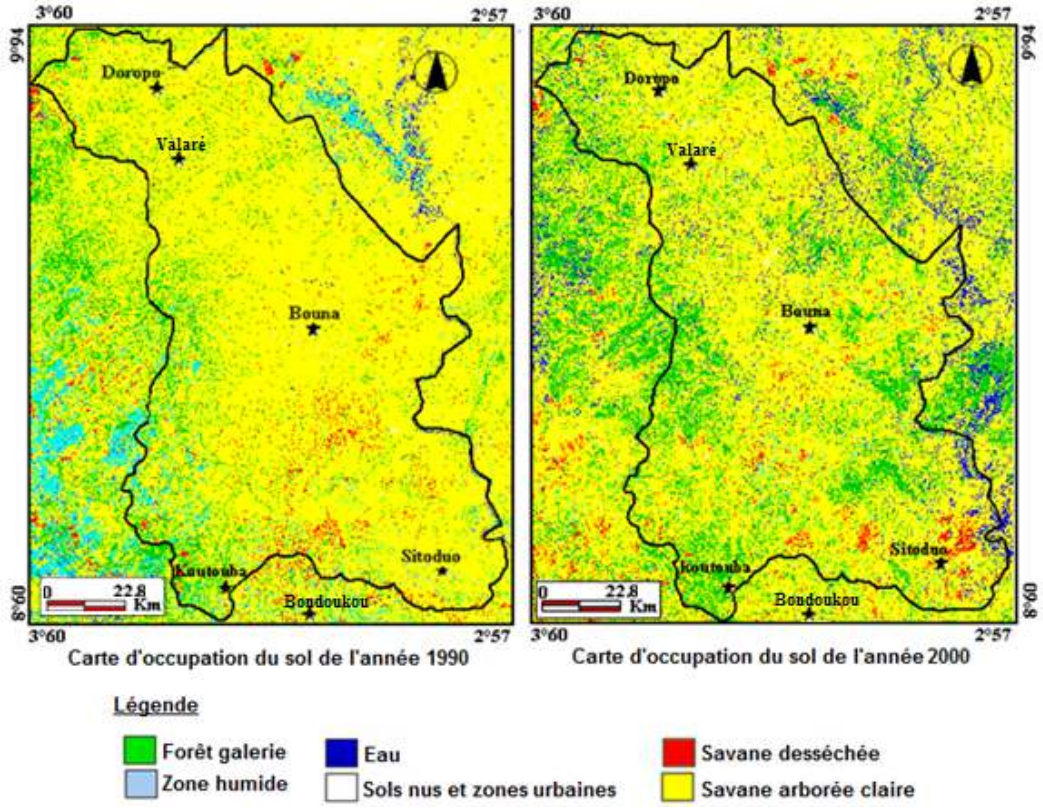


Fig. 5. Carte d'occupation du sol du bassin versant de la zone d'étude de 1990 et de 2000

Tableau 3. Superficies des unités d'occupation du sol en 1990 et en 2000 dans le bassin versant de la Volta

Types d'occupation	Superficies en 1990		Superficies en 2000	
	(km²)	(%)	(km²)	(%)
Sols nus et zones urbaines	30,85	0,32	93,51	0,97
Plan d'eau	362,46	3,76	408,74	4,24
Zones humides	409,70	4,25	155,20	1,61
Savane desséchée et/ou brûlée	194,73	2,02	262,21	2,72
Savane arborée et/ou arbustive claire	7824,79	81,17	7176,98	74,45
Forêt galerie et savane arborée et/ou dense	817,47	8,48	1543,36	16,01

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus à partir des tests statistiques de détection de rupture ont révélés des ruptures au sein des séries pluviométriques des stations de Bouna, Bondoukou et Varalé. Ces ruptures s'observent respectivement en 1963 et en 1970. Elles montrent que le bassin versant de la zone d'étude a connu également des fluctuations pluviométriques observées au cours de la décennie 1960-1970 en Afrique de l'Ouest et Centrale Sahélienne comme non Sahélienne. Ces résultats confirment la tendance à la baisse des précipitations constatée en Afrique de l'Ouest [24], [25], [26], [27], [28], [29] et particulièrement en Côte d'Ivoire [30], [31], [32], [33], [34]. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [35] qui situent cette période de rupture dans le Nord de la Côte d'Ivoire à la fin des années 1960 et au début des années 1970. La baisse pluviométrique observée à partir de ces années, a provoqué une perturbation ou un raccourcissement des périodes pluvieuses par rapport aux périodes sèches comme constatés, en Côte d'Ivoire, par [21] aux stations de Man et de Danané, par [20] à la station de Guiglo et par [5] à la station de Daoukro. En effet, des périodes de sécheresse très marquées au cours des années 1968 à 1970, 1982 à 1983 et 1993 ont été signalées en Côte d'Ivoire par [36], [35], [34]. En accord avec ce qui précède, dans la zone d'étude, les épisodes de sécheresse les plus longs après la rupture ont été observés entre les années 1971 et 1995. Cette période a été révélée, par la plupart des études antérieures notamment celles de [37], [6], comme une période pluviométrique déficitaire. La baisse pluviométrie observée a eu un impact réel sur l'écoulement de surface et la recharge des aquifères de la zone d'étude. En effet, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1102,86mm déterminée sur la période 1936 à 2002 seulement 7,92% (pluie

