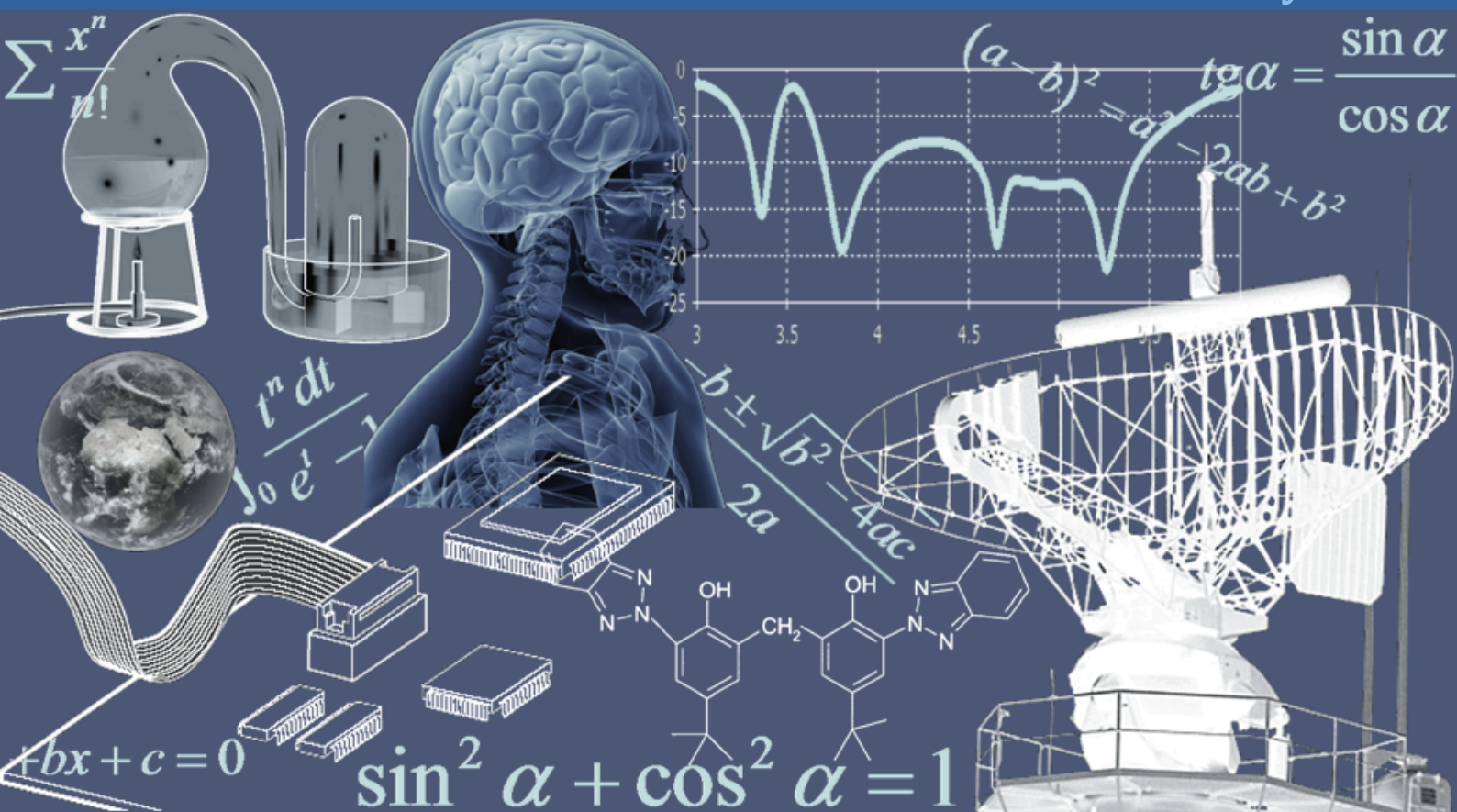


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 14 N. 4 February 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



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 Pharmaceuticals, 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.

Table of Contents

Marco de trabajo para el diseño de una arquitectura ITS en Ecuador que mejore la interoperabilidad y el despliegue de los sistemas de control de tráfico vehicular	886-895
Evaluation de la Qualité Hydrochimique des Eaux Souterraines de la Région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)	896-907
TYPE DE FAMILLE, QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS ET ENGAGEMENT SCOLAIRE CHEZ LES ELEVES AU TOGO	908-916
EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION MOYENNANT LA METHODE P.R.K. : APPLICATION A LA NAPPE PHREATIQUE DU RICH (SUD DU MAROC)	917-926
Minería de datos: Impacto de Actividades Cotidianas en el Rendimiento Estudiantil	927-935
Un nouveau cas de sclérose en plaque chez une femme enceinte	936-939
Le pass-through du taux de change au prix à l'importation : cas de pays en voie de développement	940-951
Impact des anticancéreux sur la fertilité de féminine	952-956
Endométriose pariétale : Une localisation exceptionnelle	957-961
CANCER DU COL UTERIN ET GROSSESSE : QUELLE PRISE EN CHARGE EN 2015	962-966
Instruments des politiques régionales d'innovation : Cas du MAROC	967-975
Chemical character of the Ngovayang gneisses in the northwestern border of the Congo craton (south Cameroon): sources and geotectonic framework	976-996
Cryptographic schemes for minutiae template protection	997-1004
EVALUATION DE DIX (10) GENOTYPES DE NIÉBÉ [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.] PAR RAPPORT À LEUR TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE	1005-1014
Diagnosis of Human Leptospirosis in Morocco by IgM ELISA and Slide agglutination test (SAT)	1015-1018
Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région Tanger-Tétouan: Cas du bassin versant de Martil (Nord du Maroc)	1019-1035
Evolution avec le temps de la qualité organoleptique et physico-chimique des œufs de poule vendus à Kisangani (RD Congo)	1036-1047
The Power Series Method to Solve a Magneto-Convection Problem in a Darcy-Brinkman Porous Medium Saturated by an Electrically Conducting Nanofluid Layer	1048-1065
Commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi : Acteurs, rentabilité, Contraintes et Perspectives	1066-1074
LES IGNAME, « YUYA », DE LA PROVINCE DU PASSORE AU BURKINA FASO	1075-1085
Activité de maraîchage en milieu urbain à Parakou au Nord-Bénin: Caractéristiques et problèmes fonciers	1086-1095
CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES PRESTATAIRES DE SOINS SUR LA LUTTE ANTIPALUDIQUE DANS LA VILLE-PROVINCE DE KINSHASA / REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	1096-1104
PERFORMANCE AND EFFICIENCY MEASURES OF LAYER PRODUCTION ENTERPRISES IN THE ASHANTI REGION OF GHANA	1105-1115
GAMME D'ENERGIES DIVERSIFIEES EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	1116-1133
Oral cavity candidiasis as a complication of fungal diseases in diabetic patients in south-East of Iran	1134-1138

Marco de trabajo para el diseño de una arquitectura ITS en Ecuador que mejore la interoperabilidad y el despliegue de los sistemas de control de tráfico vehicular

[Framework for designing an ITS architecture in Ecuador that improves the interoperability and deployment of vehicular traffic control systems]

Gary Reyes Zambrano¹ and Vivian Estrada Senti²

¹Profesor de Enseñanza Superior,
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Ecuador

²Coordinadora Programa Doctoral en Ciencias Informáticas,
Dirección de Investigaciones, Universidad de Ciencias Informáticas,
La Habana, Cuba

Copyright © 2016 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 paper reflects the benefits to control transit countries have adopted architecture of intelligent transportation systems as a model for the deployment of intelligent traffic systems. Efforts are evident in the traffic control agencies of Ecuador in generating and implementing projects to improve their controls of transit using information technology and communication, however interoperability and heterogeneity are due deficiencies deployments that are performed without using a model that the normal and standardized. The recent creation of autonomous governments who will within its competence, traffic control, evidence a risk of implementing new traffic control systems, exacerbating the problem continue. This research proposes the adoption of a Framework for the design of an ITS Architecture in Ecuador which aims to improve the interoperability of existing systems from a model for deploying new traffic control systems.

KEYWORDS: model, intelligent, technology, transit, heterogeneity.

RESUMEN: El presente trabajo refleja los beneficios para el control de tránsito de los países que han adoptado una arquitectura de sistemas inteligentes de transportación como modelo para el despliegue de sus sistemas inteligentes de tránsito. Se evidencian los esfuerzos en los organismos de control de tránsito del Ecuador en la generación y ejecución de proyectos para mejorar sus controles de tránsito con la utilización de tecnologías de la información y comunicación, sin embargo la interoperabilidad y la heterogeneidad son carencias debido a que sus despliegues se realizan sin la utilización de un modelo que los normalice y estandarice. La reciente creación de los gobiernos autónomos descentralizados, quienes tendrán dentro de sus competencias, el control del tráfico, evidencia un riesgo de implementación de nuevos sistemas de control de tráfico, que continúen agudizando el problema. Esta investigación propone la adopción de un Marco de Trabajo para el diseño de una Arquitectura ITS en el Ecuador que pretende mejorar la interoperabilidad de los sistemas existentes a partir de un modelo para el despliegue de los nuevos sistemas de control de tránsito.

PALABRAS-CLAVE: modelo, inteligente, tecnología, tránsito, heterogeneidad.

1 INTRODUCCIÓN

En el mundo cerca de 1,2 millones de personas fallecen en las vías de tránsito del mundo y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales, lo que evidencia una problemática social que día a día se vuelve compleja debido al incremento del parque automotor a nivel mundial, la falta de preparación de los conductores, la dificultad de implementar las estrategias de seguridad vial entre otras causas [1].

El crecimiento del parque automotor y la evidente necesidad de movilidad en Ecuador originan un mayor flujo de tráfico en las calles y carreteras, aumentando la probabilidad de accidentes de tránsito. Los organismos que controlan el tránsito han definido políticas que le permitan reducir la tasa de accidentes, así mismo han ejecutado programas nacionales con el uso de sistemas informáticos para automatizar los controles en las carreteras, pero aún se mantienen altos índices de siniestros y mortandad en sus carreteras.

Ecuador ocupa el segundo lugar en mortalidad por accidentes de tránsito en América Latina, según el reporte del estado global sobre la seguridad de las vías [2]. Este dato estadístico evidencia la necesidad de estudiar y tomar nuevas medidas ante la problemática, para determinar sus principales causas y plantear posibles soluciones.

De acuerdo con la información de la Agencia Nacional de Tránsito [3], en el Ecuador el 50,09% de los accidentes se produce por impericia o imprudencia del conductor, el 13,2% por irrespeto a las normas de tránsito, el 12,31% por exceso de velocidad, el 9,73% por embriaguez, el 7,69% por condiciones externas sin determinar y el 6,99% por imprudencia de otros involucrados. Se observa una diversidad en las causas de los accidentes de tránsito.

La introducción de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) dentro del sector del transporte en el mundo ha evolucionado, e incluso aporta a la sostenibilidad del medio ambiente. Por ejemplo, la introducción de nuevas tecnologías en los automóviles permite reducir las emisiones de dióxido de carbono hasta en un 20%, según la industria. Estas cifras son superiores si se emplean tecnologías híbridas de propulsión. Para ello es imprescindible el empleo de hardware y software de monitorización, regulación y control en los vehículos, a través de sistemas empotrados [4].

El sector del transporte-logística tiene una fuerte dependencia de la utilización de las TIC para el funcionamiento óptimo de sus actividades, sobre todo las relacionadas con el transporte y el almacenamiento. Es por ello que las innovaciones en el uso de las TIC se encuentran en una posición inmejorable para ser introducidas en el sector [4].

Las tecnologías de información y comunicación aplicadas al transporte se denominan "Sistemas Inteligentes de Transporte" (ITS, por sus siglas en inglés). Los ITS comprenden un amplio rango de nuevas herramientas y tecnologías para la gestión de las redes de transporte, y para brindar distintos servicios a los viajeros. Se basan en sistemas informáticos y de telecomunicaciones (sistemas telemáticos), que requieren de recolección, procesamiento e integración de información para solucionar los problemas del transporte mediante sistemas específicos [5].

En el presente trabajo se explican las principales arquitecturas que se han desarrollado para los sistemas inteligentes de transportación, haciendo especial énfasis en la arquitectura ITS de Estados Unidos. Se presentan también algunos proyectos e iniciativas tecnológicas que organismos de control de tránsito del Ecuador han llevado a cabo para mejorar sus controles, los que se caracterizan por la diversidad y heterogeneidad de los sistemas que han implementado.

Se destacan los cambios que han existido en las leyes y reglamentos de tránsito de Ecuador, analizando el impacto de la aparición de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) para el despliegue de los nuevos sistemas de control de tránsito.

Un problema que se identificó es la carencia de interoperabilidad y homogenización de los sistemas de tránsito en Ecuador, lo que la presente investigación intenta resolver basado en el análisis de la metodología utilizada por el proyecto E-FRAME¹, las tecnologías utilizadas en la implementación de ITS en el mundo, las normas y estándares ITS que se han definido a nivel mundial y en consecuencia proponer un marco de trabajo para el diseño de una arquitectura ITS en el contexto Ecuatoriano.

¹ *Arquitectura Marco Extendida para sistemas cooperativos.*

2 RESULTADOS

2.1 ARQUITECTURAS ITS EN EL MUNDO

El término ITS se empezó a utilizar para los proyectos de innovación en el tránsito en los años 70 en Estados Unidos y en los 80 en Japón. Una de las organizaciones que empezó a definir los ITS fue el Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América, lo definió como “El sistema que aplica procesos electrónicos, de comunicación e información, por separado o integrado, para mejorar la eficiencia o seguridad de los sistemas de transporte terrestre”. El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) define a los ITS como “la aplicación de las TIC en los sistemas de gestión, infraestructura y medios de transporte”; en ésta definición se incluyen también a los sistemas de comunicaciones y se considera al transporte aéreo, marítimo, terrestre y fluvial [6].

Se puede afirmar que los ITS son soluciones tecnológicas que integran infraestructura, sistemas de información y sistemas de telecomunicaciones para brindar servicios a todos los procesos que intervienen en el transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial. Debido a la problemática que se analiza, esta investigación se orienta en el contexto de la modalidad terrestre.

A medida que avanzaba la incorporación de las TIC dentro de los proyectos en el sector del transporte se crearon en cada uno de los países los organismos encargados de administrar y controlar sus desarrollos y evolución. En el año 1991 el Departamento de Transporte de los Estados Unidos creó un programa nacional llamado ITS, éste ejemplo fue imitado por otros países quienes crearon entidades encargadas de la organización de los ITS y los servicios que brindan al sector. A continuación se observan las principales entidades ITS a nivel mundial.

Tabla 1. Entidades ITS

País	Entidad ITS	Medio de transporte
Australia	ITS Australia	Multimodal
Brasil	ITS Brasil	Terrestre
Canadá	ITS Society Canadá	Terrestre
Chile	ITS Chile	Multimodal
Colombia	Fundación ITS Colombia	Terrestre
Dinamarca	ITS Danmark	Terrestre
Francia	A TEC ITS France	Terrestre
Italia	ITS Italia	Terrestre
Estados Unidos	ITS	Terrestre

Según el plan de negocios para el desarrollo de ITS que propone la organización internacional para la estandarización (ISO), existen tres arquitecturas ITS predominantes para el despliegue de servicios. Estas, han sido establecidas por los países más desarrollados tales como EEUU, Japón, y los pertenecientes a la zona Europea. También, existen propuestas similares planteadas por Australia, China, Canadá, Corea del Sur, Taiwán, entre otros.

A continuación en la Figura 1, se presenta el diagrama de sub-sistemas de una de las arquitecturas ITS predominantes en el mundo.

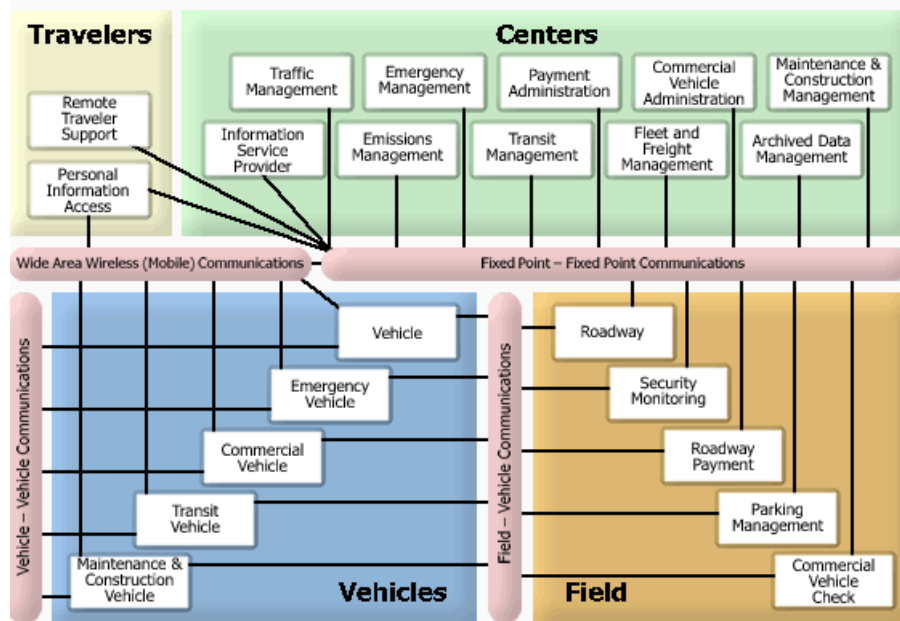


Fig. 1. Diagrama de sub-sistemas - Arquitectura ITS de EEUU [7]

En el análisis realizado sobre algunas de las arquitecturas ITS del mundo se encontraron las siguientes debilidades con respecto a sus implementaciones: Los desarrollos de ITS se realizaron a nivel local en vez de a nivel nacional, no existió un consenso a nivel nacional, se omitieron tendencias tecnológicas, priorizaron la integración técnica en vez del control administrativo y la justificación legal de sus componentes.

La arquitectura ITS de EEUU consolida su desarrollo en la definición de las funciones que requiere, las entidades físicas o subsistemas dónde residen las funciones, los flujos de información y flujo de datos que conectan las funciones con los subsistemas físicos. Asimismo define dos capas técnicas: la de comunicación y la de transporte, que deben funcionar sobre una capa institucional, dentro de la cual se definen las funciones legales y administrativas. Sin embargo, ésta arquitectura, a pesar de estar consolidada en el mundo, carece de elementos propios de las culturas, avances tecnológicos y leyes de los países, lo que se evidencia como una debilidad al momento de implementarla.

2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE TRAFICO EN ECUADOR: PROYECTOS E INICIATIVAS TECNOLOGICAS

Una iniciativa del Gobierno del Ecuador en el ámbito de seguridad vial y ciudadana para el transporte público y comercial es el proyecto “Transporte Seguro”, ejecutado por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y regulado por el Sistema Integrado de Seguridad (ECU 911) [8].

El objetivo es disminuir los índices de delincuencia con la finalidad de mejorar la seguridad vial y ciudadana de los usuarios de los transportes públicos terrestres en Ecuador. El alcance es dar cobertura a 55000 vehículos a nivel nacional, que comprende: 17000 buses y 38000 taxis. El funcionamiento, como se aprecia en la Figura 2 es el siguiente: el dispositivo GPS instalado al interior de los vehículos transmite información sobre la geolocalización y velocidad del vehículo, las cámaras de vídeo instaladas en el interior graban audio y vídeo de lo que suceda mientras el vehículo permanece encendido, ésta información es transmitida en tiempo real al ECU 911, si algún usuario presiona el botón de auxilio. El ECU 911 se encarga de contactar a los organismos de emergencia y los enviará al sitio dónde se reportó el evento [9].

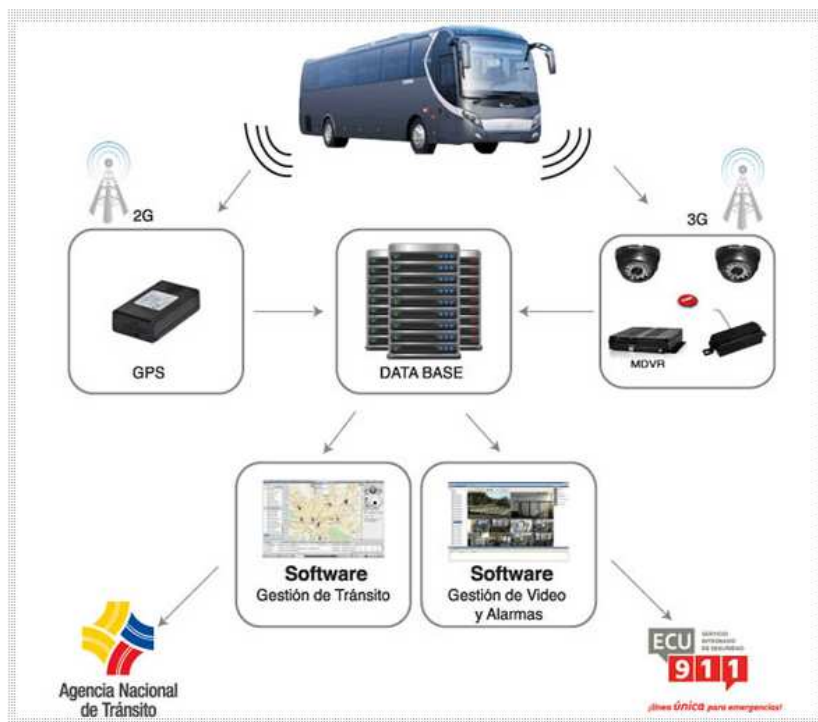


Fig. 2. Funcionalidad de Transporte Seguro [9]

Otro proyecto que evidencia el uso de tecnologías de la información y comunicación es el uso de drones, la CTE (Comisión de Tránsito del Ecuador) informó que habilitará 22 drones para conocer con exactitud las causas de los accidentes en las vías [10]. Los drones son del tipo quadcopters e incluyen GPS, el software ARAS-360 les permitirá recrear y reconstruir incidentes de tránsito mediante el ingreso de datos captados por las cámaras y sensores del drone para poder simular el accidente [11].

En diciembre del año 2014 la Agencia Nacional de Tránsito inició la implementación en Santa Elena del Plan Piloto para cobro de pasajes en la transportación pública denominado nuevo modelo de servicio de transporte integrado, que consiste en el cobro electrónico de pasajes a través de una tarjeta magnética identificada por un lector/sensor instalado en las 240 unidades que forman parte del Consorcio Integrado de Transporte en Santa Elena (CITSE). Asimismo se instalarán 255 paraderos denominados inteligentes con pantallas de lecturas que indicarán el tiempo de llegada del bus, entre otros datos [12].

Otro ejemplo es el despliegue de los foto-radares para mejorar los controles de exceso de velocidad. A pesar de la evidencia de los esfuerzos por mejorar el tránsito y la seguridad vial en Ecuador se mantienen los elevados niveles de accidentes [13].

En el año 2012 se inició la campaña “Párale el Carro” enfocada en cuatro causas que pueden provocar accidentes, como son: el uso del celular al conducir, el exceso de velocidad, el mal uso del cinturón de seguridad y las malas prácticas de conductores de buses interprovinciales. Los resultados de ésta se evidencian en una encuesta realizada por el diario El Comercio, del total de encuestados el 48,2% indicó no saber que podía denunciar a los conductores irresponsables al ECU 911, se evidenció que a pesar de que el 51,8 % de encuestados si sabía que podía denunciar, tan sólo el 15,4% lo había hecho [14].

Dentro del análisis realizado se evidencia, dentro del Plan estratégico 2013-2017 de la Agencia Nacional de Tránsito, como debilidad en el diagnóstico de la tecnología que no existe un sistema de tránsito estandarizado para servicios de tránsito y licencias de conducir (no existen los registros nacionales), así como que no hay integración entre los procesos de transporte terrestre y de tránsito [15]. El desarrollo de nuevos sistemas de control de tránsito vehicular, que sean homogéneos e interoperables contribuirá a reducir los tiempos en la detección de infracciones de tránsito, pudiendo disminuir la posibilidad de ocurrencias de accidentes.

2.3 ORGANIZACIÓN DEL SECTOR DEL TRANSPORTE EN ECUADOR: LEYES Y REGLAMENTOS

En el año 2011 se publica en el Registro Oficial la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y seguridad Vial expedida en el año 2008, introduciendo cambios sustanciales en la organización del sector del transporte, con la finalidad de armonizar la ley con las disposiciones constitucionales que otorgan a los GAD competencias en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Esta nueva organización se aprecia en la Figura 3.



Fig. 3. Organismos de Control de Tránsito en Ecuador [15]

La Comisión de Tránsito del Ecuador, tiene la competencia para el control de tránsito en las vías de la red estatal-troncales nacionales, en coordinación con los GAD. Estos, son los órganos fundamentales del sistema, encargados por la constitución y la ley de la planificación, regulación y control de tránsito en sus respectivas jurisdicciones, observando, en todo caso, las disposiciones de carácter nacional emitidas desde la Agencia Nacional de regulación y control de transporte terrestre tránsito y seguridad vial.

Un elemento que ha estimulado la presente investigación es el hecho de que en éste año se deben poner en vigor las competencias en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en 221 GAD del Ecuador [16], lo que por su diversidad representa un riesgo para la homogenización de los sistemas de control de tránsito que estos organismos utilizarán; por lo que la estandarización de los sistemas de control vehicular en los diferentes GAD también será parte de la arquitectura ITS en Ecuador.

2.4 MARCO DE TRABAJO PARA LA INTEROPERABILIDAD Y DESPLIEGUE DE SISTEMAS DE CONTROL DE TRANSITO EN ECUADOR

Para la construcción del marco de trabajo para el diseño de la arquitectura ITS en el contexto ecuatoriano, una vez analizada la problemática relacionada a la carencia de interoperabilidad y homogenización de los sistemas de tránsito en Ecuador, se consideró el estudio de los siguientes elementos:

- Normas y estándares para arquitecturas ITS en el Mundo.
- Proyectos e iniciativas tecnológicas para el control de tránsito en Ecuador.
- Tecnologías utilizadas en ITS.
- Leyes y reglamentos de tránsito en el Ecuador, Plan Estratégico de la ANT 2013-2017.
- Proyecto E-FRAME.

Los organismos de estandarización con más presencia mundial en el ámbito de los ITS son: los comités técnicos ISO/TC204 (ISO_TC204, 2009), CEN TC278 (CEN_TC_278, 2007), ETSI TC ITS (ETSI, 2009) y el ISO/TC 22 (ISO/TC_22, 2007), aunque este último está más centrado en los sistemas generales que se relacionan con la construcción de los vehículos. Uno

de los referentes es la Organización Internacional de Estandarización (ISO) que definió un Comité Técnico ITS ISO/TC204 desde el año 1993 para establecer las estandarizaciones y normalizaciones ISO para ITS.

Para ésta investigación se consideró el estándar ISO 14813-1, porque contribuye a establecer las relaciones de interoperabilidad entre los elementos del marco de trabajo, éste estándar define dentro de una Arquitectura ITS los dominios de servicios, grupos de servicios y servicios [17]. Para identificar cuáles de estos servicios son necesarios en el despliegue de los sistemas de control de tránsito en el contexto ecuatoriano se aplicó una encuesta al departamento de Planificación y Proyectos de la Agencia Nacional de Tránsito. En la Figura 4 se presentan los resultados respecto al servicio de información al viajero.

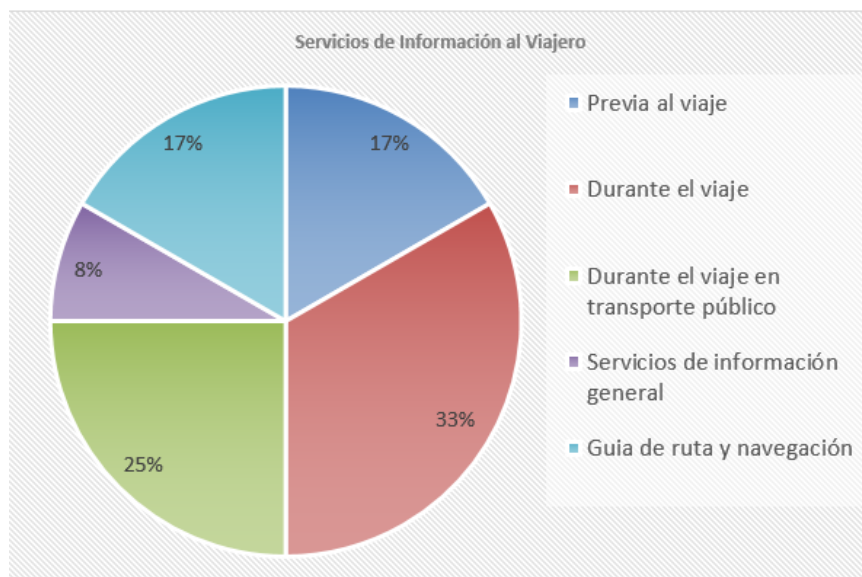


Fig. 4. Servicios de Información al viajero [18]

Se observa que el 33% de los encuestados (12 especialistas de la Agencia Nacional de Tránsito) consideran importante brindar la información al viajero durante un viaje.

Otro elemento que se tuvo en cuenta en la elaboración del marco de trabajo fue el análisis de las principales tecnologías utilizadas en los ITS a nivel mundial [19]:

- Sistemas a bordo de vehículo.
- Tecnologías de comunicación.
- Tecnologías de navegación y sus servicios.
- Tecnologías de sensores.
- Tecnologías orientadas a servicios.

De estas tecnologías, de acuerdo a la cobertura actual de servicios de telecomunicaciones en Ecuador, se escogieron las que son factibles técnicamente de implementación; como se aprecia en la comparación realizada entre una red de sensores inalámbricos y la tecnología zigbee para la adopción de una arquitectura de un ITS [20]. Así como también se visualizan en los esfuerzos en el desarrollo de ITS modernos con respecto a los datos que se obtienen de múltiples, logrando ofrecer nuevos servicios a sus grupos de interés [21].

Otro de los elementos que sirven de entrada para elaborar la propuesta son las leyes y reglamentos en el ámbito del tránsito en Ecuador, así como el plan estratégico 2017 de la ANT.

Una vez que se obtuvieron todos los elementos necesarios se consideró utilizar la metodología empleada por el proyecto E-FRAME, porque permite identificar necesidades de los usuarios y posteriormente asociarlas a un subconjunto de necesidades en la Arquitectura ITS, cómo se evidencia en la Figura 5.

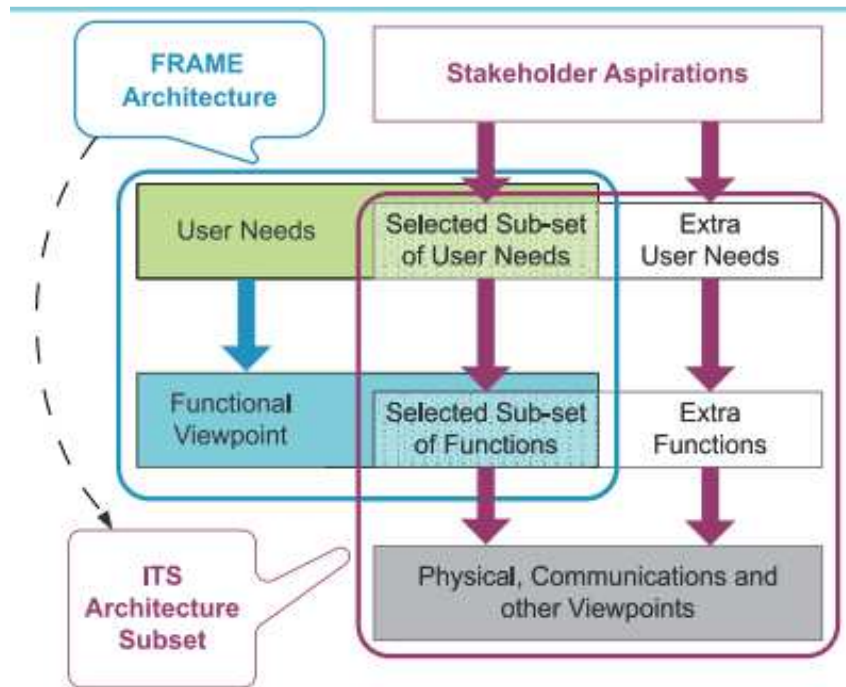


Fig. 5. La arquitectura E-FRAME [22]

Se observa en ésta arquitectura las aspiraciones de varios de los interesados en aplicaciones y servicios para ITS, considerando la arquitectura FRAME se escogió un sub-conjunto de necesidades para el marco de trabajo para el diseño de una arquitectura ITS en el contexto ecuatoriano.

Es una arquitectura marco, de la cual puedan crearse sub-conjuntos de entidades que puedan utilizarse de manera independiente. La metodología inicia con las aspiraciones de varios de los interesados en aplicaciones y servicios para ITS, éstas son identificadas dentro de la arquitectura marco y un sub-conjunto es seleccionado. Este puede ser modificado con requisitos particulares para adaptarse a la región que lo vaya a implementar [22].

3 DISCUSIÓN

Para el levantamiento de información acerca de los dominios de servicios, clases de servicios y servicios se realizó una investigación de tipo exploratoria con la aplicación de una encuesta dirigida al organismo de planificación de tránsito en el Ecuador, Agencia Nacional de Tránsito.

Se consolidaron los dominios de servicios, grupos de servicios y servicios identificados en la ISO 14813-1 y se aplicó la metodología propuesta por E-FRAME para incorporar los servicios relevantes en el diseño de la encuesta.

Se identificaron las tecnologías que son técnicamente factibles de utilizar en el contexto ecuatoriano en correspondencia con la evolución de las TIC en el sector de transporte en Ecuador.

Se analizaron los grupos de estandarizaciones para la construcción de las tecnologías seleccionadas.

Los resultados del trabajo se presentan en la Figura 6.

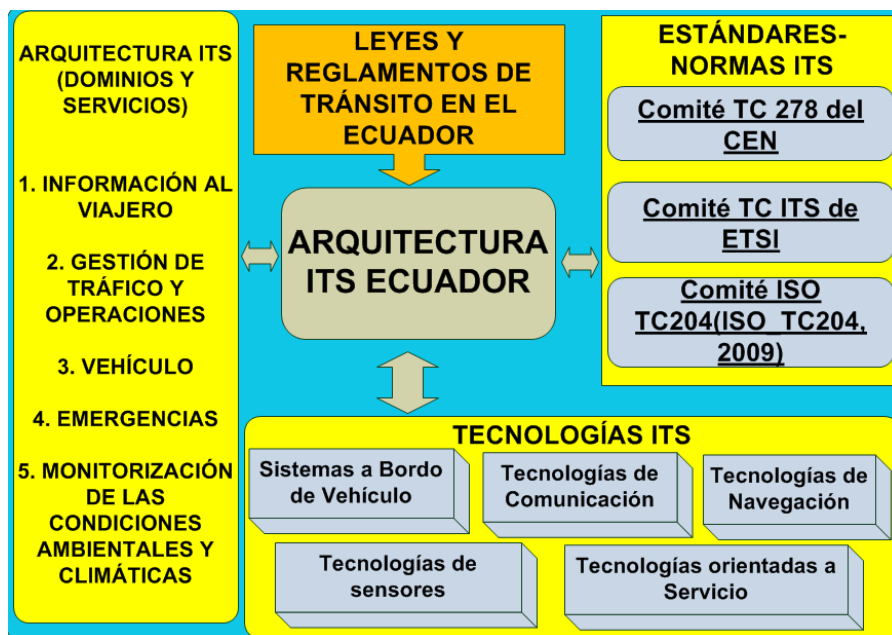


Fig. 6. Marco de trabajo para Diseño de una Arquitectura ITS en Ecuador

Dentro del marco de trabajo se consideran los grupos de trabajo que definen los estándares ITS de la ISO, CEN y ETSI, identificando aquellas normas que incidan sobre las tecnologías e infraestructura de telecomunicaciones actual. Los organismos que controlan el tránsito identifican las leyes y reglamentos a considerar en el marco de trabajo, que incidan en los dominios y servicios identificados para el contexto ecuatoriano; luego se definirán las relaciones lógicas entre estos servicios, para posteriormente asociar físicamente las tecnologías utilizadas dentro de la arquitectura y los sistemas que se desarrollaran basados en estándares y normas internacionales. La interoperabilidad lógica definida por el marco de trabajo deberá ser utilizada en el diseño de una arquitectura ITS, garantizando la interoperabilidad física y homogeneidad de sus elementos.

4 CONCLUSIONES

Se evidencia carencia en interoperabilidad y homogenización en los sistemas de control de tránsito en el Ecuador.

Los usuarios del sector del transporte y organismos de control identifican los servicios necesarios para la implementación de un ITS en Ecuador.

La Agencia Nacional de Tránsito deberá presentar un marco de Trabajo para el diseño de una arquitectura para los sistemas inteligentes de transportación del Ecuador, de este modo los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán seguir el modelo de despliegue definido para sus sistemas de control de tránsito.

Resulta importante que las universidades y centros de investigación desarrollen proyectos de I+D dentro del ámbito de ITS en Ecuador para ayudar a resolver el problema generado por la carencia de interoperabilidad y estandarización de los controles de tránsito.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, "Informe sobre la situación Mundial de la Seguridad Vial," Ginebra, 2009.
- [2] Organización Mundial de la Salud, "Informe sobre la situación Mundial de la Seguridad vial 2013.," Ginebra, 2013.
- [3] Agencia Nacional de Tránsito, "Estadísticas - Causas de accidentes de tránsito," 2014.
- [4] Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Contenidos Digitales - AMETIC, "Hipersector TIC y Contenidos Digitales en España. Resultados 2014 y estimación de cierre 2015," Madrid, 05-Oct-2015.
- [5] Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento - PROSIC, "Las TIC y su aplicación a la Seguridad Vial." Universidad de Costa Rica, 2010.
- [6] Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – CINTEL, "Estudio Cualitativo: ITS-Intelligent-Transportation-System en Colombia." Dic-2010.
- [7] United States Department of Transportation (US DOT), "National ITS Architecture 7.1." abril-2015.
- [8] El ciudadano, "ANT y ECU 911 implementan proyecto Transporte Seguro en Pastaza," dic-2014.
- [9] Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, "Transporte Seguro." Abril-2013.
- [10] El Telégrafo, "22 drones recrearán accidentes de tránsito," 03-Mar-2015.
- [11] El Universo, "La CTE estrena control con 22 drones," 01-Mar-2015.
- [12] El Universo, "Plan piloto de cobro electrónico de pasajes en Santa Elena aún está en proceso," 22-Feb-2015.
- [13] Ecuavisa, "Usuarios demandan revisión de fotoradares por cobros excesivos en multas," 24-Mar-2015.
- [14] El Comercio, "Los resultados que deja la campaña Párale el Carro," abril-2014.
- [15] Agencia Nacional de Tránsito, "Plan Estratégico Noviembre 2013 - Diciembre 2017," Nov. 2013.
- [16] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, "MTOPE y ANT mantienen reunión con representantes de Operadoras de Transporte de la Ciudad de Quito." ago-2014.
- [17] International Organization for Standardization, "ISO 14813-1:2007." 2010.
- [18] L. Ochoa and G. Reyes, "Arquitectura de un sistema Inteligente de transportación (ITS) que permita mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre de Ecuador," Universidad de Guayaquil, 2015.
- [19] L. Herrera, "Modelo de Prestación de Servicios ITS," Universidad de Alicante, 2011.
- [20] V. Katiyar, P. Kumar, and N. Chand, "An Intelligent Transportation Systems Architecture using Wireless Sensor Networks," Int. J. Comput. Appl., ene 2011.
- [21] A. Bahga, and V. K. Madiseti, "Cloud-Based Information Technology Framework for Data Driven Intelligent Transportation Systems," J. Transp. Technol., vol. 3, pp. 131–141, 2013.
- [22] E-Frame, "E-FRAME - The frame architecture and the ITS action plan." Jun-2011.

Evaluation de la Qualité Hydrochimique des Eaux Souterraines de la Région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

Louan Odile BLE¹, Gabriel Etienne AKE², Tanina SORO¹, Gbombélé SORO¹, and Emile Yoboué KOUADIO³

¹Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement (DSTEGE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Département des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (DSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Département de pédologie et Minéralogie des sols, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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 led study presents the current state of the quality of waters of the tablecloth of Bonoua as well as its situation towards polluting elements of anthropological origin (NO_3^- , Cl^- , NH_4^+). This tablecloth is more and more requested to cover the water requirements of the city of Abidjan, while its quality is felt (experienced) by the diverse sources of pollution which multiplied further to the urbanization and to the development of the agro-industrial cultures.

To estimate the current subterranean quality of waters of this tablecloth a comparison and a follow-up of its physico-chemical parameters from 2001 till 2015 was realized. It was coupled with a multivariate statistical analysis to know the Analysis in Main Component (ACP) to determine the origin of mineralization, The methodology took into account on one hand the hydrochemical parameters which showed that waters are acid with a pH between (4,2UpH and 6,88UpH, more important concentrations in nitrates (140mg / L) to Ahoutoué in 2001 in (150mg / L) in 2015, on the other hand the hydrodynamic parameters of the aquifer to know the thickness of the tablecloth, the level piézométrique.

This study showed that the tablecloth of Bonoua is a free tablecloth with a thickness of 115m. The piézométrique (map) showed that the flow of waters of the tablecloth is made in the North-south and east-west (direction), the flow is 258 722 m³ / j.

The Analysis in Main Components (ACP) allowed to notice that the mineralization of underground waters of the region is bound to an organic pollution of the superficial layers of the ground surmounting the tablecloth Bonoua.