efficace) sont destinés à la pérennisation des ressources en eau soit 5,68% pour l'écoulement de surface et 2,23% pour la recharge des nappes. Comparativement aux résultats de [37] avant (1665mm et 1695mm) et après (1322mm et 1265mm) rupture respectivement aux stations de Gagnoa et de Sassandra, la pluviométrie moyenne annuelle au niveau de la zone d'étude est plus faible. Cette différence s'explique par le fait que la zone d'étude, située au Nord-Est de la Côte d'Ivoire, est moins arrosée avec seulement deux grandes saisons (sèche et pluvieuse) par rapport aux régions du Sud-forestier où la pluviométrie est plus élevée. Cependant, les résultats de [5] après la rupture (1064,07mm et 1189,23mm), respectivement aux stations de M'Bahiakro-Dimbokro et d'Akacomoékro-Anuansué (région de Daoukro), montrent des tendances pluviométriques moyennes annuelles qui se rapprochent de celles de la zone d'étude. En effet, ces régions sont situées au Centre-Est du pays et au Sud-Ouest de la zone d'étude avec presque les mêmes conditions hydro-climatiques que celle-ci. Par ailleurs, la pluie efficace déterminée dans cette étude (7,92% des précipitations) est très faible par rapport à celle obtenue par [6] qui était de 17% des précipitations dont 7% pour l'écoulement de surface et 10% pour l'infiltration. Ces résultats démontrent un faible potentiel hydraulique du bassin versant de la zone d'étude. Ce faible potentiel hydraulique du bassin est également perçu au niveau des débits moyens d'eau écoulée des cours d'eau dont la moyenne sur les quatre années considérées est seulement de $1,39 m^3.s^{-1}$. Ceci est dû au fait que la chronique considérée s'inscrit globalement dans la période sèche qui continue de sévir dans le bassin. Même en période humide, ce débit moyen ne pourra pas augmenter significativement à l'heure actuelle à cause de la baisse pluviométrique. En outre, les valeurs moyennes du coefficient de tarissement ($6,95.10^{-2}\ j^{-1}$) et du volume d'eau mobilisé ($0,028 km^3$) déterminées après la rupture, sur la période 1990 à 1993, démontrent effectivement que les ressources en eau du bassin de la zone d'étude s'amenuisent. En effet, le coefficient de tarissement moyen est plus élevé que les coefficients de tarissement obtenus par [5] après rupture (variant de $4,09.10^{-2}\ j^{-1}$ à $4,91.10^{-2}\ j^{-1}$) au niveau de la région de Daoukro. À contrario, le volume d'eau moyen mobilisé ($0,028 km^3$) par les aquifères est faible comparativement aux volumes d'eau mobilisés obtenus par les mêmes auteurs (variant de 0,40 à $1,86 km^3$). La différence entre les valeurs de coefficients de tarissement et de volumes d'eau mobilisés par les aquifères dans cette étude et celles des études antérieures citées précédemment atteste que la zone d'étude est plus affectée par la baisse pluviométrique. En effet, la diminution des précipitations à favoriser le réchauffement du climat qui se manifeste par des périodes sèches plus longues que les périodes pluvieuses. Ainsi, les différentes crises de sécheresse observées (1968 à 1970, 1982 à 1983 et 1993) après la rupture ont provoqué une diminution drastique des eaux souterraines notamment. Pour combler le déficit en eau des aquifères, on constate donc une certaine rapidité des échanges entre eaux de surface et eaux souterraines expliquant la hausse des coefficients de tarissement. Malheureusement, la réalimentation des aquifères ne constitue que 2,23% des précipitations d'où une faible mobilisation de volumes d'eau par ceux-ci. Aussi, la variabilité climatique constatée sur le bassin versant de la zone d'étude fragilise-t-elle les écosystèmes de forêt et de savane. Selon [38], la dynamique des écosystèmes est en relation directe avec les perturbations climatiques et les causes anthropiques. Lorsque ces perturbations climatiques se manifestent par des périodes de sécheresse prolongées, elles entraînent d'importantes pertes au niveau du couvert végétal comme ce fut le cas durant la période 1981-1983 et l'année 1993. En plus de la sécheresse, [34] a mentionné que la période 1982-1983 a été marquée par d'importants incendies de forêts et de plantations. L'action conjuguée des grandes sécheresses, des feux de brousse, des pratiques agricoles et de la coupe du bois a entraîné la disparition de certaines espèces végétales de la zone d'étude. La forêt galerie et la savane arborée et/ou dense (8,48%) ont alors régressé en faveur de la savane arborée et/ou arbustive claire (81,17%) et de la savane desséchée et/ou brûlée (2,02%) suivant la carte d'occupation du sol de l'année 1990. L'extension de la savane desséchée et/ou brûlée (de 67,48ha) ou les sols nus (de 62,66ha) privent les sols du bassin d'une couverture protectrice, d'où leur exposition aux agents de l'érosion que sont le ruissellement et les vents comme mentionnés par [39]. Ces phénomènes notamment les sécheresses ont incontestablement favorisé l'assèchement des terres donc la réduction des zones humides et des plans d'eau. En somme, la régression de la couverture végétale qui a occasionné la disparition de certaines zones de recharge des nappes et la baisse pluviométrique ont entraîné une diminution des ressources en eau souterraine du bassin. La carte d'occupation du sol de l'année 2000 révèle une dynamique de reconstitution ou de réhabilitation de l'environnement marquée par la régénération de la végétation et l'extension des plans d'eau. L'augmentation des superficies de forêt galerie et de savane arborée et/ou arbustive dense (8,48% en 1990 contre 16,01% en 2000) est le symbole de la reforestation du bassin. La régénération du couvert végétal peut être due aux cultures. C'est pour cette raison que [34] a affirmé qu'aux forêts, on devrait ajouter les plantations industrielles (café, cacao, hévéa etc.) qui constituent des couvertures végétales importantes. La reforestation du bassin a certainement favorisé la pérennisation des eaux de surface qui ont augmenté en superficie (de 3,76% en 1990 à 4,24% en 2000). La régénération environnementale est attribuable à la période humide qui survient après l'année 1995 comme l'indique la variation de la pluviométrie par la méthode des moyennes mobiles pondérées à la station de Valaré. Cependant, cette dynamique de reprise de la végétation est plus ou moins ralentie par l'extension de zones de savane desséchée ou brûlée (évaluée à 0,70% par rapport à l'année 1990) et des sols nus et des zones urbaines (0,32% en 1990 contre 0,97% en 2000). L'extension simultanée de ces zones est due à l'accroissement de la population qui va de plus en plus procéder à la mise en culture les terres. Au fil du temps, les sols nus et les zones urbaines deviennent favorables aux érosions dont le drainage des couches de terrains crée une accumulation et un engorgement des

plans d'eau et des zones humides. La diminution de la profondeur des cours d'eau par comblement progressif en matières organiques ou minérales provoque leur eutrophisation qui finit souvent par les assécher. Ce phénomène entraîne la disparition de certains affluents tertiaires voire secondaires.

Toutefois, il convient d'indiquer que les débits moyens annuels d'eau écoulée des eaux de surface, les coefficients de tarissement et les volumes d'eau mobilisés par les aquifères devraient être évalués sur toute la période avant et après la rupture comme l'ont déjà fait [5], [37], [6]. Ce qui permettrait de mieux apprécier l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau. Or, ces paramètres n'ont été déterminés que sur seulement quatre années après la rupture. Malgré ces insuffisances, les effets de la variabilité climatique qui se manifeste par le réchauffement du climat et par la baisse de la pluviométrie, sont bien perceptibles dans la zone d'étude à travers cette étude. C'est la raison pour laquelle, des stratégies d'adaptation sont mises en œuvre pour pérenniser de façon générale les ressources naturelles notamment les ressources en eau. Ainsi, la politique de reboisement des zones de savane desséchée ou brûlée, des sols nus doit être une priorité pour les décideurs locaux et nationaux. La sensibilisation de la population locale aux nouvelles techniques culturales (cultures intensives, arboriculture, cultures hors-sol…) par l'utilisation raisonnable de fertilisants doit être faite pour préserver les terres et le patrimoine forestier. Il faut donc arriver à restaurer l'équilibre des écosystèmes par la conservation ou la préservation des ressources naturelles.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer, à partir des modèles hydrologiques et des SIG, que la variabilité climatique qui se manifeste en général par la baisse pluviométrique a un impact négatif sur les ressources en eau de la zone d'étude. La baisse pluviométrique constatée depuis les années 1963 ou 1970 va donc favoriser des périodes de sécheresse plus sévères jusqu'en 1995. Ces périodes de sécheresse ont eu des effets néfastes sur la couverture végétale qui se reconstitue peu à peu après cette date. Cette reconstitution du couvert végétal est néanmoins freinée par certaines pratiques agricoles qui dégradent les sols. Elle est limitée par le déficit pluviométrique constaté sur l'ensemble de la zone d'étude. En effet, le bilan hydrologique a présenté une baisse de la pluviométrie moyenne interannuelle (1102,86mm) par rapport à l'évapotranspiration potentielle moyenne interannuelle (1667mm). Il ressort de ce bilan que seulement 87,30mm (soit 7,92%) des précipitations constituent l'excédent moyen annuelle et dont seulement 24,63mm (soit 2,23%) sont destinés à l'alimentation des nappes du bassin et 62,67mm (soit 5,68%) destinés à l'écoulement de surface. Par conséquent, le module annuel moyen des débits des cours d'eau déterminé sur la période 1990 à 1993 est faible soit $1{,}39 m^3.s^{-1}$ avec un coefficient de tarissement moyen élevé de $6{,}95.10^{-2}\ j^{-1}$ et un volume d'eau moyen mobilisé par les aquifères de seulement $0{,}028 km^3$. En somme, le potentiel hydraulique du bassin est faible et est très sensible aux variations saisonnières. De plus, de 1990 à 2000, l'état de surface a subi une évolution notable. Des perturbations liées aux activités anthropiques et à la variation saisonnière ont entrainé une régression de la savane arborée et/ou arbustive claire (de 81,17% à 74,45%) et des zones humides (4,25% à 1,61%) avec une extension de la savane desséchée et/ou brûlée (de 2,02% à 2,72%) et des sols nus et des zones urbaines (de 0,32% à 0,97%). Cependant, il faut noter une régénération de la forêt galerie et de la savane arborée et/ou dense (de 8,48% à 16,01%) au dépend de la savane arborée et/ou arbustive claire. Cette reconstitution de la végétation va certainement favoriser l'extension des plans d'eau (de 3,76% à 4,24%) et pourrait également améliorer les conditions de recharge des nappes. Cette dynamique de réhabilitation de l'environnement devrait se poursuivre par le renforcement, par les décideurs publics et privés, des stratégies d'adaptation (reboisement, cultures intensives, arboricultures…) à la variabilité climatique. L'équilibre écologique dans la zone d'étude passe par l'engagement de tous les intervenants qui devront avoir un objectif commun, celui de préserver les ressources naturelles notamment les ressources en eau.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement le Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) de l'Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB) d'Abidjan (Côte D'Ivoire) pour son soutien financier et matériel pour la réalisation de ce travail.

REFERENCES

[1] M. Niasse, A. Afouda et A. Amani, Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation, *UICN*, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, xviii + 71 p, 2004.
[Online] Available: https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/Climate-impactsFprelims.pdf (January 20, 2009)

[2] E. Servat, Préface, Recueil des posters de la *conférence internationale ABIDJAN'98*, pp. 3-4, 1998.

[3] S. E . Nicholson, J. Kim, and J. Hoopingarner, Atlas of African rainfall and its inter-annual variability, *Department of meteorology*, Florida State University Tallahassee, USA, 1988.

[4] L. Le Barbé, T. Lebel, and D. Tapsoba, "Rainfall variability in West Africa during the years 1950- 1990," *Journal of climate*, vol. 15, pp. 187-202, 2002.

[5] F. Kanohin, M. B. Saley et I. Savané, "Impacts de la Variabilité Climatique Sur Les Ressources en Eau et Les Activités Humaines en Zone Tropicale Humide: Cas de la Région de Daoukro en Côte D'Ivoire," *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X, vol. 26, no. 2, pp. 209-222, 2009.

[6] A. B. Yao, B. T. A. Goula, Z. A. Kouadio, A. K. Kouakou et S. Sambou, "Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : Cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire," *Rev. Ivoir. Sci. Technol.,* vol. 19 pp. 136-157, 2012.

[7] JICA (Japan International Cooperation Agency), Plan directeur de Gestion intégrée de ressources en eau en République de Côte d'Ivoire, *Rapport final*, 101 p, 2001.