KEYWORDS: mineralization, organic pollution, chemical pollution, ACP, tablecloth of Bonoua.

RESUME: L'étude menée présente l'état actuel de la qualité des eaux de la nappe de Bonoua ainsi que sa situation vis-à-vis d'éléments polluants d'origine anthropique (NO_3^- , Cl^- , NH_4^+). Cette nappe est de plus en plus sollicitée pour couvrir les besoins en eau de la ville d'Abidjan, alors que sa qualité est éprouvée par les diverses sources de pollution qui se sont multipliées suite à l'urbanisation et au développement des cultures agro-industrielles.

Pour évaluer la qualité des eaux souterraines actuelle de cette nappe une comparaison et un suivi de ses paramètres physico-chimiques de 2001 à 2015 a été réalisée. Elle a été couplée à une analyse statistique multivariée à savoir l'Analyse en Composante Principale (ACP) pour déterminer l'origine de sa minéralisation. La méthodologie a pris en compte d'une part les paramètres hydrochimiques qui ont montré que les eaux sont acides avec un pH compris entre (4,2UpH) et (6,88UpH), des concentrations plus importantes en nitrates (140mg/L) à Ahoutoué en 2001 à (150mg/L) en 2015, d'autre part les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère à savoir l'épaisseur de la nappe, le niveau piézométrique.

Cette étude a montré que la nappe de Bonoua est une nappe libre avec une épaisseur de 115m. La carte piézométrique a montré que l'écoulement des eaux de la nappe se fait dans le sens Nord-Sud et Est-Ouest, le débit moyen est de 258 722 m³/j.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de constater que la minéralisation des eaux souterraines de la région est liée à une pollution organique des couches superficielles du sol surmontant la nappe Bonoua.

MOTS-CLEFS: minéralisation, pollution organique, pollution chimique, ACP, nappe de Bonoua.

1 INTRODUCTION

Les eaux souterraines offrent d'excellentes sources d'approvisionnement en eau potable. C'est à juste titre que les réserves en eau souterraine de la nappe de Bonoua estimées à 13,9 milliards de m³, sont actuellement exploitées pour couvrir les besoins en eau potable, tant de la zone que ceux de la ville d'Abidjan, dans sa partie sud. La qualité de cette ressource en eau souterraine est sans cesse mise à rude épreuve, à cause de la croissance des sources de pollution tant ponctuelles que diffuses. En effet, la région de Bonoua fait actuellement l'objet de nombreuses sollicitations, en matière d'investissements consacrés aux ressources agricoles notamment. Elle connaît une diversité de cultures agro-industrielles, notamment le binôme café-cacao, et plus récemment l'hévéa, le palmier à huile et l'ananas dont les intrants qui garantissent leur productivité, constituent une menace de pollution pour la nappe. Plusieurs travaux ont déjà été réalisés dans la région pour sa protection, notamment [1]; [2] et [3]. Cette étude a été entreprise dans le but de connaître l'état actuel de la qualité de cette nappe et se situe dans le prolongement de ceux réalisés par [4] et [5], évoquant, la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de cette zone. Il est bien admis que l'eau dans sa nature est rarement pure car différents éléments peuvent altérer sa constitution de base par diffusion, dissolution ou par un simple mélange. La composition chimique de l'eau dépend de l'environnement dans lequel elle se trouve. Pour ce faire, une analyse en composante principale a été effectuée pour établir les relations possibles entre différents facteurs hydrochimiques afin de suivre l'évolution physico-chimique de cette nappe.

1.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

ZONE D'ÉTUDE

La région de Bonoua (figure1), est située au Sud- Est de la Côte d'Ivoire à 60 km d'Abidjan, la capitale économique. Cette région couvre une superficie de 2209 km² et est dominée par un relief de plaine. La région est traversée par le fleuve Comoé, les rivières Bia et la Mé [6]. Toutes ces rivières débouchent sur les différentes lagunes. Les cultures sont diverses et variées en fonction du type de sol. Ainsi, sur les sables quaternaires entre la mer et les lagunes, se trouvent les cocoteraies industrielles. Sur le plateau de sables argileux du tertiaire, les cultures rencontrées concernent essentiellement les palmiers, ananeraies, hévéacultures, caféiers, cacaoyers et bananeraies. Ces cultures sont des plantations agro-industrielles.

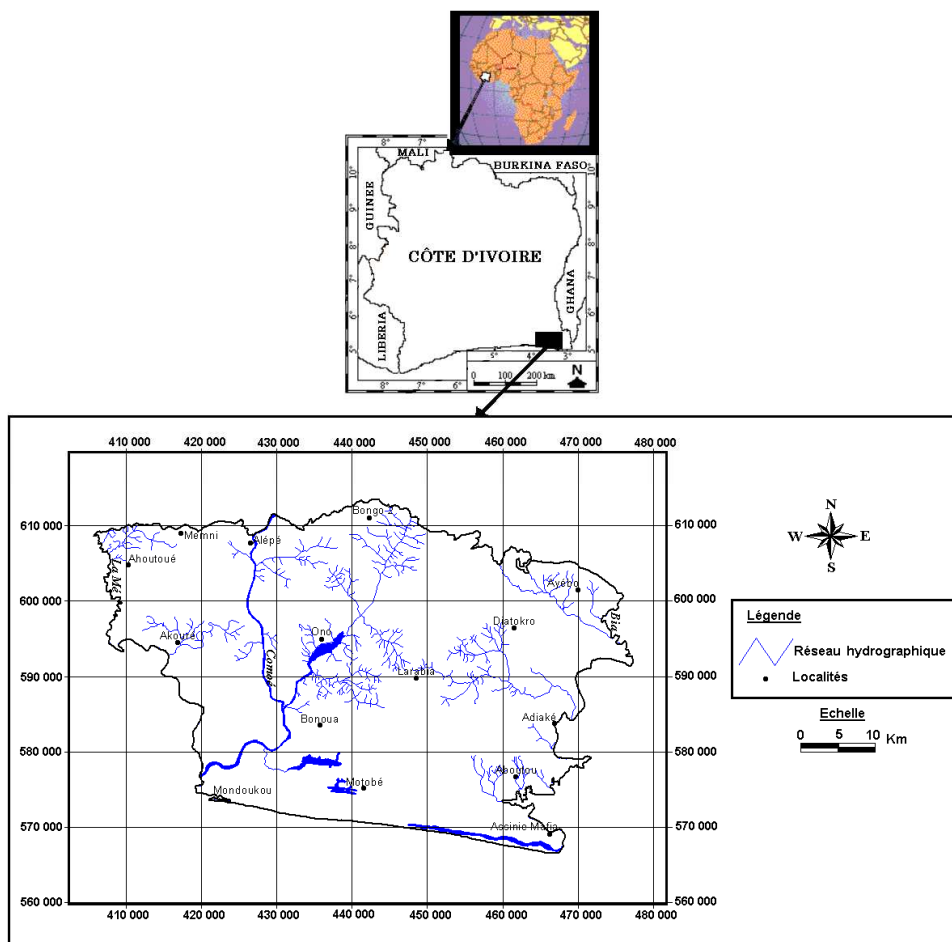


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Deux domaines géologiques sont à différencier dans notre zone d'étude : au Sud, le bassin sédimentaire constitué de roches détritiques du tertiaire et du quaternaire, au Nord, le socle cristallin constitué de micaschistes et de granites intrusifs (figure 2).

La zone d'étude est en majeure partie située dans le bassin sédimentaire.

Le contact socle cristallin - bassin sédimentaire qui passe à Aboisso et Alépé s'échancre en forme de "V" vers le Nord. Vers le Sud les granites s'enfoncent et sont recouverts par une épaisseur parfois importante de sables argileux néogènes [7]. Sur le littoral et au bord de la lagune Aby apparaissent des formations quaternaires

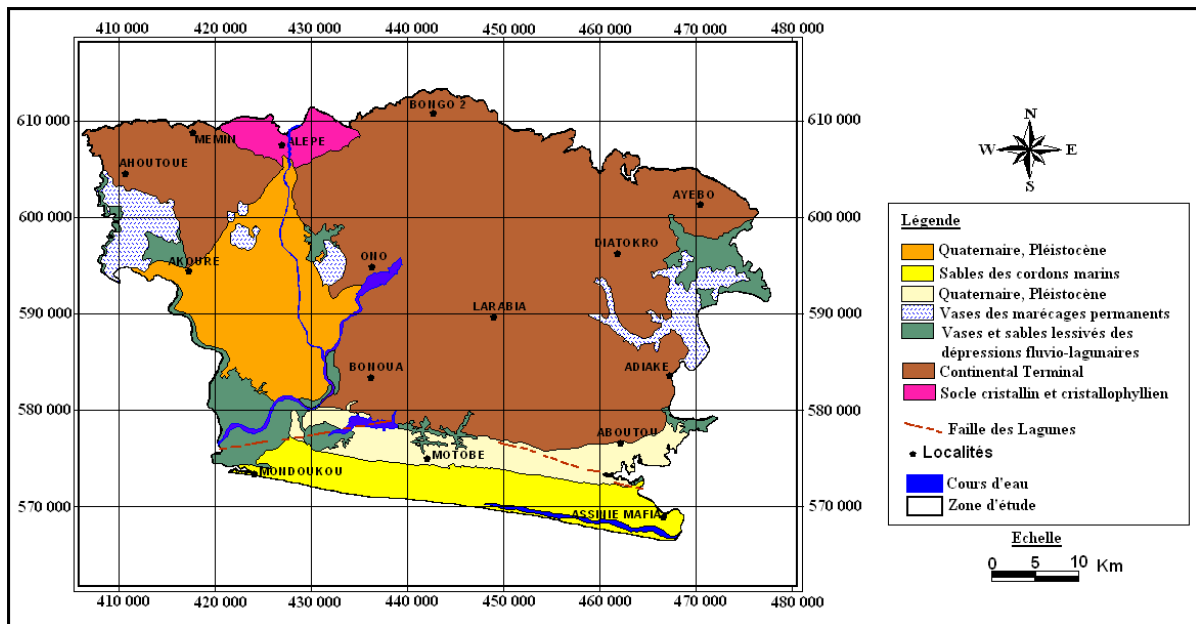


Figure 2 : Carte géologique de la région de Bonoua

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel de travail se compose de données multi-sources provenant de données d'analyses d'eaux souterraines et de ceux ayant servis à leur analyse.

2.1 SITES DE PRÉLÈVEMENT

Trente (30) échantillons ont été prélevés de 2014 à 2015, au niveau de dix points choisis en fonction de l'urbanisation, de la concentration des activités agricoles et de l'accessibilité des cours d'eau, par l'Institut Nationale d'Hygiène Publique (INHP) et confrontés à ceux d'Aké. Les données de 2001 sont celles des fiches techniques de forage recueillies auprès de la SODECI. Cette approche a servi au suivi de l'évolution des concentrations des différents paramètres physico-chimiques au cours des années 2001, 2014 et ceux effectués en 2015 par l'INHP.

Les forages ont été choisis et identifiés par des fiches techniques indiquant la nature de l'activité en amont (Tableau1).

Tableau 1 : Sites de prélèvement des points d'eau

Code échantillon	Localité	Activité en amont
1	Aboutou	Palmeraie
2	Abrobakro	Palmeraie
3	Adiaho	Hévéaculture
4	Adiake	Hévéaculture
5	Ahoutoué	Hévéaculture et Palméraie
6	Akouré II	Annaneraie
7	Ono	Annaneraie
8	Akromiabra	Palmeraie
9	Allohore II	Hévéaculture
10	Amanoukro	Cacaoculture
11	Yapokro	Cacaoculture
12	Anga	Cacaoculture
13	Assé II	Bananeraie
14	Nougoussi	Hévéaculture
15	Assoindé	Annaneraie
16	Assomlan II	Hévéaculture

17	Ayebo	Bananaie
18	Babadougou	Bananaie
19	Babadougou	Palmeraie
20	Bangakoi	Palmeraie
21	Beniakre	Annaneraie
22	Bobopli	Cacaoculture
23	Bondoukou	Cacaoculture
24	Kimoukro	Hévéaculture
25	Akroaba	Palmeraie
26	Bongo-Saph	Hévéaculture
27	Bonoua	Annaneraie
28	Bonoua F2	cocoteraies industrielles
29	Wehou	Palmeraie
30	Montézo	Palmeraie

2.2 MÉTHODE D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Les échantillons prélevés sont tenus au frais et à l'abri de la lumière, de préférence à une température de 4 °C et ont été analysés au laboratoire au plus tard dans les trois heures qui ont suivis leur prélèvement. Les paramètres physiques analysés sont : la température (T°) et le pH, et les paramètres chimiques sont : NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Cl⁻, F et Al. Ils ont été analysés par la méthode de spectrophotométrie aussi appelée colorimètre au laboratoire des eaux de l'INHP. La matière organique (MO) a été aussi analysée combinée à des données de fiches techniques de forages principalement leur profondeur totale.

Le spectrophotomètre d'absorption moléculaire HACH500 a été utilisé dans cette étude. Cet appareil peut être précalibré pour plus de 120 mesures différentes. Après ajout du réactif approprié et agitation énergétique pendant 1mn, la solution se repose pendant 5 à 20 mn et on obtient un dépôt d'intensité proportionnelle à la concentration de l'élément recherché. Enfin, on procède à la mesure de la densité optique au spectrophotomètre après avoir réalisé l'étalonnage à partir d'une solution témoin désionisée.

2.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

Afin de confronter les données actuelles à celles de 2001, l'analyse statistique multivariée notamment l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée.

L'ACP est une méthode statistique de description qui permet de synthétiser et de classer un nombre important de données Elle étudie les phénomènes à l'origine de la minéralisation des eaux. Les analyses ont été effectuées à partir de neuf (9) variables qui sont : Température (T°), pH, nitrates (NO₃⁻), nitrites(NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺), Chlorures (Cl⁻), Fluor (F), Aluminium (Al), la Matière organique (MO) et la Profondeur totale (Pt) des forages. L'ACP a été réalisée à partir du logiciel STATISTICA 6.0.

2.4 ETABLISSEMENT DE LA CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

L'établissement de la carte piézométrique a été réalisé à partir des données extraites des fiches techniques de forages de la SODECLI (Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire). Le niveau piézométrique a été mesuré à l'aide d'une sonde piézométrique OTT (100 m) sonore et lumineuse. Les profondeurs d'eau dans chaque forage et les altitudes à l'aide de GPS et de cartes topographiques au 1/50 000. Les données collectées ont permis de déterminer la côte des eaux souterraines selon la formule suivante (équation 1) :

$$C = Z - H$$

Avec Z : altitude du piézomètre (m) ;

H= (NP + M) : profondeur de l'eau dans le piézomètre (m) ;

NP : niveau piézométrique (m) ;

M : margelle des puits ;

C : côte de l'eau (m).

Pendant la campagne de relevés piézométriques, la profondeur des puits a également été mesurée. La lame d'eau dans le puits a été déterminée par la formule suivante (équation 2) :

$L = P(t) - NP$ avec
 L : lame d'eau en (m) ;
 P(t) : profondeur du puits en (m)

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

L'analyse des données de forages, a permis de déterminer l'épaisseur moyenne de la nappe (115m).

La nappe de Bonoua est une nappe libre, elle a un comportement hydrogéologique similaire à la nappe du Continental Terminal à Abidjan.

3.1.1 ETUDE PIÉZOMÉTRIQUE

La campagne de mesure piézométrique effectuée en mars 2015 a permis de dresser la carte piézométrique (figure 3). Elle montre que le sens de l'écoulement des eaux est l'Est-Ouest et Nord-Sud. Notons que les aires d'alimentation de notre nappe sont situées dans la partie Nord à Montézo, Bongo, et Wehou comme l'indique les cartes. Suivant la courbure des lignes de courant nous avons déterminé les grands axes de drainage de notre secteur. L'axe principal est déterminé par la Comoé et les trois autres sont des lignes de partage des eaux. Le débit moyen de la nappe de Bonoua est de 258 722 m³/j.

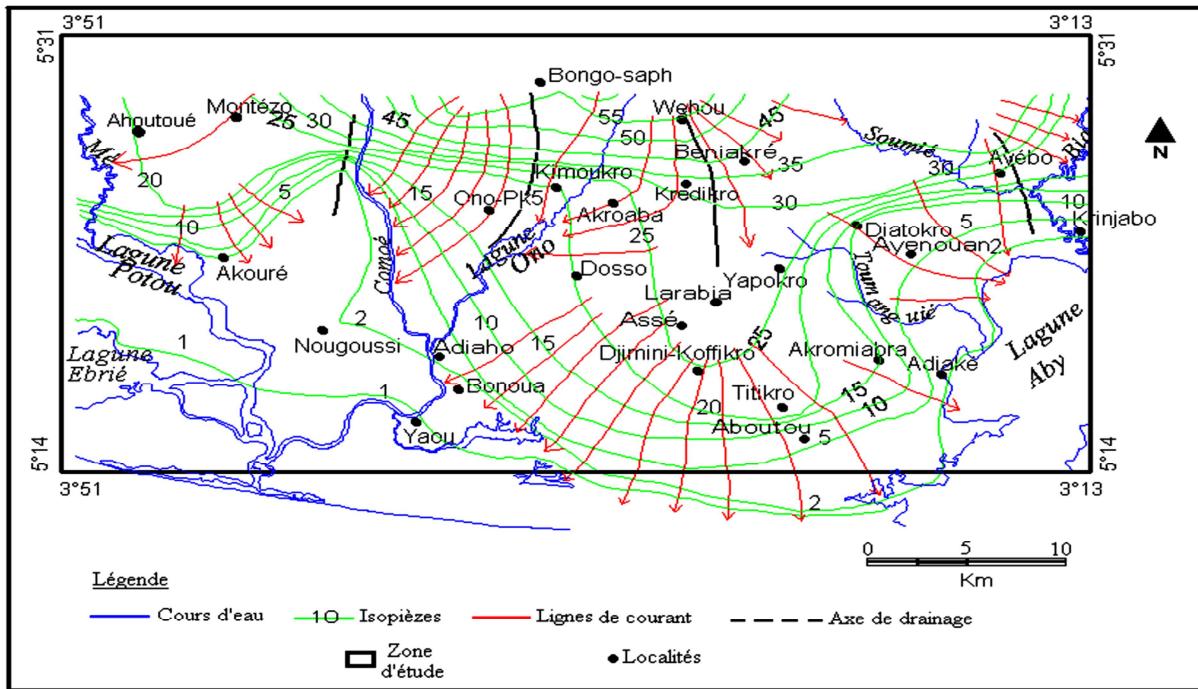


Figure 3 : Carte piézométrique de la nappe de Bonoua

3.2 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES EAUX DE LA NAPPE DE BONOUA DE 1996 A 2001

3.2.1 PARAMÈTRES CHIMIQUES DES EAUX

3.2.1.1 NITRATES (NO₃)

Les taux de nitrates observés de 1996 à 2001 varient de 0 mg/l à (Montézo F2) à 140 mg/L à (Ahoutoué) dans le forage FC, Bonoua forage F1 a enregistré un taux de 22,5mg/L. Ces taux sont inférieurs à la norme OMS qui est de 50 mg/l pour les eaux de consommation dans tous les forages sauf celui d’Ahoutoué qui a enregistré une concentration au-dessus de la norme en 2001 (figure4).

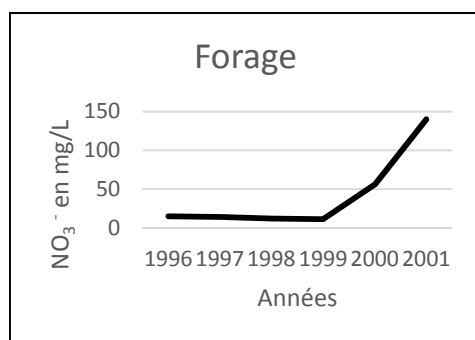


Figure 4 : Evolution du taux de nitrates dans le forage FC à Ahoutoué

3.2.1.2 AMMONIUM (NH₄⁺)

L'OMS fixe à 0,5 mg/L la concentration de NH₄⁺ dans l'eau de consommation. Sur tous les échantillons analysés seuls, le forage FC de Ahoutoué en 2001 a enregistré une concentration dépassant la norme admise (0,6mg/L).

A Bonoua les teneurs varient de 0,021 mg/l à 0,4 mg/L. Cette concentration est passée de 0,05 mg/L en 1996 à 0,15 mg /L en 1999 pour atteindre le stade critique de 0,4mg/L en 2001 (Figure 5).

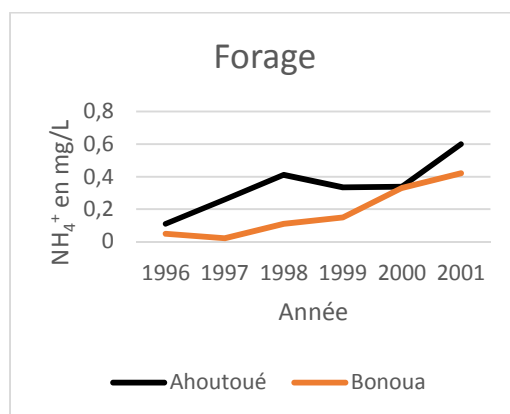


Figure 5: Evolution du taux d'ammonium

3.2.1.3 CHLORURES (Cl⁻)

Les concentrations en Cl⁻ varient de 89,1mg/L dans les localités d'Ahoutoué, Babadougou F1, Akroaba, Wobekro, Djimini-koffikro et Titikro à 152,65 mg/L à Montézo, alors que l'OMS fixe ce taux à 250 mg/L. Pour une intrusion d'eau saumâtre, les taux sont plus grands et sont de l'ordre de plusieurs centaines de mg/L. C'est le cas à Nougoussi dans le forage F1 avec 124,25 mg/L de chlorures dans le forage F2. La proximité de la lagune Ebrié pourrait expliquer ces teneurs [8].

3.3 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX DE LA NAPPE DE BONOUA DE 2014 A 2015

Le tableau 2 présente les résultats récents des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau. Dans l'ensemble, les concentrations en certains éléments ont évoluées de 2001 à 2015. La température des eaux de nappe de Bonoua varie de 27,10° à 29,6°C. Sur les 30 échantillons recensés pour ce paramètre, 84% ont des températures supérieures à 27°C. La température moyenne des eaux de la nappe de Bonoua est de 27,6°C.

L'analyse des échantillons révèle que le pH varie de 4,2 à 8. Le pH moyen est de 5,79 et 25% des eaux analysées ont des pH < 5. Les pH compris entre 5 et 6,88 représentent 63,3% des échantillons.

Dans ces échantillons, les teneurs en NO₃⁻ varient de 38,48 mg/L dans les localités de Bonoua (14/759A) à 150 mg/L à Montézo(15/146A). Elles sont au-dessus des normes fixées par l'OMS (50 mg/l). Les teneurs en ammonium varient de 0mg/L à 2,6mg/L dans la localité d'Ahoutoué (14/392 A).

La teneur en matière organique (MO) des eaux naturelles varie en général de 2 à 10 mg/L. Les eaux de la nappe de Bonoua ont une teneur en matière organique comprise entre 0 et 2,22 mg/L.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux échantillonnées de 2014 à 2015

Code échantillon	pH	T°	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Al	F	MO	Pt
14/001 A	5,08	27,7	1,76	0,00	0,18	2,7	0,10	0,15	0,12	24
14/096 A	5,4	27,8	9,80	0,00	0,10	4,2	0,17	0,12	0,00	30
14/115 A	4,5	27,9	2,08	0,02	0,99	4,8	0,11	0,81	0,55	26
14/166 A	6,3	27,10	8,00	0,01	0,12	3,1	0,11	0,01	0,42	34
14/250 A	4,2	27,11	12,5	0,00	0,22	3,1	0,17	0,13	0,56	21
14/274 A	5,6	27,12	1,90	0,00	0,08	1,7	0,11	0,22	0,55	15
14/392 A	5,9	27,13	8,20	0,00	2,60	105,4	0,05	0,13	2,22	6
14/ 559 A	5,45	27,14	1,72	0,00	0,06	3,5	0,01	0,36	0,53	30
14/696 A	4,7	27,15	2,90	0,00	0,00	4,2	0,05	0,02	0,72	44
14/ 759A	8,5	27,16	38,48	0,01	0,10	8,8	0,39	0,36	0,72	43
14/ 770 A	4,5	27,17	10,20	0,02	0,36	9,7	0,14	0,05	0,49	15
14/ 765 a	4,1	27,18	2,60	0,02	0,04	5,2	0,07	0,14	0,98	14
14/901 A	5,9	27,19	11,50	0,00	0,01	3,2	0,17	0,14	1,49	88
14/940 A	5,0	27,20	2,20	0,00	0,01	3,5	0,08	0,36	00	77
15/050 A	5,7	27,21	11,50	0,00	0,11	3,4	0,17	0,00	0,00	22
15/130 A	5,4	27,22	10,00	0,01	0,14	3,8	0,13	0,07	0,72	16
15/ 146 A	4,0	27,23	150,00	0,01	0,07	165,6	0,27	0,16	0,87	40
15/196 A	4,50	27,24	20,0	0,00	0,56	9,3	0,20	0,18	0,38	31
15/191 A	4,4	27,25	5,20	0,00	0,00	6,7	0,04	0,53	0,36	39
15/206 A	6,8	27,26	2,60	0,01	0,03	13,0	0,65	0,52	1,44	52
15/202 A	6,2	27,27	4,50	0,00	0,01	13,5	0,18	0,71	0,84	25
15/203 A	4,72	27,28	1,62	0	0,03	0,19	2,7	0,16	0,19	76
15/204 A	6	27,29	8,5	0	0,06	3,12	0,1	0,15	0	31
15/205 A	5,3	27,30	16	0,02	0,15	11	0,06	1,37	0,26	47
15/206 A	6,0	27,31	8,4	0,01	0,01	1,17	0,06	55	0,33	48
15/207 A	4,7	27,32	15	0	0,08	4,7	0,18	0,23	0,55	51
15/208 A	5,3	27,33	2,06	0,01	0,08	2,4	0,06	0,02	0,55	31
15/209 A	6,7	27,34	7,6	0,05	0,04	4,7	0,03	0,02	1,33	56
15/230 A	5,40	29,6	5,4	0	0,07	5,5	0,15	0,15	0,2	45
15/231 A	4,5	28,3	9,2	0	0,03	2,1	0,1	0,19	0	39

3.4 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE STATISTIQUE

Le tableau 3 récapitule les paramètres statistiques des variables. Les variables (pH, T°, NO₃⁻, F et Pt) présentent respectivement les valeurs extrêmes les plus importantes et les moyennes les plus élevées de toutes les variables étudiées. Les valeurs propres qui permettent d'apprécier la variance exprimée par chaque facteur et de montrer l'importance du caractère représenté par l'axe factoriel par rapport aux autres sont consignées dans le tableau 4.

Le pourcentage de variances exprimées est de 21% pour le facteur 1 ; 16,04% pour le facteur F2 ; 12,41% pour le facteur 3 et de 11,84% pour le facteur 4. La représentation à l'aide de ces quatre facteurs rend compte de manière satisfaisante, la structure des nuages de points.

Tableau 3. Variables statistiques des variables étudiées

	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
--	----------	---------	---------	---------	------------

pH	30	5,35833	4,00000	8,50000	0,96607
T°	30	27,39333	27,10000	29,60000	0,49441
NO ₃ ⁻	30	7,47733	1,38000	20,00000	5,46761
NO ₂ ⁻	30	0,00667	0,00000	0,05000	0,01093
NH ₄ ⁺	30	0,21133	0,00000	2,60000	0,49324
Cl ⁻	30	5,23867	0,19000	13,50000	3,44251
Al	30	0,22700	0,01000	2,70000	0,48306
F	30	2,08200	0,00000	55,00000	9,99883
MO	30	0,57900	0,00000	2,22000	0,51441
Pt	30	37,20000	6,00000	88,00000	19,40387

Tableau 4 : Valeurs propres et pourcentages exprimés par les axes principaux

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	2,100803	1,604499	1,241290	1,184839
% de Variance exprimée	21,00803	16,04499	12,41290	11,84839
Cumul de valeur propre	2,10080	3,70530	4,94659	6,13143
% de Variance exprimée cumulée	21,0080	37,0530	49,4659	61,3143

3.4.1 ESPACE DES VARIABLES

Le facteur 1 est déterminé par la matière organique (MO), les nitrites (NO₂⁻) et l'ammonium (NH₄⁺). Le facteur F2 est déterminé par le pH et la profondeur totale (Pt). Le facteur F3, déterminé par les nitrates (NO₃⁻). F4 est déterminé par l'aluminium (Al) et le fluor (F) (tableau 5).

Tableau 5 : Variables et axes principaux

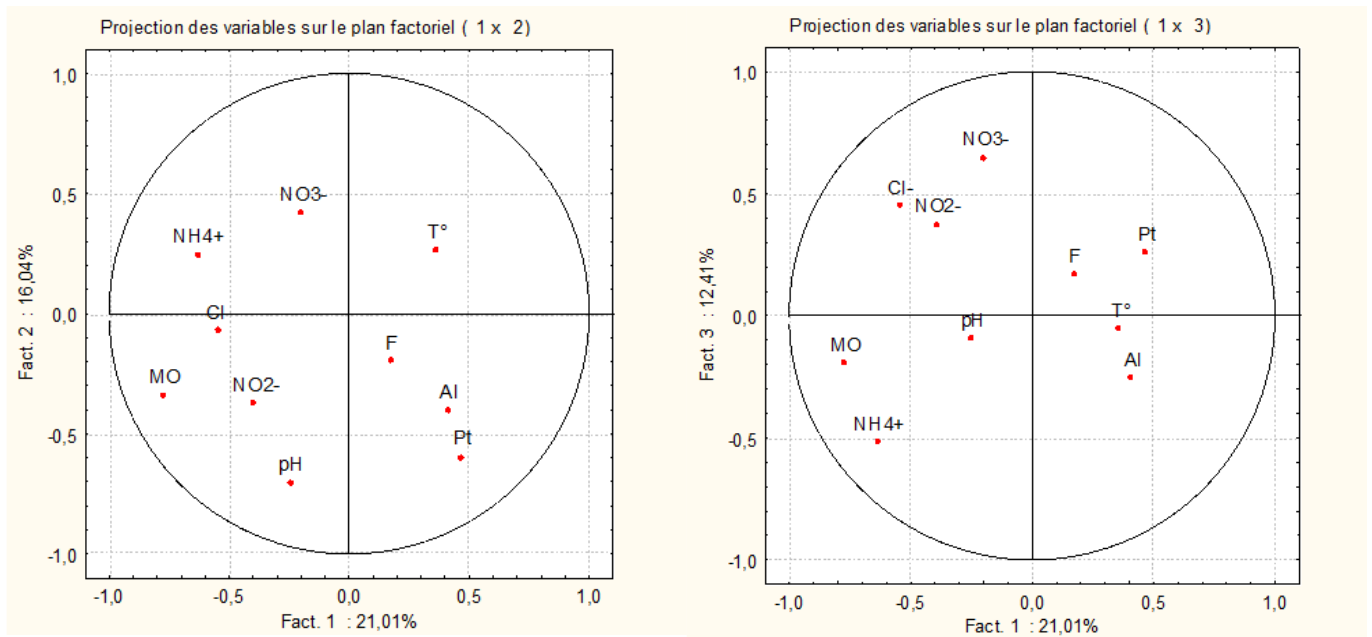
	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3	Fact. 4
pH	-0,247910	-0,699948	-0,090098	0,275221
T°	0,356964	0,266399	-0,048848	0,156586
NO ₃ ⁻	-0,198575	0,421034	0,650613	-0,211792
NO ₂ ⁻	-0,396182	-0,370252	0,378768	0,218551
NH ₄ ⁺	-0,634919	0,250778	-0,512455	-0,032927
Cl ⁻	-0,548844	-0,071575	0,451716	-0,320347
Al	0,408217	-0,399195	-0,250676	-0,569769
F	0,167893	-0,194199	0,172714	0,683296
MO	-0,775276	-0,334374	-0,193262	-0,138332
Pt	0,463998	-0,593599	0,259513	-0,278534

3.4.2 ORIGINE DES IONS DANS LES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE DE BONOUA

3.4.2.1 ANALYSE DES VARIABLES DANS LES PLANS FACTORIELS

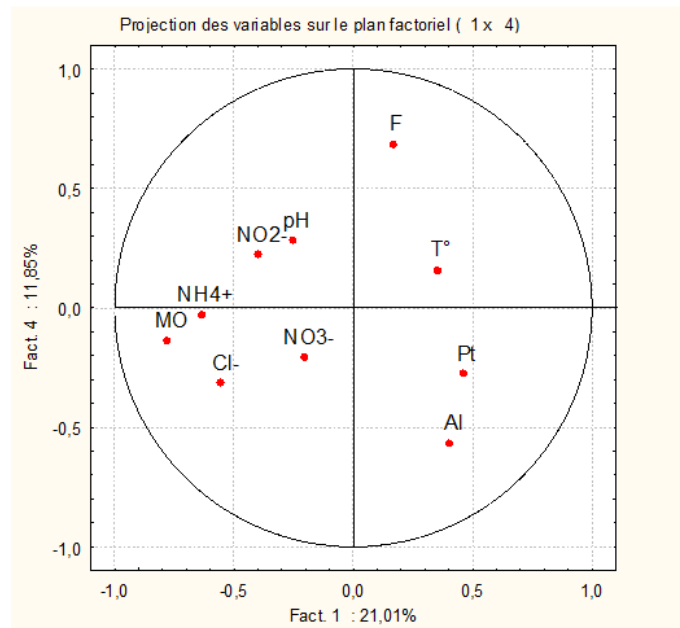
Le plan factoriel (F1-F2) représente à lui seul 37,05% des variances exprimées donc des informations recherchées. L'analyse du cercle de communauté du plan factoriel F1-F2 (figure 6a) montre que Le facteur F1, est commandé dans sa partie négative par les variables NH₄⁺; MO et Cl⁻, la présence de ces composés azotés dans une eau souterraine rend compte des conditions du milieu et leur influence sur les eaux d'infiltration. Ils sont pour la plupart d'origine superficielle et proviennent des engrais azotés ou phosphatés, des pesticides, mais proviennent aussi de la matière organique (protéines animales et végétales, acide urique...). Cette matière azotée est produite à la surface du sol puis entraînée avec les eaux d'infiltration en profondeur. Les eaux de la nappe de Bonoua sont peu profondes (6 à 88 m) ; la présence de ces composés dans les eaux peu profondes, témoigne d'une pollution organique et microbienne. Cette pollution est issue de la dégradation complète ou incomplète de la matière organique par les microorganismes dans les couches superficielles du sol. Ces éléments sont de bons indicateurs des apports superficiels. Ainsi, le facteur F1 renseigne donc l'origine spatiale des ions.

Aussi, la profondeur totale (Pt) évolue de façon proportionnelle avec la variable NO_3^- autour de l'axe F2. Ces deux variables évoluent de façon contraire, cela signifie que la concentration du nitrate (NO_3^-) augmente quand la profondeur totale du forage diminue, Ce facteur indique la minéralisation rapide et facile des eaux souterraines.



a) Espace des variables du plan factoriel F1 – F2

b) Espace des variables du plan factoriel F1 – F3



c) Espace des variables du plan factoriel F1 – F4

Figure 6. Projection dans l'espace des variables des plans factoriels a) F1-F2, b) F1-F3, c) F1-F4) des eaux souterraines de la région de Bonoua

4 DISCUSSION

La campagne de mesure du niveau piézométrique effectuée sur les forages de la région de Bonoua a permis de caractériser les variations du niveau piézométrique dans les différents forages et montrer que l'écoulement des eaux de la nappe se fait dans le sens Nord–Sud et Est-Ouest.

Les eaux de la zone de Bonoua ont subi de manière significative une modification de leur composition chimique depuis 2001. Les analyses in situ réalisées sur les eaux montrent qu'elles sont acides, avec un pH qui varie de 4,2 à 6,88. L'acidité des eaux souterraines constitue un des caractères essentiels des eaux en Côte d'Ivoire et spécifiquement dans le bassin sédimentaire. En effet, selon [9] et [10], l'acidité des eaux en zone tropicale humide est principalement liée à la décomposition de la matière organique végétale, avec la production de CO₂ dans les premières couches du sol.

Les résultats de l'analyse multivariée montrent qu'au niveau de la nappe de Bonoua, la pollution organique constitue un phénomène important dans la minéralisation des eaux. La région étant une zone forestière agricole, les apports dans la minéralisation sont marqués par l'enrichissement des eaux en sels nutritifs. La vulnérabilité de la nappe de Bonoua à la pollution résulte de l'intensification de l'agriculture, qui expose davantage les eaux souterraines.

Le phénomène est particulièrement sensible dans les localités d'Ahoutoué, Kimoukro, Montézo, Bonoua, Ono et Bongo2, où sont implantées les principales plantations agro-industrielles. La pression sur le milieu concourt à une dégradation du couvert forestier au profit des cultures. Celle-ci est estimée entre 997 ha/an et 1884 ha/an de 1986 à 2001. La conversion des espaces forestiers en zones de culture accentue les phénomènes d'érosion. Les pratiques agricoles s'accompagnent généralement d'une dégradation du sol et, par conséquent, la qualité de l'eau.

L'Analyse en Composantes Principales a permis de caractériser deux phénomènes dont un apport d'origine spatiale et une minéralisation rapide et facile des eaux. Ce résultat vient corroborer les études antérieures [11 et 12], qui ont montré que la nappe du bassin sédimentaire ivoirien est influencée par une pollution à dominante organique et chimique. Le phénomène de pollution des eaux souterraines n'est pas observé uniquement au niveau des différentes villes du sud de la Côte d'Ivoire. Elle constitue un réel danger en Afrique en général et dans toutes les grandes villes africaines en particulier. Ainsi, d'importantes teneurs en nitrates, supérieures à la norme OMS ont été mises en évidence dans les eaux souterraines du Nigéria [13].

5 CONCLUSION

La présente étude a été entreprise dans l'objectif de contribuer à une meilleure connaissance qualitative des ressources en eau souterraine de la région de Bonoua. La nappe de Bonoua est libre. L'analyse temporelle des différents paramètres chimiques indicateurs de pollution tels que les NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, et NH₄⁺, indique qu'il n'y a pas de concentrations alarmantes ayant atteint les eaux de la nappe bien que les teneurs aient augmentées dans le temps. Il faut noter que les forages d'Ahoutoué, Montézo et souvent Bonoua F1, ont des concentrations en nitrates et ammonium dépassant les normes de l'OMS.

L'analyse en composantes principales a permis de constater que la minéralisation des eaux souterraines de la nappe de Bonoua est liée à l'apport superficiel d'ions d'origine organique. Les différentes teneurs en ions ont permis de noter que la pollution ne s'est pas encore manifestée à grande échelle dans la région. Cependant le développement de l'agriculture avec l'utilisation d'engrais d'origine chimique pourrait la rendre très vulnérable et l'exposer à une pollution beaucoup plus importante.

RÉFÉRENCES

- [1] Ake GE. 2010. Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, p.200.
- [2] Jourda JP, Kouame KJ, Adja MG, Deh SK, Anani AT, Effini AT, Biemi J. 2007. Evaluation du degré de protection des eaux souterraines : vulnérabilité à la pollution de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) par la méthode DRASTIC. Actes de la Conférence Francophone. SIG 2007/ 10 au 11 Octobre 2007.
- [3] Ake GE, Dongo K, Kouadio BH, Dibi B, Saley MB, Biemi J. 2009. Contribution des méthodes de vulnérabilité intrinsèque DRASTIC et GOD à l'étude de la pollution par les nitrates dans la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 31(1): 157-171.
- [4] Anoh KA. 2009. Évaluation de la vulnérabilité spécifique aux intrants agricoles des eaux souterraines de la région de Bonoua. Mémoire de DEA, Université de Cocody, Cocody, p.68.
- [5] Effini AT. 2007. Évaluation de la qualité chimique et bactériologique de la nappe de Bonoua et contribution à la protection de la nappe. Mémoire de DEA, Université de Cocody, Cocody, p.73.

- [6] Delor C., Diaby I., Simeon Y., Yao B., Tastet J-P., Vidal M., Chiron J-C. et Dommanget A.): Notice explicative de la Carte Géologique de la Côte d'Ivoire au 1/200 000. Feuille de Grand-Bassam, *Mémoire de la Géologie de Côte d'Ivoire*, n°4, Abidjan, Côte d'Ivoire, (1992) 30 p.
- [7] Ake GE, Dongo K, Kouadio BH, Dibi B, Saley MB, Biemi J. Contribution des méthodes de vulnérabilité intrinsèque DRASTIC et GOD à l'étude de la pollution par les nitrates dans la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, (2009) : p 157-171.
- [8] Tapsoba S. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire) : Hydrochimie, Isotopie et Indice cationique de vieillissement des eaux souterraines. *Thèse de Doctorat.3e cycle, Université de Cocody*, (1995): 201 p.
- [9] Martin JM, Meybeck M.. Elemental mass-balance of material carried by world major rivers. *Mar. Chemistry*,(1979) : 173-206.
- [10] Ahoussi K. E. Distribution des composés minéraux : Nitrates, Sulfates, Ammonium et Aluminium dans les eaux de la nappe d'Abidjan. Étendue de la contamination des eaux souterraines. Mémoire du Diplôme d'Étude Approfondies (DEA) des Sciences de la Terre option Hydrogéologie, Université de Cocody, (2003). 69p.
- [11] Kouame KJ. 2007. Contribution a la gestion intégrée des ressources en eaux (GIRE) du District d'Abidjan (Sud de la Cote d'Ivoire) : Outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody- Abidjan, p. 226.
- [12] Yao KM, Métongo BS, Trokourey A, Bokra Y. Détermination de certains paramètres de pollution dans les baies d'une lagune tropicale: la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan*,(2007). p 1-10.
- [13] Adalam S. M. A Nitrates pollution of groundwater in Nigeria. Groundwater pollution in Africa, Editors Yongxin Xu and Brent Usher, Taylor & Francis/Balkema, Great-Britain, (2006). pp. 37-45

TYPE DE FAMILLE, QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS ET ENGAGEMENT SCOLAIRE CHEZ LES ELEVES AU TOGO

[FAMILY TYPE, QUALITY OF PARENT-CHILDREN RELATIONSHIP AND SCHOOL ENGAGEMENT AMONG PUPILS IN TOGO]

Boussanlègue Tchable

Université de Kara, BP 43 Kara, Togo

Copyright © 2016 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 aims to show the links between family type and quality of the parent-children relationship the one hand, and school engagement and the quality of this relationship among college pupils in Togo the other hand. An inquiry was conducted among a sample of 329 pupils of form four. The results obtained show that students in two-parent families enjoy a peaceful relationship, while those of the single parent or blended families live a conflictual relationship. Students from single-parent or blended families have a disengagement whereas those from two-parent families have a high engagement.

KEYWORDS: Type of family, Relationship, School Engagement, Disengagement.

RÉSUMÉ: Cette étude vise à montrer les liens qui existent entre le type de famille et la qualité de la relation parents-enfants, d'une part, et l'engagement scolaire et la qualité de cette relation chez les élèves du collège au Togo, d'autre part. Une enquête a été menée auprès d'un échantillon de 329 élèves de la classe de 3^e. Les résultats obtenus révèlent que les élèves des familles biparentales bénéficient d'une relation apaisée, alors que ceux des familles monoparentales ou reconstituées vivent une relation conflictuelle. Les élèves issus des familles monoparentales ou reconstituées présentent un désengagement tandis que ceux issus des familles biparentales ont un engagement élevé.

MOTS-CLEFS: Type de famille, Relation, Engagement scolaire, Désengagement.

1 INTRODUCTION

Bien que la famille soit perçue comme première ressource vouée au développement de l'enfant, elle ne semble plus être le seul lieu privilégié de l'éducation, car l'évolution du monde actuel et ses exigences font de l'école un point incontournable dans la vie de tout enfant. A cet effet, la collaboration entre l'école et la famille est reconnue comme importante pour la réussite scolaire de tous les élèves. Cette collaboration augmente l'efficacité des services éducatifs offerts à l'école et constitue une variable critique pour venir en aide aux élèves qui éprouvent des difficultés. Ainsi, face aux problèmes que connaissent le système éducatif en général et celui du Togo en particulier, on ne cesse de penser à l'influence du milieu, au rôle des parents et à celui de l'école sur le travail scolaire des élèves. Les études mettant en lien le type de famille, la qualité de la relation parents-enfants et l'engagement scolaire chez les élèves n'existent pas encore au Togo. L'engagement scolaire peut cependant varier en intensité ainsi qu'en durée dans la mesure où il peut être vécu à court terme et suivant des situations spécifiques vécues par les élèves, de même qu'il peut se manifester à long terme et être empreint d'une certaine stabilité (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004).

Aucune définition de l'engagement scolaire ne fait toutefois consensus dans la communauté scientifique quoique les chercheurs découpent habituellement cette notion selon trois ou quatre dimensions. Christenson et al. (2001), par exemple, segmentent l'engagement scolaire selon quatre dimensions : l'adhésion à l'école, l'identification, l'appartenance et la participation. La première dimension, l'adhésion à l'école, renvoie aux liens sociaux, à l'attachement des jeunes à l'égard du personnel ou à l'engagement des adolescents dans les activités scolaires ainsi qu'au respect des normes établies. Ce sont les relations réciproques entre les jeunes et les adultes de l'école qui sont ici considérés au premier plan. La deuxième dimension, l'identification, réfère à un état émotionnel ou psychologique selon lequel un sens d'engagement et d'affiliation se développe à l'égard de l'institution. Le sentiment d'appartenance du jeune envers la salle de classe constitue la troisième dimension. Pour ces chercheurs, l'élève doit se sentir accepté, valorisé, inclus et encouragé par les autres (les enseignants et les pairs) et doit aussi sentir qu'il occupe une place importante au sein des activités de la classe. Finalement, la participation, quatrième dimension considérée, évoque quant à elle les comportements associés à l'implication du jeune dans les activités scolaires.

Mais, une des définitions de l'engagement scolaire les plus admises fractionne justement ce concept selon trois dimensions : l'engagement cognitif, l'engagement affectif et l'engagement comportemental. La dimension cognitive est associée à l'investissement cognitif dans les apprentissages (Archambault, 2006), au dossier scolaire (Janosz et al., 2008) et aux efforts intellectuels consentis pour comprendre les idées complexes et maîtriser les problèmes difficiles (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004; Finlay, 2006). La dimension affective concerne les sentiments suscités par l'école, lesquels s'expriment par les attitudes et les intérêts tout au long de la scolarisation des jeunes (Archambault, 2006). L'intégration sociale au sein de l'école fait pour sa part référence au sentiment de rejet ou encore à la qualité de la relation élève-enseignant (Janosz et al., 2008). Selon une perspective plus globalisante, cette dimension peut également inclure les sentiments positifs ou négatifs éprouvés à l'égard des enseignants, de la salle de classe, de l'école et du monde de l'éducation en général (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004; Finlay, 2006). Enfin, la dimension comportementale réfère aux actions qui favorisent les apprentissages et qui sont observables dans l'environnement scolaire. Seule cette dernière : « [...] *semble agir comme un facteur prédictif de l'abandon scolaire* » (Archambault, 2006, p.109).

Malgré que ces trois dimensions traitent respectivement de différents éléments de l'engagement scolaire, il est important de mentionner que les composantes interagissent ensemble et forment un processus dynamique (Fredricks et al., 2004). Ainsi, le degré d'engagement d'un élève envers sa scolarité ne résulte pas de «l'addition» des trois sphères, mais est plutôt tributaire de l'interaction entre celles-ci. Les recherches montrent aussi que l'engagement scolaire fait partie d'un long processus qui se développe graduellement (Christenson, 2010; Fredricks et al., 2004, Gruman et al., 2008; Perdue et al., 2009; Potvin et al., 2004) et qui prendrait même racine dès la petite enfance (Finn, 1993; Fredricks et al., 2004; Gruman et al., 2008, Perdue et al., 2009). Finalement, la littérature montre que l'engagement scolaire est malléable; il peut donc évoluer positivement ou négativement avec le temps, chez un même individu (Archambault, 2009; Christenson, 2010; Fredricks et al., 2004; Perdue et al., 2009). Cette malléabilité est encourageante et primordiale pour les chercheurs et cliniciens, puisqu'elle leur indique qu'il est possible de modifier la trajectoire de désengagement scolaire des élèves.

Des recherches montrent que divers facteurs augmentent la probabilité de désengagement scolaire chez les élèves. Ces facteurs peuvent être regroupés en quatre catégories, soit les facteurs individuels, familiaux, relatifs aux pairs et à l'école. Dans cette étude, nous nous intéressons aux écrits relatifs aux facteurs de risque familiaux.

En effet, en ce qui a trait aux facteurs relatifs à la famille, les études sont unanimes quant à l'influence des caractéristiques des parents et de la structure familiale sur l'engagement scolaire de l'enfant. Le manque d'engagement pour les tâches proposées à l'école peut être influencé, selon Viau (1994) par une foule de facteurs liés à l'environnement de l'élève, soit des facteurs relatifs à la famille, à la société, à l'école ; à la classe et à l'apprenant. Pour l'auteur, la famille correspond à l'élément qui a le plus d'impact sur l'élève en plus de l'école.

Ainsi, l'absence de soutien personnel et scolaire des parents est certainement un des facteurs, les plus relatés dans la littérature (Gagnon et al., 2010; Li et al. 2010; Marcotte et al. 2001; Perdue et al., 2009). De plus, les parents qui valorisent peu l'école (Gagnon et al., 2010; Lévesque & Janosz, 2008;), qui ont de faibles aspirations scolaires pour leur enfant (Gagnon et al., 2010; Schmidt & Tessier, 2003) et qui ont eux-mêmes un faible niveau de scolarité, ont davantage de risque de voir leur enfant se désengager sur le plan scolaire. En effet, les écrits indiquent que les jeunes dont les parents (principalement la mère) n'ont pas obtenu de diplôme d'études secondaires sont plus susceptibles d'être désengagés et éventuellement de décrocher (Deslandes & Bertrand, 2004; Gagnon et al., 2010; Schmidt & Tessier, 2003; Vitaro et al., 2001). La littérature illustre aussi qu'un système d'encadrement déficient augmente le risque de désengagement chez les enfants. Par exemple, l'absence de supervision par les parents, un style parental permissif

et des règlements non définis ou ambigus contribuent à l'exacerbation du problème (Perdue et al., 2009;). Une communication déficiente avec l'école ainsi que des divergences entre la famille et l'école au niveau des croyances et attentes peut aussi nuire à l'engagement scolaire de l'enfant (Deslandes & Bertrand, 2004).

Pour leur part, Dandy et Nettelbeck (2000) ont établi que les attitudes et les attentes des parents à l'égard de leurs enfants influencent sur l'engagement scolaire de ces derniers. Sanders et al. (2001) ont rapporté que la relation avec la mère était un facteur prédictif des aspirations scolaires. Ainsi, les adolescents qui ont déclaré un niveau d'intimité plus élevé avec leurs parents avaient plus d'intérêt pour l'école, un constat également confirmé par les travaux Field et al. (1995). Selon, Sanders et al. (2001), le temps que chaque parent consacre à son enfant pourrait expliquer comment ses aspirations scolaires sont influencées par la qualité de la relation avec la mère. Le type de famille influence aussi le parcours scolaire de l'élève. Il est démontré que provenir d'une famille monoparentale ou reconstituée constitue un facteur de risque du désengagement scolaire (Schmidt & Tessier, 2003). Dans toutes ces situations, les parents semblent moins s'investir dans le processus scolaire de leur enfant, ce qui affecte négativement l'engagement de ce dernier (Rumberger et al., 1990). Enfin, l'absence de modèle parentaux durant l'enfance et l'influence de la fratrie sont également associés à la problématique. Plus précisément, avoir un frère ou une sœur qui a décroché est un facteur de risque du désengagement scolaire (Schmidt & Tessier, 2003).

Finalement, le fait de vivre des événements familiaux stressants est également un facteur réduisant le taux de participation de l'élève en classe, soit l'engagement comportemental (Gruman et al., 2008). Évidemment, tel que mentionné précédemment, le faible statut socio-économique des parents influence négativement le niveau d'investissement de l'enfant à l'école (Christenson, 2010 ; Perdue et al., 2009).

Suite à l'analyse ces quelques travaux, il ressort que la famille influence l'engagement scolaire des élèves. Mais, il paraît dès lors plausible que l'engagement scolaire n'a pas encore été étudié en rapport avec le type de famille et la qualité de la relation parents-enfants d'où l'importance de cette étude. L'absence de recherches conciliant les trois facteurs a suscité notre curiosité surtout dans le cadre du Togo car, les multiples difficultés auxquelles est confronté le premier cycle du secondaire du système éducatif togolais trouveraient une solution si, en amont, les dispositions sont prises pour une meilleure adaptation scolaire des élèves. La prise en compte simultanée du type de famille et de la relation parents-enfants est fondamentale pour mieux appréhender le phénomène de l'engagement scolaire. Car, il nous paraît évident que la persistance du problème de baisse de rendement scolaire est liée en partie au fait que les chercheurs ne sont pas encore investis à l'étudier en conciliant les trois variables à savoir le type de famille, la qualité de la relation parents-enfants et l'engagement scolaire des élèves.

De tout ce qui précède, nous nous demandons s'il n'existe pas des liens entre, d'une part, le type de famille et la qualité de la relation parents-enfants et, d'autre part, entre la qualité de la relation parents-enfants et l'engagement scolaire ? Plus spécifiquement, la qualité de la relation parents-enfants ne dépend-elle pas du type de famille ? La qualité de la relation parents-enfants n'influence-t-elle pas l'engagement scolaire des élèves ?

La présente étude vise donc à analyser les liens qui existent entre le type de famille et la qualité de la relation parents-enfants, d'une part, et l'engagement scolaire et la qualité de cette relation chez les élèves du collège, d'autre. Nous partons de l'hypothèse principale selon laquelle il existe une relation entre type de famille, qualité de la relation parents-enfants et entre engagement scolaire et qualité de la relation parents-enfants chez les élèves. En d'autres termes, nous postulons que :

- les élèves issus des familles biparentales bénéficient d'une relation apaisée alors que ceux venant des familles monoparentales ou reconstituées vivent une relation conflictuelle ;
- les élèves présentant un faible engagement scolaire jouissent d'une relation conflictuelle alors que ceux qui ont un engagement scolaire élevé bénéficient d'une relation apaisée.

Les résultats du présent travail seront interprétés à la lumière de plusieurs approches théoriques. Il s'agit, entre autres, des théories psychologiques portant sur le rôle des parents dans le développement psychoaffectif de l'enfant (Spitz, 1968 ; Bourcois, Bregonnier-Dupuy & Le Camus, 1995) et du modèle théorique de Tinto (1975) et celui de Rumberger et Larson (1998) sur l'engagement scolaire des élèves.

En effet, le modèle théorique de Spitz permet de comprendre l'importance de la mère dans le développement affectif de l'enfant. Ses travaux ont montré aussi le rôle que joue la mère aujourd'hui dans le développement cognitif de l'enfant. Etant donné que l'environnement émotionnel et éducatif détermine le développement affectif, on peut, dans ces conditions, supposer que le développement de l'enfant dans certains milieux peut être perturbé. Bourcois, Bregonnier-Dupuy et Le Camus (1995), pour leur part, ont défini trois composantes de la fonction paternelle : stimulation, séparation, subjectivation.

Ils ont aussi identifié le syndrome de la carence d'autorité liée à l'absence du père. Ce syndrome est caractérisé par trois éléments majeurs : faiblesse du Moi, organisation capricieuse et sentiment d'insécurité.

A ce jour, on trouve peu de théories portant directement sur l'engagement scolaire dans la littérature. Par contre, de nombreux auteurs se sont intéressés au décrochage scolaire en émettant des hypothèses quant au rôle de l'engagement dans la trajectoire de décrochage scolaire. Ainsi, Tinto (1975) s'intéresse autant aux caractéristiques de l'individu qu'à celles de l'école et reconnaît aussi l'influence de facteurs externes dans le processus de décrochage scolaire. Selon ce modèle, l'interaction entre les facteurs favorise l'engagement du jeune par rapport à ses buts ainsi que par rapport à l'institution. De ces deux niveaux d'engagement, qui peuvent être similaires ou totalement divergents, découle l'intégration sociale et académique de l'élève (Tinto, 1975). Le modèle théorique Rumberger et Larson (1998) suggère que le décrochage scolaire est le résultat de l'influence et des interactions entre l'enfant, la famille, l'école et la communauté. En fait, la qualité de ces interactions détermine en grande partie l'engagement social et académique du jeune et, par le fait même, son niveau de stabilité à l'école. Pour les deux auteurs, une grande instabilité est fortement associée à un niveau d'engagement faible.

2 MÉTHODES

2.1 PARTICIPANTS

Trois cent vingt-neuf élèves volontaires et consentants de la classe de troisième du premier cycle du secondaire du CEG Adidogomé et du Lycée d'Enseignement Général d'Adidogomé de Lomé ont constitué notre échantillon d'étude dont 165 filles et 164 garçons. Deux cent soixante-treize élèves ont un âge compris entre 13 et 17 ans alors que 56 élèves sont âgés de plus de 18 ans.

2.2 PROCEDURES DE COLLECTE ET D'ANALYSE DES DONNEES

La qualité de la relation parents-enfants et l'engagement de l'élève sont évalués respectivement par l'échelle de négligence affective et le Student Report of Engagement Questionnaire-SREQ (Wellborn & Connell, 1991).

L'échelle de négligence affective est une adaptation de l'échelle des soins tirée du Parental Bonding Instrument (Parker, 1983) réalisée par Toussignant, Hamel et Bastien (1988) et adaptée à notre échantillon. L'enfant doit qualifier l'attitude du parent ou de l'adulte responsable (tuteur ou substitut) à l'aide des quatre choix suivants sur l'échelle de Likert : très souvent, souvent, quelquefois et presque jamais. Conformément à l'échelle de Likert, le choix de « très souvent » équivaut à 4 points, « souvent » (3 points), « quelquefois » (2 points) et « presque jamais » (1 point). Le score total est calculé par la sommation des réponses (score maximal de 36) ; plus le score est élevé (au-delà de la moyenne qui est de 18), plus il y a négligence. Les qualités métrologiques de cette échelle ont été vérifiées sur l'échantillon en particulier la fidélité, la sensibilité. En ce qui concerne la fidélité, la consistance interne est révélée par l'Alpha de Cronbach = .61. Cette valeur est relativement acceptable au regard du nombre réduit d'items (9 items). Quant à la sensibilité, on observe une distribution normale des sujets de l'échantillon avec une moyenne égale à 25.25 et 4.55 comme valeur de l'écart-type.

Le Student Report of Engagement Questionnaire-SREQ est un questionnaire qui mesure l'engagement de l'élève selon deux dimensions : l'engagement comportemental et l'engagement émotionnel. La version anglaise de cet instrument comprend 65 items. Pour chacun des items, le répondant indique jusqu'à quel point l'énoncé correspond à son engagement en classe selon quatre choix de réponses allant de « tout à fait vrai » à « tout à fait faux ». De façon plus précise, l'engagement comportemental mesure l'effort, l'attention et la persévérance de l'élève devant l'initiation et l'exécution des activités scolaires. Cette sous-échelle comprend 29 items. L'engagement émotionnel évalue quatre réactions émotionnelles vécues en classe comme l'intérêt, le bonheur, l'anxiété et la colère. Cependant, dans le cadre de cette étude seul le score global de l'engagement est utilisé.

Nous avons également vérifié les qualités métrologiques (fidélité et sensibilité) de cette échelle sur l'échantillon. Pour la fidélité, la consistance interne est révélée par l'Alpha de Cronbach = .51, valeur acceptable vu le nombre élevé des items (65). Au niveau de la sensibilité, on observe une distribution normale des individus de l'échantillon (avec une moyenne = 135.89 et un écart-type = 8.64).

Le SPSS version 20 a permis de faire le traitement des données et les analyses de variance (ANOVA) et le t de student sont les tests statistiques qui ont été utilisés.

3 RÉSULTATS

3.1 LE TYPE DE FAMILLE

Tableau 1 : Répartition des sujets selon le type de famille

Type de famille	Fréquences	Pourcentages
Monoparental	84	25.5
Biparentale	158	48.2
Reconstituée	18	05.4
Adoptive	69	20.9
Total	329	100

Selon les données de ce tableau, la majorité des élèves enquêtés (48.7%) sont issus de familles biparentales tandis que 25.5% des élèves viennent de familles monoparentales. Les enfants de familles reconstituée et adoptive représentent respectivement 20.9% et 05.4%.

3.2 LA QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS

Tableau 2 : Répartition des sujets en fonction de la qualité de la relation parents-enfants

Qualité de la relation	Fréquences	Pourcentages
Apaisée	156	47.4
Conflictuelle	173	52.6
Total	329	100

Il ressort des données de ce tableau que la majorité des enquêtés (52.6%) vivent dans les familles où il règne une atmosphère de conflits entre les parents alors que dans les familles de 47.4% de sujets il s'agit d'un climat apaisé.

3.3 LIEN ENTRE TYPE DE FAMILLE ET QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS

Tableau 3 : Comparaison des moyennes de la qualité de relation parents-enfants en fonction du type de famille

Type de famille	N	Moyenne	Ecart-type
Monoparentale	84	25.80	3.75
Biparentale	157	25.80	4.56
Reconstituée	18	25.44	5.07
Adoptive	68	23.27	4.84
	F= 05.68	ddl= 3	P= 0.001

D'après ce tableau, les élèves issus de familles biparentale et monoparentale ont le même score moyen (25.80) supérieur à ceux des élèves de familles reconstituée (25.44) et adoptive (23.27). Statistiquement, la différence est très significative au seuil $p < .001$ au test t de student. Il existe une relation entre type de famille et qualité de la relation parents-enfants. La qualité de la relation parents-enfants est donc fonction du type de famille.

3.4 LIEN ENTRE QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS SEXE DES ENQUETES

Tableau 4 : Comparaison des moyennes de la qualité de la relation parents-enfants en fonction du sexe

Sexe	N	Moyenne	Ecart-type
Masculin	164	25.75	4.64
Féminin	163	24.75	4.41
	t= 2.00	N= 329	P= 0.04

D'après les données de ce tableau, la qualité de la relation des parents envers les garçons est meilleure que chez les filles. En effet, le score moyen de la qualité de la relation chez les garçons est relativement plus élevé. Le t de student révèle une différence significative au seuil de significativité $p=0.04$. Il y a un lien entre le sexe et la qualité de la relation parents-enfants et on peut donc affirmer que la qualité de la relation parents-enfants dépend du sexe de l'élève.

3.5 ENGAGEMENT SCOLAIRE DES ÉLÈVES

Tableau 5 : Répartition des sujets en fonction de leur niveau d'engagement scolaire

Engagement scolaire	Effectifs	Pourcentages
Engagement faible	178	54.1
Engagement élevé	151	45.9
Total	329	100

Les données de ce tableau révèlent que la proportion des élèves dont l'engagement est faible est plus élevée (54.1%) contre 45.1% des élèves qui ont un engagement élevé. La majorité des enquêtés présentent donc un faible engagement.

3.6 ENGAGEMENT SCOLAIRE ET QUALITE DE LA RELATION

Tableau 6 : Comparaison des moyennes de l'engagement scolaire en fonction de la qualité de relation parents-enfants

Qualité de la relation parents-enfant	Apaisée (n=156)		Conflictuelle (n=172)		t	P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type		
Engagement	134.82	8.65	135.32	8.64	.52	.60
t= 0.52	N= 329	DNS	P=.60			

Suivant les données de ce tableau, le score moyen de l'engagement scolaire est de 135.52 chez les enfants vivant une relation conflictuelle en famille avec un écart-type de 8.64. Par contre, ce score moyen est de 134.82 avec un écart-type de 8.65 pour les élèves issus de familles où la relation parents-enfants est apaisée. La différence est cependant non significative du point de vue statistique ($t= 0.52$; $p= .60$). Il n'y a pas de lien entre l'engagement scolaire et la qualité de la relation parents-enfants. L'engagement scolaire des enquêtés ne dépend donc pas de la qualité de leur relation avec les parents.

4 DISCUSSIONS

L'objectif de cette étude, rappelons-le, est de montrer les liens entre le type de famille, la qualité de la relation parents-enfants, d'une part, et l'engagement scolaire et cette relation, d'une part, chez les élèves.

4.1 TYPE DE FAMILLE ET QUALITE DE RELATION PARENTS-ENFANTS

Il ressort du tableau 1 que les familles biparentale et monoparentale sont les familles les plus représentées dans l'échantillon d'étude. Les relations conflictuelles prédominent entre parents et enfants (tableau 2). Par ailleurs, la relation entre type de famille et qualité de la relation parents-enfants est statistiquement significative. Les élèves issus des familles biparentales bénéficient d'une relation apaisée alors que ceux issus des familles monoparentales, adoptives ou reconstituées vivent une relation conflictuelle (tableau 3). Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Schmidt et Tessier (2003).

En effet, comme tout groupe, la famille est régie par un ensemble de normes plus ou moins explicites, nécessaires à son équilibre et auxquelles les membres doivent se conformer. Très souvent, la famille monoparentale est une famille à problèmes. La famille recomposée ou adoptive aussi n'épargne pas pour autant ses membres des controverses et des rivalités fraternelles. Au contraire, elle prédispose aux situations angoissantes et désavantageuses que rencontrent ses membres.

L'enfant, dès les premières périodes de sa conception, a besoin de ses deux parents pour faire ses premiers pas dans la vie et construire une personnalité propre. En effet, dans un foyer où les parents se disputent de façon quotidienne et

souvent à cause de l'enfant, dans un foyer où en plus de l'absence d'opportunités récréatives, l'enfant est maltraité, injurié à chaque occasion de communication avec les parents, celui-ci peut être en proie à un manque d'assurance, à l'anxiété, à la colère. Cette atmosphère d'hostilité, d'insécurité et d'insatisfaction, peut le fragiliser et rendre la cohabitation difficile. Son image de soi peut en souffrir ainsi que son identité personnelle négativement affectée. De plus, le divorce constitue une source d'angoisse insurmontable chez les l'enfant. L'enfant dont le Moi est en construction a pour fondement le Moi du couple parental ou de la famille unie. Quand les deux parents se séparent, l'enfant se sent morcelé et écartelé entre les deux parents séparés. Son Moi tend à se diviser comme celui du couple. L'enfant sent les bases de son édifice s'effondrer, s'écrouler et lui-même se précipiter dans le vide. Bergonnier-Dupuy, Bourcois et Le Camus (1995) pensent que l'absence du père perturbe davantage le développement des garçons parce que ces derniers ne disposent plus du modèle parental de leur propre sexe. Il ressort de ce qui précède que les foyers monoparentaux ne constituent pas un cadre idéal pour l'épanouissement d'un enfant. Pour se développer harmonieusement, l'enfant a besoin d'un climat chaleureux, d'une atmosphère protectrice et rassurante et d'un foyer où il peut se sentir à l'abri.

A travers le modèle théorique de Spitz (1968), nous pouvons comprendre l'importance de la mère dans le développement affectif de l'enfant. Tel est le cas des enfants qui, issus de certaines familles polygames, ne bénéficient pas de l'éducation du père, très souvent absent. Tous ces facteurs peuvent expliquer que dans la famille polygame, les mères consacrent très peu de temps et d'attention à leurs enfants. Etant donné que l'environnement émotionnel et éducatif détermine le développement affectif, on peut dans ces conditions supposer que le développement de l'enfant de ce milieu peut être perturbé.

Selon Spitz, toutes les relations ultérieures ayant une qualité d'objet telles que la relation d'amour, la relation hypnotique, la relation du groupe avec son chef, et en définitive toutes les relations interpersonnelles, prennent leurs sources dans la relation mère-enfant. C'est à travers cette relation que la canalisation des pulsions qui ont fusionné sur l'objet libidinal s'effectue et que le patron de toutes les relations humaines se constitue.

La qualité de la relation parents-enfants joue un rôle très important dans le développement de l'enfant. Cela s'explique par le fait que les parents peuvent eux-mêmes avoir été l'objet d'un manque d'attention de la part de leurs parents et ne font que reproduire cette carence envers leurs enfants. Ils expliquent encore cette négligence des parents par le fait qu'eux-mêmes ont été perturbés par des événements de vie traumatisants, ce qui fait que bien que connaissant les bonnes manières en matière d'éducation, ils ne la pratiquent.

Selon les théories psychologiques de Bourcois, Bergonnier-Dupuy et Le Camus (1995), il y a trois composantes de la fonction paternelle : stimulation, séparation, subjectivation. Ainsi, Sutter et Luccioni (cités par Bergonnier-Dupuy et Le Camus, 1995) ont identifié le syndrome de la carence d'autorité liée à l'absence du père. Ce syndrome était caractérisé par trois éléments majeurs : faible du Moi, organisation capricieuse et sentiment d'insécurité. Les parents qui utilisent un style d'éducation démocratique font usage judicieusement et avec souplesse de l'autorité et du pouvoir qu'ils détiennent sur l'enfant. Ce dernier coopère davantage et est plus réceptif à l'influence d'un parent sensible, ce qui simplifie le processus d'éducation.

Les résultats de l'étude clarifient la relation de dépendance entre le sexe, la qualité de la relation parents-enfants (tableau 4). En effet, significativement, la relation conflictuelle est plus marquée chez les garçons que les filles qui connaissent davantage une relation apaisée avec les parents. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Tchable (2013), de Deslandes et Cloutier (2005) qui avaient trouvé que les filles bénéficiaient des pratiques éducatives plus souples. Les parents semblent être plus rigides avec les garçons qu'avec les filles. Très souvent pour des raisons comme les filles appartiennent à d'autres familles après leur mariage, seuls les garçons vont pas faire pérenniser le nom de la famille, les parents sont moins durs avec les filles dans leur éducation plus que les garçons.

4.2 ENGAGEMENT SCOLAIRE ET QUALITE DE LA RELATION PARENTS-ENFANTS

Au regard du tableau 5, on remarque que la proportion des élèves dont l'engagement est faible est plus élevée que les sujets engagés. Ces résultats révèlent l'implication parentale pour la réussite des élèves et pour le développement d'attitudes positives à l'égard de l'école. La présence d'une relation chaleureuse et de confiance avec le parent est notamment liée à moins d'absentéisme, de décrochage et de comportements délinquants à l'adolescence. Ensuite, chez les élèves issus d'un milieu de vie défavorisé, les aspirations de leurs parents envers leur réussite scolaire sont ressorties comme un facteur de protecteur contre l'échec scolaire de ces enfants. Les élèves dont les parents ont pour eux des aspirations élevées et réalistes réussissent mieux à l'école. La compétence des parents ainsi que l'intérêt pour l'école seraient des facteurs déterminants quant au succès scolaire. Un lien significatif est démontré entre la participation des parents à la vie scolaire et les résultats académiques de l'enfant. De plus, le soutien des amis et de la fratrie se révèle être un facteur de

protection d'un impact négatif qui pourrait résulter des difficultés familiales sur la réussite scolaire. Plus précisément, des écrits relèvent que les amitiés peuvent aider les jeunes à faire face à des facteurs de stress familiaux tels qu'une séparation et un divorce.

Le résultat obtenu à travers le tableau 6 est non significatif, donc l'engagement scolaire ne dépend pas de la qualité de la relation parents-enfants mais fortement lié au type de famille. Ce résultat est contraire à ceux de Viau (1994), Field et al. (1995), Dandy et Nettelbeck (2000), Sanders et al. (2001), Deslandes et Bertrand (2004), Gruman et al. (2008), Perdue et al. (2009). Ces différents auteurs ont trouvé que, globalement, l'environnement familial sous ses différentes dimensions avait un impact sur l'engagement scolaire des élèves.

En effet, les élèves qui ont peu d'interactions agréables avec leurs parents sont plus à risque d'être moins engagés et de moins bien réussir à l'école comparativement aux autres élèves qui bénéficient d'une relation positive avec leurs parents. Tout dépend de la compréhension que les parents ont de leur rôle parental qui inclut la collaboration, du sentiment de compétence positif pour aider les jeunes adolescents à réussir. Vivre des événements familiaux stressants va réduire le taux de participation de l'élève en classe, soit l'engagement scolaire (Gruman et al., 2008). Pour, Rumberger et Larson (1998), la qualité de ces interactions détermine en grande partie l'engagement social et académique de l'élève et, par le fait même, son niveau de stabilité à l'école ; ce qui va favoriser l'engagement de l'élève par rapport à ses buts ainsi que par rapport à l'institution.

5 CONCLUSION

La collaboration entre l'école et la famille est reconnue comme importante pour l'engagement scolaire de tous les élèves. L'intérêt de cette étude est de comprendre les facteurs explicatifs de cet engagement scolaire chez les élèves du secondaire.

Cette étude a eu le mérite d'être la première à tenter une réflexion sur le type de famille, la qualité de relation parents-enfants et l'engagement scolaire des élèves au Togo. À l'issue de nos investigations, les résultats obtenus permettent de constater qu'il y a une relation entre le type de famille et la qualité de la relation parents-enfants. Cependant, il a été révélé que la qualité de la relation parents-enfants n'a pas d'effet l'engagement scolaire chez les élèves.

Mais malgré les résultats novateurs, ce travail présente des limites ; car, il faut reconnaître que comme toute recherche, celle-ci a des insuffisances. Nous ne pouvons pas penser que nous avons répondu à toutes les exigences y afférentes. Voilà pourquoi, ce projet mérite d'être poursuivi dans le sens d'une amélioration. Pour ce faire, la construction de l'instrument d'évaluation du niveau d'engagement scolaire purement togolais serait la bienvenue. On pourrait se proposer de mener une observation dans toutes les familles des sujets de l'échantillon pour davantage s'imprégner du mode vie dans le milieu familial. Nous n'avons pas pu adresser le questionnaire aux parents en vue de confronter leurs réponses à celles de leurs enfants. En plus, l'effet du niveau d'études des parents n'a pas été étudié. Par ailleurs, la poursuite de cette étude permettra d'obtenir un échantillon plus conséquent pour valider ces résultats préliminaires obtenus.

REFERENCES

- [1] Archambault, I. (2006). *Continuité et discontinuité dans le développement scolaire chez les élèves du secondaire : une approche centrée sur la personne pour prédire le décrochage*. Thèse de doctorat, Faculté de Psychologie, Montréal, Université de Montréal.
- [2] Archambault, I. (2009). *Effets de l'environnement scolaire, des attitudes, compétences et pratiques des enseignants sur l'engagement des garçons et des filles en milieux défavorisés : contributions directes et indirectes* (Rapport de recherche). Université de Montréal, Canada.
- [3] Bourcois, V., Bergonnier-Dupuy, G., & Le Camus, J. (1995). La Présence du père : effets directs sur le développement du jeune enfant. In Y. Prêteur & M. De Léonadi, *Education familiale, image de soi et compétences sociales*, De Boeck Université, Bruxelles, pp.77-87.
- [4] Christenson, S. (2010). *The relevance of engagement for students at-risk of educational failure: Findings and lessons from Check & Connect research*. Communication présentée à l'Université de Montréal, Montréal, Québec.
- [5] Christenson, S. L., & al. (2001). « Promoting Successful School Completion: Critical Conceptual and Methodological Guidelines », *School Psychology Quarterly*, 16, 4, pp. 468-484.
- [6] Dandy, J., & Nettelbeck, T. (2000). « The Model Student? An Investigation of Chinese Australian Students' Academic Achievement, Studying, and Causal Attributions for Academic Success and Failure », *Australian Psychologist*, 35, 3, pp. 208-215.
- [7] Deslandes, R., & Bertrand, R. (2004). Motivation des parents à participer au suivi scolaire de leur enfant au primaire. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 30(2), pp.411-433.

- [8] Field, T., & al. (1995). « Adolescents' Intimacy with Parents and Friends », *Adolescence*, 30, 117, pp.133-140.
- [9] Finlay, K. A. (2006). Quantifying School Engagement: Research Report National Center for School Engagement. *Rapport de recherche NCSE*, Denver, The Colorado Foundation for Families and Children (CFFC).
- [10] Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). « School Engagement: Potential of the concept, State of the Evidence », *Review of Educational Research*, 74, 1, pp. 59–109.
- [11] Gagnon, M., & al. (2010). *Favoriser l'engagement scolaire et l'intérêt pour la science et la technologie chez les adolescents de la Capitale-Nationale*. (Rapport de recherche). Cégep de Jonquière, Canada.
- [12] Gruman, D.H., & al. (2008). Longitudinal effects of student mobility on three dimensions of elementary school engagement. *Child Development*, 79(6), 1833-1852.
- [13] Janosz, M., & al. (2008). « School Engagement Trajectories and Their Differential Predictive Relations to Dropout », *Journal of Social Issues*, 64, 1, pp. 21-40.
- [14] Lévesque, J., & Janosz, M. (2008). *La trousse d'évaluation des décrocheurs potentiels: un outil de dépistage économique, efficace et valide de prévention ciblée du décrochage scolaire*. Communication présentée au 2^e Congrès biennal du CQJDC, Canada.
- [15] Li, Y., & al. (2010). Personal and ecological assets and academic competence in early adolescence: The mediating role of school engagement. *J Youth Adolescence*. 39, pp.801-815.
- [16] Marcotte, D., & al. (2001). L'influence du style parental de la dépression et des troubles du comportement sur le risque d'abandon scolaire. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 1 7(3), pp.687-712.
- [17] Perdue, N.H., & al. (2009). Early predictors of school engagement: Exploring the role of peer relationships. *Psychology in the Schools*, 46(10), pp.1084-1097.
- [18] Rumberger, R.W., & Larson, K. (1998). Student mobility and the increased risk of high school dropout. *American Journal of Education*, 1 07(1), pp.1-35.
- [19] Potvin, P., & al. (2004). *Guide de prévention du décrochage scolaire*, CTREQ, Québec.
- [20] Sanders, C. E., Field, T. M., & Diego, M. A. (2001). « Adolescents' Academic Expectations and Achievement », *Adolescence*, 36, 144, pp. 795-802.
- [21] Rumberger, R.W., & al. (1990). Family influences on dropout behavior in one California high school. *Sociology of Education*, 63(4), pp.283-299.
- [22] Schmidt, S., & Tessier, O. (2003). *Présentation des résultats d'une recension des écrits sur le concept « d'élève à risque » et sur les interventions efficaces*. Communication présentée au Colloque « Ouvrir toutes les portes de la réussite » de l'Université de Sherbrooke. Québec.
- [23] Tchable, B. (2013). Pratiques éducatives familiales et performances scolaires dans la préfecture de Doufelgou (Togo) : cas des élèves du CEG de Niamtougou ville II. *Revue Echange*, vol.1, n°001, pp. 261-274.
- [24] Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*, 45(1), pp.89-125.
- [25] Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Saint-Laurent, Québec: Editions Virginia polytechnic Institute and State University, Virginia.
- [26] Vitaro, F., & al. (2001). Negative social experiences and dropping out of school. *Educational Psychology*. 21(4), pp.401-415.
- [27] Wellborn, J. G., & Connel, J. P. (1991). Competence, autonomy and relatedness: A motivational analysis of self-system process. In M. Gunnar & L. A. Sroufe (Eds.), *Self-processes and development. Minnesota symposium on child psychology*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 23, pp.43-77.

EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION MOYENNANT LA METHODE P.R.K. : APPLICATION A LA NAPPE PHREATIQUE DU RICH (SUD DU MAROC)

[VULNERABILITY ASSESSMENT OF GROUNDWATER AGAINST POLLUTION USING THE PRK METHODE : APPLICATION TO RISH GROUNGWATER (SOUTH OF MOROCCO)]

H. CHERKAOUI DEKKAKI¹, Y. EL KAYSSI², M. HILALI³, I. KACIMI², and H. SAHBI⁴

¹Génie de l'Eau et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques Al Hoceima,
Université Mohammed Premier, Maroc

²Laboratoire d'Océanologie, Géodynamique et Génie Géologique, Faculté des Sciences Rabat,
Université Mohammed V, Maroc

³Equipe d'Hydrogéophysique et Cartographie Numérique, Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia,
Université Moulay Ismail, Maroc

⁴Laboratoire de Géo-ingénierie et Environnement, Faculté des Sciences Meknès,
Université Moulay Ismail, Maroc

Copyright © 2016 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 assessment of groundwater vulnerability against pollution is a crucial procedure for land settlement. The topography enables decision makers to better manage and analyze information necessary for the delineation and / or identification of areas where groundwater is vulnerable to pollution.

Within this context, and considering the strategic role of the Rish groundwater in the socio-economic development of the South East region of Morocco, a map of the aquifer vulnerability with multi-criteria acronym approach PRK has been developed.

This approach, based on the parametric methods of class system, aims primarily at designing an index map of the intrinsic vulnerability of the hydrogeological system through gathering the overall indices by classes. It is grounded on the multiplying combination of the information layers relating to three parameters: 1. (P) - topographic slope, 2. the ratio (R) - combining variation of the amplitude of the fluctuations of the piezometric level compared to the thickness of the unsaturated zone and 3. (K) - permeability of the aquifer, whence the generic term P.R.K, taking the initials of these parameters.

The overall indexes acquired by this combination vary within a range of values from 2 to more than 91. They are distributed into six classes corresponding to degrees of vulnerability fluctuating from "very less" to "extreme". However, the dominant class is "very less vulnerable". It covers up to 89% of the total area of the studied zone.

KEYWORDS: groundwater, pollution, level fluctuations, aquifer permeability.

RESUME: L'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution est une démarche fondamentale pour l'aménagement du territoire. Sa cartographie permet aux décideurs de mieux gérer et analyser l'information nécessaire pour la délimitation et/ou l'identification des zones au-dessous desquelles les eaux souterraines sont vulnérables à la pollution.

Dans ce contexte, et vu le rôle stratégique de la nappe phréatique du Rich dans le développement socio-économique de la région Sud Est du Maroc, une carte de vulnérabilité de cette nappe moyennant l'approche multicritère d'acronyme P.R.K. a été développée.

Cette approche, fondée sur le principe des méthodes paramétriques à système de classes, a pour objectif principal de concevoir, une carte indicielle relative à la vulnérabilité intrinsèque du système hydrogéologique en rassemblant les indices globaux par classes. Elle est basée sur la combinaison multiplicative des couches d'information relatives aux trois paramètres: 1. (P) - Pente topographique, 2. le rapport (R) - combinant la variation de l'amplitude des fluctuations du niveau piézométrique par rapport à l'épaisseur de la zone non saturée et 3. (K) - Perméabilité de la formation aquifère, d'où le terme générique P.R.K., reprenant les initiales de ces paramètres.