[8] V. P. Singh, "Effect of spatial and temporal variability in rainfall and watershed hydrology characteristics on streamflow hydrograph," *Hydrological processes*, vol. 11, pp. 1649-1669, 1997.

[9] J. Dupont, J. Smitz, A. N. Rousseau, A. MailhoT, and G. Gangbazo, "Utilisation des outils d'aide à la décision pour la gestion de l'eau," *Revue des Sciences de l'Eau*, Numéro spécial, pp. 5-18, 1998.

[10] S. Coulibaly, L'imagerie spatiale haute résolution pour l'étude de la dynamique et la caractérisation hydrodynamique de l'occupation du sol dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire : Bouna, *Mémoire de DEA* Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 62 p, 2002.

[11] P. D. Tyson, T. G. J. Dyer, and M. N. Mametse, "Security changes in South African rainfall: 1880 to 1972," *Quart J. Roy. Met. Soc.*, 101: pp. 817-833, 2005.

[12] A.A. Assani, "Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lumbashi (Congo-Kinshassa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (el niño/ la niña)," *Bulletin Sécheresse* vol. 10, no. 4, pp. 245-252, 1999.

[13] H. Lubès-Niel, J. M. Masson, E. Servat, J. E. Paturel, B. Kouamé et J. F. Boyer, Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques, *Étude bibliographique, Programme ICCARE*, Rapport no. 3, ORSTOM, Montpellier, France, 1994.

[14] A. N. Pettitt, "A non-parametric approach to the change-point problem," *Appl. Statistics*, vol. 28, no. 2, pp. 126 135, 1979.

[15] A. F. S. Lee and S. M. Heghinian, "A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables: A Bayesian approach," *Technometrics*, vol. 19, no. 4, pp. 503-506, 1977.

[16] ENFA, Test de Mann-Whitney, Bulletin n°21 du groupe PY-MATH, 34 p, 2012.
http://r2math.enfa.fr/wp-content/uploads/sites/8/2012/10/21-5-mann-whitney.pdf

[17] B. S. Ardoin, Variabilité hydro-climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne, *Thèse de Doctorat* de l'Université de Montpellier II (France), 440p, 2004.

[18] C. W. Thornwhaite, Mésure de l'évapotranspiration potentielle, Hydrogéologie du centre du bassin de Paris, *Mémoire BRGM,* no. 98, 531 p, 1954.

[19] M. El-Ouafi, "Tarissement et vidange des eaux de la Liane (Nord de la France)," *Hydrol. continent*, vol. 8, no. 2, pp.103-112, 1993.

[20] K.M. Coulibaly, Évaluation du bilan hydrologique, de la variabilité climatique et du tarissement des cours d'eau par l'application de méthodes mathématiques dans le bassin versant du fleuve Sassandra (région de Buyo en Côte d'Ivoire), *Mémoire de DEA* de l'Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte D'Ivoire 80 p, 1997.

[21] I. Savané, K. M. Coulibaly, and P. Gioan, "Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man," *Sécheresse*, vol. 12, no. 4, pp. 231-237, 2001.

[22] I. Savané, K. M. Coulibaly and P. Gioan, "Étude comparative de trois méthodes de calcul du coefficient de tarissement des cours d'eau," *Sécheresse*, vol. 14, no. 1 pp. 37-42, 2003.

[23] R. Caloz and C. Collet, Système d'Information Géographique et de traitement numérique d'image, *Précis de télédétection*, PUQ/AUPELF, Sainte-Foy, Québec, Canada, vol. 3, 386p, 2001.

[24] P. Hubert et J. P. Carbonel, "Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest," *Journal of Hydrology*, vol. 95, pp. 165-183, 1987.

[25] P. Hubert, J. P. Carbonnel et A. Chaouche, "Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest," *Journal of Hydrology*, vol. 110, pp. 349-367, 1989.

[26] G. Mahé et J. C. Olivry, "Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989," *Sécheresse*, vol. 6, no. 1, pp.109-117, 1995.

[27] J. E. Paturel, E. Servat, B. Kouamé, H. Lubès, M. Ouedraogo and J. Masson, "Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea, Part 2: An integrated regional approach," *Journal of Hydrology*, vol. 191, pp. 1-15, 1997.

[28] M. Ouedraogo, E. Servat, J-E. Paturel, H. Lubès-Niel et J. M. Masson, Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit autour des années 1970 en Afrique de l'Ouest et Central non sahélienne, *Water Resources Variability in Africa during the XXth century*, Abidjan, Côte d'Ivoire, LAHS Publ., no 252, pp. 315-321, 1998.

[29] E. Servat, J. E. Paturel, H. Lubès-Niel, B. Kouamé, J.M. Masson, M. Travaglio et B. Marieu, "De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne," *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 12, no. 2, pp. 363–387, 1999.

[30] J. Biémi, Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : hydro-structurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire), *Thèse de Doctorat d'État Ès-Sc. Nat*., Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 479 p, 1992.

[31] I. Savané, Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire), Apport de la Télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale, *Thèse de Doctorat d'État,* Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 396 p, 1997.

[32] K. F. Kouame, Hydrogéologie des aquifères discontinus de la région semi-montagneuse de Man-Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport des images satellitaires et des méthodes statistiques et fractales à l'élaboration d'un système hydrogéologique à référence spatiale, *Thèse de Doctorat de 3ème Cycle*, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 200 p, 1999.

[33] J. P. Jourda, Méthodologie d'application des techniques de Télédétection et du Concept de l'hydrotechnique spatiale : cas des zones tests de la Côte d'Ivoire, *Thèse de Doctorat d'État*, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 430p.

[34] A. M. Kouassi, Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, *Thèse de Doctorat* de l'Université de Cocody, 214 p, 2007.

[35] Y.T. Brou, Climat, mutation socio-économique et paysages en Côte d'Ivoire, *Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches*, Université des Sciences et Techniques de Lille, France, 212 p, 2005.

[36] T. Brou, E. Servat et J.E. Paturel, Activités humaines et variabilité climatique: cas du sud -forestier ivoirien, *IAHS*, 252, pp. 365-373, 1998.