Les indices globaux obtenus par cette combinaison varient dans une fourchette de valeurs allant de 2 à plus de 91. Ils sont distribués en six classes correspondant aux degrés de vulnérabilité fluctuant du « très peu » à « l'extrême ». Toutefois, la classe dominante est « très peu vulnérable ». Elle couvre jusqu'à 89 % de la superficie totale de la zone étudiée.

MOTS-CLEFS: Eaux souterraines, pollution, fluctuations, niveau piézométrique, formation aquifère.

1 INTRODUCTION

La vulnérabilité des eaux souterraines à l'introduction d'un altéragène à partir de la surface du sol est un concept qualitatif traduisant le degré de la nécessité de la protection des eaux souterraines vis à vis des différentes charges polluantes émanant des activités souvent anthropiques.

⇒ *Dans un sens plus restreint*, la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution peut être définie tel un défaut de protection naturelle des eaux souterraines, contre des menaces de pollution en fonction des conditions hydrogéologiques locales. Dans cette définition, la notion de la vulnérabilité n'est tributaire que des paramètres intrinsèques relativement statiques, d'où sa qualification d'intrinsèque. Le degré de la vulnérabilité à évaluer dépendra donc exclusivement des propriétés physiques des aires considérées, nonobstant la présence ou l'absence de faits à risques environnementaux sur ces aires : paramètres dynamiques, changeants et contrôlables.

⇒ *Dans son sens large*, et pour décrire la vulnérabilité intégrale à une contamination quelconque d'un système souvent complexe, où interfèrent des aspects anthropiques et hydrogéologiques, l'introduction de la notion du risque s'impose. Cette définition de la vulnérabilité intégrale ou encore la sensibilité fait référence à deux grandes notions combinées : Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution (Iv), correspondant à la probabilité qu'un altéragène atteigne ces eaux, causant ainsi leur pollution ; et la grandeur des conséquences que cette pollution puisse générer, exprimée ici, en terme d'Agressivité des foyers de pollution vis-à-vis des eaux souterraines (Ia).

L'expression de cette sensibilité, s'effectue en terme d'indice de sensibilité (Is), combinant les deux descripteurs Iv et Ia suivant l'équation ci-après : $I_s = I_v * I_a$. Avec : **Iv** : Indice relatif à la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution ; **Ia** : Indice relatif à l'agressivité des foyers de pollution vis-à-vis des eaux souterraines.

Pour l'évaluation du premier descripteur, l'approche multicritère d'acronyme P.R.K., a été développée par H. CHERKAOUI DEKKAKI en 2006 dans le cadre d'une thèse de doctorat à l'Ecole Mohammedia d'Ingénieurs (Rabat - Maroc). Elle consiste en l'intégration de trois paramètres jugés les plus pertinents dans l'évaluation la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution soient : la pente topographique (P), le rapport (R), combinant la variation de l'amplitude des fluctuations du niveau piézométrique par rapport à l'épaisseur de la zone non saturée et la perméabilité (K) de la formation aquifère ; couplée au système d'information géographique (SIG).

Cette approche a été d'abord développée et testée au niveau de la nappe phréatique du Souss (secteurs aval et Médian). Le présent article présente les résultats de son application au niveau de la nappe phréatique du Rich.

➤ **Situation de la zone d'étude**

L'aire d'étude concerne la nappe du Rich circulant au niveau du flanc sud du Haut Atlas Central, en particulier sa partie gitant au dessus du centre de la ville du Rich, à la confluence des oueds Ziz et Sidi Hamza. Au-dessus de cette aire hydrogéologique, le centre du Rich est situé au Sud du Maroc, en particulier, au Sud de la province de Midelt dont il se rattache administrativement (Cf. Fig. 1). La population recensée en 2004 s'y élève à 21 100 habitants.

Dans l'ensemble de la région du Rich, l'évolution de la population s'est traduite par la mise en place progressive de grandes infrastructures publiques (établissements scolaires et de santé, marchés, souk, etc). L'ensemble des tribus

sédentarisées le long de l'oued Ziz en direction du Moyen Atlas trouvent leur lien d'échange entre les produits de la campagne et la ville au niveau du centre du Rich (Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rhèris, 2010).

L'activité principale de la population locale est l'agriculture.

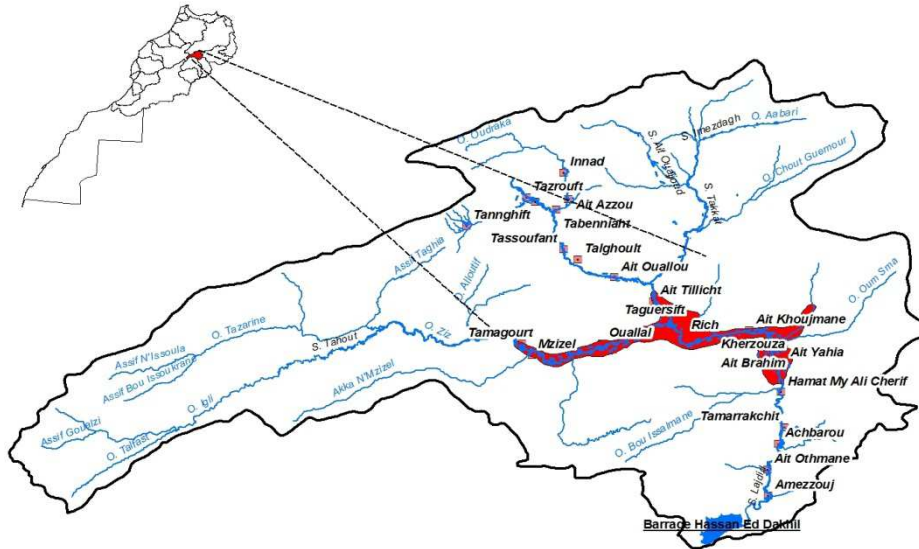


Figure 1 : Situation de la zone d'étude

➤ Hydrogéologie au sein de l'aire d'étude

La nappe du Rich circule dans une large dépression longitudinale orientée Est -Ouest, établie surtout sur les marnes du Toarcien-Aalénien souvent imperméable ou peu perméable. Les formations quaternaires constituées essentiellement de dépôts fluviaux, parfois fluvio-lacustres forment le réservoir aquifère principal.

L'écoulement général des eaux souterraines se fait de l'Ouest vers l'Est le long de la vallée de Ziz entre Mzizel et Rich, il devient Nord Ouest - Sud Est entre Igourramene et Taguersift puis s'oriente du Nord vers le Sud le long de la vallée de Ziz entre Kerrando et Touahite. La profondeur du plan d'eau fluctue entre 3 à 20 m avec une moyenne de l'ordre de 10 m.

Les fluctuations piézométriques sont saisonnières, liées à celles de la pluie. Une baisse pluviométrique importante durant les années 1980 et 1995/96 a provoqué une baisse des niveaux piézométriques de la nappe. La bonne pluviométrie enregistrée à partir de 2001/02 s'est manifestée par une augmentation des niveaux piézométriques de la même nappe.

La température de l'eau est comprise entre 10 °C et 22 °C, avec une moyenne de 18 °C. La conductivité électrique oscille entre 223 et 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de l'ordre de 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

➤ Conditions d'exploitation de la nappe du Rich

Les eaux de la nappe du Rich sont exploitées essentiellement pour l'alimentation en eau « potable » de la population locale et l'irrigation. En effet, la population locale s'active en grande partie dans le secteur agricole, avec un système d'irrigation dominé par la Petite et Moyenne Hydraulique, géré par l'office régional de mise en valeur agricole du Tafilalet (Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet - ORMVAT) à travers un centre de mise en valeur agricole.

La superficie irriguée actuelle est de l'ordre de 4400 ha. La mobilisation des eaux nécessaires se fait essentiellement par pompage sur nappe et transfert à travers des canaux de déviation le long de l'oued Ziz.

La pratique d'irrigation traditionnelle risque de constituer une menace pour les ressources en eau, notamment souterraines par l'infiltration des nitrates dans les zones vulnérables. La pollution diffuse des activités agricoles provient principalement de l'utilisation d'engrais et de pesticides d'une manière non contrôlée.

2 METHODOLOGIE

2.1 PRINCIPE DE L'APPLICATION DE L'APPROCHE P.R.K.

A l'instar de plus de 40 méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution (DRASTIC par ALLER et al en 1987, GOD par FOSTER et al en 1988, SINTACS par CIVITA M. en 1990, DRACTIC Modifiée par MOUADDINE L. en 1997 ...etc), l'approche P.R.K. développée par CHERKAOUI DEKKAKI H. en 2006 est basée sur le principe des méthodes paramétriques, utilisant un système de cotation numérique. Elle consiste à évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines, en tenant compte des différentes caractéristiques de l'aquifère sans égard à un altéragène particulier ou à une source de contamination donnée. Ce qui lui attribue une certaine flexibilité particulièrement devant la grande variabilité du type de la contamination, ses causes et sa gravité.

Les trois paramètres combinés sont ainsi :

- **La pente topographique (P) → L'indice de la vulnérabilité liée à la surface du sol est donc une fonction inverse de la pente topographique** (CHERKAOUI DEKKAKI H. - Décembre 2006) ;
- **Le rapport (R)**, combinant la variation de l'amplitude des fluctuations du niveau piézométrique par rapport à l'épaisseur de la zone non saturée → **Une grande amplitude des fluctuations réduit l'épaisseur de la zone non saturée et par conséquent, augmente la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution** (CHERKAOUI DEKKAKI H. - Décembre 2006) ;
- **La perméabilité (K) de la formation aquifère → L'indice de la vulnérabilité est proportionnel à la perméabilité de la formation aquifère** (CHERKAOUI DEKKAKI H. - Décembre 2006).

Pour l'élaboration des cartes indicielles relatives aux trois paramètres : P, R, K ainsi que la carte finale de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution, on procède par les opérations suivantes :

- (1) – Délimitation de la zone d'étude, zone sur laquelle les opérations de combinaison seront effectuées ;
- (2) – Calcul des indices partiels relatifs aux différents paramètres retenus, au niveau de chaque pixel de la zone étudiée. Dans cette étape, une cartographie indépendante est à dresser pour chaque paramètre retenu avant de les combiner. Ci-dessous sont représentés les différents indices partiels (I_i), d'une manière plus flexible (Cf. Tab. II-1).

Tableau II-1 : Matrice de correspondance et de numérisation des (I_i)

Paramètre	Intervalle	Classe	Note : I_i
(P) : Pente topographique (%)	[0 - 18 [≥ 18	1
		[10 - 18[	3
		[5 - 10[	5
		[3 - 5[	7
		[1 - 3[	9
		[0 - 1[	10
(R) : Amplitude des fluctuations / Épaisseur de la Z.N.S.	[0-1[	[0.0 - 0.3[(30%)	1
		[0.3 - 0.4[(40%)	2
		[0.4 - 0.5[(50%)	4
		[0.5 - 0.7[(70%)	6
		[0.7 - 0.8[(80%)	8
[0.8 - 1.0[(100%)	10		
(k) : Perméabilité (m/s)	[10^{-7} - $4.5 \cdot 10^{-3}$[	$< 10^{-7}$	1
		[10^{-7} - $7 \cdot 10^{-4}$[	2
		[$7 \cdot 10^{-4}$ - $2 \cdot 10^{-3}$[	4
		[$2 \cdot 10^{-3}$ - $3 \cdot 10^{-3}$[	6
		[$3 \cdot 10^{-3}$ - $4.5 \cdot 10^{-3}$[	8
$\geq 4.5 \cdot 10^{-3}$	9		

Source : CHERKAOUI DEKKAKI H. (Décembre 2006)

(3) - Calcul automatique de l'indice global de la vulnérabilité par combinaison multiplicative des cartes indicielles relatives aux différents paramètres retenus, au niveau de chaque pixel de la zone étudiée suivant l'équation ci-après :

$$I_v = \prod_{i=1}^3 I_i \Rightarrow I_v = I_p \times I_R \times I_K$$

I_p : Indice partiel relatif à la pente topographique ;

I_R : Indice partiel relatif au rapport R ;

I_K : Indice partiel relatif à la perméabilité de la formation aquifère.

Le résultat final est un intervalle compris entre une borne inférieure : 1 et une borne supérieure, supérieure à 91. Les subdivisions retenues sont :

- Classe [1 ; 31 [\Leftrightarrow Zone très peu vulnérable (TPV) ;
- Classe [31 ; 46 [\Leftrightarrow Zone peu vulnérable (PV) ;
- Classe [46 ; 61 [\Leftrightarrow Zone moyennement vulnérable (MV) ;
- Classe [61 ; 76 [\Leftrightarrow Zone très vulnérable (TV) ;
- Classe [76 ; 91 [\Leftrightarrow Zone fortement vulnérable (FV) ;
- Classe $\geq 91 \Leftrightarrow$ Zone extrêmement vulnérable (EV).

(4) - Appréciation cartographique du degré de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, par zonage des aires ayant les mêmes classes de variation.

Par convention, on utilise un code en double gamme de couleurs (chaude et froide) s'accroissant de part et d'autre du jaune.

Les couleurs possédant des tons chauds s'étendant du jaune, orangé au rouge, seront affectées à un indice exprimant une vulnérabilité moyenne à extrêmement forte. Par contre, les couleurs aux tons froids ou vifs, s'étalant du jaune, vert au bleu, seront affectées à un indice faible, traduisant une faible à très faible vulnérabilité.

Les classes vides dont on ne dispose pas de valeurs, auront une teinte noire (Cf. Tab. II-2).

Tableau II-2 : Critères d'appréciation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution

Degré de vulnérabilité	Couleur correspondante
Très peu vulnérable	Bleu
Peu vulnérable	Vert
Moyennement vulnérable	Jaune
Très vulnérable	Orange
Fortement vulnérable	Magenta
Extrêmement vulnérable	Rouge
Classe vide	Noir

Source : CHERKAOUI DEKKAKI H. (Décembre 2006)

2.2 DONNÉES UTILISÉES

Afin d'élaborer la carte finale de la vulnérabilité intrinsèque de la nappe du Rich, les données et documents suivants ont été utilisés :

- **Carte de répartition spatiale des pentes**, générée à partir d'un MNT de 30 m de résolution (Cf. Fig. 2) ;
- **Carte de répartition spatiale du rapport R** (Cf. Fig.3). Ce rapport a été calculé à partir des mesures du niveau piézométrique, effectuées en février 2012 et mai 2012. Il est considéré selon une approche à limite supérieure. Ainsi, l'épaisseur de la zone non saturée considérée est celle relative à la période des hautes eaux ;
- **Carte de répartition spatiale de la perméabilité de l'aquifère du Rich**, générée à l'aide d'un modèle mathématique aux différences finies en trois dimensions élaborée dans le cadre d'une publication scientifique : Modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale du Rich (EL Kayssi Y et al) - (Cf. Fig. 4).

2.3 OUTILS INFORMATIQUES UTILISÉS

Les deux principaux outils informatiques utilisés :

- Pour la préparation, le traitement et la combinaison des données manipulées, le SIG utilisé est l'ArcGIS - Version 10.3 (développé par ESRI : Environmental Systems Research Institute) ;
- Pour la modélisation de l'écoulement de la nappe du Rich en régime permanent, aboutissant à la carte de la perméabilité de l'aquifère étudié, le logiciel utilisé est le GMS : Goundwater Modeling System -Version 6.5, développé par Aquaveo).

Ci-après, la représentation cartographique de la répartition spatiale des paramètres P, R et K au niveau de la zone étudiée.

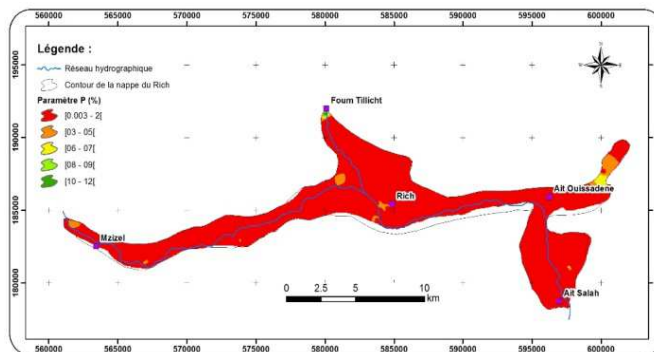


Figure 2 : Répartition spatiale de la pente

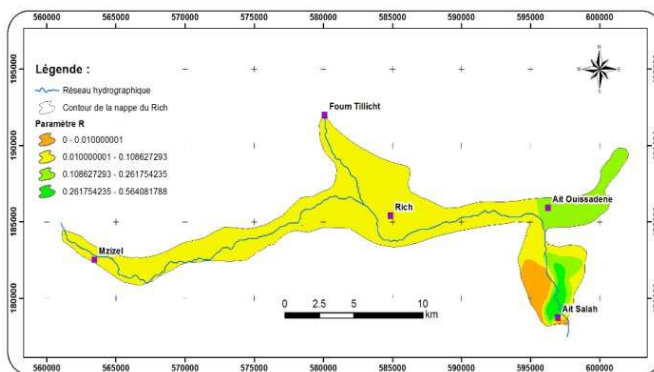


Figure 3 : Répartition spatiale du rapport R

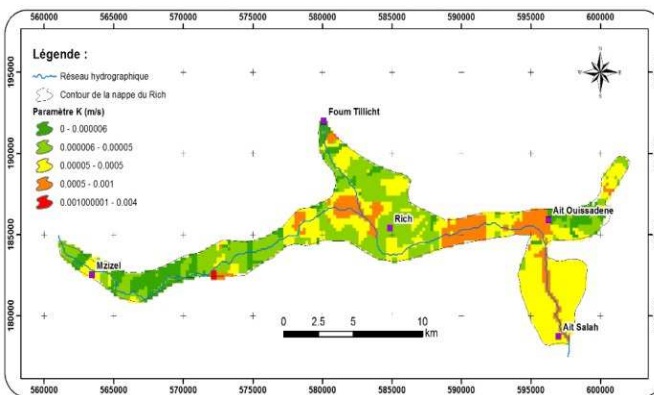


Figure 4 : Répartition spatiale de la perméabilité de l'aquifère du Rich

3 PRESENTATION DES RESULTATS

Le calcul des notes allouées à chaque critère de l'acronyme P.R.K., a permis d'évaluer la distribution spatiale du degré de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution (Cf. Fig. 5-1, 6-1 et 7-1). Le calcul final de l'indice P.R.K., s'est effectué automatiquement via le SIG utilisé. Le résultat final est une carte de vulnérabilité, qui prend en charge les trois critères retenus. Elle traduit la vulnérabilité intrinsèque du système hydrogéologique en rassemblant les indices globaux par classes (Cf. Fig. 8-1).

Les indices globaux obtenus par cette combinaison varient dans une fourchette de valeurs allant de 2 à plus de 91. Ils sont distribués en six classes correspondant aux degrés de vulnérabilité fluctuant du « Très Peu » à « l'Extrême ». Toutefois, la classe dominante est « Très Peu Vulnérable ». Elle couvre jusqu'à 89 % de la superficie totale de la zone étudiée (Cf. Fig. 5-2, 6-2, 7-2 et 8-2).

➤ Répartition spatiale des vulnérabilités individuelles relatives aux paramètres P.R.K.

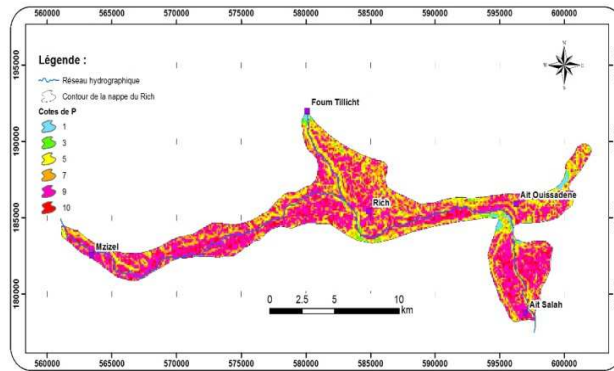


Figure 5-1 : Vulnérabilité individuelle relative au paramètre P

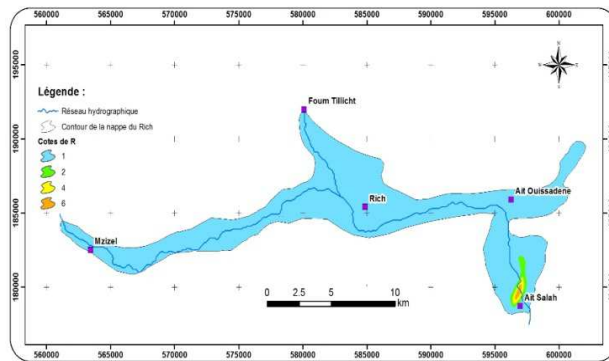


Figure 6-1 : Vulnérabilité individuelle relative au paramètre R

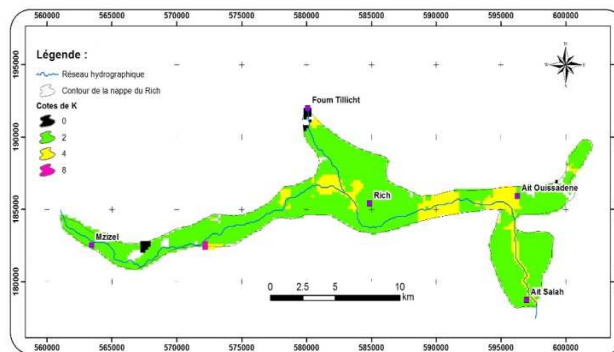


Figure 7-1 : Vulnérabilité individuelle relative au paramètre K

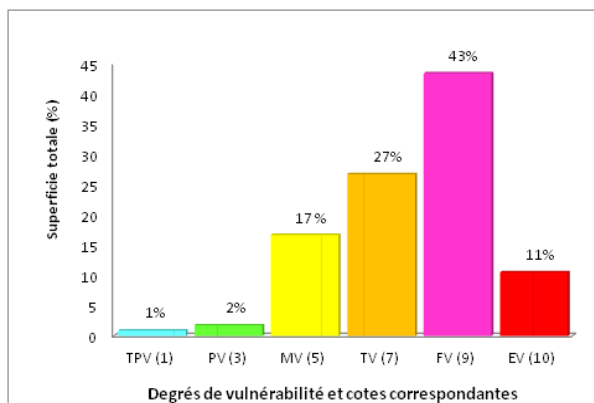


Figure 5 -2 : Répartition spatiale de la vulnérabilité liée au paramètre "P"

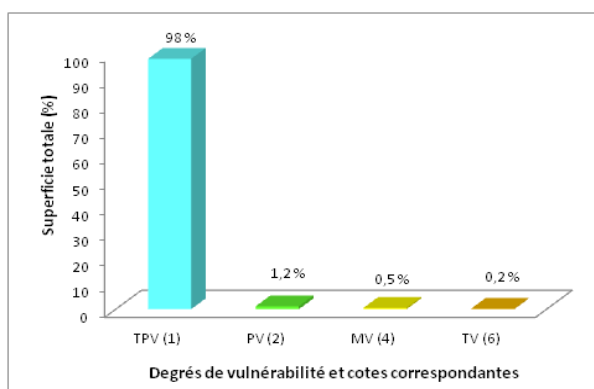


Figure 6-2 : Répartition spatiale de la vulnérabilité liée au paramètre "R"

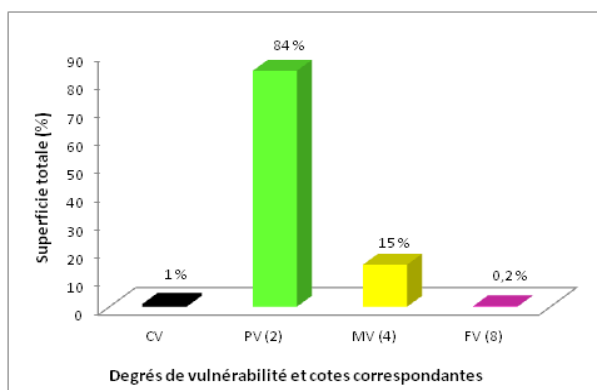


Figure 7-2 : Répartition spatiale de la vulnérabilité liée au paramètre "K"

➤ Répartition spatiale de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines au niveau de la zone du Rich

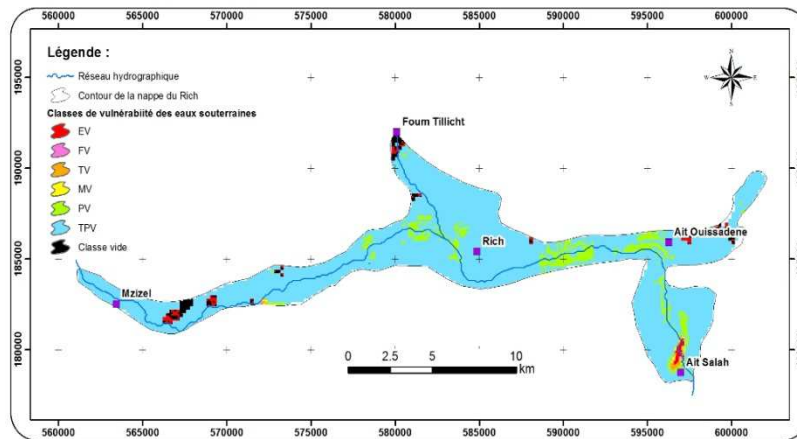


Figure 8-1 : Vulnérabilité intrinsèque des eaux de la nappe du Rich

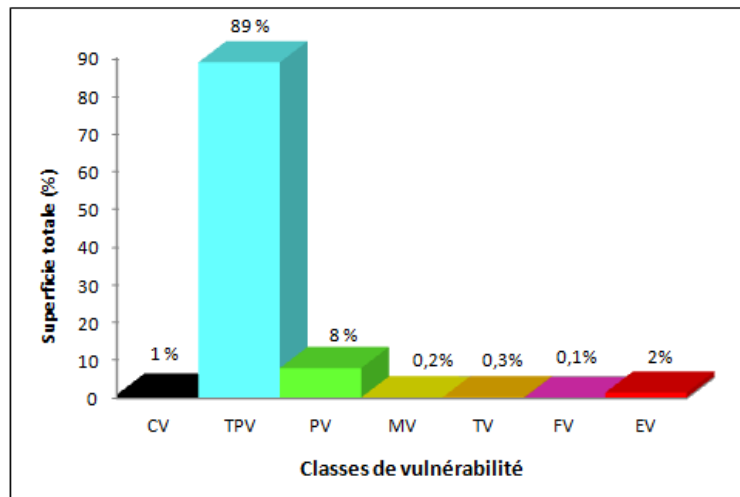


Figure 8-2 : Répartition spatiale de la vulnérabilité intrinsèque

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

A la fin de l'application de l'approche PRK pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux de la nappe du Rich à la pollution, la confrontation des quatre cartes indicielles résultantes, a montré que la carte finale reprend l'allure générale des trois cartes indicielles relatives aux critères P, R et K. L'information fournie de ces quatre documents est donc relativement concordante. Aucune incohérence flagrante n'est marquée.

D'après la carte finale de la vulnérabilité intrinsèque des eaux de la nappe du Rich, la classe dominante est « Très Peu » vulnérable. Elle couvre jusqu'à 89% de la superficie totale de la nappe du Rich. Pour cette classe, l'effet de la pente topographique, est relativement atténué par celui des critères R et K. D'autre part, la tendance à l'exploitation de la nappe du Rich a favorisé l'augmentation de l'épaisseur de la zone non saturée et par conséquent, la réduction du rapport R. Le reste de cette zone étudiée est représenté par des classes « Peu » vulnérables, couvrant jusqu'à 8% de la surface totale. Localement, des classes « Moyennement », « Très » et « Fortement » vulnérables, couvrant moins de 1% de la superficie totale de la zone étudiée, sont particulièrement influencées par la combinaison des critères R et K. Enfin, une classe « Extrêmement » vulnérable, couvre 2% de la superficie totale. Elle est répartie très ponctuellement autour des localités suivantes : Ait Salah, Ait Oussaden, Foul Tillich, Est Mizel et serait particulièrement influencée par le critère K.

REFERENCES

- [1] ABH du Guir-Ziz-Rh ris (2010) : Etude de la monographie des ressources en eau des communes des provinces relevant de la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rh ris ;
- [2] ALLER L., BENNETT T., LEHR J., PETTY R. AND G HACKETT (1987) : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. USEPA/600/2-87-036, 455p.
- [3] CHERKAOUI DEKKAKI H. (Décembre 2006) :  valuation de la vulnérabilité et de la sensibilité des eaux souterraines à la pollution. Application au niveau des champs captants Sud et Ahmar Boudhar. Thèse de Doctorat en Sciences Appliquées -  cole Mohammadia d'Ingénieurs - Université Mohammed V. 400 p ;
- [4] CIVITA M. (1990) : La valutazione della vulnerabilit  degli acquiferi all'inquinamento. Protezione e gestione delli acque soterrane. Metodologie, Tecnologia e Obiettivi. Marno sul Panaro, 3 ;
- [5] EL KAYSSI Y. et al, (encours) : Modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de Rich (Haut Atlas central, Maroc), International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS) ;
- [6] FOSTER et al (1988) : Groundwater pollution. Risque assessment. A methodology using available data WHO-PAHO-CEPIS Lima, Pérou, pp1-87 ;
- [7] GRANDJAQUOT M.P. (1999) : Outils statistiques.  ditions ESKA ;
- [8] HILALI M. (2015) : Hydrogéologie et ressources en eau du Tafilalet et ses régions limitrophes (Sud-Est du Maroc) : Connaissance, prospection, caractérisation, exploitation et gestion des ressources en eau. Rapport de l'habilitation universitaire, Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohammed V ;
- [9] HILALI M., BOUALOUL M., et SAHBI H. (2011) :  tat des connaissances hydrogéologiques sur les aquifères du Haut Atlas Central : Cas de l'aquifère quaternaire de la vallée du Rich (Nord d'Errachidia). 6 mes journées internationales des géosciences de l'environnement, Oujda, 21, 22 et 23 Juin 2011 ;
- [10] HILALI M., BOUALOUL M., et SAHBI H. (2011) : Etat des connaissances hydrogéologiques sur les aquifères du Haut Atlas Central : Cas de l'aquifère quaternaire de la vallée du Rich (Nord d'Errachidia). 6 mes journées internationales des géosciences de l'environnement, Oujda, 21, 22 et 23 Juin 2011 ;
- [11] MOUADDINE L. (1997) : Utilisation des cartes de vulnérabilité pour la délimitation des zones de protection des captages d'eau potable. Cas du champ captant de Fouarat. Thèse de troisième cycle. Université Cadi Ayad. 193 p.

Minería de datos: Impacto de Actividades Cotidianas en el Rendimiento Estudiantil

[Data Mining: Impact of Daily Activities on Student Performance]

Huerta Luis, Ruiz Juan, Cabrera Nubia, Montiel Luis, Benítez Felipe, and Ramírez Víctor

Department of Informatic, University of Istmo, Ciudad Ixtepec, Oaxaca, México

Copyright © 2016 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 student performance has been affected for different factors, many of them are unobvious. The habits or daily activities undoubtedly have a deep effects on the student performance. In this work, the study of student daily activities, and the relationship with his academic performance, using Data Mining techniques was done. In the attribute selection phase, 5-13 attributes from the 35 total were selected. The students were classified in four classes related with their academic performance: low, regular, good and high; the classification accuracy was near to 90%, using algorithms like MLP, KNN and tree algorithms like Random Forest, Random Tree and J48. The activities and factors presented for low and high performance students, also the tendency of activities and factors in the four classes, are reported.

KEYWORDS: Student Performance, Classify, Attribute Selection.

1 INTRODUCCIÓN

En México, existe un porcentaje considerable de estudiantes con debilidades académicas, así lo muestra la Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Educativos [1] en la categoría de estudiantes de bachillerato. En esta prueba se reporta que el 50% de estudiantes tiene habilidades lectoras y de comunicación en nivel insuficiente y elemental, así mismo, en habilidades matemáticas este porcentaje incrementa a 60.7%. Otro problema relacionado con los estudiantes de este país provocado por un bajo rendimiento académico es la deserción, de acuerdo a [2] el 43% de estudiantes entre 15 y 19 años que deberían cursar el nivel medio superior, bachillerato o carrera técnica no lo hacen. Aunque en los últimos años, el rendimiento académico ha ido mejorando, es necesario hacer un estudio profundo de los factores o actividades influyentes en tal rendimiento, con el fin de fomentar aquellos factores que beneficien y minimizar aquellos que lo afecten.

Entender los factores que contribuyen positiva y negativamente al rendimiento académico, es un tema del que se han ocupado disciplinas como la pedagogía, psicología, sociología y en los últimos años la minería de datos, y se ha vuelto de interés para las políticas públicas, directivos y docentes de los diferentes niveles educativos, dado que entender éstos factores permite tomar mejores decisiones para el diseño de estrategias que ayuden proveer una educación de calidad y así evitar la deserción escolar. La Minería de Datos como un área de investigación enfocada al descubrimiento de conocimientos en bases de datos, se ha aplicado con éxito en numerosas investigaciones en el ámbito educativo [3]. Sin embargo, hay aspectos de la vida cotidiana como el acoso escolar, el pasatiempo de los estudiantes, el número de horas que ven televisión, el deporte que practican y el uso del celular, por mencionar algunos, que han sido poco estudiados para determinar la relación que tienen con el bajo o alto rendimiento escolar de los estudiantes. El presente trabajo tiene como objetivo determinar, mediante técnicas de minería de datos, el impacto que tienen las actividades cotidianas de los estudiantes en su rendimiento escolar. Para ello se aplicaron encuestas a 208 estudiantes de nivel medio superior, 112 hombres y 96 mujeres. Se utilizó la herramienta WEKA 7.9 para el proceso de selección de atributos y clasificación de estudiantes de acuerdo a su rendimiento.

El artículo se encuentra organizado de la siguiente forma: en el capítulo 2 se hace una revisión de la aplicación de Minería de Datos para analizar factores que afectan el rendimiento de estudiantes y la deserción escolar, el capítulo 3 describen la muestra, los materiales y métodos que fueron utilizados en el estudio, el capítulo 4 describe el experimento, el capítulo 5 presenta los resultados obtenidos y finalmente el capítulo 6 presenta las conclusiones alcanzadas con este trabajo.

2 TRABAJOS RELACIONADOS

Los siguientes trabajos relacionados tienen como fin determinar los factores que impactan en el rendimiento académico o predecir la deserción escolar. A diferencia del presente trabajo, ninguno hace un análisis de la manera en que factores cotidianos afectan el rendimiento académico. Los trabajos relacionados más recientes se detallan.

2.1 ANÁLISIS DE FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES, UN ENFOQUE DE MINERÍA DE DATOS

El trabajo reportado en [4] hacen un estudio de factores relacionados con los cursos y los instructores. Uno de los objetivos es aplicar Minería de Datos, mediante la herramienta WEKA, para descubrir patrones entre los estudiantes que aprueban o reprueban un curso. El algoritmo de clasificación REPTree presentó los mejores resultados, con aproximadamente un 84% de exactitud. Este árbol de decisión determinó que el asistir continuamente a los cursos genera un mejor entendimiento y por lo tanto el estudiante aprobará con tomar el curso una sola vez. Si el estudiante considera las lecciones de un nivel simple o intermedio aprobará el curso tomándolo una sola vez. Si el estudiante percibe que el instructor está moderada o completamente preparado para impartir las clases, si además el instructor responde a las preguntas dentro y fuera del curso, y el sistema de evaluación del instructor se realiza de acuerdo con los objetivos del curso y no algún otro, entonces el estudiante aprobará el curso del instructor tomándolo una sola vez.

Básicamente, este trabajo relacionado toma como importante las asistencias, la preparación, forma de evaluar y resolución de dudas por parte del instructor, garantizan que el estudiante no repetirá el curso. A excepción de las asistencias, implícitamente el estudiante al dar una respuesta de cómo percibe la calidad del curso y del instructor indirectamente está respondiendo si pasó o no el curso, haciendo parcialmente evidente el patrón, de tal forma que para quienes reprobaron el curso y el instructor no fueron de buena calidad.

2.2 ESTUDIO DE ANÁLISIS DE FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ESTUDIANTES DE PREGRADO EN PROGRAMAS INTERNACIONALES

El estudio realizado en [5] tiene como objetivo identificar factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante. Se hacen uso de clasificadores de árbol y una red neuronal; los primeros obtienen una precisión de 85.188%, superiores a la red en 1.313%. Se emplearon datos como: sexo, estado civil, ocupación del padre y madre, horas de trabajo, si cuenta con inglés pre-Universitario o no, si es hablante nativo del inglés, créditos tomados, entre otros datos. En las pruebas se emplea la herramienta de minería de datos WEKA.

Encontraron que los estudiantes que no tienen riesgo de un bajo rendimiento académico son aquellos que nunca llevaron un curso adicional de inglés, debido a tener sólidos conocimientos en el idioma antes de ingresar a la Universidad. Por otro lado, los estudiantes que tienen riesgo de un bajo rendimiento académico son los que llevan un curso adicional de inglés; algunos de estos estudiantes son casados o divorciados; algunos trabajan de un moderado a un alto número de horas por semestre; algunos de estos estudiantes tienen de 12 a 15 créditos tomados por semestre. Generalmente en la Universidad bajo estudio no se les permite tomar más de 12 créditos si su rendimiento académico es bajo ni más de 15 si no es alto. El atributo relacionado con el número de créditos da información, obvia de alguna manera para determinar el nivel de rendimiento académico del estudiante, puesto que el número de créditos que el estudiante cursa está condicionado por su rendimiento. En otras palabras, este atributo debió omitirse en los experimentos. Por otro lado, el estudio encuentra que tomar un curso adicional de inglés, el estado civil y las horas de trabajo afectan el rendimiento académico del estudiante.

2.3 PREDICCIÓN DEL FRACASO ESCOLAR MEDIANTE TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS

La investigación realizada en [6] propone la utilización de técnicas de minería de datos para detectar, cuáles son los factores que más influyen para que los estudiantes fracasen; se realizaron un conjunto de experimentos con el objetivo de predecir con un buen grado de exactitud el estado académico de los estudiantes del primer semestre de la Unidad Académica Preparatoria de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAPUAZ); los datos de estudio fueron obtenidos de tres fuentes diferentes: de la encuesta aplicada a los alumnos de nuevo ingreso, del estudio socioeconómico del Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL) y de la información proporcionada por el departamento de servicios Escolares, por lo que en total

fueron 77 atributos a estudiar, debido a la gran cantidad de atributos recopilados, realizaron un estudio de selección de atributos para seleccionar las más influyentes, quedando solamente 15 atributos de 670 alumnos: 610 aprobados y 60 suspendidos. Se realizaron cuatro experimentos usando 10 algoritmos de clasificación de tipo “caja-blanca” basada en reglas y en árboles de decisión con el objetivo de obtener la máxima exactitud de clasificación. Finalmente el proyecto de investigación demostró la utilidad de las técnicas de selección de características cuando se dispone de muchos atributos, consiguiendo mejorar la clasificación de los algoritmos al utilizar un conjunto reducido de 15 atributos de entre los 77 disponibles inicialmente y los resultados arrojados por los modelos obtenidos indican que los factores que más influyen en el fracaso escolar son: notas deficientes en Física I, Matemáticas I, Humanidades I e inglés; también la edad mayor a 15 años, el grupo al que asistió, el nivel regular de motivación, el no presentar el Taller de lectura y redacción, el vivir en una ciudad grande y el considerar que la asignatura más difícil sea matemáticas.

3 BASE DE DATOS EXPERIMENTAL

La información de la base de datos se obtuvo mediante una encuesta basada en la escala MEDMAR [7]. Esta escala contiene reactivos que solicitan datos como: edad, sexo, existencia de beca, número de hijo en la familia, entre otros datos. En general, el instrumento MEDMAR abarca indicadores familiares, escolares, de personalidad y perfil escolar, teniendo como fin identificar factores que afectan el rendimiento escolar. Uno de los objetivos de esta investigación, fue determinar el impacto de actividades cotidianas del estudiante en su rendimiento. Por tal razón, el instrumento de este trabajo fue complementado con reactivos como: horas dedicadas a la T.V., pasatiempos (hobby), deporte que practica, uso del celular, horas en internet, red social que frecuenta, horas dedicadas a la pareja, acoso escolar, importe gastado en pasajes, libros leídos por año, existencia de disciplina, entre los más importantes.

Se aplicaron encuestas a 208 jóvenes estudiantes, 112 hombres y 96 mujeres, en un rango de edad entre 16 y 23 años, que cursan en bachilleratos y de nuevo ingreso en la Universidad del Istmo de la Ciudad Ixtepec Oaxaca, México. A partir de esta información se creó la base de datos que contiene 35 atributos con datos como: número de integrantes en la familia, problemas familiares, pasatiempo, existe en el salón acoso escolar, dedica tiempo a las redes sociales, usa celular, realiza ejercicio, grado de estudios de los padres, gastos en transporte, tiempo dedicado a la tv, entre otros. Se crearon cuatro clases de estudiantes basados en sus promedios generales en la escala del 1 al 10; estudiantes con promedios iguales o mayores a 9.0 pertenecen al *alto* rendimiento o de clase 1, los de promedio igual o mayor a 8.0 pero menores a 9.0 pertenecen al *buen* rendimiento o de clase 2, los de promedio igual o mayor a 7.0 pero menores a 8.0 pertenecen al rendimiento *regular* o de clase 3 y debajo del 7.0 pertenecen al rendimiento *bajo* o de clase 4.