[37] T. D . Soro, N. Soro, Y. M-S. Oga, T. Lasm, G. Soro, K. E. Ahoussi et J. Biémi, "La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)," *Physio-Géo*, vol. 5, pp. 55-73, 2011.

[38] M. Mainguet, Les Pays secs, Environnement et Développement – *éd Ellipses, collection Carrefours*, Paris, France 160 p, 2003.

[39] H. Sawadogo, N. P. Zombre, L. Bock et D. Lacroix, "Évolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir de photos aériennes," *Revue Télédétection*, vol. 8, no. 1, pp. 59-73, 2008.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 2 May 2019, pp. 668-674
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Profil épidémiologique, clinique et thérapeutique des fractures du bassin en ville de Butembo à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC)

[Epidemiological, Clinical and Therapeutic Characteristics of Patients with pelvis fractures in Butembo, Democratic Republic of the Congo (DRC)]

Amos KAGHOMA SIVULYAMWENGE[1], Joël KAMBALE KETHA[2], Florence SIVYAVUGHA KISOKERO[3], Claude KASEREKA MASUMBUKO[1], Moise MUHINDO VALIMUNGIGHE[4], Michel KALONGO ILUMBULUMBU[5], and Franck KATEMBO SIKAKULYA[1]

[1]Département de Chirurgie, Cliniques Universitaires du Graben et Faculté de Médecine, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[2]Département d'Anesthésie et Soins Intensifs, College of Medicine, University of Rwanda, Kigali, Republic of Rwanda et Faculté de médecine, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[3]Etudiante en Faculté de médecine, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[4]Département de Chirurgie Générale, Université d'ABOMEY CALAVI, Cotonou, République du Bénin et Faculté de médecine, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[5]Departement de Chirurgie Génerale, Institut Supérieur de Techniques Médicales de Beni, Beni, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* The pelvis fractures are frequent fractures in relation to generally violent traumas seen their frequencies. Thus, we undertook this work with the objective of determining the epidemiological, clinical and therapeutic profile of the pelvis fractures in Butembo town.
Material and Methods: This was a retrospective descriptive study based on a literature review during 5 years.
Results: During our study, we found a frequency of 5.29% of cases of pelvis fractures or 37 cases in a population of 699 patients with fractures. The male sex was the most affected with a proportion of 59.5%. Pelvis fractures are most common in young adults aged 21-40 (45.9%). Drivers, farmers and students were the most affected with a frequency of 21.6%. Road traffic accidents were the leading cause of pelvis fractures in 67.6% of cases followed by work's accidents with 10.8%. Fractures of pubis are the most common with a frequency of 32.4%. Pelvis fractures were more associated with bone fractures of limbs, with a frequency of 48.7% followed by cranio encephalic trauma (CET) in 21.6%. Orthopedic treatment is most indicated in 62.9%. 1/3 of the patients had unstable hemodynamic. 83.8% of patients with pelvis fractures were discharged from hospital with an improved condition.
Conclusion: Pelvis fractures remain a public health problem; the frequency of these fractures is increasing in Butembo town given the high number of road accidents; and the mortality associated with them is not negligible.

KEYWORDS: Fractures, pelvis, Butembo, DRC.

RESUME: *Introduction:* Les fractures du bassin sont des fractures fréquentes en relation avec des traumatismes généralement violents vues leurs fréquences. Ainsi, avions nous entrepris ce travail avec comme objectif de déterminer le profil épidémiologique, clinique et thérapeutique des fractures du bassin en ville de Butembo.
Matériel et Méthodes: Il s'agissait d'une étude descriptive rétrospective basée sur une analyse documentaire s'étendant sur une période de 5 ans.
Résultats: Au cours de notre étude, nous avons trouvé une fréquence de 5,29% de cas des fractures du bassin soit 37 cas sur une population de 699 patients présentant les fractures. Le sexe masculin a été le plus touché avec une proportion de 59,5%. Les fractures du bassin sont plus retrouvées chez les jeunes adultes âgées de 21-40 ans (45,9%). Les chauffeurs, cultivateurs et

élèves ont été les plus touchés avec une fréquence de 21,6%. Les accidents de trafic routier ont été la première cause des fractures du bassin avec 67,6% des cas suivie des accidents du travail avec 10,8%.Les fractures du pubis sont les plus rencontrées avec une fréquence de 32,4%. Les fractures du bassin ont été plus associées aux fractures des os des membres, avec une fréquence de 48,7% suivies des traumatismes cranio-encéphalique(TCE) avec commotion cérébrale avec 21,6%.Le traitement orthopédique est le plus indiqué avec une fréquence de 62,9%. Le 1/3 des patients avaient un hémodynamisme instable. 83,8% des patients ayant les fractures du bassin sortaient de l'hôpital avec un état amélioré.
Conclusion: Les fractures du bassin restent un problème de santé publique ; la fréquence de ces fractures est en augmentation en ville de Butembo vu le nombre élevé des accidents de la voie publique ; et la mortalité qui leur est associée n'est pas négligeable.

MOTS-CLEFS: Fractures, bassin, Butembo, RDC.

1 INTRODUCTION

Les fractures du bassin constituent la 3ème cause de mortalité lors d'accidents de la voie publique, après les traumatismes crâniens et les traumatismes thoraciques. La mortalité globale est de 6%, mais peut monter jusqu'à 50% pour les fractures ouvertes du bassin et sont généralement dues à une instabilité hémodynamique [1].

Les fractures du bassin comprennent toutes les fractures de la ceinture pelvienne: os iliaque, sacrum et coccyx. Ce sont des fractures fréquentes. Elles sont de gravité variable, allant des fractures parcellaires bénignes jusqu'aux formes majeures compliquées présentant un taux de mortalité élevé [2,3].

C'est une urgence fréquente, en relation avec des traumatismes généralement violents. Il s'agit le plus souvent d'accidents de circulation, d'accidents de travail ou de chutes d'un lieu élevé [2].

Les fractures du bassin sont souvent accompagnées de complications immédiates ou tardives expliquant la nécessité d'une bonne prise en charge à temps et efficacement [3]. Elles surviennent fréquemment dans le cadre de polytraumatisme. Ces fractures s'accompagnent souvent de lésions viscérales et nécessitent un apport multidisciplinaire [2-4].

En France, les fractures du bassin représentent 3 à 5% de toutes les fractures et 20% des polytraumatisés ont une fracture du bassin [5].En 2009 au sein du réseau nord alpin des urgences, 13% des traumatisés graves présentaient une fracture du bassin [6]. En Allemagne, dans la ville de Hanovre, Pohlemann et coll. avaient observé 1899 cas de 1972 à 1983 [6].

En Antananarivo (Madagascar), on a relevé en 24 mois (du 1er Janvier 2014 au 31 Décembre 2015) 35 patients qui présentaient une fracture du bassin extra-cotyloïdienne, soit une fréquence de 8,95% sur 691 patients, dans le service de traumatologie B [7].

En 1991 et 2004, les fractures du bassin avaient représenté respectivement 0,12% et 0,29% de tous les accidentés admis dans le service de chirurgie orthopédique et de traumatologie de l'Hôpital Gabriel Touré au Mali [8].

Au Maroc, dans une étude rétrospective descriptive des traumatismes du bassin pendant 5 ans (de janvier 2008 au décembre 2012), dans le service de Traumato-Orthopédie au CHU Mohamed VI de Marrakech, les auteurs avaient noté une incidence d'environ 12 cas de fractures du bassin par an [2]. Au Burundi, une étude similaire a été faite en 1993 au C.H.U de Kamenge et a noté une fréquence de 4,28% [9].

En République Démocratique du Congo (RDC), à notre connaissance, seulement peu d'étude ont été réalisée dans ce domaine, spécifiquement en ville de Butembo.

L'objectif de ce travail était de déterminer les caractéristiques épidémiologique, clinique, thérapeutique et l'issue des patients avec les traumatismes du bassin à l'hôpital Matanda de Butembo.

2 MATERIEL ET METHODES

Cette étude s'est déroulée en République Démocratique du Congo, dans la province du Nord-Kivu précisément en ville de Butembo. Elle s'est focalisée à l'hôpital Matanda dans le département de chirurgie.

Le choix de l'hôpital MATANDA est justifié par sa situation stratégique par rapport à la ville, sa fréquentation élevée, sa réputation quant à la prise en charge des traumatisés et en matière de chirurgie orthopédique, ainsi que sa structure organisationnelle.

Il s'agissait d'une étude rétrospective descriptive ayant couvert une période allant 1er Janvier 2013 au 31 Décembre 2017, soit une période d'étude de cinq ans.

La population d'étude était constituée de 699 patients présentant les fractures parmi lesquels, 37 présentaient une fracture du bassin.

Ont été inclus dans note étude tous les patients hospitalisés pour fracture du bassin.

Ont été exclus dans notre étude tous les patients avec fractures du bassin mais dont les dossiers n'étaient pas complets c'est-à-dire ceux pour qui aux moins un paramètre de l'étude ne pouvait pas être collecté.

Nous avons consulté les fiches de consultation médicale sur lesquelles nous avions prélevés les éléments suivant pour chaque patient : sexe, âge, adresse, profession, étiologie, type de fractures, lésions du bassin, lésions associées, type de traitement, hémodynamisme (transfusion, tension artérielle) et issue.

Les données ont été saisies et analysée sur logiciel Epi info 3.5.4.

L'étude a été approuvée par le Comité d'éthique de la Faculté de Médecine de l'Université Catholique du Graben de Butembo.

3 RESULTATS

3.1 FRÉQUENCE DES FRACTURES DU BASSIN

Le tableau ci-dessous présente la fréquence des fractures du bassin à l'Hôpital Matanda qui est de **5, 29%.**

Tableau 1. Fréquence des fractures du bassin à l'Hôpital Matanda

Fractures	Effectif=699	%=100
Du bassin	**37**	**5,29**
Autres fractures	662	94,71

3.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIO DÉMOGRAPHIQUE DES PATIENTS

Le tableau ci-dessous repartit les patients en fonction de leurs caractéristiques sociodémographique.

Tableau 2. Caractéristiques socio démographique des patients

Caractéristiques socio démographique des patients	Effectif=37	%=100
Sexe		
Masculin	22	59,5
Féminin	15	40,5
Tranche d'âge en année		
11-20	6	16,2
21-30	9	24,3
31-40	8	21,6
41-50	6	16,2
51-60	3	8,1
Supérieur à 60	5	13,5
Profession		
Machiniste	1	2,7
Policier	1	2,7
Constricteurs	4	10,8
Ménagère	7	18,9
Chauffeurs	8	21,6
Cultivateur	8	21,6
Elèves	8	21,6
Milieu de provenance		
Urbain	25	67,6
Rural	12	32,4

3.3 ETIOLOGIES ET CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES DES PATIENTS

Le tableau ci-dessous repartit les patients en fonction de l'étiologie de la fracture et les caractéristiques cliniques.

Tableau 3. Etiologies et caractéristiques cliniques des patients

Etiologies et caractéristiques cliniques des patients	Effectif=37	%=100
Etiologies		
Accident du trafic routier	25	67,6
Accident du travail	4	10,8
Chute d'un lieu élevé	3	8,1
Faux pas	3	8,1
Arme à feu	1	2,7
Bagarre	1	2,7
Lésions du basin		
Fracture du Pubis	12	32,4
Fracture de l'aile Iliaque	9	24,3
Disjonction de la Symphyse Pubienne	5	13,5
Fractures complexes	3	8,1
Fracture de l'acétabulum	3	8,1
Fractures du Sacrum Et Coccyx	2	5,4
Fracture de la Branche Ischiatique	2	5,4
Fracture de la Crête Iliaque	1	2,7
Lesions associés		
Fracture des os des members	18	48,7
TCE avec commotion cérébrale	8	21,6
Aucune	6	16,2
Traumatisme de la vessie	3	8,1
Fracture de vertébrale	2	5,4
Types des fractures		
Fermée	31	83,8
Ouvertes	6	16,2
Hémodynamisme		
Stable	25	67,6
Non stable	12	32,4

3.4 RÉPARTITION DES PATIENTS SELON LE TRAITEMENT REÇU ET L'ISSUE DU TRAITEMENT

Le tableau ci-dessous répartit les patients en fonction du traitement reçue et de l'issue de ce dernier.