4 EXPERIMENTOS

En los experimentos se busca identificar la influencia que tienen factores cotidianos en el rendimiento académico de los estudiantes. En este proceso de identificación, se hace uso de la herramienta Weka 7.9, para efectuar actividades como: Selección de Atributos y Clasificación. Para contar con un referente de la importancia de la selección de atributos, se realizaron experimentos de clasificación usando todos los atributos derivados de las encuestas aplicadas a estudiantes, excluyendo únicamente el promedio que determina directamente la clase; se cuentan con 34 atributos por estudiante más el atributo clase.

Tabla 1. Desempeño de algoritmos para clasificar tipos de estudiantes.

Clasificador	% Efectividad
Random Forest	90.86
J48	90.86
Random Tree	90.86
Naive Bayes	81.25
Knn-1	90.86
Perceptron Multicapa	89.42
SMO	89.42

El proceso de clasificación se realizó usando validación cruzada de 10 dobleces, reportando los algoritmos que presentaron mejores resultados. Los resultados iniciales se muestran en la Tabla 1, se obtiene una clasificación aceptable

para las cuatro clases de estudiantes empleando 34 atributos; los clasificadores aquí presentados fueron los que obtuvieron mejor efectividad con respecto a otros disponibles en WEKA.

4.1 SELECCIÓN DE ATRIBUTOS

La selección de atributos es una de las actividades realizadas en la fase de pre-proceso de la minería de datos, que consiste en identificar los atributos que mayor aporte tienen en la identificación de las instancias. En general, con la reducción de atributos se reduce la cantidad de tiempo de procesamiento y memoria requerida por los algoritmos de minería de datos, se permite visualizar más fácilmente los datos y se ayuda a eliminar ruido en los mismos [8]. Los algoritmos evaluadores tienen como función determinar en qué porcentaje el atributo es importante para la clasificación. En la Tabla 2 se muestran resultados de algoritmos evaluadores de atributos, se consideran aquellos atributos con una importancia del 90% o superior. En posteriores experimentos, se identificará a los atributos sugeridos por los algoritmos evaluadores: *Best First* como BF, *Rank Search* como RS y *Genetic Search* como GS.

Tabla 2. Algoritmos evaluadores y atributos seleccionados.

Algoritmo Evaluador	Atributos Propuestos
Best First	Edad, tv, gdomama, libros, pasaje, probfam, desercion
Rank Search	Edad, hobby, tv,gdomama, numhijo, pasaje, probfam, desercion
Genetic Search	Edad, hobby, tv, pasaje, desercion

Es importante hacer mención, que el atributo deserción se refiere a los deseos de desertar del estudiante, puede tomar tres valores: 1. *Si deseo desertar, es mejor conseguirme un trabajo*, 2. *Ocasionalmente deseo desertar* y 3. *No deseo desertar*, aún puedo continuar. Podría considerarse que este atributo provee información que directamente decide el rendimiento académico del estudiante, sin embargo no es así, puesto que el 56.52% de estudiantes de *alto rendimiento escolar* han seleccionado el valor 2, así como el 36.06% de estudiantes de *rendimiento regular*; solo un 26% de los estudiantes de *bajo rendimiento* han seleccionado el valor 1. Se puede observar que este atributo no se encuentra directamente relacionado con el rendimiento del estudiante.

4.2 CLASIFICACIÓN DE ESTUDIANTES

En este apartado, se experimentará con la clasificación de los estudiantes aplicando los algoritmos empleados en la Tabla 1Tabla 1. Se experimenta con los atributos propuestos por BF, esto es, con siete de los 35 atributos existentes; en la segunda columna de la Tabla 3 se observa un desempeño aceptable para clasificadores de árbol como *Random Forest*, y *Random Tree*, así como para el *Knn*. El desempeño obtenido es igual al obtenido usando los 35 atributos. Los algoritmos *J48* y *Perceptrón Multicapa* presentan ligeramente menor efectividad. El resto de los clasificadores presentan una efectividad mucho menor.

Tabla 3. Desempeño de la Clasificación usando atributos BF, RS y GS.

Clasificador	% Efectividad con atributos BF	% Efectividad con atributos RS	% Efectividad con atributos GS
Random Forest	90.86	90.86	90.86
J48	89.42	89.42	89.42
Random Tree	90.86	90.86	90.86
Naive Bayes	77.40	74.03	87.01
Knn	90.86	90.86	90.86
Perceptron Multicapa	88.46	89.90	84.13
SMO	74.03	75.96	61.05

En la tercer columna de la Tabla 3 se observa la efectividad de los clasificadores usando los ocho atributos propuestos por RS. Hasta el momento se ha observado que el impacto negativo de usar una menor cantidad de atributos, propuestos por los selectores, ha sido casi nulo para la mayoría de los clasificadores experimentados. El selector GS propone a cinco atributos para clasificar el tipo de estudiante, presentando en la cuarta columna de la Tabla 3 la efectividad de los clasificadores

usando estos atributos, donde nuevamente los algoritmos *Random Forest*, *Random Tree* y *KNN* tienen un desempeño similar a usar los 35 atributos. La efectividad para clasificar usando cinco atributos, es ligeramente menor a la presentada en la Tabla 1 donde se usan los 35 atributos. El único clasificador afectado considerablemente fue SMO de un 89.42% a un 61.05% de efectividad. En general, se observa que los atributos seleccionados por los algoritmos evaluadores mantienen una efectividad similar en la clasificación, con respecto al uso de todos los atributos de la base de datos. Los algoritmos *Random Tree*, *Random Forest*, *J48* y *el KNN* son los que mejor estabilidad presentan en las pruebas con los atributos seleccionados por diversos algoritmos evaluadores.

Tabla 4. Efectividad de la clasificación con atributos BF, RS y GS omitiendo el atributo edad.

Clasificador	% Efectividad BF	% Efectividad RS	% Efectividad GS
Random Forest	90.86	90.86	89.42
J48	89.42	89.90	89.42
Random Tree	90.86	90.86	89.42
Knn-1	90.86	90.86	89.42

Con el fin de verificar la importancia en la clasificación de los atributos de la Tabla 2, se realizaron pruebas de clasificación omitiendo alguno de ellos. Se encontró que únicamente al eliminar el atributo edad el impacto en la efectividad de clasificación fue mínimo, ver la Tabla 4. Se observa que al clasificar con los atributos BF y RS sin el atributo edad el impacto fue nulo. La clasificación que usa los cinco atributos GS es afectada de manera mínima; puesto que la cantidad de atributos es pequeña la eliminación de algún atributo puede afectar negativamente el desempeño de los clasificadores; en este caso impacta negativa y aproximadamente en 1.44%.

5 TENDENCIAS DE LOS ATRIBUTOS EN LA BASE DE DATOS

En esta sección se hace una revisión de las tendencias observadas en la base de datos. Se analizaron las cualidades compartidas por los que tienen la nota mínima de 6. Se analizaron tendencias de factores entre las cuatro clases de estudiantes, así como la comparativa de información perteneciente a dos grupos de estudiantes, aquellos que tienen nota de 8 o superior y aquellos que tienen nota inferior al 8.

5.1 ESTUDIANTES DE RENDIMIENTO MÍNIMO

Existen únicamente 8 de 208 encuestados (3.84%) que tienen la nota mínima de 6.0, teniendo las siguientes características en común:

- Consideran que es mejor conseguir un trabajo que seguir estudiando, esta forma de pensar está correlacionada con la nota mínima 6.0.
- Reciben acoso escolar (bullying): es conocido que el acoso escolar o bullying es uno de los factores que afecta el rendimiento escolar. Estudios al respecto afirman que existen mayores probabilidades de obtener bajos logros entre los estudiantes que han sido víctimas de bullying [9]; otros estudios afirman que la relación entre bullying y rendimiento escolar a través de un análisis multinivel, denota que aquellos estudiantes que reportaban ser víctimas de abuso por parte de sus compañeros obtenían inferiores rendimientos en matemáticas y lectura [10].
- Ninguno practica deporte: Se ha demostrado que los deportes y las actividades físicas elevan los niveles de alerta física y mental, aumentando la función intelectual de los participantes [11]. Por otro lado, en [12] se menciona que “La actividad física reduce el estrés, la ansiedad y la depresión, e incrementa el aprendizaje y la memoria; todos estos factores conducen a un estado óptimo de salud y a un mayor rendimiento académico”.
- Carencia de facilidad de palabra, en promedio las habilidades del habla están relacionadas con las intelectuales. Los estudiantes con nota mínima no cuentan con facilidad de palabra. Este hecho ha sido estudiado en [13], en este trabajo se afirma que “los déficits del procesamiento auditivo deben estar relacionados a dificultades académicas con la comprensión auditiva. Los estudiantes deben tener dificultades con la interpretación de lecturas, pobre entendimiento de instrucciones orales y del aprendizaje de una lengua foránea”; el sistema de procesamiento auditivo procesa la capacidad de percibir y analizar sonidos, así como producirlos oralmente.
- Ninguno tiene hermanos, son hijos únicos. En lo que respecta a esta tendencia de la base de datos experimental, no se han encontrado estudios relacionados.

En general, se observan factores que se encuentran relacionados o reflejan aspectos emocionales negativos del estudiante tales como: Acoso escolar, carencia de ejercicio y facilidad de palabra.

5.2 TENDENCIAS ENTRE CLASES DE ESTUDIANTES

En la base de datos experimental, se hallaron tendencias entre las cuatro clases de estudiantes, en atributos como: hobby, horas de tv y acoso escolar. En la Figura 1 se observa que la tendencia por el gusto a bailar está relacionada con la nota del estudiante. El rendimiento del estudiante es directamente proporcional al gusto por el hobby de bailar. La tesis de Spaeth sobre cultura escolar sostiene que “un modo de vida encaminado hacia la cultura desarrolla habilidades cognitivas, capacidades y gustos aumentan el rendimiento escolar, por tal motivo, animan y permiten al joven mejorar en su desarrollo escolar” [14]. Concretamente, en [15] se sostiene que “el aprendizaje y la retención de la información es más efectiva cuando niños están activos, escuchando y expresando ideas físicamente en el espacio”, en general se menciona la importancia de la danza en las escuelas.

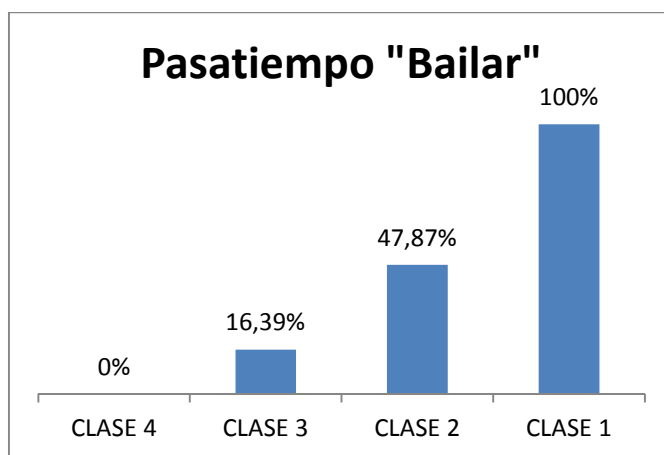


Figura 1. Tendencia del gusto por bailar

Los estudiantes de peor rendimiento ven en mayor porcentaje más de dos horas diarias TV, en contraste con los de mejor rendimiento, quienes reportaron ver diariamente menos de 2 horas de TV al día. El rendimiento del estudiante es inversamente proporcional al tiempo gastado en ver la TV, ver Figura 2. En la Figura 3 se observa la tendencia del acoso escolar entre las clases de estudiantes. El rendimiento académico es inversamente proporcional al acoso escolar. Estudiantes que tienen alto rendimiento tienen baja incidencia de acoso escolar, sin embargo, todos los estudiantes de bajo rendimiento reportaron recibir acoso escolar.

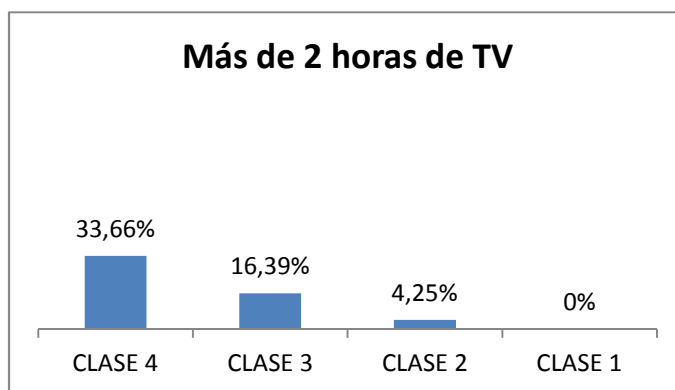


Figura 2. Tendencia de los estudiantes que ven más de do horas de TV

En el estudio realizado por Raychauduri se menciona que, “factores socioeconómicos como la asistencia a clases, ingreso familiar, nivel de educación de los padres, cercanía al profesor, profesores capacitados, sexo de los estudiantes y la distancia a la escuela, afectan el rendimiento de los estudiantes” [16]. En los resultados del presente trabajo se han encontrado

factores en común al estudio de *Raychaudhuri* como el costo para transportarse a la escuela y el nivel de educación de la madre, tal como se muestra en la Tabla 2.

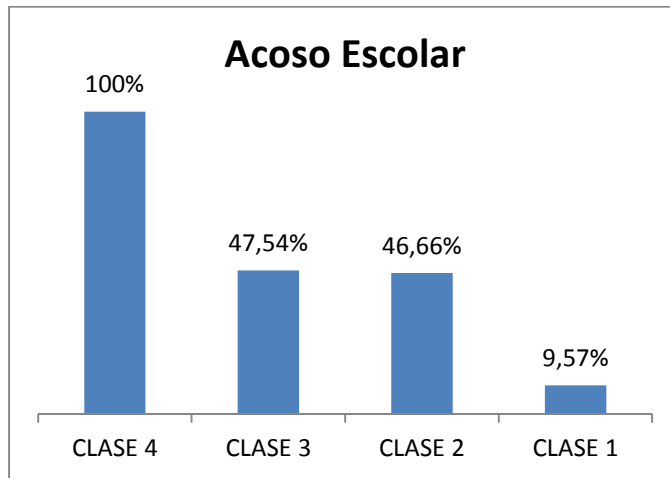


Figura 3. Tendencia del acoso escolar

5.3 TENDENCIAS ENTRE ESTUDIANTES DE ALTO Y BAJO RENDIMIENTO

En este análisis y con el fin de visualizar de una manera abstracta las tendencias entre los estudiantes, se discretizaron las cuatro clases existentes en sólo 2. Los estudiantes con promedio de 8.0 o superior integran en la clase “Alto rendimiento escolar”, y el resto en la clase “Bajo rendimiento escolar”. Las tendencias se observan gráficamente en la Figura 4, donde los porcentajes indicados no son necesariamente complementarios.

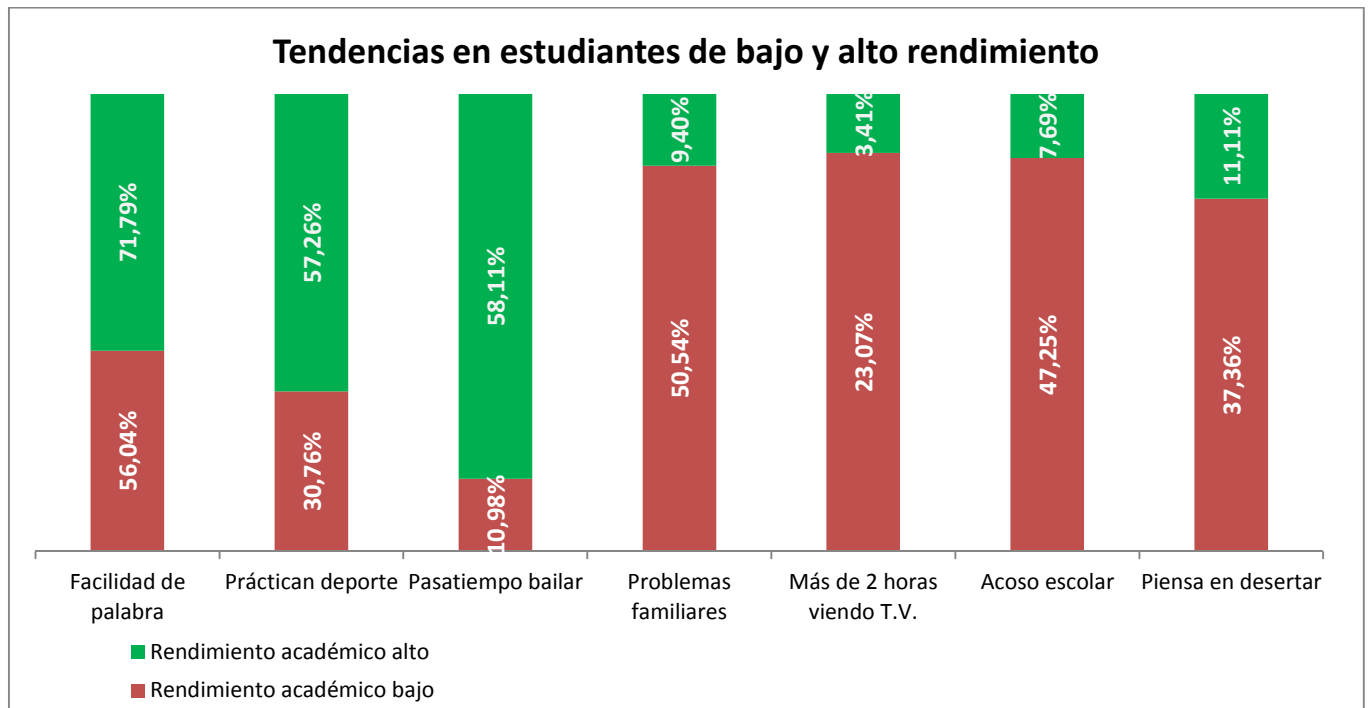


Figura 4. Tendencia del alto y bajo rendimiento académico.

La fluencia o facilidad de palabra, la práctica de deporte y el gusto por el baile son factores que predominan en los estudiantes de alto rendimiento. Por otro lado, los problemas familiares, el acoso escolar, ver la TV por más de 2 horas y deseos de dejar de estudiar son factores que predominan en los estudiantes de bajo rendimiento. En La barra correspondiente a *Piensa en desertar*, se ha considerado únicamente la opción 1. *Si deseo desertar, es mejor conseguirme un trabajo.*

6 DISCUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

De acuerdo los resultados obtenidos en esta investigación y de acuerdo a la información disponible en la base de datos experimental, se mencionan los factores y patrones observados. En este trabajo, fue posible determinar el rendimiento escolar basándose en información como: el hobby, horas diarias de TV, el importe que pagan de pasajes, los deseos de desertar, problemas familiares, grado de estudios de la mamá, el número de hijo en la familia y el número de libros que lee al año. La precisión de la clasificación fue similar con cada una de las tres combinaciones de atributos, mostradas en la Tabla 2Tabla 2, alcanzando un máximo de 90.86% de precisión. Es posible realizar una clasificación cercana a 90% usando únicamente el hobby, horas diarias de TV, el importe que pagan de pasajes y los deseos de desertar. Los atributos que presentan claramente tendencias entre las cuatro clases fueron: El acoso escolar (bullying), más de dos horas de ver la TV y el gusto por el pasatiempo (hobby) de bailar. Factores presentes en estudiante de bajo nivel, citados de mayor a menor impacto fueron: Más de dos horas diarias de ver TV, acoso escolar, problemas familiares y deseos de desertar. Existe una correlación entre el bajo rendimiento, el acoso escolar, los deseos de desertar y la falta de facilidad de palabra, esto de acuerdo a los estudios realizados sobre los estudiantes con el mínimo rendimiento. Los factores presentes en estudiantes de alto nivel fueron: La práctica de deporte, practicar el pasatiempo bailar y la facilidad de palabra.

Cómo trabajo futuro se incrementará el número de instancias en la base de datos así como la dimensionalidad de la misma, buscando abarcar más factores o actividades de los estudiantes. Se estudiará la aplicación y combinación de algoritmos evaluadores en varias fases, buscando obtener mejoras en el filtrado de atributos. Por otro lado, se buscarán reglas de asociación en la base de datos de alto soporte y confianza. Se compararán los resultados futuros y los obtenidos en este trabajo. Por último se recomienda para investigaciones relacionadas, no incluir atributos con información que obvie el rendimiento académico, tal como número de materias aprobadas, número de créditos asignados, calidad de la clase recibida, por citar algunos, ya que estos proveen directamente información del rendimiento del estudiante.

REFERENCIAS

- [1] ENLACE, «Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares,» 2014. [En línea]. Available: http://enlace.sep.gob.mx/content/ms/docs/2014/estadisticas_de_resultados/1.-NVL_DOM_NAC_2008-2014.xls. [Último acceso: 12 03 2015].
- [2] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática., «<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/asistencia.aspx?tema=P>,» INEGI, 2010. [En línea]. Available: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/asistencia.aspx?tema=P>. [Último acceso: 2015 12 03].
- [3] R. Baker, Data Mining for Education, E. B. a. B. M. Penelope Peterson, Ed., Pittsburgh, Pennsylvania: Elsevier Ltd., 2011, pp. 112-118.
- [4] M. A. Nahid H., «Analysis of factors that affect students' academic performance - Data Mining Approach,» *International Journal of advanced studies in Computer Science and Engineering*, pp. 1-4, 2014.
- [5] P. Cheewaprakobkit, «Study of Factors Analysis Affecting Academic Achievement of Undergraduate Students in International Program,» *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, vol. I, pp. 332-336, 2013.
- [6] R. C. V. S. Vera C., «Predicción del Fracaso Escolar mediante Técnicas de Minería de Datos,» *IEEE RITA*, pp. 109-117, 2012.
- [7] L. Medina y F. Martell, «“Evaluación Integral del rendimiento escolar en educación superior. Instrumentos de evaluación,» 1° Reunión Internacional de Veracruz Evaluación en Educación Media Superior y Superior, 2008.
- [8] I. e. a. Witten, Data Mining, Practical Learning Tools and Techniques., Morgan Kauffman Publishers, 2011.
- [9] G. e. a. Glew, «Bullying, psychosocial adjustment and academic performance in elementary school,» *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, vol. 159, nº 11, pp. 1026-1031, 2005.
- [10] C. e. a. Konishi, «Do school bullying and student-teacher relationships matter for academic achievement? A multilevel analysis,» *Canadian Journal of School Psychology*, vol. 25, nº 1, pp. 19-39, 2010.
- [11] A. Hills, «Scholastic and Intellectual Development and Sport,» *Sports and Children*, pp. 76-90, 1998.

- [12] R. Bailey, «Physical Education and Sport in Schools: A review of the Benefits and Outcomes,» *Journal of School Health*, vol. 76, nº 8, pp. 397-401, 2006.
- [13] R. e. a. Wagner, «Region 13, education service center,» Austin, 1999.
- [14] J. Spaeth, «Characteristics of the Works Settings and the Job as Determinants of Income,» *In Schooling and Achievement in American Society*, 1976.
- [15] D. J. Kaufmann K., *Dance Integrations: 36 Dance Lessons Plans for Science and Mathematics*, Montana: PA Hutchison Co., 2014.
- [16] e. a. Raychaudhuri, «Factors affecting Student's Academic Performance: A case study in Agartala municipal concial area,» *Bangladesh e-Journal of Sociology*, vol. 7, nº 2, 2010.

Un nouveau cas de sclérose en plaque chez une femme enceinte

[A new case of multiple sclerosis in a pregnant woman]

K. Benabdallah, I. Zoubairi, M. Jou, N. Zraidi, and A. Baydada

Service d'endoscopie gynécologique M1,
Maternité Souissi,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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: Multiple sclerosis is a demyelinating disease of the central nervous system, it begins in half of the cases in women of childbearing age. The influence of pregnancy on MS is difficult to assess because of the unpredictable evolution of the medium and long term illness. We offer an observation MS and pregnancy collated serving MII Maternity Souissi - Rabat and try to study in the light of the literature the course of pregnancy, childbirth and the evolution of the disease in the postpartum period.

KEYWORDS: multiple sclerosis; pregnancy.

RESUME: La sclérose en plaques est une affection démyélinisante du système nerveux central, elle débute dans la moitié des cas chez la femme en âge d'activité génitale. L'influence de la grossesse sur la SEP est difficile à apprécier du fait de l'évolution imprévisible de cette maladie à moyen et à long terme. Nous proposons une observation de SEP et grossesse colligée au service de Maternité MII Souissi - Rabat et essayons d'étudier à la lumière de la littérature le déroulement de la grossesse, l'accouchement et l'évolution de la maladie dans le post-partum.

MOTS-CLEFS: sclérose en plaque ; grossesse.

1 INTRODUCTION

La Sclérose en Plaques (SEP) est la maladie neurologique la plus fréquente chez l'adulte jeune dans les pays développés. Elle touche environ une personne sur mille avec une prédilection pour le sexe féminin. C'est donc typiquement une maladie de la femme jeune en âge de procréer. Le début de la Sclérose en Plaques étant habituellement en pleine période de projet de vie (20 à 35 ans) où la question de la grossesse survient rapidement.

Avant les années 50, la grossesse était considérée délétère pour les malades atteintes de SEP. Puis dans les dix années suivantes, elle ne semblait plus influencer l'évolution de la maladie. Les études plus récentes semblent dans l'ensemble plutôt rassurantes sur les relations grossesse et Sclérose en Plaques. [1]

2 OBSERVATION

- Mme AB âgée de 31ans est suivie pour SEP depuis décembre 1998. Troisième geste, deuxième pare, les deux grossesses se sont déroulées sans problème .L'épisode initial de la maladie neurologique est marquée par une baisse brutal de l'acuité visuelle à droite accompagnée de monoparesie et de fourmillements du membre inférieure droit. L'examen

ophtalmologique objective une cécité monoculaire droite par névrite optique retrobulbaire avec présence de dyschromatopsie, les potentiels évoqués visuels sont abolis des deux côtés.

- **L'examen neurologique** était sans particularités mises à part une vivacité des réflexes rotuliennes (pas de troubles moteurs, ni sensitifs ni de coordination, ni sphinctériens, les paires crâniennes sont indemnes).
- **Un bilan biologique** initial montre à la ponction lombaire un liquide clair eau de roche : hypoalbuminorrhachie à 0,1 Ig/l, glucorrhachie à 0,85g/l, chlorures à 122 meq/l, 2globules blancs /mm³. L'examen direct du LCR est négatif avec absence de tréponèmes même après culture. La sérologie syphilitique est négative, le latex waler Rose à 6ui/l, la Vitesse de sédimentation à 2 mm la première heure. L'IRM initiale du crâne et du rachis cervical est normale. La patiente est stabilisée sous corticothérapie et a pu récupérer la vision de l'oeil droit.
- La patiente nous est confiée pour un suivi de sa grossesse à 11-12 semaines d'aménorrhée. L'examen à l'admission retrouve une patiente en bon état général, ne présentant aucun trouble neurologique, ni visuel, le bilan biologique prénatal (NFS, Ionogramme sanguin, VDRL, TPHA sérologie de la toxoplasmose, sérologie de la rubéole, ECBU) est sans particularités.
- La patiente est revue au deuxième trimestre de sa grossesse. L'examen clinique est normal. Le bilan biologique est sans particularités. Une échographie obstétricale morphologique montre une GMFE de 22-23 SA. La patiente est revue à 38 SA : l'examen clinique est normal une échographie obstétricale objective une macrosomie foetale avec présentation de siège. L'indication de la césarienne s'impose ; Ce qui a permis l'extraction, d'un nouveau-né de sexe masculin, d'apgar 10/10 et de poids 4 kg 800. La césarienne est faite sous anesthésie générale vu la contre-indication de la rachianesthésie chez cette patiente.
- **Dans le post-partum**, la patiente a présenté à **j1** des lombalgies avec douleurs irradiant au membre inférieur droit à type de sciatgies. L'examen neurologique révèle une parésie à réflexes ostéotendineux (ROT) vifs aux membres inférieurs. Un traitement à base d'hémisuccinate d'hydrocortisone est prescrit.
- À partir de **j3**, on note une récupération progressive de la motricité. Mais à **j17**, la patiente accuse une lourdeur du membre inférieur droit, l'examen neurologique met en évidence une diminution de la force musculaire segmentaire au niveau de l'hémicorps droit avec conservation de la force musculaire globale, la malade ne tient pas le Barré-Mangazzini du côté droit avec un tremblement d'attitude des deux côtés et présence de troubles de la coordination à la manoeuvre doigt-nez surtout à droite. L'examen ophtalmologique révèle une dégradation de l'acuité visuelle avec présence d'un nystagmus horizontal à segment antérieur normal au niveau des deux yeux
- A **j26** la patiente accuse une lourdeur aux deux membres supérieurs avec difficulté à la marche l'examen neurologique révèle l'installation d'une tétra parésie à ROT) vifs aux quatre membres, hypertonie musculaire généralisée. Une PL faite montre une hyperalbuminorrhachie à 2,1g/l, glucorrhachie à 0,8 g/l, chlorure à 139 meq/l, moins de 1 GB/mm³, tréponèmes négatifs dans le LCR, TPHA et VDRL négatifs. L'électrophorèse des protides montre une hypergammaglobulinémie dans le LCR avec hypoalbuminémie dans le sang. Une IRM cérébrale et médullaire faite à la sixième semaines du post-partum (voir figure ci-jointe) met en évidence des hyper signaux T2 longitudinaux, de C2 à C7 désorganisant la structure cordonale, ils n'ont pas d'équivalents en T1 et ne se rehaussent pas après injection, de Gadolinium en IV. Ces hyper signaux T2 médullaires évoquant un processus démyélinisant de SEP compte tenu des données signalées.
- La patiente est mise sous bolus de solumedrol pendant 6 jours à raison de 1g dans 500cc de sérum glucosé isotonique / jours puis relai par Prédnisone à raison de 3 comprimés/j en une seule prise.
- La patiente évolue bien sous ce traitement. Avec régression de la tétra parésie à partir de la 8ème semaine du post partum. Cependant on note des troubles de la vision et de la marche.

3 DISCUSSION

La sclérose en plaque se définit par l'existence de zones de démyélinisation multiples disséminées dans la substance blanche du système nerveux central.

Se révèlent le plus souvent entre l'âge de 20 et 35 ans, la SEP semble plus fréquente chez la femme que chez l'homme.

Cliniquement la maladie se caractérise par des poussées et des rémissions parfois prolongées. Son tableau clinique est polymorphe. Il associe des troubles de la vision à un nystagmus une dysarthrie, des troubles de la statique et de la sensibilité vibratoire, des troubles vésicaux, une paraplégie, des troubles de l'humeur.

Souvent la SEP évolue par poussées entrecoupées de rémissions mais environ un cas sur deux l'affection se présente comme une maladie ayant une évolution déficitaire permanente ou partiellement régressive.

- **Influence de la grossesse sur la SEP :**

Les auteurs contre-indiquent la grossesse en cas de SEP jusqu'où d'autres définissent "l'année-grossesse" comme la durée de la gestation et les trois mois du post-partum [2]. Le risque et la fréquence des poussées dans l'année grossesse et dans la période qui entoure l'accouchement ont été particulièrement étudiées. La majorité des poussées observées surviennent au cours des six premiers mois du post-partum ; et la grossesse elle-même est une période de relative stabilité pour la SEP [2].

Dans notre cas, la maladie neurologique est stable au cours des trois trimestres de la grossesse avec l'apparition d'une poussée dans le post-partum immédiat et une aggravation progressive des signes neurologiques pendant les deux premiers mois du post-partum

La fréquence des poussées tend habituellement à diminuer avec la durée de la maladie. Ces résultats ont été retrouvés dans l'étude plus récente de Confavreux et indiquent que la survenue de grossesses ne joue pas de rôle aggravant dans l'évolutivité générale de la SEP [3].

Pour Taylor la grossesse aurait un rôle "anticipateur" en avançant la date d'une poussée. Elle pourrait à l'opposé repousser la survenue d'une poussée "prévisible". Le mécanisme de survenue des poussées du post-partum est mal connu. Les rôles de la fatigue physique, du stress émotionnel occasionnés par l'accouchement, de la chute de la progestérone, de l'alpha foetoprotéine ont été avancés mais ne sont pas fondés sur des arguments épidémiologiques [4].

L'intervention de modifications immunitaires induites par la grossesse est plus séduisante.

- **Influence de la SEP sur la grossesse :**

La maladie neurologique est sans effet notable sur le déroulement de la grossesse et de l'accouchement. Le taux d'avortements spontanés chez les patientes est analogue à celui de la population générale. Les complications gravidiques (vomissements, mort foetale in utero, accouchement prématuré syndrome toxémique) ne sont pas plus fréquents. Le travail se déroule normalement la fréquence des dystocies (forceps, césarienne) n'est pas accrue [5].

La fréquence et le type de malformations congénitales sont inchangés après le début de la maladie les nouveaux-nés sont de poids et de périmètres crâniens normaux.

Cependant la fréquence des aggravations (poussée ou aggravation progressive) n'est pas plus grande en cas d'allaitement [5].

Dans notre expérience la patiente n'a pas de complications gravidiques et le suivi est sans particularités au cours des trois trimestres de la grossesse à l'exception de la naissance d'un nouveau-né macrosome.

- **Pronostic fonctionnel :**

Le pronostic à long terme ne paraît pas être modifié par la survenue de grossesse. Une indication indirecte est fournie par l'absence de différence de pronostic entre les deux sexes, à l'âge de début et ancienneté de la maladie comparable.

Roullet évalue l'handicap fonctionnel chez 1252 patientes classées en trois groupes d'invalidité croissante : un nombre plus faible de célibataires et un nombre accru de patientes mariées avec enfants est observé dans le groupe d'invalidité faible, des pourcentages inverses sont notés dans le groupe des patientes décédées de l'évolution de leur maladie neurologique. Cependant ceci ne peut être interprété comme l'indice d'un meilleur pronostic lié aux grossesses car l'âge de début et l'ancienneté de l'évolution de la SEP ne sont analogues dans les trois groupes [6].

Rummarker constate que les femmes dont la maladie a débuté après une première grossesse (idem notre cas) ont un handicap fonctionnel accru par rapport à celles qui n'ont jamais eu de grossesse, mais la différence entre les deux groupes n'est pas significative. Des chiffres analogues sont retrouvés par Confavreux chez 181 patientes [6].

Dans l'étude de Ghezzi, la pente annuelle moyenne d'aggravation de l'handicap fonctionnel est identique que la patiente ait eu ou non des grossesses, que celles-ci soient survenues avant et / ou après le début de la SEP [7]

Le type, la sévérité et les séquelles éventuelles des poussées liées aux grossesses n'ont jamais été précisés et rien ne permet de les évaluer.

4 CONCLUSION

En définitive, la grossesse chez une patiente atteinte de SEP est considérée par la plupart des auteurs comme une période de relative stabilité pour la maladie. Alors que le post-partum voit le nombre de poussée s'accroître.

Le déroulement de la grossesse, de l'accouchement, l'évolutivité générale de la maladie neurologique à long-terme ne semblent pas modifiés par l'association grossesse SEP.

REFERENCES

- [1] Sandra Vukusic, Christian Confavreux Natural history of multiple sclerosis *La Presse Médicale, Volume 39, Issue 3, March 2010, Pages 359-362*
- [2] Christian Confavreux Sandra Vukusic New frontiers in multiple sclerosis *La Presse Médicale, Volume 37, Issue 1, Part 2, January 2008, Pages 77-79*
- [3] Christian Confavreux, Sandra Vukusic The Clinical Epidemiology of Multiple Sclerosis *Neuroimaging Clinics of North America, Volume 18, Issue 4, November 2008, Pages 589-622*
- [4] Nicola M. Kayes, Philip J. Schluter, Kathryn M. McPherson, Marta Leete, Grant Mawston, Denise Taylor Exploring Actical Accelerometers as an Objective Measure of Physical Activity in People With Multiple sclerosis, *Volume 90, Issue 4, April 2009, Pages 594-601*
- [5] Maija Saraste, Saara Väisänen, Anna Alanen, Laura Airas, Clinical and immunologic evaluation of women with multiple sclerosis during and after pregnancy *Gender Medicine, Volume 4, Issue 1, March 2007, Pages 45-55*
- [6] E Rouillet, M-H Verdier-Taillefer, S Caillat-Zucman, The French MS Collaborative Study Group Multiple sclerosis with early onset (EOMS) : A case-control study *Journal of Neuroimmunology, Volumes 56-63, Supplement 1, 1995, Page 72*
- [7] Luigi Raio, Fabio Ghezzi, Edoardo Di Naro, Massimo Franchi, Daniele Bolla, Henning Schneider: functional outcome of multiple sclerosis *Obstetrics & Gynecology, Volume 100, Issue 2, August 2002, Pages 311-316.*

Le pass-through du taux de change au prix à l'importation : cas de pays en voie de développement

[The exchange rate pass-through to import prices: A panel evidence from developing countries]

Jaouad GHARDACH

Département des Sciences économiques,
Université Mohammed V Agdal,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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 working paper aims to examine theoretically and empirically the long run relationship of the exchange rate pass-through to import prices. Using a heterogeneous panel approach to estimate the ERPT for four developing countries. Our methodology consists of no stationary panel estimation and a cointegration test, our results show that the ERPT in developing countries has a heterogeneous character.

KEYWORDS: International trade, Nominal Effective exchange rate, Panel cointégration, heterogeneous panel, Test de racine unitaire.

RESUME: Le présent travail a pour objectif d'examiner théoriquement et empiriquement la relation de long terme du pass-through du taux de change vers les prix à l'importation. En utilisant une approche en panel hétérogènes afin d'estimer le pass-through du taux de change pour 4 pays en voie de développement. Notre méthodologie consiste à une estimation en panel non stationnaire et en testant la coïntégration, nos résultats montrent que le pass-through du taux de change dans les pays en voie de développement a un caractère hétérogène.

MOTS-CLEFS: Commerce International, Taux de Change Nominal, Coïntégration-panel, panel hétérogène, Unit root test.

1 INTRODUCTION

Les variations du taux de change revêtent une importance toute particulière pour des petites économies tournées vers l'extérieur. On sait que les idées dominantes sur le "meilleur régime de change" ont beaucoup évolué depuis la fin de Bretton Woods : mouvement en faveur de l'adoption de régimes de taux de change flexible dans les années 70, puis dans les années 80, mouvement en faveur d'une gestion plus active des taux de change et vers des monnaies uniques. Si ces fluctuations de la pensée peuvent être attribuées en partie à des modes, elles révèlent également la complexité et la richesse inépuisable du sujet (Calvo et Reinhart, 2002).

La dynamique d'intégration à l'économie mondiale a été à l'origine d'un renouvellement de la littérature sur la performance des régimes de change et plus précisément du lien entre le taux de change et les prix.

Comment les prix réagissent aux mouvements du taux de change ? Les suivent-ils totalement ou partiellement ? Et dans quel délai ?

Les études qui traitent de ces questions ont nommé ces rapports « *le pass-through du taux de change* », définie comme étant la variation en pourcentage du prix à l'importation (libellé en monnaie domestique) suite à une variation de 1% du taux de change bilatéral entre le pays importateur et le pays exportateur. Un pass-through complet se produit lorsqu'une appréciation (ou dépréciation) en termes de pourcentage d'une devise étrangère entraîne une augmentation (ou diminution) d'un pourcentage égal du prix du bien importé (en devise du pays destinataire).

De même pour le pass-through incomplet ou partiel qui se produit lorsque la réaction du prix est inférieure au pourcentage donné par le taux de change. Il faut noter à ce niveau que cette action résulte d'un comportement stratégique dit *pricing-to-market* (PTM).

Le présent travail est une contribution à l'analyse du pass-through du taux de change aux prix à l'importation pour des pays en voie de développement. L'idée dominante c'est que les particularités économiques de ces pays sont en pratique similaires.

C'est vrai que la plupart des économies en développement est fortement dépendant au commerce international, mais elles restent toutefois en position de non maîtrise des parts de marché du fait qu'elles sont en général des preneurs de prix « price taker ».

Rajoutant à cela la faible part qu'occupe l'activité industrielle dans l'économie de ces pays, ce qui les rend subordonnés aux importations en provenance des pays industrialisés.

À part ces similitudes, on est intéressé à analyser la nature de la dynamique de long terme du pass-through du taux de change aux prix à l'importation, et plus précisément, on cherche à savoir si cette relation de long terme est similaire pour tous les pays en voie de développement, du moment que l'on peut croire que le pass-through doit être complet à long terme en raison de l'ajustement graduel et complet des prix, car les rigidités des prix sont généralement un phénomène de court terme.

Il est important de mesurer le degré du pass-through et d'évaluer sa dynamique dans le temps, car il constitue un élément central dans la formulation de la conduite de la politique monétaire (Mishkin 2008 ; Edwards 2006 et Gagnon & Ihrig 2004).

Ce travail est organisé comme suit, la première section est une revue de littérature théorique sur le pass-through du taux de change et ses déterminants, en plus, elle résume certaines des études empiriques. La deuxième section discute le cadre analytique et décrit les données utilisées dans le modèle. La troisième section décrit et applique l'approche de Pesaran, Shin et Smith (2000) pour le cas de l'Égypte ; le Maroc ; la Tunisie et la Turquie

2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LE PASS-THROUGH DU TAUX DE CHANGE

2.1 REVUE DE LITTÉRATURE THÉORIQUE

L'intérêt qu'a suscité le sujet du pass-through du taux de change au cours des années 80 a donné naissance à une large littérature théorique sur ce mécanisme de transmission.