Tableau 4. Répartition des patients selon le traitement reçu et l'issue du traitement

Traitement reçu et l'issue du traitement	Effectif=37	%
Traitement		
Orthopédique	23	62,2
Chirurgicale	14	37,8
Issue du traitement		
Amélioré	31	83,8
Guérie	3	8,1
Décédé	2	5,4
Statuquo	1	2,7

4 DISCUSSION

Au cours de notre période d'étude allant du 1er Janvier 2013 au 31 Décembre 2017, la fréquence des fractures du bassin en ville de Butembo au sein de l'hôpital Matanda, était de 5,29%. Ces résultats sont proches de ceux trouvés par Farah H.A [2] qui avait trouvé une fréquence de 5% dans une étude menée pendant cinq ans dans le service de Traumato-Orthopédie au CHU Mohamed VI de Marrakech sur les traumatismes du bassin, au Maroc. Par contre, nos résultats sont supérieurs à ceux relevés par Santara M.S [3] qui avait trouvé une fréquence de 0,33% dans une étude épidémiologique, clinique et thérapeutique des fractures du bassin dans le service de Chirurgie Orthopédique et traumatologique du CHU Gabriel Touré de Bamako de Mai 2006 à Avril 2007 au Mali. Ces résultats sont également supérieurs à ceux trouvé par Traore B M [10] avec une fréquence de 0,29% dans une étude sur les fractures du bassin dans le service de chirurgie orthopédique et de traumatologie de l'Hôpital Gabriel Touré à propos de 36 cas en 2004 au Mali. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'Hôpital Matanda reçoit plus de cas des fractures traumatiques aussi par la durée d'étude.

D'après le résultat de notre étude, les fractures du bassin sont plus retrouvés chez les malades jeunes adultes âgées de 21-40 ans : 17 cas soit 45,9%. L'âge moyen de nos patients était de 35,5 ans avec des extrêmes de 15 et 75 ans. Ceci pourrait s'expliquer par la très grande activité socioprofessionnelle menée par la population de cette tranche d'âge, ce qui les expose aux accidents de toutes natures. Ces résultats sont différents de ceux de Traore B M[10]qui avait trouvé une tranche d'âge de 21 à 30 ans avec 30,55%.Sont également différents de ceux de Konate M B[11] qui avait trouvé une tranche d'âge de 31 à 40 ans avec 33,33%.

Considérant la répartition des fractures du bassin suivant le sexe, nous avons constaté que le sexe masculin a été plus touché avec une proportion de 59,5%. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'homme a plus facilement accès aux moyens de déplacement, ce qui l'expose aux accidents des trafics routiers. Sur le plan du travail, l'homme fait des travaux plus risqués que la femme (les chantiers d'ouvrage, les échafaudages) [3]. Ces résultats sont proches de ceux de Sangare Y. [12] qui avait trouvé 62,29% dans sa contribution à l'étude des fractures du bassin et lésions urologiques à Bamako (Mali) en 1998. Ces résultats sont aussi proches de ceux obtenus par Traore B M [10] et Melton L. et al. [13] qui avaient rapporté respectivement une fréquence de 63,89% et 61,11%de sexe masculin dans une étude sur les fractures du bassin. Par contre ces résultats sont inférieurs à ceux relevés par Santara M.S [3] qui avait trouvé 65,62% des cas des fractures du bassin de sexe masculin. Cette différence serait due à des méthodologies différentes.

Notre étude montre que les chauffeurs, cultivateurs et élèves ont été les plus touchés par les fractures du bassin avec une même fréquence de 21,6%.Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la couche la plus exposée aux accidents des trafics routiers est constituée par les élèves, chauffeurs et cultivateurs. Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par Santara M.S [3] (28,12%), Sangare Y [13] (38,82%) et de Traore B M [10] (36,11%).

Les accidents de trafic routier ont été la première cause des fractures du bassin avec 67,6% des cas suivis des accidents du travail avec 10,8%. Ceci pourrait être dû à l'accroissement de l'automobile et surtout des engins à deux et à quatre roues, à l'étroitesse de nos voies routières et au non-respect du code de la route par ses usagers. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Amezianel et al.[14] qui avait obtenu 73% des accidents de la voie publique suivis de 26% des accidents de travail dans une étude portée sur une série de 56 cas traités et suivis au service de traumatologie-orthopédie du CHU IBN-SINA de Rabat sur une période de 6 ans s'étalant entre 1988 et 1993. Nos résultats sont également proches de ceux de Traore B M [10] et de Santara M.S [3] qui avaient trouvé respectivement 72,22% et 84,38% de cas des fractures du bassin par accident de la voie publique.

Il ressort de cette étude que les fractures du pubis sont les plus rencontrées avec une fréquence de 32.4%. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la région antérieur est la partie du bassin qui est la plus exposée aux chocs. Ces résultats rejoignent ceux de Ndayisaba G. et al, [9] qui avaient trouvé que les fractures de la région antérieure de l'anneau pelvien sont les plus fréquentes avec 61,7% de fractures des branches pubiennes. Cette prédominance de l'atteinte du cadre obturateur a été retrouvé par d'autres auteurs [15, 16].

Dans notre recherche, les fractures du bassin ont été plus associées aux fractures des os des membres, avec une fréquence de 48,7% suivies des TCE avec commotion cérébrale avec 21,6%. Ces résultats sont proches à ceux de Sangare Y. [17] qui avait trouvé 48,20% des cas de fractures des membres. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Ndayisaba G, et al,[9] qui avaient trouvé une fréquence de 61% des cas de fractures des membres et 42,2% des cas des traumatismes crâniens dans une étude prospective sur les fractures du bassin et leurs complications : aspects épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs pendant 18 mois au CHUK, HMK et HPRC de Bujumbura en 2012. Ces résultats sont aussi inférieurs à ceux de Santara M.S [3] qui avait trouvé 76,92% des cas des fractures des membres. Cette différence pourrait s'expliquer par le temps d'étude et la gravité de l'accident.