En commençant par Engel (2003), deux branches peuvent être distinguées. La première se focalise sur la production industrielle et la nature de son équilibre partiel. Dans un cadre de concurrence imparfaite, les entreprises sont capables de segmenter le marché en distinguant entre marché local et extérieur et ajustent les prix de manière instantanée. Cette littérature est souvent appelée « pricing to market » PTM.

La deuxième branche de littérature s'intéresse à l'équilibre général et se focalise sur les rigidités nominales. L'idée c'est que les prix sont fixés à l'avance, soit en monnaie locale (Local currency pricing ; LCP), soit en monnaie du producteur (producer currency pricing ; PCP).

L'élément clés de la littérature théorique concerne les déterminants spécifiques au marché du pass-through. Le degré du pass-through du taux de change qui caractérise une économie donnée doit être considéré comme le résultat d'une combinaison de facteurs micros et macroéconomiques. Ceci a été la motivation de plusieurs travaux qui ont essayé d'endogénéiser le pass-through du taux de change (ERPT). La première contribution revient à Froot et Klemperer (1989) qui ont mis l'accent sur l'importance des parts du marché dans la détermination du degré du pass-through. Les parts actuelles du marché influencent la demande future, et la réaction des exportateurs étrangers suite à une appréciation de la monnaie locale dépendrait de la façon dont cette appréciation sera perçue, transitoire ou permanente. Si cette appréciation est perçue comme étant un phénomène transitoire, les exportateurs préféreront de ne pas ajuster les prix de telle sorte à ne pas engager les profits futurs.

L'analyse des comportements de fixation des prix dans un cadre de segmentation des marchés avec fluctuation des taux de change nominaux montre qu'au niveau du produit, les comportements PTM sont influencés par de nombreux facteurs microéconomiques. Dans un cadre statique, les stratégies PTM peuvent être considérées comme un arbitrage des firmes exportatrices entre un risque de demande et un risque de marge. Si la firme n'ajuste pas son taux de marge aux variations de change, celles-ci sont répercutées sur le prix de vente en monnaie du pays importateur et entraînent une modification du niveau de la demande. Au contraire si la firme choisit de maintenir les prix en monnaie locale, les fluctuations de change modifient sa marge ex-post. Cette représentation de la réaction stratégique aux variations de change est valable que la firme fixe ses prix dans sa propre monnaie ou directement dans la monnaie de l'importateur.

Cet arbitrage conduit à un pass-through qui varie entre 0 et 1, la part des fluctuations de change absorbée par la firme étant fonction du risque de demande perçu : plus la demande du pays étranger est sensible aux variations de prix en monnaie locale, plus la firme est incitée à lisser l'effet sur les prix des variations de change en ajustant son taux de marge. De telles stratégies dites de PTM sont donc a priori plus probables en direction de marchés sur lesquels les pressions concurrentielles sont renforcées par la forte substituabilité des produits vendus ou le grand nombre de concurrents locaux.

En outre, la réaction des firmes aux mouvements de change est influencée par la structure concurrentielle du marché sur lequel elle se positionne. Ainsi, en concurrence oligopolistique, la volonté de la firme de maintenir sa part de marché est un motif supplémentaire la conduisant à adopter une stratégie de PTM. La relation entre l'intensité du PTM et la part de marché de la firme est cependant ambiguë. A partir d'une part de marché faible, une hausse marginale du pouvoir de monopole de la firme lui permet d'absorber une proportion plus importante des mouvements de change par des ajustements de marge, ce qui implique plus de PTM et un pass-through plus faible. Dans certains cas, l'exportateur peut même être amené à surcompenser l'effet direct du change sur les prix à l'importation de façon à gagner des parts de marché à l'étranger : dans ce cas, le coefficient de PTM est supérieur à 1 et le pass-through sera négatif. Une telle stratégie est rationnelle si la firme cherche à gagner des parts de marché dans le pays importateur de façon à augmenter son pouvoir de monopole futur. En revanche, au-delà d'un certain seuil, le pouvoir de marché de la firme est tel que sa propension au lissage de l'effet de change sur les prix en monnaie locale diminue.

L'importance de la persistance perçue de ces fluctuations du taux de change a été reprise par Taylor (2000). Les entreprises locales face à une dépréciation résultant une augmentation des prix, elles ajustent les prix dans la mesure où cette augmentation des prix soit perçue comme permanente. Et plus les prix sont stables, moins l'augmentation sera considérée comme persistante. L'ajustement des prix des producteurs et consommateurs suite à une dépréciation dépend aussi du degré d'ouverture de l'économie. Et plus l'économie est ouverte, plus la part des biens importés est importante dans l'indice des prix à la consommation (IPC), de même pour les biens intermédiaires qui sont incorporés dans la production finale.

L'importance du degré d'ouverture des économies a été soulignée par Goldfajn et Werlang (2000). Bacchetta et Van Wincoop (2005) ont introduit une nouvelle façon d'étudier le mécanisme du pass-through. Leur tentative d'endogénéisation du pass-through du taux de change repose sur sa liaison directement à la décision du choix de devise de facturation. En supposant que les exportateurs fixent leurs prix à l'avance, le pass-through du taux de change dépendra donc de cette décision prise : si tous les exportateurs, pour un pays donné choisissent le PCP, on assistera alors à un pass-through complet vers les prix à l'importation pour ce pays. Contrairement si les exportateurs fixent leurs prix en devise du pays destinataire, le pass-through sera dans ce cas nul. C'est pour ces raisons qu'ils ont développé un modèle pour expliquer la décision du choix de la devise de facturation. Leur conclusion, c'est que chaque décision peut dépendre des pressions de compétitivité auxquelles ces entreprises font face, comme il est suggéré dans le modèle d'oligopole de Cournot par Dornbush (1987).

Les exportateurs pour un pays donné sont plus susceptibles à choisir le PCP, si leurs parts de marché dans le pays de destination sont plus importantes.

Devreux et Engel (2000), Devreux, Engel et Storgaard (2004) ont mis l'accent sur l'importance de la position de la politique monétaire comme déterminant derrière une telle décision : les exportateurs pourraient préférer le PCP au LCP, si la politique monétaire dans le pays de destination est instable.

Chang et Lapan (2003) ont développé un modèle de duopole avec deux exportateurs de deux pays différents et qui se concurrencent sur un marché local. Suite à une variabilité suffisamment élevée du taux de change, ces exportateurs vont choisir d'ajuster les prix comme réponse à ces fluctuations du taux de change.

Corsetti et Pesenti (2004) proposent un modèle d'équilibre général dans lequel la relation entre la devise de facturation et la volatilité du taux de change est caractérisée par l'existence de plusieurs équilibres : lorsque les fluctuations du taux de change sont faibles, le LCP serait plus attractif pour les exportateurs et s'ils choisissent de le pratiquer, les autorités monétaires auront plus d'intérêt à maintenir la volatilité du taux de change faible, à l'opposé si la volatilité du taux de change

est élevée, les entreprises seront donc ramenées à choisir le PCP et les autorités monétaires auront plus d'intérêt à passer vers un régime de change flexible.

Dans un régime de taux de change flexible, une faible transmission des variations du taux de change aux prix peut contribuer à stabiliser la production et l'inflation. Devreux (2001) montre que dans une petite économie ouverte présentant un degré élevé de transmission des variations du taux de change au prix, l'arbitrage entre la volatilité de la production (ou de la consommation) et la volatilité de l'inflation est prononcée quelle que soit la règle de politique monétaire. Une politique qui cherche à stabiliser la production engendre une volatilité élevée du taux de change et, partant, une volatilité marquée de l'inflation. Mais si les variations du taux de change ne se répercutent que lentement sur l'inflation, cet arbitrage est beaucoup moins prononcé. Un régime de change flottant peut stabiliser la production sans entraîner une forte volatilité de l'inflation. C'est pourquoi un degré faible du pass-through pourrait apporter plus de souplesse dans la conduite d'une politique monétaire indépendante et faciliter la mise en place d'un régime de ciblage d'inflation, Choudhri et Hakura (2001).

2.2 REVUE DE LITTÉRATURE EMPIRIQUE

La montée considérable de la littérature théorique a été accompagnée par différentes publications d'études empiriques. La première génération de travaux empiriques concernait l'estimation du pass-through du taux de change en utilisant la méthode économétrique la plus simple (MCO). Ces contributions ont été cependant fortement critiquées à cause de la faible attention donnée aux données (non stationnarité des séries chronologiques).

Et comme réaction, il y avait la poussée d'une seconde génération de modèles qui ont essayé de prendre en considération ces critiques. Goldfajn et Werlang (2000), Gagnon et Ihrig (2004), Campa et Goldberg (2002).

Même si ces modèles diffèrent dans la façon dont ils sont spécifiés et estimés, ils avaient en commun la même technique d'estimation. En effet, ils relient dans un modèle uni-varié dans lequel l'indice d'inflation est régressé sur la valeur présente et passée de variation du taux de change et autres variables explicatives.

Et plus récemment, d'autres travaux sont apparus et qui utilisent une technique alternative aux modèles uni-variés à savoir « les modèles VAR ». Par exemples Mc Carthy (2000), Choudhri, Faruquee, et Hakura (2002), Belaisch (2003), et Hahn (2003).

Comparés aux modèles VAR, les modèles uni-variés ont l'avantage d'être moins sophistiqués et demandent moins de temps. Donc, il n'est pas étonnant que les études qui adoptent cette technique travaillent avec un large ensemble de pays que les études qui utilisent les modèles VAR. Ça leur permet d'obtenir une évidence sur le PT entre pays à travers lequel il est nécessaire d'engager une analyse des facteurs qui déterminent les différences entre pays de l'ERPT.

Plusieurs articles s'intéressent aux déterminants du PT de type macroéconomique, Taylor (2000), explique la baisse tendancielle du PT par la stabilisation du taux d'inflation. Son argument c'est que la stabilité des prix rend les marchés plus transparents, ce qui facilite les comportements d'arbitrage et renforce l'incitation à adopter des stratégies de PTM.

La littérature empirique sur le PT incomplet met en évidence des écarts importants entre pays de niveau de développement différent. Goldfajn et Werlang (2000) ont trouvé que le coefficient du PT est d'autant plus élevé que l'horizon temporel de référence est lui-même éloigné. Pour l'ensemble des pays de l'échantillon, il atteint son maximum au bout de 12 mois. Cependant il existe des disparités significatives entre les pays (voir tableau1)

Tableau1. Coefficients de PT par catégorie de pays (1980-1998)

Mois	Pays développés	Pays émergents	Autres pays en développement	Pays OCDE	Pays non OCDE
6	0,245	0,394	0,340	0,113	0,471
12	0,605	0,912	0,506	0,188	0,754

*Source : Goldfajn et Werlang (2000)

Burstein, Eichenbaum et Rebelo (2005) ont étudié la dépréciation du taux de change réel qui a pris place après importantes périodes de dévaluations : Argentine (2002) ; Brésil (1997) ; Mexique (1994) ; et Thaïlande (1997), et concluent que le motif derrière ces dévaluations est la rigidité des prix des biens échangeables et des services.

Coulibaly et Kempf (2010) ont examiné l'impact de l'adoption du ciblage d'inflation sur le PT du taux de change pour 27 émergent (dont 15 cibles d'inflation et 12 non cibles). Leur conclusion, c'est que l'adoption du ciblage d'inflation dans les

pays émergents a permis de réduire le PT du taux de change sur divers prix (prix à l'importation, prix à la production et prix à la consommation).

Michele Ca Zorzi, Elke Hahn et Marcelo Sánchez (2007) ont examiné le degré du PT pour 12 pays émergents de l'Asie ; l'Europe Centrale et de l'Est ; et de l'Amérique Latine dans un modèle VAR. Le résultat c'est que le PT du taux de change au prix à l'importation, et ceux à la consommation est toujours élevé dans les pays émergents comparés aux pays développés. De même il existe une relation positive entre le degré du PT et l'inflation en excluant deux pays de l'échantillon à savoir la Turquie et l'Argentine.

Bouakez et Rebei (2008) ont fait recours à un modèle structurel d'équilibre général dynamique (DSGE) pour estimer le degré de pass-through au Canada. Ils constatent que le PT du taux de change aux prix canadiens à l'importation est resté assez stable, mais son effet sur les prix à la consommation a baissé ces dernières années. L'adoption d'un régime de ciblage d'inflation au Canada est la principale raison de la baisse du pass-through du taux de change. Ce qui appui les hypothèses de Taylor.

3 CADRE ANALYTIQUE ET DESCRIPTION DES DONNEES

3.1 EQUATION DU PASS-THROUGH

Notre approche consiste à utiliser la spécification standard utilisée dans la littérature sur le PT comme point de départ, Goldberg & Knetter (1997) et Campa & Goldberg (2005). Par définition, les prix à l'importation, $MP_{i,t}$ pour tout pays i sont une transformation des prix à l'export, $XP_{i,t}$ des partenaires commerciaux du pays, en utilisant le taux de change nominal $NEER_{i,t}$.

$$MP_{i,t} = NEER_{i,t} \cdot XP_{i,t} \quad (1)$$

A l'aide de lettres minuscules, on réécrit l'équation (1) en utilisant le Logarithme :

$$mp_{i,t} = neer_{i,t} + xp_{i,t} \quad (2)$$

Ainsi le prix à l'export, comporte le coût marginal, $MC_{i,t}$, et la marge bénéficiaire, $MKUP_{i,t}$ des exportateurs.

$$XP_{i,t} = MC_{i,t} \cdot MKUP_{i,t} \quad (3)$$

En Logarithme, on aura :

$$xp_{i,t} = mc_{i,t} + mkup_{i,t} \quad (4)$$

Alors, on peut réécrire l'équation (2) comme suit :

$$mp_{i,t} = neer_{i,t} + mc_{i,t} + mkup_{i,t} \quad (5)$$

La marge est supposée avoir deux composantes :

- (i) Une composante spécifique à l'industrie, et
- (ii) Une réaction aux fluctuations du taux de change.

$$mkup_{i,t} = \alpha_i + \varphi_{i,t} \quad (6)$$

Le coût marginal d'un exportateur est fonction des conditions de la demande sur le marché destinataire $y_{i,t}$ et des salaires dans le pays exportateur $w_{i,t}$.

$$mc_{i,t} = \eta_0 y_{i,t} + \eta_1 w_{i,t} \quad (7)$$

En substituant (6) et (7) en (5), on aura :

$$mp_{i,t} = \alpha_i + (1 + \varphi) \cdot neer_{i,t} + \eta_0 y_{i,t} + \eta_1 w_{i,t}$$

Avec $\beta = (1 + \varphi)$

Cette structure suppose traduire l'unité des mouvements du taux de change. Cette configuration empirique permet au pass-through du taux de change, représenté par $\beta = (1 + \varphi)$ de dépendre de la structure concurrentielle dans une industrie. Les exportateurs pour un produit donné peuvent décider d'absorber certaines des variations du taux de change, plutôt que

de les imputer au prix (en monnaie du pays importateur). Donc si $\varphi = 0$, le PT sera complet et leurs marges ne dépendront pas des fluctuations du taux de change (PCP est dominant). Et si $\varphi = 1$, les exportateurs décideront donc de ne pas laisser les prix varier (en monnaie du pays importateur) (LCP est dominant).

Par la suite l'équation finale peut être réécrite comme suit :

$$mp_{i,t} = \alpha_i + \beta neer_{i,t} + \lambda y_{i,t} + \delta w_{i,t} \quad (9)$$

Le résultat le plus répandu est la situation intermédiaire où le PT du taux de change est incomplet (mais différent de zéro) résultant de la combinaison entre le LCP et le PCP dans une économie. Donc, il y a une fraction des prix à l'importation qui est fixé en monnaie locale, tandis que la part restante est fixée en monnaie étrangère. Par conséquent, la mesure dans laquelle les mouvements du taux de change sont transmis au prix domestiques est la prédominance du LCP ou PCP : plus la part du LCP est importante, plus ERPT sera faible, au contraire si la part du PCP est importante, l'ERPT sera élevé.

3.2 DESCRIPTION DES DONNEES

Dans notre étude, nous considérons un panel composé de 4 pays en voie de développement : Egypte, Maroc, Tunisie, et Turquie. Les données sont annuelles et couvrent la période 1983-2013. On utilise l'indice des prix à l'importation, $mp_{i,t}$, le PIB réel comme proxy de la demande locale, $y_{i,t}$.

Pour mesurer les mouvements des coûts pour le producteur étranger, $FPC_{i,t}$, qui exporte sa production vers un marché local, on utilisera la même variable proxy utilisée par Bailliu & Fujii (2004) et qui est représentée comme suit :

$$FPC_{i,t} = REER_{i,t} \cdot \frac{ULC_{i,t}}{NEER_{i,t}} \quad (10)$$

$NEER_{i,t}$, est le taux de change effectif nominal (monnaie locale par unité de monnaie étrangère), $ULC_{i,t}$, est le coût unitaire du travail local, $REER_{i,t}$, est le taux de change effectif réel.

En raison de la non disponibilité des données pour tous les pays de notre échantillon, on rejoint Campa & Goldberg (2005), en utilisant l'indice des prix à la consommation, $cpi_{i,t}$, pour capturer les changements dans les coûts de production, sous l'hypothèse que les prix varient en général avec les mouvements des salaires. En Log linéarisant l'équation (10), on aura :

$$fpc_{i,t} = reer_{i,t} + cpi_{i,t} - neer_{i,t} \quad (11)$$

Etant donné que le taux de change effectif nominal et celui réel sont pondérés par rapport aux échanges commerciaux. Cela nous donne une mesure des coûts des partenaires commerciaux (tous les partenaires du pays importateur), avec une pondération par rapport au poids des partenaires dans les échanges commerciaux avec le pays importateur.

Les variables utilisées pour construire cette variable proxy (coût du producteur étranger) sont : le taux de change effectif nominal ; le taux de change effectif réel ; et l'indice des prix à la consommation. L'ensemble des données utilisées dans ce travail sont issues des bases de données statistiques du Fond Monétaire International (IFS), et de la Banque Mondiale.

4 METHODOLOGIE EMPIRIQUE

4.1 TEST DE RACINE UNITAIRE

Avant de tester la relation de cointégration, on va étudier la stationnarité des variables, comprises dans l'équation (9). S'agissant de données en panel, on utilisera le test t-bar proposé par Im, Pesaran et Shin (2003). Ces auteurs furent les premiers à proposer un test de racine unitaire sur données de panel permettant de relâcher la contrainte imposée par Levin et Lin d'une homogénéité de la racine autorégressive. Toutefois, comme dans tous les tests de première génération l'hypothèse d'indépendance reste toujours valide. Lors d'une éventuelle autocorrélation des résidus, le modèle à tester est alors le suivant :

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \rho_i + \rho_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_j \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t}$$

Où $\varepsilon_{i,t}$ est N.i.d $(0, \sigma_i^2)$

Sous l'hypothèse nulle, le test IPS est toujours joint sachant qu'une nullité de ρ_i implique la nullité des effets individuels ($\alpha_i = -\rho_i Y_i$ avec $Y_i \in \mathbb{R}$) :

$$H_0: \rho_i = 0 ; \forall_i = 1, \dots, N$$

$$H_1: \rho_i = 0 ; \forall_i = 1, 2, \dots, N_1$$

$$\rho_i = 0 ; \forall_i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$$

Sous l'hypothèse alternative, les séries individuelles $y_{i,t}$ peuvent se répartir en deux sous-groupes. Plus précisément, N_1 séries vont posséder une dynamique stationnaire alors que les autres admettront une racine unitaire. Pour effectuer ce test, IPS proposent deux statistiques. La première statistique standardisée $Z_{tbar}(p; \beta)$ est centrée sur l'espérance de la distribution asymptotique de la statistique individuelle ADF et réduite par la variance de cette même distribution :

$$Z_{tbar}(p, \beta) = \frac{\sqrt{N}[t_bar_{NT} - E(t_{iT})]}{\sqrt{V(t_{iT})}}$$

Avec : $t_bar_{NT} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{iT}$

Où t_{iT} désigne la statistique de Student associée à l'hypothèse nulle de racine unitaire ($\rho_i = 0$) dans un modèle avec constante et les mouvements $E(t_{iT}) = -1,533$ et $V(t_{iT}) = 0,706$ correspondent à l'espérance et à la variance de la distribution asymptotique (quand $T \rightarrow \infty$) converge séquentiellement vers une loi normale centrée réduite. Toutefois, la distribution peut poser problème dans des panels de petite taille T . c'est pour cette raison qu'IPS ont proposé une seconde statistique standardisée, notée $W_{tbar}(p, \beta)$, qui possède l'avantage d'être beaucoup plus puissante à distance finie :

$$W_{tbar}(p, \beta) = \frac{\sqrt{N}[t_bar_{NT} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(t_{iT}(\rho_i, 0)|\rho_i = 0)]}{\sqrt{V(t_{iT}(\rho_i, 0)|\rho_i = 0)}}$$

Où les valeurs de $E(t_{iT}(\rho_i, 0)|\rho_i = 0)$ et $V(t_{iT}(\rho_i, 0)|\rho_i = 0)$ ont été tabulées pour différents ordres de retards p_i et différentes tailles T par les auteurs. Outre l'hypothèse d'indépendance des individus, ces tests souffrent de deux défauts : premièrement, la bonne identification du processus autorégressif est primordiale. Deuxièmement, il est difficile de conclure lors du rejet de l'hypothèse nulle. Cette dernière ne permet pas d'affirmer la stationnarité de toutes les séries individuelles mais uniquement l'existence d'au moins un individu ne possédant pas de racine unitaire dans la dynamique étudiée.

Les résultats du test IPS pour les variables de notre modèle sont présentés dans le tableau suivant, en niveau et en première différence. En niveau, il est impossible de rejeter l'hypothèse nulle que toutes les séries ne sont pas stationnaires en faveur de l'hypothèse alternative qu'au moins une série du panel est stationnaire. Par contre en première différence, et au seuil de 5% on peut rejeter l'hypothèse nulle de non stationnarité des séries, et conclure que toutes les séries sont stationnaires en première différence.

Tableau 2 : Résultats du test de racine unitaire Im, Pesaran and Shin's (2003)

Variables	En niveau		Première différence	
	Avec constante	Avec constante et tendance	Avec constante	Avec constante et tendance
<i>mpi_{i,t}</i>	- 0,1368	-1,2531	-3,4444	-3,8556
<i>neer_{i,t}</i>	- 1,7893	- 1,7213	- 2,1478	- 2,5454
<i>rgdp_{i,t}</i>	- 0,2457	- 3,6502	- 6,9858	- 7,1130
<i>fpc_{i,t}</i>	2,3132	-1,0084	- 2,3121	- 3,1478

NB : pour le test IPS, la valeur critique au seuil de 5% est -1,81 pour le modèle avec constante et -2,44 pour le modèle avec constante et tendance linéaire.

4.2 TEST DE COÏNTEGRATION

Afin de vérifier la relation de long terme de coïntégration du PT, on utilisera le test de Johansen. Sa technique présente un avantage par rapport à celle de Pedroni et KAO basés sur des tests résiduels, qui sont assez restrictifs lorsqu'on analyse les propriétés de coïntégration d'un vecteur de dimension n de variables intégrées d'ordre 1, $I(1)$ alors que des relations de

coïntégration multiples peuvent exister. Le test de coïntégration proposé par Johansen a pour objet de tester l'hypothèse nulle de r relations de coïntégration, contre l'hypothèse alternative de k relation de coïntégration, avec $r = 0, 1, \dots, k - 1$

On peut alors construire la statistique suivante :

$$\frac{\overline{LR}(r|k) - E[\overline{LR}(r|k)]}{V[\overline{LR}(r|k)]}$$

Qui suit une loi normale centrée réduite pour une convergence séquentielle ou $T \rightarrow \infty$ suivi de $N \rightarrow \infty$.

Tableau 3 : Test de coïntégration-panel : Johansen-Fisher

Nombre de vecteurs coïntégrés	Stat-Fisher Trace	Prob	Stat-Fisher Max eigen Test	Prob
$r \leq 0$	65.26	0.0000	49.84	0.0000
$r \leq 1$	25.80	0.0011	15.34	0.0529
$r \leq 2$	18.47	0.0180	18.21	0.0197
$r \leq 3$	7.839	0.4494	7.839	0.4494

Avant de tester la relation de coïntégration en panel de Johansen-Fisher, un retard optimal de 1 a été déterminé sur la base d'un modèle VAR-Panel, en se basant sur les critères d'informations d'Akaike (AIC) et Schwarz (SC). Le tableau 3 montre que l'hypothèse nulle de non coïntégration est rejetée au seuil de 5% pour les trois premiers cas de notre modèle, au profit de l'hypothèse alternative de l'existence d'au plus trois vecteurs coïntégrés entre les variables.

5 ESTIMATIONS DU LONG TERME DU PASS-THROUGH DU TAUX DE CHANGE

Suivant, Pesaran, Shin et Smith (2000), on utilisera deux techniques d'estimation qui prennent en considération l'hétérogénéité des coefficients à long terme : « Pooled Mean Group Estimator » (PMG) et « Mean Group Estimator » (MG), le premier estimateur qui a été développé par ces trois auteurs, pour des modèles dynamiques en panels hétérogènes, consiste à restreindre les coefficients de long terme à être égaux sur toutes les coupes transversales (homogénéité des coefficients de LT), et permet aussi l'hétérogénéité des coefficients de CT.

Le deuxième estimateur, proposé par Pesaran et Smith (1995) est une moyenne de N estimations individuelle permettant une hétérogénéité à LT. Ces estimateurs ont l'avantage d'être capables à corriger l'autocorrélation sérielle et l'endogénéité des régresseurs, qui sont normalement présentes dans la relation de long terme. Dans notre analyse empirique, on mettra l'accent sur les estimateurs interindividuels. Il est important de noter que cette approche inter-individuelle accorde plus de flexibilité en présence d'hétérogénéité à travers les vecteurs coïntégrés, lorsque le coefficient du PT est autorisé à varier.

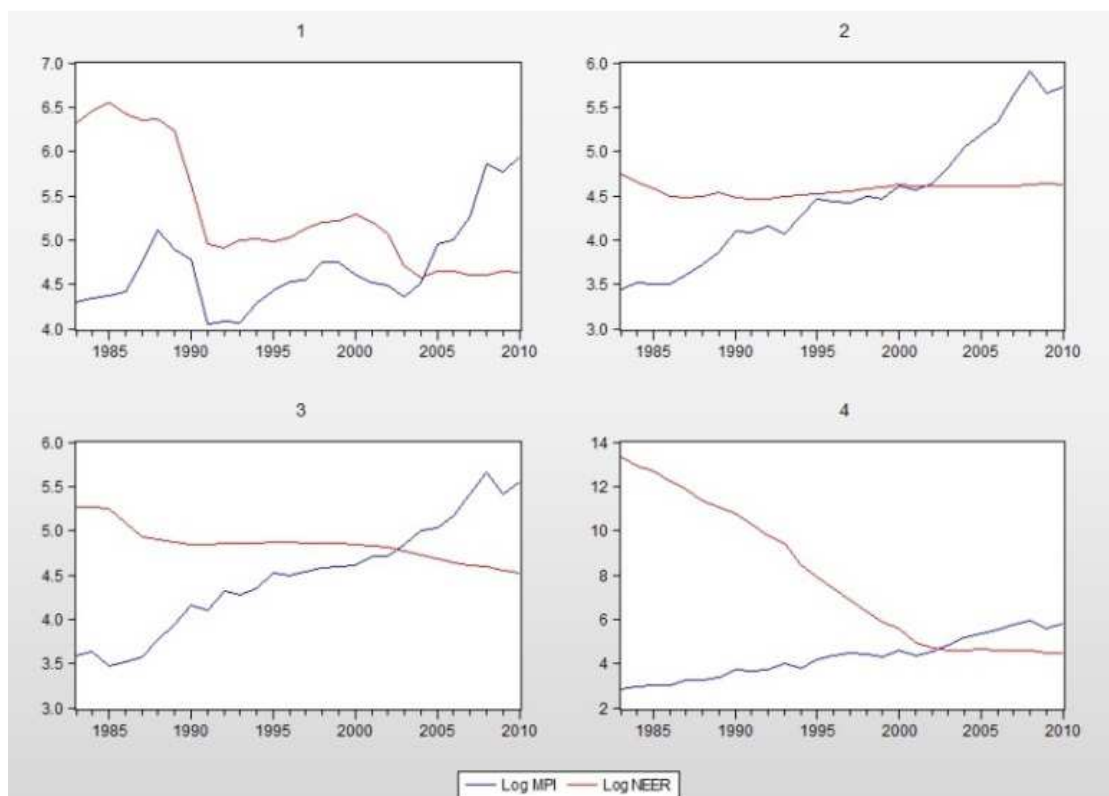
A partir du tableau 4, on peut conclure que le coefficient du PT est comme prévu, significatif et les résultats sont clairement robustes à travers les différentes techniques d'estimation.

Tableau 4 : Estimations panels pour les 4 pays sur la période 1983-2013

Variable dépendante : Indice des prix à l'importation				
	Augmented Mean Group	Common Correlated Effects Mean Group	Dynamic Fixed-Effect	Pooled-OLS
$neer_{i,t}$	0.89* (5.67)	0.75* (6.31)	0.89* (2.32)	0.93* (5.47)
$rgdp_{i,t}$	1.75* (4.60)	1.21* (2.62)	1.75* (6.97)	0.37* (8.99)
$fpc_{i,t}$	0.49* (2.91)	0.54* (6.7)	0.45* (2.47)	0.55* (7.08)

*NB : Tous les coefficients sont significatifs au seuil de 5%.

On peut croire que le PT doit être complet à long terme en raison de l'ajustement progressif et complet des prix (puisque les rigidités des prix sont généralement un phénomène de court terme). Cependant, le comportement de tarification des entreprises exportatrices peut empêcher les variations des prix à l'import de suivre celle des taux de change, et donc de ne pas les transmettre aux prix du pays importateur. Chose qu'on peut conclure à travers le graphique 1 retraçant l'évolution du taux de change nominal et les prix à l'importation



NB : 1- Egypte ; 2- Maroc ; 3- Tunisie ; 4- Turquie.

Empiriquement, il a été constaté que la volatilité des taux de change est beaucoup plus présente et importante que les variations des prix, et par suite le PT serait incomplet même à long terme. Ce constat est conforme avec les modèles théoriques de discrimination par les prix, qui admettent un PT inférieur à 1 même à LT, comme résultat du PTM.

Lorsqu'on considère les estimations de manière individuelle pour notre groupe de pays, on conclut qu'il existe des différences entre les 4 pays concernant le PT du taux de change à LT, masqué par la valeur moyenne de notre panel. A partir du tableau 6, notre estimation montre que la réaction la plus élevée au prix à l'import est enregistrée pour le cas du Maroc avec un coefficient de PT de 0.95%, suivie de l'Egypte avec 0.92%, la Tunisie de 0.72% et enfin la Turquie avec un niveau beaucoup moins élevé de 0.47%.

Tableau 5 : PT individuel de long terme pour chaque pays

Dynamic Fixed Effects Regression: Estimated Error Correction			
Pays	DFE	<i>t – statitic</i>	<i>p</i>
1- Egypte	0.93*	7.70	0.000
2- Maroc	0.97*	3.17	0.002
3- Tunisie	0.63*	2.13	0.045
4- Turquie	0.47*	3.29	0.001

NB : tous les coefficients du PT de long terme sont significatifs au seuil de 5%.

Cette hétérogénéité des coefficients à long terme du PT du taux de change aux prix à l'importation, peut dépendre premièrement de la stabilité de la politique monétaire du pays importateur (Devreux et Engel (2000) et Bacchetta et Van Wincoop (2001)). Si les exportateurs fixent leurs prix en devise du pays qui a une politique monétaire plus stable, les prix à l'import seront aussi stables.

La structure et le degré de concurrence sur les marchés des biens, peut être aussi un déterminant de cette différence entre pays. Ajoutant à cela les différents régimes de changes caractérisant ces économies.

6 FACTEURS MACROECONOMIQUES AFFECTANT LE PASS-THROUGH

Après avoir estimé le pass-through du taux de change aux prix à l'importation, pour les 4 pays de notre échantillon et conclure l'existence d'une hétérogénéité dans la relation du long terme entre pays, nous nous posons la question suivante: **quels sont les déterminants macroéconomiques sous-jacents affectant le PT ?**

Pour y répondre, nous commençons par un examen de la relation existante entre le PT et l'inflation et voir à quel point nos constats vérifient l'hypothèse de Taylor. L'idée c'est que les stratégies de tarification des exportateurs peuvent être endogènes à la stabilité de la politique monétaire du pays importateur, une maîtrise de l'inflation incite les firmes étrangères à l'adoption du LCP et mène à un PT incomplet.

Pour cela, nous avons calculé le taux d'inflation moyen pour l'ensemble des pays de notre échantillon sur la période 1983-2013 afin de mesurer son degré de liaison avec le PT estimé.

En examinant la figure 1, il est évident de conclure l'existence d'une corrélation négative entre le pass-through du taux de change aux prix à l'importation et le taux moyen d'inflation, et de ce, l'hypothèse de Taylor qu'un faible taux d'inflation engendre une baisse du PT n'est vérifiée que pour le cas de la Tunisie.

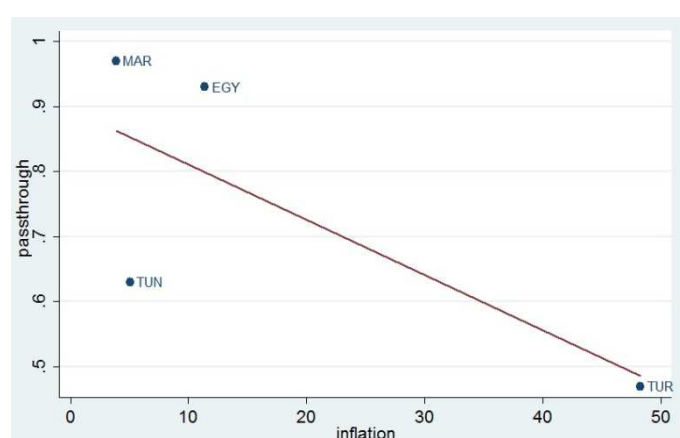


Figure 1 : Corrélation entre pass-through et taux d'inflation

Dans ce qui suit, nous allons examiner deux autres variables macroéconomiques, pouvant être source d'hétérogénéité de la relation du LT du PT pour notre échantillon, à savoir, le degré d'ouverture mesuré par la moyenne de la part des importations dans la demande domestique ; et la volatilité du taux de change nominal, sur la période 1983-2013.

Le tableau 6 nous résume en moyennes les conditions macroéconomiques des pays de l'échantillon. L'objectif de cette analyse est de lier ces facteurs à l'explication du degré du PT.

Tableau 6 : Statistique des conditions macroéconomiques (1983-2013)

Pays	Taux moyen d'inflation	Taux moyen d'ouverture	Volatilité moyenne du taux de change nominal
Egypte	11,40	29,38	7,61
Maroc	3,85	33,44	0,24
Tunisie	5,05	45,34	0,99
Turquie	48,29	22,06	5501,08

Concernant le deuxième déterminant affectant le PT (la part des importations), on peut croire l'existence d'une relation positive entre le degré d'ouverture et le PT : plus un pays est ouvert vers l'extérieur, plus la réaction des prix à l'import aux fluctuations du taux de change est importante.

Finalement, on se demande à quel point la volatilité du taux de change est explicative du PT de LT. Par intuition, on peut dire que la réaction des prix à l'import est élevée lorsque la variation du taux de change est assez importante. Ceci n'est vrai que pour le cas de l'Égypte par contre cette relation pour le cas de la Turquie reste assez mitigée.

7 CONCLUSION

Dans notre travail, nous avons estimé le pass-through du taux de change (ERPT) de long terme aux prix à l'importation pour un panel de pays en voie de développement (Égypte ; Maroc ; Tunisie et Turquie) en utilisant une approche en panel non stationnaire.

L'avantage que représente cette approche par rapport aux autres méthodes d'estimation, c'est l'utilisation de l'information disponible dans les données de panel, afin d'accroître la robustesse des tests à n'identifier aucune cointégration fallacieuse entre les variables et permettre aussi une analyse plus profonde pour un ensemble de pays appartenant à une même catégorie du niveau de développement.

On a considéré dans notre analyse que le pass-through du taux de change (ERPT) résulte d'une combinaison entre le taux de change effectif nominal (NEER), des coûts des producteurs étrangers (FPC) et des conditions de la demande locale (RGDP). En estimant la relation de long terme de notre modèle, on conclut que la relation de long terme du pass-through du taux de change aux prix à l'importation est assez hétérogène pour les pays en voie de développement. Et cette hétérogénéité est dû principalement aux particularités économiques des pays en voie de développement, comme la politique monétaire, la structure et degré de concurrence des marchés, taille du pays, régime de change...etc.

Plusieurs raisons sont à l'origine de cette différence entre pays de notre échantillon. D'abord, il faut dire que les variations du taux de change nominal sont plus persistantes pour les pays en voie de développement, et rajoutant à cela le taux élevé d'inflation caractérisant ces économies, même si pour le cas du Maroc où la maîtrise de l'inflation n'a pas abouti à un déclin du degré du PT aux prix à l'importation.

Finalement, il serait plus pertinent de faire une analyse plus profonde dans un modèle dynamique intégrant un éventuel changement de régime de change, tel que l'adoption d'un régime de change flexible si on veut se focaliser sur le cas du Maroc.

RÉFÉRENCES

- [1] J. Bailliu and E. Fujii, "Exchange Rate Pass-Through and the Inflation Environment in Industrialized Countries: An Empirical Investigation", *Bank of Canada Working Paper*, No.2004-21, 2004.
- [2] B. H. Baltagi, and C. Kao, "Nonstationary panels, cointegration in panels and dynamic panels : a survey", in *Advances in Econometrics*, 15, edited by B. Baltagi et C. Kao, pp. 7-51, Elsevier Science, 2000
- [3] Bouakez and Rebei, "Has exchange rate pass through really declined? Evidence from Canada", *Research Department, Bank of Canada*, 2008
- [4] J.M. Campa and L.S. Goldberg, "Exchange Rate Pass-Through into Import Prices: A Macro or Micro Phenomenon?" *NBER Working Paper* No 8934, 2000.
- [5] J.M. Campa, and Goldberg, L.S. (). Exchange Rate Pass-Through into Import Prices. *The Review of Economics and Statistics*, 87(4):679-690, 2005.
- [6] E. Choudhri and D. Hakura, "Exchange Rate Pass Through to Domestic Prices: Does the Inflationary Environment Matter?", *Journal of International Money and Finance*, 25, pp. 614-639, 2006.
- [7] Darmane Coulibaly and Hubert Kempf. (2010). "Does inflation targeting decrease exchange rate pass through in Emerging countries?" *Documents de Travail du Centre d'Economie de la Sorbonne*, 49, 2010.
- [8] David R. Sabiston, "Le pass-through du taux de change : un survol de la littérature" *L'Actualité économique*, vol. 77, n° 3, p. 425-454, 2001.
- [9] R. Dornbush, "Exchange Rates and Prices" *American Economic Review*, 77(1), 93-106, 1987.
- [10] C. Hurlin, et V. Mignon, "Une synthèse des tests de racine unitaire sur données de panel", *Economie et Prévision*, 169-170-171, pp. 253-294, 2005.
- [11] C. Hurlin, et V. Mignon, " Une Synthèse des Tests de Cointégration sur Données dePanel", *Economie et Prévision*, N°180-181, 2006.
- [12] K.S. Im, M.H. Pesaran, and Y.Shin, "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, 115, 2003.
- [13] J.M. Campa, Linda S. Goldberg José M. González-Mínguez, "Exchange rate pass-through to import prices in the euro area" *NBER Working Paper* 11632, 2005.

- [14] P. Krugman, "Pricing to market when the exchange rate changes". In *Real-Financial Linkages Among Open Economies* (S. Arndt and J.D. Richardson. *Cambridge, MA: MIT Press*), 1987.
- [15] McCarthy, "Pass-through of Exchange Rates and Import Prices to Domestic Inflation in Some Industrialized Economies". *BIS Working Paper*, 79, 1999
- [16] Michele Ca Zorzi, Elke Hahn & Marcelo Sánchez, "Exchange rate pass through in emerging markets" *ECB Working paper* series N° 739 / MARCH 2007.
- [17] Calvo, Guillermo A. and Carmen M. Reinhart. "Fear Of Floating," *Quarterly Journal of Economics*, 379-408, 2002.
- [18] Frederic S. Mishkin, "Exchange rate pass-through and monetary policy", a speech at the Norges Bank Conference on Monetary Policy, Oslo, Norway, March 7, 2008," *Speech, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.)*.

Impact des anticancéreux sur la fertilité de féminine

[Anticancer impact on female fertility]

K. Benabdallah, I. Zoubairi, M. Jou, N. Zraidi, and A. Baydada

Service d'endoscopie gynécologique M1,
Maternité Souissi,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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 best knowledge of cancer treatment in recent years has improved a remarkable way the prognosis and survival of patients. The problem that remains to ask is the quality of life after cancer, still preserving fertility. It is the successful part of modern oncology. An essential feature in the care of patients, which calls for very good progress particularly with regard to medically assisted procreation. Thus, the rate of spontaneous pregnancies reported after breast cancer are low, due among other treatments. It is essential to consider the question of fertility after breast cancer and eventually offer fertility preservation techniques in these patients. We report in this article these different methods in women by first analyzing the effects of radiotherapy and chemotherapy.

KEYWORDS: chemotherapy; Hormone therapy; fertility; preservation.

RESUME: La meilleure connaissance des traitements anticancéreux ces dernières années a permis d'amélioration d'une façon remarquable le pronostic et la survie des malades. Le problème qui reste posé c'est la qualité de la vie après le cancer, et encore la préservation de la fertilité. C'est le volet de réussite de l'oncologie moderne. Une entité incontournable dans la prise en charge des malades, qui fait appel aux progrès très satisfaisants surtout en matière de l'assistance médicale à la procréation. Ainsi, les taux de grossesses spontanées rapportés après cancer du sein sont peu élevés, entre autres en raison des traitements. Il est alors essentiel de s'interroger sur la question de la fertilité après un cancer du sein et d'éventuellement proposer des techniques de préservation de fertilité à ces patientes. Nous rapportons dans cet article ces différentes méthodes, chez la femme en analysant tout d'abord les effets de la radiothérapie et de la chimiothérapie.

MOTS-CLEFS: chimiothérapie; hormonothérapie; fertilité; préservation.

INTRODUCTION

Les traitements adjuvants, dans pathologie cancéreuse de la femme ; ont permis d'augmenter la survie des patientes mais présentent des effets secondaires à plus ou moins long terme, notamment sur la fertilité. Le risque d'insuffisance ovarienne après chimiothérapie dépend de la fonction ovarienne initiale, de l'âge de la patiente, du type de molécules utilisées et de leur dose.

La réserve ovarienne est déterminée dès la naissance par le pool de follicules primordiaux. Leur nombre diminue inexorablement au cours du temps.

Les chimiothérapies altèrent soit la maturation folliculaire soit elles épuisent le pool de follicules primordiaux [1]. Les molécules ayant une action sur les cellules en divisions ont des répercussions sur les cycles menstruels et peu sur la réserve

ovarienne elle-même. Les follicules en développement synthétisent les stéroïdes et sont à l'origine de l'imprégnation œstrogénique et de la sécrétion de progestérone. Leur atteinte est à l'origine d'une aménorrhée temporaire. Contrairement aux traitements (notamment les alkylants) qui agissent sur les cellules quiescentes de l'organisme ou à cycle cellulaire lent: la déplétion du nombre de follicules primordiaux entraîne une perte de la fonction ovarienne définitive.

Le cycle menstruel n'est pourtant pas un bon reflet de la fonction ovarienne. L'aménorrhée définitive est le symptôme final de l'insuffisance ovarienne. Au moment où elle survient, une femme peut être infertile depuis 5 à 10 ans. La persistance et la régularité des menstruations ne garantissent pas la fertilité. Dans la population générale, le taux de fécondation chute significativement après 40 ans avec un taux proche de 0 au-delà de 45 ans, malgré la persistance de menstruations [2].

Classiquement on parle de ménopause après un an sans cycle. Dans le cas d'une ménopause précoce post-chimiothérapie, dans la mesure où les cycles peuvent revenir même deux ans plus tard, cette définition ne convient pas. On posera le diagnostic à l'aide des dosages hormonaux : deux dosages de FSH > 40 mUI/ml.

On évoque une insuffisance ovarienne pour une FSH à J2 ou J3 du cycle > 12 mUI/ml et/ou un taux d'E2 < 75 pg/ml [3]. Aujourd'hui on évalue la réserve ovarienne par le taux d'AMH (antimullerian hormon), indépendant des cycles menstruels [4] et une échographie ovarienne avec compte des follicules antraux en début de cycle [5]. Anders a récemment démontré l'intérêt de ce dosage dans la prédiction de survenue d'une aménorrhée chimio-induite [6].

LES CHIMIOETHERAPIES

Nous ne disposons aujourd'hui pour évaluer l'impact des traitements sur la fonction ovarienne que d'études sur l'aménorrhée chimio induite Cette notion reste à définir précisément, l'absence de consensus sur sa définition rend difficile la comparaison des études.

Selon les auteurs l'aménorrhée chimio-induite correspond à l'arrêt des règles de 3 à 12 mois voire 24 chez une patiente réglée au moment du diagnostic. On parle aussi d'aménorrhée chimio-induite précoce survenant dans l'année suivant la chimiothérapie ou tardive si elle est secondaire, enfin elle peut être transitoire ou définitive

EN FONCTION DE L'AGE

Dans l'étude de Petreck (595 femmes de moins de 45 ans), 25% des femmes de plus de 40 ans ont une reprise des cycles à 6 mois de la fin de la chimiothérapie contre 61% des femmes de 35 à 40 ans et 81% des moins de 35 ans [7].

On observe une aménorrhée importante pendant la chimiothérapie : baisse brutale de la présence des menstruations de 90 à 40%.

Dans l'étude de Partridge, 50% des femmes de moins de 40 ans au diagnostic sont ménopausées à l'âge de 40 ans après 6 ou 7 cycles de CMF (cyclophosphamide-méthotrexate-5 Fluoro-uracyl) contre 10% dans le groupe non traité par chimiothérapie.

Pour les femmes de plus de 40 ans au diagnostic : 50% sont ménopausées à 50 ans sans chimiothérapie (âge moyen de la ménopause) alors que 80% le sont si elles ont reçu 6 ou 7 cycles de CMF [8].

Dans cette même étude une femme de 35 ans au diagnostic de cancer a 65% de risque d'être ménopausée à 40 ans et 91% de l'être à 45 ans après chimiothérapie (par CMF).

Dans l'étude de Swain qui analyse le taux d'aménorrhée chez 708 femmes normalement réglées avant la chimiothérapie et traitées pour un cancer du sein par 4 cycles AC (doxorubicine-cyclophosphamide) puis 4 D (docétaxol), 45% des femmes de moins de 40 ans retrouvaient des cycles menstruels à 2 ans, 11% des femmes de 40 à 50 ans et 3% des plus de 50 ans [9].

Dans cette étude, 83% des patientes avaient au moins 6 mois d'aménorrhée, 9 % entre 3 et 6 mois, 3% avaient des cycles irréguliers depuis le traitement et 5% n'avaient ni aménorrhée ni changement de leur cycles menstruels.

Dans la tranche d'âge des moins de 40 ans, 70% avaient au moins 12 mois d'aménorrhée contre 97% chez les plus de 50 ans.

SELON DE TYPE DE CHIMIOETHERAPIE

Les premières études sur le sujet ont analysé l'association CMF (6 ou 7 cycles) courante dans les années 90 dans le traitement du cancer du sein. Ce type de chimiothérapie est la plus agressive sur la fonction ovarienne : l'aménorrhée

chimiothérapie-induite précoce est moins marquée qu'avec d'autres chimiothérapie, plus de femmes conservent des cycles pendant et dans les mois qui suivent le traitement mais l'effet est inéluctable. La perte progressive et dans les mois qui suivent le traitement mais l'effet est inéluctable. La perte progressive et continue de la fonction ovarienne s'observe par un taux croissant de femmes ménopausées.

La plupart des protocoles actuels utilisent plutôt des anthracyclines (A) associées à du cyclophosphamide (C). La dose cumulée est moindre le rendant moins toxique. Parfois on y associe des taxanes : paclitaxel(T) ou docétaxel (D). Ce dernier semble entraîner une aménorrhée précoce plus importante que le paclitaxel mais à 3 ans, le taux d'aménorrhée est identique.

Martin a comparé 420 patientes traitées par un protocole de 6 cycles de TAC avec 403 patientes traitées par 6 cycles de FAC : le taux d'aménorrhée est significativement supérieur dans le premier bras (61,7% vs 52,4%) [10]. Ce qui laisserait supposer une certaine toxicité surajoutée des taxanes déjà évoquée par Nobholtz [11] et Oktay [12].

Quel que soit le type de chimiothérapie, toutes ont un effet délétère sur la fonction ovarienne.

Lee en 2006 à partir d'une revue exhaustive de la littérature a établi un référentiel sur la toxicité des différentes chimiothérapies sur la fonction reproductive et un guide de bonne pratique clinique [13] (tableau).

Les alkylants (cyclophosphamide) sont le plus à risque pour la fonction ovarienne, le 5-FU est à faible risque les taxanes et le trastuzumab restent à évaluer.

L'HORMONOTHERAPIE

Le bénéfice de la suppression de la fonction Ovarienne dans les tumeurs RH positives a clairement été établi.

Le traitement hormonal standard de la femme non ménopausée est le tamoxifène pendant 5 ans. Ses risques sur la réserve ovarienne sont négligeables [1, 10] mais il retarde une éventuelle grossesse [14]. Il agit en bloquant les récepteurs aux œstrogènes. Ce qui a pour effet au niveau hypophysaire de masquer le rétrocontrôle négatif sur la synthèse des gonadotrophines. Leur taux augmente, stimulant la synthèse d'œstrogènes. Tant que les récepteurs aux œstrogènes sont occupés par le tamoxifène cette hyperœstrogénie relative est sans conséquence carcinologique (on considère qu'il faut que le rapport des concentrations tamoxifène/œstradiol dans le tissu mammaire soit d'environ 1000 [15]).

En revanche ce climat œstrogénique peut provoquer des kystes ovariens fonctionnels et une hyperplasie endométriale. Il est ainsi inducteur de l'ovulation. Dans la mesure où il est potentiellement tératogène, une contraception efficace doit lui être associée.

Durant son administration l'interprétation des dosages hormonaux est difficile. La FSH ne s'élève pas gênant la pose du diagnostic de ménopause et un «switch» thérapeutique.

L'utilisation des antiaromatases est, du fait de leur pharmacodynamie inappropriée chez la femme non ménopausée (ils inhibent la stéroïdogénèse extra-ovarienne chez les femmes ménopausées) insuffisante pour une castration efficace en période d'activité génitale. En cas d'insuffisance ovarienne chimiothérapie-induite, leur utilisation sans contraception est déconseillée car ils ont aussi un effet inducteur de l'ovulation : une fonction ovarienne résiduelle pourrait aboutir à une grossesse.

Les analogues de la GnRH sont envisagés en cas de contre-indication au tamoxifène. Ils agissent en bloquant les récepteurs des gonadotrophines empêchant la croissance folliculaire et donc aussi bien les cycles que la stéroïdogénèse. Ils entraînent une ménopause artificielle, réversible à l'arrêt. Leur rôle dans la préservation de la fertilité est suggéré et reste à démontrer (3 études prospectives sont actuellement en cours : OPTION, ZORO et « goserelin in preventing ovarian failure in women receiving chemotherapy for breast cancer »).

L'étude internationale SOFT actuellement en cours apportera sans doute une aide à la prescription rationnelle de l'hormonothérapie dans le cadre des cancers du sein.

CONCLUSION

En théorie, tous les agents chimiothérapeutiques sont toxiques pour la réserve ovarienne. Les répercussions sont variables selon les produits, les doses et les associations utilisés. Les produits alkylants sont réputés comme les plus toxiques.

Si globalement la tolérance est meilleure pour les femmes les moins âgées, cette règle peut souffrir d'exceptions, d'autant plus qu'il existe de grandes variations individuelles en ce qui concerne la sensibilité des gonades.

Ainsi, les taux de grossesses spontanées rapportés après cancer du sein sont peu élevés, entre autres en raison des traitements. Il est alors essentiel de s'interroger sur la question de la fertilité après un cancer du sein et d'éventuellement proposer des techniques de préservation de fertilité à ces patientes.

REFERENCES

- [1] Falcone T, Bedaiwy MA. Fertility preservation and pregnancy outcome after malignancy. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2005; 17: 21-6
- [2] Velde ER, Pearson PL: The variability of female reproductive aging. *Hum Reprod Update* 8:141-154 , 2002
- [3] Fanchin R et al. serum anti-Mullerian hormone is more strongly related to ovarian follicular status than serum inhibin B, estradiol, FSH and LH on day 3. *Hum Reprod*2003 ; 18 : 323-7
- [4] Scheffer GJ, Broekmans FJ, Looman CW, et al: The number of antral follicles in normal women with proven fertility is the best reflection of reproductive age. *Hum Reprod* 18:700-706, 2003
- [5] Anders C et al, A pilot study of predictive markers of chemotherapy- related amenorrhea among premenopausal women with early-stage breast cancer. *Cancer Invest* 2008; 26: 286-95
- [6] Petrek J, Naughton M, Case L, Paskett E, Naftalis E, Singletary S, et al. Incidence, time course, and determinants of menstrual bleeding after breast cancer treatment : a prospective study. *J Clin Oncol* 2006 ; 24 : 1045-51
- [7] Ann Partridge, Shari Gelbera, Richard D. Gelbera,c,d, Monica Castiglione-Gertsche, Aron Zoldhirschf,g, Eric Winer. Age of menopause among women who remain premenopausal . *Eur J Cancer* 2007 43: 1646-53
- [8] Sandra M Swain, Patricia A Ganz. Amenorrhea in premenopausal women on the doxorubicin-and- cyclophosphamide- followed-bydocetaxel arm of NSABP B-30 trial. *Breast Cancer Res Treat* (2009) 113: 315-320.
- [9] Martin M, Pienkowski T, Mackey J, Pawlicki M, Guastalla JP, Weaver C,Tomiak E, Al-Tweigeri T, Chap L, Juhos E et al (2005) Adjuvant docetaxel for node-positive breast cancer. *N Engl J Med* 352:2302–2313.
- [10] Nabholz J, Pienkowski T, Mackey J et al. the adjuvant treatment of node positive breast cancer patients: interim analysis of the BCIRG 001 study. *Proc Am Soc Clin Oncol*2002;21:36a
- [11] Oktay K, Libertella N, Oktem O et al. The impact of paclitaxel on menstrual function. *Breast Cancer Res Treat*2005; 94 (Suppl 1):271s– 272s.
- [12] Stephanie J. Lee, K Oktay et al. american society of clinical oncology recommendations on fertility preservation in cancer patients. *J Clin Oncol* 2006 juin 24 (18) 2917-31
- [13] Friedlander M, Thewes B. Counting the costs of treatment: the reproductive and gynaecological consequences of adjuvant therapy in young women with breast cancer. *Intern Med J* 2003;33:372–379.
- [14] Darbre P, Curtis S, King R. Effects of estradiol and tamoxifen on human breast cancer cells in serum-free culture. *Cancer Res* 19 84 ; 44 : 2790-3.

ANNEXE

Risks of permanent amenorrhea in women treated with modern Chemotherapy and radiotherapy (Lee)

Degree of Risk	Cancer Treatment
High risk (> 80%)	Hematopoietic stem cell transplantation with cyclophosphamide/total body irradiation or cyclophosphamide/busulfan
	External beam radiation to a field that includes the ovaries
Intermediate risk	CMF, CEF, CAF × 6 cycles in women age 40 and older (adjuvant breast cancer therapy with combinations of cyclophosphamide, methotrexate, fluorouracil, doxorubicin, epirubicin)
	CMF, CEF, CAF × 6 cycles in women age 30-39 (adjuvant breast cancer therapy with combinations of cyclophosphamide, methotrexate, fluorouracil, doxorubicin, epirubicin)
	AC × 4 in women age 40 and older (adjuvant breast cancer therapy with doxorubicin/cyclophosphamide)
Lower risk (< 20%)	ABVD (doxorubicin/bleomycin/vinblastin/dacarbazine)
	CHOP × 4-6 cycles (cyclophosphamide/doxorubicin/vincristine/prednisone)
	CVP (cyclophosphamide/vincristine/prednisone)
	AML therapy (anthracycline/cytarabine)
	ALL therapy (multi-agent)
Very low or no risk	CMF, CEF, CAF × 6 cycles in women less than 30 (adjuvant breast cancer therapy with combinations of cyclophosphamide, methotrexate, fluorouracil, doxorubicin, epirubicin)
	AC × 4 in women less than 40 (adjuvant breast cancer therapy with doxorubicin/cyclophosphamide)
Unknown risk (examples)	Vincristine
	Methotrexate
	Fluorouracil
	Taxanes
	Oxaliplatin
	Irinotecan
	Monoclonal antibodies (trastuzumab, bevacizumab, cetuximab)
	Tyrosine kinase inhibitors (erlotinib, imatinib)

↪* These are general guidelines based on best available literature. Additional factors, particularly pre-treatment ovarian reserve, specific treatment regimen, and age determine individual risk for immediate infertility, or for premature ovarian failure after resumption of menses.

Endométriose pariétale : Une localisation exceptionnelle

[Parietal endometriosis : An exceptional location]

K. Benabdallah, I. Zoubairi, M. Jou, N. Zraïdi, and A. Baydada

Service d'endoscopie gynécologique M1,
Maternité Souissi,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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 parietal endometriosis is an uncommon clinicopathological variety, its pathophysiology remains unknown. It usually occurs after pelvic surgery. We report the case of a patient who presents a cyclical pelvic pain, sitting at the caesarean scar. With the examination of a 4cm mass in the right iliac fossa. The Doppler ultrasound showed a polylobed image, tissue, center vascularization, measuring 40/24 mm, suggestive of parietal endometriosis or a tumor of soft parts. So we said a wide resection of the lesion, in which were excised a solid mass of 3.3 / 3 cm under the fascia adherent to the rectus muscle of the abdomen. Histological study objectified diagnosis of endometriosis of the wall. The postoperative course was simple with a decline of 16 months without recurrence. This is a condition that remains mysterious to the interest or understanding of its characteristics to improve prognosis by diagnosis, early treatment and prevention during each surgery.

KEYWORDS: Endometriosis; Wall; diagnosis; treatment; prevention.

RESUME: L'endométriose pariétale est une variété anatomo-clinique rare, sa physiopathologie reste inconnue. Elle survient généralement suite à une intervention chirurgicale pelvienne. Nous rapportons l'observation d'une patiente qui présente une douleur pelvienne cyclique, siégeant au niveau de la cicatrice de césarienne. Avec à l'examen une masse de 4cm au niveau de la fosse iliaque droite. L'échographie-doppler a montré une image polylobée, tissulaire, à vascularisation centrale, mesurant 40/24 mm, pouvant évoquer une endométriose pariétale ou une tumeur des parties molles. Donc on a indiqué une résection large de la lésion, au cours de laquelle on a excisé une masse solide de 3,3/3 cm, sous l'aponévrose adhérente au muscle grand droit de l'abdomen. L'étude anatomopathologique a objectivé le diagnostic d'endométriose de la paroi. Les suites postopératoires étaient simples avec un recul de 16 mois sans récurrence. C'est une pathologie qui reste mystérieuse d'où l'intérêt de mieux comprendre ses caractéristiques pour améliorer le pronostic par un diagnostic, une prise en charge précoce et de sa prévention au cours de chaque chirurgie.

MOTS-CLEFS: Endométriose ; Paroi ; diagnostic ; traitement ; prévention.

INTRODUCTION

L'endométriose pariétale représente 1 à 2 % des cas d'endométriose extragénitale(1,2). L'endométriose pariétale survient généralement après une intervention chirurgicale ou obstétricale(1,3). L'endométriose cicatricielle est due à l'implantation d'endomètre au niveau de la cicatrice. Le délai d'apparition de ces lésions peut dans certains cas, être de plusieurs années. Cependant, dans de rares cas, ces localisations pariétales peuvent être observées sans chirurgie préalable, comme notamment les lésions d'endométriose décrites au niveau de l'ombilic ou de la paroi abdominale. Les diverses locations de l'endométriose cicatricielle sont les suivantes : cicatrices de type pfannentiel, cicatrice de césarienne, cicatrice de laparoscopie (trocart de 5mm), sur le site d'une aiguille d'amniocentèse, cicatrice ombilicale (cure d'une hernie), cicatrice

d'épisiotomie, cicatrice d'hystérectomie (dôme vaginal). Elle peut envahir toutes les structures pariétales, les muscles les plus touchés sont le muscle grand droit de l'abdomen, le muscle oblique externe et le muscle transverse. Les lésions inguinales en relation avec le ligament rond sont également décrites(3,4). La prise en charge de l'endométriose pariétale nécessite une résection chirurgicale large en marge saine afin d'éviter les récives.

OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente âgée de 35 ans mariée et mère d'une fille, hospitalisée à la suite de L'installation d'une douleur exquise cyclique au niveau de la cicatrice de césarienne (Pfannestiel). Dans les antécédents chirurgicaux de la patiente, on note une césarienne il y a 5 ans. Dans les antécédents obstétricaux de la patiente on note un avortement cureté il a y 3 ans. Le début de la symptomatologie remonte à une année et demie par l'installation d'une douleur exquise cyclique au niveau de la cicatrice de la césarienne. L'examen physique a signalé une masse de 4 cm au dessus de la cicatrice de césarienne. L'examen gynécologique n'avait objectivé aucune anomalie. Le reste de l'examen était sans particularité. L'exploration radiologique faite par l'échographie des parties molles a objectivé la présence au niveau de la fosse iliaque droite d'une masse tissulaire polylobée située au niveau du tissu graisseux sous cutané (Figure 1), présentant une vascularisation centrale artério- veineuse à l'examen écho doppler, mesurant 40/24 mm, faisant discuter :

- Une masse endométriosique.
- Une tumeur des parties molles.

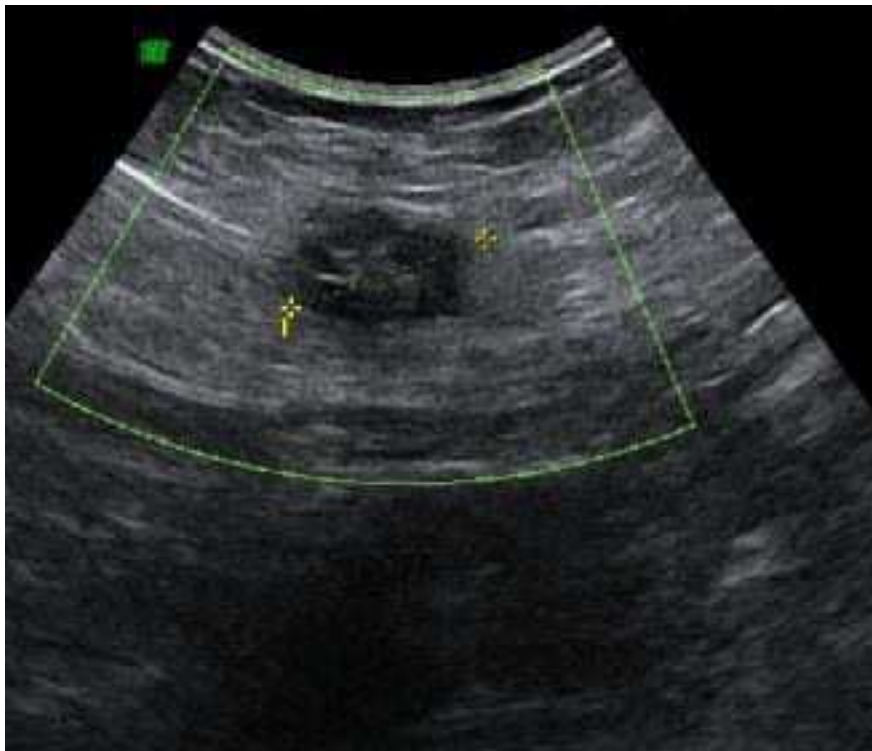


Figure1 : échographie la paroi abdominale montrant

D'où la décision d'excision de la lésion dans le but d'une étude anatomopathologique, laquelle a confirmé le diagnostic d'endométriose pariétale.

A la macroscopie : Masse pariétale mesurant 3,3/3 cm de grand axe. A la coupe, la tuméfaction présente des limites imprécises et une tranche de section poly kystique avec quelques foyers hémorragiques.

A la Microscopie: Cette tuméfaction examinée porte sur un tissu fibro musculaire qui est dissocié par de nombreux foyers endométriosiques dont les glandes, plus ou moins dystrophiques sont parfois kystiques, entourés d'un chorion cytogène, d'abondance variable.

Par ailleurs, l'épithélium de surface est détruit, remplacé par une réaction de résorption histiocytaire, riche en sidérophages.

Le traitement chirurgical a été réalisé par une intervention comportant plusieurs temps et gestes :

- Reprise de l'ancienne cicatrice transversale de la césarienne.
- Décollement sous cutanée.
- Découverte en sous aponévrotique d'une masse faisant 3/2 cm, dure.
- Résection faite.
- Hémostase.
- Fermeture.

Le résultat post opératoire immédiat fut jugé satisfaisant. Lors de sa dernière consultation (recul de 10 mois), l'état de la patiente était jugé bon : pas de récurrence de douleurs.

DISCUSSION

L'endométriose pariétale complique 0,03 à 0,4% des césariennes (4,5). Steck et Helwing rapportent 56 cas d'endométriose pariétale sur cicatrice abdominale dont 25 césariennes soit 44,5%(6). La lésion peut apparaître précocement après la réalisation du geste chirurgical ou plus tardivement. Dans la littérature, l'intervalle entre l'intervention et l'apparition des premiers symptômes peut aller de six mois à 37 ans (4). L'endométriose pariétale n'est associée que dans 14,3% à 26% des cas à une endométriose pelvienne contrairement aux autres sites d'implantations atypiques comme le tractus gastro-intestinal ou l'arbre urinaire(1,7).

Le mécanisme physiopathologique est mal connu. Il est probablement multifactoriel (1, 3,4). Pour les sites d'implantation comme la paroi abdominale, on invoque surtout des implants liés à une intervention pelvienne ou lors de biopsie à l'aiguille. De rares cas d'endométriose pariétale ont été décrits chez des patientes sans antécédents de chirurgie (8). On suspecte alors plutôt des disséminations vasculaires et lymphatiques. Plusieurs théories ont été proposées. La première théorie fut la théorie du reflux : les cellules endométriales s'implantant de façon ectopique proviennent du reflux du sang menstruel par les trompes. Pour la seconde, la théorie métaplasique, les cellules de l'épithélium coelomique sous l'effet de divers stimuli subissent une métaplasie en cellules endométriales. Enfin, la théorie métastatique expliquerait certaines lésions extra génitales par dissémination veineuse ou lymphatique. Malgré la fréquence du reflux du sang menstruel chez les femmes, elles ne développent pas toutes une endométriose. Même chose pour celles qui ont subi une intervention chirurgicale. Il existe, donc, en plus des théories citées, des facteurs susceptibles d'expliquer les conditions nécessaires au développement de l'endométriose. La prédisposition génétique proposée par J.L. Simpson puis L.R. Malinak (9) qui ont montré que la fréquence d'endométriose était plus importante lorsqu'il existe des antécédents familiaux. Des travaux récents suggèrent l'association d'anomalies du système immunitaire avec l'endométriose, un facteur hormonal est aussi impliqué.

Sur le plan anatomopathologique, L'endométriose pariétale se présente classiquement sous forme d'une tumeur kystique. Il s'agit de petites tumeurs dont le diamètre est en moyenne de 2 à 3 cm pouvant aller de la forme microscopique à 12 cm de diamètre. A la coupe, la lésion a un aspect fibreux mais le centre de la lésion peut contenir une zone nécrosée ayant l'aspect de vieux sang (1,3 ,4). L'examen microscopique met en évidence un épithélium de type glandulaire associé à un chorion cytogène et à une inflammation lymphocytaire. Le pourcentage de ces éléments varie avec les modifications de l'imprégnation hormonale. (Figure2)



Figure 2 : Histologie du tissu endométriosique

L'endométriose pariétale affecte les femmes en période d'activité génitale entre 20 et 40 ans (1). Elabsi(10) rapporte un, cas d'endométriose cicatricielle chez une femme ménopausée. Zhao (11) a observé une corrélation entre la période de latence et l'âge des patientes au début des symptômes.

Le mode de révélation le plus fréquent est la découverte d'une masse palpable ou d'une douleur localisée chez des patientes ayant des antécédents de césariennes (1, 4) L'exacerbation de ces signes non spécifiques pendant les règles est un élément important du diagnostic. Il est à noter que des signes d'endométriose pelvienne intra abdominales ne sont retrouvés que dans 26% des cas. Lorsque la lésion est très superficielle, il est possible d'observer de façon cyclique un changement de teinte de la lésion qui devient bleuâtre et peut même se fistuliser à la peau sous forme d'un écoulement sanglant. Les principaux diagnostics différentiels d'une masse associée a une cicatrice abdominale sont les hernies, les granulomes sur fils, les abcès, les hématomes, les neurinomes, les kystes épidermoïdes et plus rarement les tumeurs malignes (sarcomes et métastase de carcinome) (4). Dans 37% le diagnostic est de découverte anatomopathologique.

L'échographie peut préciser l'origine pariétale typiquement intramusculaire de la masse, sa taille et ses contours, son extension et ses relations avec les structures adjacentes. L'échographie de la paroi abdominale montre une image solide bien limitée, hypoéchogène et vascularisée avec pédicule vasculaire pénétrant la périphérie de la lésion. Autres aspects peuvent être observés : masse kystique ou mixte, contours irréguliers spéculés, contours hyperéchogènes. L'écho-doppler couleur montre une masse souvent très vascularisée avec des vaisseaux afférents dilatés(12).

Le scanner peut montrer un épaissement ou une masse localisée solide, kystique ou mixte de la paroi musculaire abdominale (1,4) La lésion est iso dense aux muscles de la paroi abdominale avant l'injection intraveineuse du produit de contraste. Après injection on observe un rehaussement marqué lié à la nature très vascularisée de la masse(13). Le scanner peut également être utile en montrant l'extension de la lésion pariétale.

L'IRM plus que le scanner, constitue l'examen de choix pour confirmer le diagnostic en cas de doute car elle permet de mettre en évidence le contenu en fer des dépôts d'hémosidérine dans les endométriomes. L'IRM est plus sensible que le scanner pour la détection des lésions de petites tailles. Le signal de la lésion est variable en fonction du caractère aigu (hypersignal T1 et T2) ou chronique (Signal hétérogène) de l'hémorragie intralésionnelle (14).

Le taux sérique de CA1265 peut être augmenté en corrélation avec la prolifération des cellules épithéliales dans la lésion d'endométriose (10).

Des tentatives du traitement médical par castration médicamenteuses ont été effectuées mais le traitement de référence reste l'exérèse chirurgicale de la lésion d'autant plus que de rares cas de carcinomes endométrioides sur cicatrice ont été décrits(3,5) et que la récurrence sous traitement médical est inéluctable. Plusieurs études (4,5) signalent un taux important de récurrences allant à 15%. Il faut donc effectuer une exérèse large d'emblée avec une marge saine de 5mm au pourtour de la pièce (4) d'exérèse et éviter toute effraction de la lésion au cours de l'intervention. Une prothèse pariétale pour refermer le défet aponévrotique est indispensable en cas de lésion volumineuse.

Deux moyens théoriques de prévention de cette affection peuvent être proposés. Au cours d'une césarienne, le chirurgien devra porter une attention particulière à la protection de la paroi des champs opératoires. Un lavage aspiration soigneux avec irrigation de la paroi pourra également être effectué à la fin de la procédure. Ces gestes sont indispensables chez les patientes ayant des lésions d'endométriose pelvienne.

CONCLUSION

L'endométriose pariétale est une affection peu fréquente et souvent méconnue. Une endométriose cicatricielle doit être évoquée devant toute masse siégeant sur la cicatrice d'une intervention abdominopelvienne. Le diagnostic doit être évoqué devant des douleurs ou une masse de la paroi abdominale chez une femme en période d'activité génitale surtout si cette lésion présente des modifications cataméniales et si la patiente a des antécédents de chirurgie gynécologique ou obstétricale. Cependant une endométriose pariétale en dehors d'ATCD chirurgicaux est possible.

L'échographie Doppler couleur est l'examen morphologique de choix pour confirmer le diagnostic et éliminer d'autres pathologies pariétales en montrant une masse hypoéchogène hyper vascularisée. En raison de la grande diffusion des examens scanographiques, il est important pour les radiologues de savoir que ces lésions apparaissent comme des nodules tissulaires à proximité d'une cicatrice de chirurgie obstétricale ou gynécologique. En cas de doute diagnostique avant la chirurgie, l'IRM a une place certaine pour détecter le signal particulier de l'hémorragie dans l'endomètre et confirmer le diagnostic. Mais, le diagnostic n'est confirmé que par l'étude histologique. La guérison est obtenue par l'excision complète de la masse

RÉFÉRENCES

- [1] A Hassanin-Negila, S Cardini, V Ladam-Marcus, J-P Palot, M-D Diebold, C Marcus. Endométriomes de la paroi abdominale : Apport de l'imagerie. *J Radiol* 2006 ; 87 : 1691-5
- [2] Blanco RG, Parithivel VS, Shah AK, Gumbs MA, Schein M, Gerst PH, Abdominal wall endometriomas. *Am J Surg* 2003; 185: 596-8
- [3] H Boufettal, S Hermas, R Boufettal, S Reffki Jai, Z Kamri, K Elmoutacim, M Noun, N Samouh. Endométriose de la cicatrice de la paroi abdominal. *La Presse Médicale*. 2009 ; 38 : e1-e6
- [4] G Piod, L Boulanger, F Bounoua, F Leduc, G Duval. Endométriose pariétale sur cicatrice de césarienne : A propos de 15 cas. *Gynécologie obstétrique & fertilité* 34(2006) 8-13
- [5] Paterson Gk, Winbum GB. Abdominal wall endometriomas : report of eight cases. *Am Surg* 1999, 65: 36-9
- [6] Steck WD, Helwing EB. Cutaneous endometriosis. *JAMA* 1965; 191: 167-70
- [7] Musanda M, Bounaas M, Duval et cousin A. Endométriose : cause inhabituelle d'occlusion intestinale. *J Radiol* 2000 ; 8 : 538-41
- [8] Crespo R, Puig F, Marquina I. Pyramidalis muscle endometriosis in absence of previous surgery. *Int J Gynecol Obstet* 2005; 89: 148-9
- [9] Bruhat MA, Canis M, Glowaczower E. Endométriose externe. *Encyclopédie médico- chirurgicale (Paris) : Gynécologie* 12 (1987). 8.
- [10] Elabsi M, Lahlou MK, Rouas L, et al. L'endométriose cicatricielle de la paroi abdominale. *Ann Chir* 2002 ; 127 : 65-7
- [11] Zhao X, Lang J, Liu Z, Sun D, Zhu L, Abdominal wall endometriomas *Int J Gynecol Obstet* 2005 ; 90 : 218-22
- [12] Francica G, Giardello C, Angelone G, Cristiano S, Fenelli R, Tramontano G. Abdominal wall endometriomas near caesarean delivery scars: sonographic color Doppler finding in a series of 12 patients. *J Ultra-Sound Med* 2003; 22: 1041-7
- [13] Merran S, Karila- Cohen P. Endométriose sous cutanée sur cicatrice de la paroi abdominal antérieure: A propos de deux observations. *J Radiol* 2004, 85 : 409-10
- [14] Bazot M, Nassar J, Darai E, Thomassin I, Cartez A, et al. Valeurs diagnostiques de l'échographie et de l'IRM pour l'évaluation de l'endométriose pelvienne profonde. *J Radiol* 2005 ; 86 : 461-7

CANCER DU COL UTERIN ET GROSSESSE : QUELLE PRISE EN CHARGE EN 2015

[CERVICAL CANCER AND PREGNANCY : WHAT SUPPORT IN 2015]

K. Benabdallah, I. Zoubairi, M. Jou, N. Zraidi, and A. Baydada

Service d'endoscopie gynécologique M1,
Maternité Souissi,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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 concomitant occurrence of cervical cancer and pregnancy is rare. Figures published in the literature are variable and estimation Motherhood practitioner from 1500 to 2500 births on average one case of cervical cancer per year. Non-invasive cancers are more encountered than invasive cancer, with an average ratio in the three publications carcinomas in situ to invasive carcinoma.

The incidence of cervical cancer during pregnancy and aggravating his relationship has been widely discussed. There seems to be no worse prognosis specifically linked to pregnancy. For some other studies would invasive cancers even lower than in the reference population and taking into account the average age of patients of childbearing age. The same applies to the action of estrogen does not appear to be an aggravating factor for cervical cancer is not a hormone-dependent. Contrary to what was previously described.

Prenatal care during pregnancy should be an occasion to systematically seek cervical cancer. It is important to make an early diagnosis to a proper care and improved prognosis. The advent of smears, colposcopy and biopsy or colposcopy micro enabled quick and accurate diagnosis. These various examinations usually will make the difference between dysplasias, carcinomas in situ and possibly very limited micro invasive cancers both in scope and depth to larger micro invasive cancers and invasive cancers in order to take a decision on the multidisciplinary course of pregnancy, therapeutic indications and terms of delivery.

We present in this article the peculiarities related to cervical cancer association and pregnancy at different phases diagnostic and therapeutic news.

KEYWORDS: cervical cancer; pregnancy; preservation.

RESUME: La survenue concomitante d'un cancer du col et de la grossesse est rare. Les chiffres publiés dans la littérature sont variables et l'estimation pour une maternité pratiquant 1500 à 2500 accouchements est en moyenne un cas de cancer du col par an.

Les cancers non invasifs sont plus rencontrés que les cancers invasifs, avec un rapport moyen dans les publications de trois cancers in situ pour un cancer invasif.

L'incidence du cancer du col au cours de la grossesse et sa relation aggravante a été largement discutée. Il ne semble pas exister de pronostic péjoratif spécifiquement lié à l'état de grossesse. Pour certaines études d'autres cancers invasifs seraient même moins élevés que dans la population de référence et ce tenant compte de l'âge moyen des patientes en âge de procréer. Il en va de même de l'action des œstrogènes ne paraît pas être un facteur aggravant du cancer du col qui est non hormono-dépendant. Contrairement à ce qui a été décrit autrefois.

La consultation prénatale au cours de la grossesse doit être une circonstance pour rechercher systématiquement le cancer du col. Il est important de pouvoir poser un diagnostic précoce afin d'une prise en charge adéquate et une amélioration du pronostic. L'avènement du frottis, colposcopie ou micro colposcopie et biopsie ont permis un diagnostic précis et rapide. Ces

différents examens permettront généralement de faire la différence entre les dysplasies, les cancers in situ et éventuellement les cancers micro invasifs très limités tant en étendue qu'en profondeur aux cancers micro invasifs plus étendus et aux cancers invasifs afin de prendre une décision pluridisciplinaire sur le déroulement de la grossesse, les indications thérapeutiques et sur les modalités de l'accouchement.

Nous exposons dans cet article les particularités liées à l'association cancer du col et grossesse aux différentes phases diagnostiques et les actualités thérapeutiques.

MOTS-CLEFS: cancer du col; grossesse; préservation.

INTRODUCTION

Le diagnostic de cancer invasif du col utérin (CCU), évoluant au cours d'une grossesse n'est pas toujours évident. L'incidence au cours de la grossesse des dysplasies est estimée à 1 % et celle du cancer du col utérin à un sur 10 000 [1]. Ce dernier est l'un des cancers les plus diagnostiqués durant la grossesse avec le cancer du sein, les lymphomes et les mélanomes [2]. Toutefois, l'incidence exacte demeure imprécise.

Pour les patientes peu suivies, le début de grossesse doit être l'occasion de réaliser un frottis s'il n'a pas été fait récemment et de sensibiliser les patientes à la nécessité de cette surveillance. La recommandation d'un frottis systématique en début de grossesse va augmenter l'incidence de découverte de lésions précancéreuses, d'où l'importance de définir des conduites à tenir claires. Pour les cancers survenant pendant la grossesse, les objectifs sont doubles et parfois antagonistes : réaliser une prise en charge la plus proche de celle des patientes non enceintes, c'est-à-dire ne pas sous-traiter à cause de la grossesse et si possible, conserver la grossesse. Si auparavant, une interruption de grossesse était souvent recommandée au cours des deux premiers trimestres, des publications récentes rapportent des cas de préservation de la grossesse. Cela ne doit pas être au détriment du résultat carcinologique [3].

MODE DE DIAGNOSTIC

Le diagnostic est le plus souvent réalisé sur frottis. Pendant la grossesse, le taux d'anomalies cytologiques est estimé entre 1 et 8 %, pour une présence de lésions dysplasiques de 0,5 à 3 % [4]. Bien qu'il existe une tendance à la sur-estimation lésionnelle du fait des modifications stromales et des glandes endométriales ainsi le taux de frottis ASC (atypies des cellules malpighienne) est plus élevé durant la grossesse, la sensibilité du frottis est la même qu'en dehors de la grossesse [5].

En cas d'anomalies cytologiques évoquant une lésion de haut grade et frottis ASC-H (lésion malpighienne intra-épithéliale de haut grade) ou un carcinome invasif, une colposcopie avec biopsie doit être rapidement réalisée.

La colposcopie demeure l'examen de référence en cas d'anomalies cytologiques pendant la grossesse. Elle a pour but essentiel d'exclure la présence d'un contingent infiltrant. Les signes d'infiltration sont les mêmes que ceux reconnus en dehors de la grossesse, principalement ulcération, vascularisation atypique et zone acidophile très épaisse. Ces lésions nécessitent de réaliser une biopsie. Même s'il existe un risque d'hémorragie plus important, celle-ci peut être contrôlée par tamponnement, voire électrocoagulation ou suture et ce risque ne doit pas remettre en cause la biopsie si celle-ci apparaît nécessaire [4,6].

Le curetage endocervical est bien sûr contre-indiqué pendant la grossesse.

Si au cours du premier trimestre, le col est peu modifié permettant une colposcopie sans réelle difficulté, voire facilitée par l'éversion du col, celui-ci va évoluer aux deuxième et troisième trimestres nécessitant un colposcopiste entraîné [4].