En rapport avec le type de traitement des fractures du bassin dans notre étude, le traitement orthopédique est le plus indiqué avec une fréquence de 62,2%. Ceci s'explique par le fait que la majorité des fractures n'était pas ou était peu déplacées. Les autres auteurs ont trouvé cette prédominance du traitement médical. Dans la série de Caffiniere J.Y. et al [18], 62% des patients ont bénéficié d'un traitement orthopédique et 38% des patients un traitement chirurgical tandis que dans la série de Traore O. et al [7], 90% des patients ont été traités orthopédiquement et 10% des patients ont été traités chirurgicalement. Dans l'étude de Santara M.S [3], les traitements médical et orthopédique ont été utilisés chez tous les patients.

Il ressort de cette étude que 1/3 de nos malades avec fractures du bassin avaient un hémodynamisme instable. Ce qui démontre la gravité des lésions. Ces résultats sont superposables à ceux trouvé par Santara M.S [3] qui avait obtenu 65,5%. Ce constat est également fait par d'autres auteurs [13, 14].

Selon le résultat de nos recherches, 83,8% des patients ayant les fractures du bassin sortaient de l'hôpital avec un état amélioré. Ces résultats sont conformes à ceux de Sangare Y. [12] qui avait rapporté 80,25% de bons résultats dans son travail. Il en est de même pour Traore B M. [10] et Santara M.S [3] qui avaient trouvé respectivement 77,78% et 78,13% des cas.

5 CONCLUSION

Les fractures du bassin présentent un problème majeur de santé publique vu les différents types de lésions qui en découle. Le respect du code de la route pour diminuer les accidents de trafic routier serait vraiment important à connaitre ainsi que l'amélioration de la prise en charge en dotant de l'Hôpital Matanda de Butembo d'un bloc opératoire spécifique pour la traumatologie et l'orthopédie ainsi que des matériels et d'un staff médical permanent et qualifié.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la réalisation de ce travail.

CONFLITS D'INTERET

Aucun conflit d'intérêt n'a été signalé par les auteurs.

REFERENCES

[1] Borens O. et al, Recommandations de Pratiques Cliniques : Fracture du bassin - CHUV chirurgie-viscérale, Filière, Trauma, 2013
[2] Farah H.A., Traumatisme du bassin : aspect épidémiologique, thérapeutique et pronostique, Thèse de doctorat en Médecine, Université Cadi Ayyad, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Marrakech, Thèse N °5, 2014.
[3] Santara M.S., Etude épidémiologique, clinique et thérapeutique des fractures du bassin dans le service de Chirurgie Orthopédique et traumatologique du CHU Gabriel Touré de Bamako de Mai 2006 à Avril 2007, Thèse de doctorat en Médecine, Université de Bamako, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto Stomatologie, 2008.
[4] Harrois A., Traumatismes du bassin, Département d'Anesthésie-Réanimation, 78 rue du Général Leclerc, Hôpital de Bicêtre, 94270 Le Kremlin-Bicêtre, Le Congrès Médecins. Conférence d'actualisation © 2012 Sfar..
[5] Table ronde SacoT., Traumatismes du Bassin, 22e Congrès National de la SACOT, 2015
[6] Blery M. et al, Fractures du bassin. Encycl. Méd. Chir. (Paris). Radiodiagnostic I-II, 31041 A Ŕ 10, 10 - 1984.
[7] Traore O.et al, Fractures traumatiques du bassin: Aspects épidémiologiques et prise en charge. Médecine d'Afrique noire, 1997, 44.
[8] Ratsimandresy DA. et al, « Prise en charge des fractures du bassin à localisation extra-cotyloïdienne : à propos de 35 cas » in Revue Tropicale de Chirurgie. Vol 10 (2016) 36-38.
[9] Ndayisaba G., et al, « Les fractures du bassin et leurs complications: aspects épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs. Etude prospective sur 18 mois effectuée au CHUK, HMK et HPRC de Bujumbura. » In Rev. Méd. de Bujumbura, n°24, Mai 2012, 24-29.
[10] Traore B. M., Les fractures du bassin dans le service de chirurgie orthopédique et de traumatologie de l'Hôpital Gabriel Touré à propos de 36 cas. (Mali) 2004.
[11] Konate M. B., Contribution à l'étude des fractures du bassin dans le service des urgencies traumatologiques de l'hôpital Gabriel Touré à propos de 18 cas, Thèse de Médecine Bamako (Mali) 1992.
[12] Sangare Y., Contribution à l'étude des fractures du bassin et lésions urologiques, Thèse de Médecine Bamako (Mali) 1998.
[13] Melton L. et al, Epidemiologic fractures of pelvis fractures. Chir. Ortho. Relate. Res (USA) 1981 (155) 43-47.

[14] Amezianel, et al, Les traumatismes du bassin chez l'adulte en dehors de l'atteinte du cotyle (à propos de 56 cas) traités et suivis au service de traumatologie - orthopédie du CHU IBN-SINA de Rabat, Maroc, 1993.
[15] Nitunga G.,Les fractures du bassin et leurs complications. Thèse de Médecine, Bujumbura, 1993.
[16] Gansslen A. et al, Fractures et disjonctions de l'anneau pelvien de l'adulte. Trauma Département, Hannover Medical School, Elsevier, Paris, Masson, 2006, Vol 92, 37 Ŕ 44.
[17] Sangare Y., Contribution à l'étude des fractures du bassin et lésions urologiques, Thèse de Médecine Bamako (Mali) 1998.
[18] Caffiniere J.Y. et al, Bilan traumatologique et économique des accidents de la voie publique. La Nouv. Presse Méd., 1976, 5, N°12, 801 Ŕ 802.