Nous ne disposons pas d'études spécifiques sur la femme enceinte pour valider le rôle du typage HPV en cas de frottis ASCUS (atypie des cellules malpighienne de significations indéterminées).

Les métrorragies sont le principal signe clinique. Elles ne doivent pas être à tort imputées à la grossesse. Devant toute métrorragie de la grossesse, l'examen doit débiter par une pose de spéculum pour identifier l'origine du saignement. Si celle-ci paraît cervicale ou qu'une lésion paraît macroscopiquement suspecte, une biopsie doit être réalisée tout en étant prêt à l'éventualité d'un saignement plus abondant (prévoir matériel pour tamponnement, voire pour coagulation).

Les signes cliniques d'une maladie plus évoluée sont beaucoup plus rares et sont surtout très confondants chez une femme enceinte puisqu'il s'agit de sciatalgie, d'œdème des membres inférieurs ou d'une hydronéphrose.

CONDUITE À TENIR EN CAS DE SUSPICION D'INVASION

En cas de suspicion d'invasion, une conisation diagnostique doit être réalisée. La nécessité d'une conisation durant la grossesse est rare et cette décision doit être prise de façon multidisciplinaire.

Des publications récentes recommandent l'usage de la résection à l'anse plutôt que la conisation au bistouri froid pour limiter le risque de saignement. Cette conisation réalisée en cours de grossesse est associée à un cerclage. En cas de résection à l'anse, le risque de résection non in sano est accru mais on peut alors réaliser une seconde conisation dans le post-partum [7].

Si la patiente est Rhésus négatif, une séroprophylaxie anti-D doit être réalisée.

CONDUITE À TENIR POUR LES LÉSIONS INVASIVES

Le bilan d'extension de la tumeur repose sur l'examen clinique et l'IRM abdominopelvienne (classiquement sans injection de gadolinium au premier trimestre). Une radiographie de thorax peut être réalisée (avec protection fœtale) après le premier trimestre pour des tumeurs localement avancées (≥ 4 cm).

La prise en charge thérapeutique dépend du stade (et de la taille tumorale), du type histologique de la tumeur, du terme de la grossesse et du désir du couple de conserver éventuellement la grossesse. Pour pouvoir décider en connaissance de cause, le couple doit être informé que la grossesse n'apparaît pas comme un élément aggravant le pronostic du cancer du col [8]. Les facteurs pronostiques sont les mêmes qu'en dehors de la grossesse, les deux principaux étant le stade et l'atteinte ganglionnaire. La discussion doit impliquer gynécologues-oncologues, oncologues médicaux, radiothérapeutes, radiologues et pathologistes pour définir une prise en charge carcinologique « optimale » mais aussi obstétriciens et néonatalogistes pour obtenir le meilleur compromis entre pronostic maternel et pronostic fœtal. Si, dans la prise en charge de la patiente, un accouchement est envisagé avant 38 SA, celui-ci devrait être réalisé dans un centre périnatal dont le niveau est adapté au terme de l'accouchement.

Prise en charge thérapeutique après 34–35 SA

À ce terme, la maturité fœtale peut être considérée comme acquise. Il est possible de préserver la grossesse tout en ne prenant pas de retard dans la prise en charge thérapeutique de la lésion cervicale qui sera réalisée, selon les standards, après l'accouchement. Le terme de l'accouchement sera déterminé en fonction du terme au moment du diagnostic et du degré d'urgence à traiter la lésion cervicale (taille et stade tumoral). L'accouchement doit être réalisé par césarienne.

Prise en charge thérapeutique d'une tumeur invasive avant maturité fœtale

S'il s'agit d'une tumeur de type histologique « classique » et que la patiente souhaite préserver sa grossesse, le traitement va dépendre du stade de la maladie et du terme. En effet, la possibilité de réaliser certains gestes de stadification dépend du volume utérin : jusqu'à 20–24 SA, la lymphadénectomie laparoscopique pelvienne première est le plus souvent réalisable sans être trop gêné par le volume utérin. Elle permet d'identifier le sous-groupe de patientes qui a le plus mauvais pronostic, c'est-à-dire avec atteinte ganglionnaire et dont le traitement ne peut être différé après l'accouchement.

Pour les tumeurs de stade précoce avec un curage pelvien négatif, on proposera une surveillance pendant la grossesse sans traitement de la lésion cervicale. Cette surveillance sera clinique et radiologique (IRM abdominopelvienne toutes les quatre à huit semaines bien qu'il n'y ait pas de consensus concernant la fréquence de surveillance). En absence de progression tumorale, la tumeur cervicale sera traitée dès que la maturité fœtale sera atteinte. L'accouchement sera réalisé par césarienne et le traitement de la lésion cervicale sera réalisé selon les standards.

Si le curage pelvien est positif, l'interruption médicale de grossesse doit être proposée et le traitement doit être une radio-chimiothérapie concomitante première (après obtention de la vacuité utérine). Le niveau d'extension des champs de la radiothérapie dépendra du niveau de l'extension ganglionnaire (pelvienne seule ou pelvienne et lombo-aortique). L'atteinte lombo-aortique pourra être précisée, soit par une lymphadénectomie lombo-aortique laparoscopique, soit par un PET scan réalisé après l'expulsion du fœtus.

Pour les tumeurs de stade avancé (à partir du stade IB2 de classification de FIGO), le traitement standard est la radio-chimiothérapie concomitante. Si la tumeur est diagnostiquée avant 22 à 24 SA, une interruption de grossesse est recommandée. Après 24 SA (sous réserve de l'absence d'extension radiologique ganglionnaire et extrapelvienne), la radiochimiothérapie peut débuter après la césarienne qui sera faite dès que la maturité fœtale le permet (à condition que l'obtention de celle-ci ne retarde la mise en route du traitement de la tumeur de plus de six à huit semaines).

Une option peut se discuter chez des patientes souhaitant expressément préserver leur grossesse : la chimiothérapie néoadjuvante. Ce traitement ne peut être proposé que chez des patientes ayant un terme de grossesse supérieur à 20 SA et en ayant prévenu celles-ci des risques carcinologiques éventuels, décrits dans la littérature, d'échec du traitement et donc, de progression tumorale avec mise en jeu du pronostic vital et de l'incertitude sur les conséquences fœtales de la chimiothérapie [9].

PRONOSTIC

Le problème du pronostic de l'affection est loin d'être une simple question théorique. Il conditionne en effet la date de mise en route du traitement. Un début de réponse peut être apporté pour les stades précoces de la maladie (Ia, Ib et IIa) ; l'étude de Van der Vange [10] portant sur 44 patientes atteintes d'un cancer du col appariées à une population contrôle de femmes atteintes non enceintes mais présentant les mêmes caractéristiques d'âge, de grade, de stade, de type tumoral et de modalités de prise en charge thérapeutique, ne montre pas de différences statistiques de survie pour ce qui concerne les stades précoces. Compte tenu de la faiblesse de l'échantillon, aucune constatation ne peut être effectuée pour les stades avancés. Hopkins [11] dans les mêmes conditions ne retrouve pas non plus de différence de survie, en appariant sa population de 35 patientes enceintes de stade IB et 170 patientes de même âge moyen, non enceintes, traitées de 1960 à 1989. Le problème de la période de grossesse de découverte de la maladie est plus accessoire. Notons simplement que la période de découverte ne semble pas modifier le pronostic : Hopkins [11], en effet ne trouve pas de différence significative de survie selon le trimestre de découverte de la grossesse pour les stades IB.

Survie à 5 ans : 90 % pour 10 patientes pour lesquelles la découverte du CCU s'est effectuée au second trimestre, 75 % (5 patientes) au troisième trimestre et 75 % pour le post partum (20 patientes [12,13]).

MODE D'ACCOUCHEMENT

Compte tenu des risques évidents de dystocie et d'hémorragie cervicale en cours de grossesse, il est évident que la césarienne s'impose dans tous les cas à partir du stade Ib. Pour les lésions Ia, il pourrait être tentant de réaliser l'accouchement par voie basse, pour effectuer secondairement le traitement chirurgical ou radio chirurgical classique. Le problème est alors celui d'éventuelles récidives vaginales par colonisation d'un site de déchirure ou d'épisiotomie. Neuf cas de récurrence sur les sites d'épisiotomie sont relevés dans la littérature américaine, dont 6 correspondent à des lésions initialement classées en Ib. Leur pronostic est très sombre, puisqu'elles ont très généralement entraîné le décès des patientes atteintes. La plus grande prudence est donc de mise. Il faut éviter la voie basse, quel que soit le stade tumoral et en cas de découverte en post partum de la lésion, faire une surveillance très attentive du site d'épisiotomie avec des colposcopies répétées [14].

CONCLUSION

Chez les patientes peu suivies ou en l'absence de dépistage depuis plus de deux ans, un frottis doit être réalisé en début de grossesse pour dépister des anomalies cervicales et sensibiliser les patientes à l'intérêt de ce dépistage.

Pour les lésions de dysplasie en l'absence d'invasion prouvée à la colposcopie, le traitement peut être différé au post-partum, sous couvert d'une surveillance rapprochée.

Pour les lésions invasives, le bilan doit être complété par IRM pour définir au mieux la taille de la lésion. La prise en charge dépendra du terme, du stade de la lésion et de l'atteinte ganglionnaires, si cette information peut être obtenue (lymphadénectomie pelvienne par voie coelioscopique jusqu'à 20–24 SA pour les tumeurs de moins de 4 cm). Le couple doit être informé que la grossesse en elle-même ne modifie pas le pronostic de la tumeur. Si le couple choisit de conserver la grossesse et que le traitement doit être différé pour attendre la maturité fœtale, les risques liés au délai doivent être évalués en fonction du délai nécessaire et des facteurs pronostiques de la tumeur. Le traitement est décidé de manière collective entre oncologue, chirurgien-oncologue, obstétricien, néonatalogistes et le couple.

REFERENCES

- [1] B. Duggan, L.I. Muderspach, L.D. Roman, J.P. Curtin, G. 3rd d'Ablaing and C.P. Morrow, Cervical cancer in pregnancy: reporting on planned delay in therapy, *Obstet Gynecol* 82 (1993), pp. 598–602 .
- [2] B.J. Moran, H. Yano, N. Al Zahir and M. Farqvharson, Conflicting priorities in surgical intervention for cancer in pregnancy, *Lancet Oncol* 8 (2007), pp. 536–544.
- [3] H. Stensheim, B. Møller, T. van Dijk and S.D. Fosså, Cause-specific survival for women diagnosed with cancer during pregnancy or lactation: a registry-based cohort study, *J Clin Oncol* 27 (2009), pp. 45–51.
- [4] Uzan C, et al. Cancer du col durant la grossesse. *Imagerie de la Femme* (2010), doi:10.1016/j.femme.2010.05.002
ARTICLE IN PRESS
- [5] L. Selleret and P. Mathevet, Precancerous cervical lesions during pregnancy: diagnostic and treatment, *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 37 (Suppl. 1) (2008), pp. S131–S138.
- [6] P.F. Kaminski, D.S. Lyon, J.I. Sorosky, J.B. Wheelock and E.S. Podczaski, Significance of atypical cervical cytology in pregnancy, *Am J Perinatol* 9 (1992), pp. 340–343.
- [7] K.J. Kaplan, L.A. Dainty, B. Dolinsky, G.S. Rose, J. Carlson and M. McHale *et al.*, Prognosis and recurrence risk for patients with cervical squamous intraepithelial lesions diagnosed during pregnancy, *Cancer* 25 (102) (2004), pp. 228–232.
- [8] W.R. Robinson, S. Webb, J. Tirpack, S. Degefu and A.G. O'Quinn, Management of cervical intraepithelial neoplasia during pregnancy with LOOP excision, *Gynecol Oncol* 64 (1997), pp. 153–155
- [9] M.I. Hunter, K. Tewari and B.J. Monk, Cervical neoplasia in pregnancy. Part 2: current treatment of invasive disease, *Am J Obstet Gynecol* 199 (2008), pp. 10–18.
- [10] Van der Vange N., Weverling G.J., Ketting B.W., Ankum .W.M., Samlal R., Lammes FB : The prognosis of cervical cancer associated with pregnancy : a matched cohort study. *Obstet Gynecol.* 1995 Jun. 85 (6). P 1022-6.
- [11] Hopkins M.P., Morley G.W. : The prognosis and management of cervical cancer associated with pregnancy. *Obstet Gynecol.* 1992 Jul. 80 1). P 913.
- [12] Y. Benhaim, P. Pautier, C. Bensaid, C. Lhommé, C. Haie-Meder and P. Morice, Neoadjuvant chemotherapy for advanced stage cervical cancer in a pregnant patient: report of one case with rapid tumor progression, *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 136 (2008), pp. 267–26840
- [13] Cliby W.A., Dodson M.K., Podratz K.C. : Cervical cancer complicated by pregnancy : episiotomy site recurrences following vaginal delivery. *Obstet Gynecol.* 1994 Aug. 84 (2). P 179-182.
- [14] Ferenczy A., Choukroun D., Falcone T., Franco E. : The effect of cervical loop electrosurgical excision on subsequent pregnancy outcome.

Instruments des politiques régionales d'innovation : Cas du MAROC

[Innovation and instruments of territorial innovation: Case of Morocco]

Rachid WAHABI¹ and Nada SOUDI²

¹Professeur de l'enseignement supérieur, Directeur du Laboratoire de recherche,
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settat, Maroc

²Doctorante au Laboratoire de recherche, Gestion,
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan I, Settat, Maroc

Copyright © 2016 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 innovation paradigm has a broad base that can hold a plethora of areas. A set of instruments are set up for the benefit of regional innovation policies: the upgrading of human resources, development of infrastructure and the establishment of regional marketing.

KEYWORDS: Innovation, INDH, infrastructure, territorial marketing, governance.

RÉSUMÉ: Le paradigme de l'innovation détient une large assise qui peut contenir une pléthore de domaines. Un ensemble d'instruments sont mis en place au profit des politiques régionales d'innovation : la mise à niveau des ressources humaines, le développement des infrastructures mises en place et l'instauration du marketing territorial.

MOTS-CLEFS: Innovation, INDH, infrastructures, Marketing territorial, gouvernance.

1 L'INNOVATION

L'innovation est une chose merveilleuse. C'est une force au pouvoir d'attraction pragmatique et esthétique : elle déchaîne notre créativité, ouvre nos esprits vers des possibilités inexplorées, tout en accélérant simultanément la croissance économique et en permettant des avancées dans divers domaines. Pour les entreprises, l'innovation offre à la fois des opportunités exceptionnelles et des défis importants. Elle est un moyen puissant de différenciation, permettant de pénétrer de nouveaux marchés et d'augmenter leurs profits, et également une course concurrentielle qui nécessite vitesse, adresse et précision. L'entreprise ne doit pas seulement être innovante pour réussir, elle doit innover mieux que ses concurrentes tout en rentabilisant son innovation.

1.1 A PROPOS DE L'INNOVATION

Plusieurs définitions peuvent être attribuées à l'innovation, les unes complétant les autres, mais une seule sur laquelle s'accordent tous les auteurs et les institutions : « l'innovation est un art qui peut être recherché ou spontané dont la finalité est d'offrir du nouveau au consommateur interne ou externe de l'entreprise ».

Selon Larousse, l'innovation est l'action d'innover. Ce concept peut être défini selon 2 optiques différentes :

« Ensemble du processus qui se déroule depuis la naissance d'une idée jusqu'à sa matérialisation (lancement d'un produit), en passant par l'étude du marché, le développement du prototype et les premières étapes de la production ».

« Processus d'influence qui conduit au changement social et dont l'effet consiste à rejeter les normes sociales existantes et à en proposer de nouvelles ».

Selon le manuel d'Oslo¹ « Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation » édité par l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) définit l'innovation technologique comme suit : « Une innovation est la mise au point d'un produit ou d'un service plus performant, pour fournir une nouveauté ou une amélioration au consommateur ».

1.2 FONDEMENTS DE L'INNOVATION

1.2.1 LES NÉO-CLASSIQUES : SMITH & RICARDO

Dans la « richesse des nations », **Adam Smith** considère que la division accrue du travail est source de productivité notamment parce qu'elle permet l'usage des machines. Selon Smith, l'innovation technologique est en réalité induite par le savoir-faire des ouvriers et par le travail des « savants ou théoriciens ». C'est l'échange et le profit qui pousse l'entrepreneur à développer la division du travail et la spécialisation, et par là, le progrès technique. Ce modèle smithien jette les fondations d'une approche de la croissance.

David Ricardo distingue plusieurs configurations: fabrication d'un nouveau bien, introduction d'une méthode de production inédite, ouverture d'un nouveau débouché, réalisation d'une nouvelle organisation. L'innovation qu'il en a vue concerne la mécanisation du travail : bien qu'elle augmente le profit de l'entrepreneur en diminuant le fonds salarial, elle fait installer le chômage technologique. Cette problématique a été reprise et développée par S. de Sismondi (1819), critiquée par Malthus (1836) puis reprise par Marx dans le Capital.

1.2.2 LA PENSÉE SCHUMPETÉRIENNE

Schumpeter² estime que le fondement et le ressort de la dynamique de l'économie sont l'innovation et le progrès technique. L'histoire du capitalisme est une mue permanente : la technologie évolue, se transforme poussant des domaines entiers de l'activité économique à s'étioler puis à disparaître après avoir été dominants. Schumpeter met en avant le rôle majeur des innovations dans l'impulsion et aussi la mise en mouvement de l'économie sous l'action de l'entrepreneur. C'est par la fabrication de produits nouveaux, l'adoption de procédés et de techniques inédits, l'utilisation de nouvelles matières premières ou l'ouverture de nouveaux débouchés que les structures finissent par changer.

Ainsi, l'entrepreneur incarne le pari de l'innovation, thèse qu'il développa en particulier dans « Théorie de l'évolution économique » en 1913 ; son dynamisme assure la réussite de celle-ci. Il doit vaincre les résistances qui s'opposent à toute nouveauté risquant de remettre en cause le conformisme ambiant. **Henry Ford** fut l'inspiration de Schumpeter pour l'entrepreneur-modèle.

1.2.3 PETER DRUCKER

Une décennie plus tard, Peter Drucker³ en 2006 a repris les fondements de la théorie de J. Schumpeter. Ainsi dans son livre "Innovation and Entrepreneurship", il fait une analyse détaillée des sources d'innovations et l'instauration du

¹Le Manuel d'Oslo est la principale source internationale de principes directeurs en matière de collecte et d'utilisation d'informations sur les activités d'innovation dans l'industrie.

²Joseph Alois Schumpeter (Triesch, Moravie, 8 Février 1883- Salisbury, Connecticut, 8 Janvier 1950) est un économiste autrichien du XXème siècle, connu pour ses théories sur les fluctuations économiques, la destruction créatrice et l'innovation. Il est auteur d'une histoire de l'analyse économique, parue en 1954 et qui fait encore référence. Ni dans le courant Keynésien, ni dans le courant marxiste, et bien que libéral. On le qualifie d'économiste hétérodoxe pour ses théories sur l'évolution du capitalisme.

³ Peter Ferdinand Drucker (1909-2005), professeur et consultant américain en management d'entreprise, auteur et théoricien. Il est à l'origine de nombreux concepts utilisés dans le monde de l'entreprise, comme l'esprit d'entreprise et l'innovation systématique.

changement dans l'entreprise. Il souligne l'importance de l'esprit entrepreneurial et confirme que l'innovation et le leadership vont de pair que ça soit dans les petites ou les grandes entreprises.

Aussi, dans son livre "The Effective Executive" paru la même année en 2006, il met en exergue deux idées innovantes, devenues des classiques : la pratique du management s'acquiert (et même doit s'acquérir) et il importe plus de faire les bonnes choses que de faire les choses bien.

1.3 INTÉRÊT DE L'INNOVATION

Pour cerner l'intérêt de l'innovation, il faudrait étudier les motivations et les freins de l'entreprise. En fait, il faudrait répondre aux questions suivantes :

- *Pourquoi innover ?*
- *Pourquoi ne pas innover ?*

1.3.1 MOTIVATIONS POUR INNOVER

Afin de comprendre les motivations de l'innovation, nous commençons par l'exemple simple de Robinson Crusoé⁴ dont le navire s'est échoué sur une île isolée. Se trouvant seul au monde, il n'a pas de moyens de procéder à des échanges ou faire du commerce. Il doit néanmoins se consacrer à toutes les tâches nécessaires à sa survie en fonction des possibilités qui s'offrent à lui, dans le cadre des contraintes imposées par la nature. Robinson Crusoé élucide l'exemple d'un acteur unique sur le marché qui doit innover pour survivre. Si les concurrents sont multiples, la théorie de survie de Darwin⁵ prend la relève. Cette théorie démontre que seuls les plus adaptés survivent. La survie est toujours l'objectif premier de l'entreprise, mais ce qui différencie les unes des autres, c'est le degré d'aisance de cette survie.

Innover pour une extension du marché

Cette stratégie a été développée par Igor Ansoff⁶ en 1957, elle consiste à augmenter les ventes de l'entreprise en **introduisant les produits actuels sur de nouveaux marchés**. Ainsi l'innovation se situe dans :

- La conquête des régions, du pays et de l'international (développement géographique).
- Le développement de nouveaux canaux de distribution (Internet par exemple), faire appel à des médias autres que les moyens de communication traditionnels,
- La mise en place une nouvelle politique de prix pour toucher de nouvelles cibles et créer de nouveaux segments de marché.

L'idée est de chercher de nouvelles missions aux produits existants. C'est le cas par exemple des grandes firmes américaines : Coca Cola, Mc Donald's.

Innover pour une diversification du portefeuille de l'entreprise

Cette stratégie a été développée par Igor Ansoff en 1957, elle consiste à proposer des nouveaux produits sur des nouveaux marchés qui présentent des opportunités et qui sortent du périmètre d'activité habituel de l'entreprise. L'innovation se situe au niveau de l'intégration de nouvelles compétences et la capitalisation de l'expérience sur les nouvelles lignes de produits et les marchés ciblés. L'entreprise peut suivre les axes de développement suivants :

- **La diversification verticale** : l'entreprise va intégrer les métiers et les missions de ses propres clients et/ou fournisseurs
- **La diversification horizontale** : l'entreprise va se développer sur des métiers parallèles à son cœur de métier actuel
- **La diversification concentrique** : l'entreprise va se développer sur des nouveaux produits étroitement liés à son cœur de métier actuel ou se basant sur une technologie complémentaire.

⁴En 1651, Robinson Crusoé quitta York, pour naviguer, contre la volonté de ses parents, mais suite à une tempête il est naufragé sur une île à l'embouchure de l'Orénoque en Amérique du Sud.

⁵Darwin (1809-1882), un naturaliste anglais connu principalement pour sa théorie sur l'évolution et l'adaptation des espèces

⁶Igor Ansoff (1918 - 2002) était un professeur et cadre supérieur américano-russe.

- **La diversification en conglomérat** : l'entreprise va se développer sur des métiers et des marchés sans rapport avec ses activités actuelles

C'est le cas par exemple pour Philips qui commercialise à la fois des téléviseurs, des machines à laver, des produits d'électricité mais aussi les biberons pour bébés.

Innover pour une différenciation de l'entreprise

Cette stratégie a été développée par **Michael Porter**⁷, il s'agit de proposer une offre différente de celle de la concurrence. Il existe deux types de différenciation :

- **La différenciation vers le haut ou sophistication**, qui consiste à proposer une offre plus élaborée que l'offre de référence, mais à la vendre à un prix plus élevé. L'idéal consiste à augmenter le prix plus que le coût, afin de générer un profit supérieur. C'est le positionnement adopté notamment par Apple, BMW ou Häagen-Dazs.
- **La différenciation vers le bas ou épuration**, qui consiste au contraire à proposer une offre moins élaborée que l'offre de référence, mais à la vendre à un prix moins élevé. L'idéal consiste alors à réduire le coût plus que le prix, afin de générer un profit supérieur. C'est le positionnement adopté notamment par Bic, Ikea ou Free télécom.

Innover pour une domination par les coûts

Cette stratégie a été développée par **Michael Porter**, elle consiste à proposer une offre de même valeur que celle des concurrents, mais à un prix inférieur (*stratégie de prix*). Elle nécessite de réduire les coûts, ce qui s'obtient par exemple en optimisant les différentes étapes de production, mais plus largement en s'appuyant sur l'effet d'expérience. L'innovation se réalise alors dans le processus de production ou de commercialisation. Ce positionnement est adopté par exemple par Toyota, Honda.

1.3.2 FREINS POUR L'INNOVATION

La décision de ne pas innover peut s'avérer à première vue négative pour l'entreprise, mais elle peut aussi être la bonne décision à prendre surtout si l'innovation n'aura pas de plus-value pour l'entreprise et un revenu incrémental justifiant les frais engagés. Plusieurs freins peuvent restreindre l'innovation :

Ne pas innover pour manque de ressources financières

L'innovation est coûteuse, elle nécessite un budget de recherche et de développement et aussi de production de l'innovation. Plusieurs entreprises essentiellement les PME/PMI ne peuvent se permettre le luxe d'innover avec en plus une incertitude se rapportant au succès de l'innovation. Ainsi, par exemple au Maroc, pour encourager la créativité de ces entreprises, l'état organise des programmes en collaboration avec le CMI (Centre Marocain de l'Innovation) attribuant des prix aux projets les plus méritants. Par exemple : Tatwir et Intilaq.

Ne pas innover pour manque de qualifications

Il est assez courant pour l'entreprise de disposer d'idées créatives mais pas de matière grise ou de personnel suffisant pour les réaliser. Ainsi, les projets innovants dorment dans les tiroirs et les responsables se soucient plus du Chiffre d'affaires à court terme que l'investissement dans des idées nouvelles, mais non certaines et non rentables à l'immédiat.

Ne pas innover parce qu'il y a pas de clients

Des fois, les innovations sont produites sans études préalables des besoins des clients et de ce fait, ils ne trouvent pas preneurs à leur délivrance. C'est le cas par exemple des mouchoirs imbibés de parfums.

Ne pas innover pour disparaître sur un segment

Il apparaît clairement dans la **matrice BCG**, qu'il est dans l'intérêt de l'entreprise de se désinvestir des poids lourds pour consacrer ses budgets aux autres produits. Ainsi, se retirer du marché correspond à une situation de fait. Certaines lignes de produits sont amenées à disparaître pour des raisons variées. Il va falloir ici faire disparaître les coûts et tenter de réorienter les demandes des clients vers d'autres segments de la gamme.

⁷ Né en 1947 à Ann Arbor dans le Michigan, est un professeur de stratégie d'entreprise de l'Université Harvard,

Ne pas innover parce que l'entrepreneur n'y croit pas

Il est courant que des entrepreneurs ne veuillent pas investir en innovation sans garantie de contrepartie. Les mentalités et les croyances diffèrent. Ainsi, ils se trouvent gérer des entreprises anciennes avec des revenus au meilleur des cas maintenus au même niveau.

Au final, la concurrence d'un côté et la soif de nouveautés des consommateurs de l'autre poussent sans arrêt les entreprises à se dépasser et à trouver de nouveaux produits ou services, toujours plus performants. L'approche KAIZEN du japonais Masaaki Imai⁸ est utilisée pour assurer un niveau d'excellence grâce aux innovations et à plus petite échelle aux améliorations simples réalisées par tous les acteurs concernés de l'entreprise.

2 L'INNOVATION RÉGIONALE

En matière d'innovation et de compétitivité, la dimension territoriale prend une importance croissante. Elle est perçue comme l'« ardente obligation » des autorités publiques dans tous les pays. L'objectif étant de cibler un minimum d'efficacité dans une économie mondialisée sans pour autant tomber dans l'interventionnisme excessif. Quelles sont alors, les instruments mis en place par le Maroc pour une bonne gouvernance territoriale de l'innovation ? Quelles recommandations pour plus d'innovation régionale ?

2.1 LES INSTRUMENTS DES POLITIQUES REGIONALES D'INNOVATION

Les entreprises à la recherche d'un lieu de localisation territorial sont sensibles à plusieurs facteurs, objectifs et subjectifs, leur permettant de détenir un avantage concurrentiel. De ce fait, les territoires deviennent en situation concurrentielle afin d'attirer les entreprises.

Au Maroc, plusieurs instruments ont été instaurés pour favoriser l'innovation régionale. Les plus attrayants sont les suivants :

- La mise à niveau des ressources humaines
- Le développement des infrastructures mises en place
- Le développement du marketing territorial

2.1.1 LA MISE A NIVEAU DES RESSOURCES HUMAINES

«[...] s'attaquer au déficit social dont pâtissent les quartiers urbains pauvres et les communes rurales les plus démunies, et ce par l'élargissement de l'accès aux équipements et services sociaux de base [...] promouvoir les activités génératrices de revenus stables et d'emplois [...] venir en aide aux personnes en grande vulnérabilité, ou à besoins spécifiques [...]»

Extraits du Discours Royal de SM le Roi Mohammed VI adressé à la nation le 18 Mai 2005

Le développement social a été la cible majeure du programme de l'INDH « Initiative Nationale du Développement Humain », programme phare du Maroc qui a nécessité une enveloppe financière de 27 Milliards de Dirhams pour la période (2006-2015). Les chantiers les plus importants sont : la lutte contre la pauvreté en milieu rural, la lutte contre l'exclusion sociale en milieu urbain, la lutte contre la précarité et la mise à niveau territoriale.

Lutte contre la pauvreté en milieu rural :

L'objectif étant d'améliorer la qualité de vie de la population rurale, c'est-à-dire l'accès aux services sociaux de base, la promotion de l'approche genre, l'animation sociale, culturelle et sportive, la promotion des Activités Génératrices de Revenus, du développement durable local et le renforcement de la gouvernance locale.

⁸ Né en 1930, ce japonais a créé un cabinet de management en 1962, et a publié en 1986 le livre "Kaizen : la clé du succès commercial japonais". La même année, il fonde le Kaizen Institute, dont la vocation est d'aider les entreprises occidentales à intégrer la notion, les concepts et les outils du Kaizen. En 1997, IMAI publie "Gemba Kaizen: une approche à bas coût du management par le bon sens".

Lutte contre l'exclusion sociale en milieu urbain

L'objectif étant de lutter contre l'exclusion sociale et d'améliorer les conditions et la qualité de vie de la population. Les principaux axes sont d'améliorer l'accès aux équipements urbains de base et aux services publics de proximité (éducation, santé), d'assurer l'insertion sociale des jeunes, de renforcer l'animation sociale, culturelle et sportive, de promouvoir le développement durable local et de renforcer la gouvernance locale.

Lutte contre la précarité

L'objectif étant d'améliorer la qualité de vie des personnes précaires et soutenir les populations en situation difficile. Les axes principaux étant d'améliorer la prise en charge et favoriser la réinsertion familiale et sociale des populations cibles, d'améliorer la qualité des prestations offertes actuellement par les associations et institutions publiques pour atteindre les standards internationaux, de créer les capacités supplémentaires d'accueil là où cela s'avère nécessaire, d'appuyer les acteurs et les associations intervenant dans le domaine des services aux personnes vulnérables et d'assurer une prévention efficace en identifiant et en menant toute action apte à juguler le phénomène de précarité.

Mise à niveau territoriale

Les objectifs étant de subvenir aux besoins des populations de certaines zones montagneuses ou enclavées, de réduire les disparités en matière d'accès aux infrastructures de base, équipements et services de proximité et de renforcer la convergence des actions sectorielles, en concertation avec les acteurs de développement local et en coordination avec les Walis et Gouverneurs. Le programme cible compte 1 million de bénéficiaires vivant dans 3.300 douars relevant de 503 communes rurales sises dans 22 provinces montagneuses ou enclavées. Il compte cinq axes d'intervention : l'appui à la santé, l'électrification rurale, l'eau potable, les routes et pistes rurales et l'appui à l'éducation.

L'INDH a démontré son succès grâce à ses diverses réalisations. Sur la période 2005-2012, le bilan est le suivant :

- 7,9 millions de bénéficiaires directs et indirects
- 29 000 projets programmés dont 5 553 activités génératrices de revenus (AGR)
- 9 500 associations et coopératives partenaires
- 20,6 milliards de dirhams d'investissement dont 12,3 milliards de dirhams contribution de l'INDH.

2.1.2 LE DÉVELOPPEMENT DES INFRASTRUCTURES

Depuis l'accession au Trône de SM le Roi Mohammed VI en 1999, le Maroc a amorcé une trajectoire l'inscrivant dans une dynamique de développement des infrastructures. Plus de dix années après, des avancées significatives sont observées grâce au concours financier de certains fonds d'investissement. Le complexe portuaire Tanger Méditerranée nécessitant un investissement de 11 Mds de DH est un des joyaux du Maroc.

Il a considérablement amplifié les capacités portuaires du Royaume. Agrégeant 11 ports et pourvu d'une capacité de trois millions de conteneurs, Tanger Med verra sa capacité atteindre 8 millions de conteneurs en 2016. Véritable plateforme régionale, voire mondiale, il est devenu le principal soutien logistique de l'usine Renault en ce qui concerne l'acheminement des véhicules (47.000 en une année) vers l'Europe. Doté d'infrastructures lui permettant d'accueillir les navires de dernière génération, le port tangérois brasse plus de 20% du transport maritime mondial de conteneurs. Par ailleurs, le renforcement du réseau routier (long de 60.000km) et autoroutier est devenu une priorité pour le Maroc.

L'objectif du pays est d'augmenter le réseau autoroutier de 1.500 à 1.800 km en 2015. A ce stade, rappelons que le Maroc fait figure de pionnier régional dans le domaine après l'Afrique du Sud. A titre comparatif, la longueur totale du réseau autoroutier tunisien n'était que 357 km en mai 2012. Résolument engagé dans une politique d'open Sky (ciel ouvert) comme en témoignent ses 15 aéroports internationaux, le pays est la première plateforme aéroportuaire de la région. L'aéroport Mohammed V de Casablanca est la principale vitrine des infrastructures aéroportuaires du pays. Il est le quatrième aéroport le plus important en Afrique après ceux du Cap, du Caire et de Johannesburg. Il est doté d'une capacité de 16 millions de passagers par an.

Pour ce qui est du trafic ferroviaire, notons que l'ONCF exploite et gère un réseau de 2109 km de ligne. Ce réseau dessert les principales villes du Royaume à l'exception d'Agadir, entre autres.

Afin d'améliorer son offre, l'ONCF reste particulièrement actif en matière de fret et logistique. Cette stratégie répond aux exigences du trafic de Tanger Med. L'actualité du secteur ferroviaire est particulièrement marquée par le projet de la ligne à grande vitesse (LGV) Tanger-Casablanca qui sera mise en service en 2015 et qui a nécessité un investissement estimé à 20 Mds de DH.

Par ailleurs, la volonté de moderniser le paysage urbain et de fluidifier le trafic a permis de mettre sur pied le tramway dans les deux grandes métropoles (Casablanca et Rabat).

2.1.3 LE DEVELOPPEMENT DU MARKETING TERRITORIAL

Le marketing est apparu comme un moyen permettant aux acteurs territoriaux d'identifier leur territoire, connaître les besoins des investisseurs, et comprendre leurs motivations. Le développement économique local est devenu une priorité dans la gestion des villes et des communes de plusieurs pays. Ce dernier inclut l'installation des entreprises, ce sont elles qui apportent emplois aux habitants, ressources financières aux collectivités et encouragent la créativité et l'innovation.

Cependant, nos villes doivent-elles attendre que les entreprises veuillent bien venir s'installer sur leur territoire ou, au contraire, devront-elles faire tout ce qui est dans leur pouvoir en vue de les attirer et de les convaincre à venir s'installer sur leur territoire.

Face à cette deuxième option, certaines villes ont considéré que les outils marketing leur permettaient d'approcher les entreprises et d'influencer leurs choix de localisation, et c'est à partir de là qu'une nouvelle extension du domaine du marketing a commencé à prendre forme.

Dans le cadre du marketing territorial, l'entreprise devient le client, le territoire se transforme en produit et les pouvoirs publics agissent en tant que promoteurs qui veulent attirer ces clients vers ce produit. Ainsi, nous pouvons définir le marketing territorial comme l'effort collectif de valorisation et d'adaptation des territoires à des marchés concurrentiels, pour influencer, et leur faveur, le comportement des publics visés par une offre différente et attractive dont la valeur perçue est durablement supérieure à celles des concurrents. Cette approche cherche à trouver le meilleur équilibre entre le marketing de l'offre de la destination promue et le marketing de la demande fondée sur une excellente connaissance des clients. Enfin, le marketing territorial constitue une boîte à outils basée sur des méthodes, techniques, outils et analyses de pratiques menées à travers le monde. Source : d'après le Mercator 2013 & V. Gollain, 2014.

Le marketing territorial facilite l'action collective

La démarche de marketing territorial part du constat que l'attractivité d'un territoire n'est pas le résultat d'un acteur, mais d'une chaîne d'acteurs. L'implication de ces acteurs est donc essentielle. Le marketing territorial comporte un ensemble de techniques permettant de rassembler les acteurs, faciliter la prise de décisions collectives et co-construire un plan d'actions et surtout des argumentaires territoriaux.

Les 3 axes du marketing territorial

Une démarche de marketing réussie doit veiller à travailler en parallèle sur 3 éléments

1. L'implication des acteurs locaux et ambassadeurs. L'attractivité d'un territoire est facilitée si les marketeurs ont su mobiliser les forces vives du territoire tant pour relayer les messages marketing que pour s'impliquer directement.
2. Le marketing d'un territoire suppose également de bien connaître les caractéristiques clés de son territoire, notamment face aux concurrents.
3. Enfin, il est essentiel de bien connaître les attentes et critères de décision des « clients » qui sont ciblés par les actions marketing.

Pour être efficace, le marketing territorial suppose de maîtriser 4 dimensions étroitement interconnectées : une politique de marque, la valorisation d'attracteurs territoriaux, la promotion d'atouts territoriaux en réponse aux attentes des clients et un excellent marketing relationnel avec les acteurs locaux et ambassadeurs du territoire.



Graphe 1: Dimensions du marketing territorial

2.2 RECOMMANDATIONS

2.2.1 CONTINUER L'INDH

L'initiative INDH a porté ses fruits mais pour avoir plus de rentabilité, il faudrait s'inscrire dans la continuité et ajouter d'autres chantiers virulents comme la réussite de la réforme éducative, qui est la pierre angulaire d'une société saine et innovante.

2.2.2 ENCOURAGER L'INNOVATION DANS NOTRE SOCIÉTÉ

Aujourd'hui pour déposer une innovation, il faut partir à l'OMPIC (Organisme Marocain de la Propriété Intellectuelle) qui est situé à Casablanca. Il faut rédiger un document spécifique pour démontrer la particularité de l'innovation et son champ d'action, et il faut surtout payer les droits d'enregistrement de l'innovation qui s'élèvent à 800Dhs, sans compter les frais de la dénomination de l'innovation.

De ce fait, il est important de rapprocher le service aux innovateurs, car des fois, ce sont les personnes simples qui côtoient le travail au quotidien qui ont des idées brillantes. Il faut aussi, rendre l'innovation gratuite et au contraire la récompenser pour encourager les personnes à s'inscrire dans ce processus.

2.2.3 SE COMPORTEUR AVEC LES TERRITOIRES COMME LES FILIALES D'UNE ENTREPRISE

Il est important d'instaurer un processus de l'aval vers l'amont. C'est-à-dire que chaque territoire déploie un plan d'action annuel avec des objectifs prédéfinis selon ses capacités de développement et remonte l'information vers une organisation centrale qui se charge du suivi et de l'évaluation du territoire concerné.

Aussi, il est très important de pondérer les objectifs pour avoir une équité territoriale et aussi de réserver des budgets spécifiques gérés par les régions elles-mêmes pour faire de la promotion de ses axes différenciateurs.

2.2.4 PLAN D'ACTION D'ÉTAT ET DES RÉGIONS DANS UNE GOUVERNANCE COMMUNE

L'état marocain s'est engagé dans une politique de régionalisation où chaque région serait capable de développer son territoire avec toutes les sous-composantes sociales.

Tous les ministères devraient se voir représentés dans une région et chaque région est autonome et toutes les orientations stratégiques sont orientées vers un développement durable.

L'université doit jouer son rôle en termes de recherche et performance globale de l'écosystème de la région en fédérant toutes les parties prenantes autour d'une économie de savoir et d'encouragement d'idées nouvelles, innovantes et

performantes. Aussi, l'OMPIC, l'organisation en charge de la propriété intellectuelle, pourrait se délocaliser dans les universités en encourageant les étudiants et les professeurs chercheurs à innover et en récompensant les meilleures innovations.

Pour conclure, il est très intéressant de transposer le paradigme de l'innovation au domaine de la gouvernance commune territoriale. Quoi de plus important pour notre pays que de désenclaver les régions, de ressortir l'avantage concurrentiel de chacune et de le mettre en avant pour la développer dans un environnement de créativité innovante et récompensée.

REFERENCES

- [1] Christensen C. (Reprint: 2011), "The Innovator's Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business", Edition: Harper Business.
- [2] Drucker P. (2006), "Innovation and Entrepreneurship" Edition: Harper Business.
- [3] Kotler et Dubois (11^{ème} édition : 2004), "Marketing management". Edition: Pearson education. Editeur: Delphine Manceau.
- [4] Christensen C. et Raynor M. (2003), "The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth", Edition: Harvard Business Review Press.
- [5] Porter M. (1986), « L'avantage concurrentiel ». Editions: InterEditions.
- [6] Stratégor (3^{ème} édition : 1993), « Politique générale de l'entreprise ». Editions: Dunod.
- [7] Gollain V. (2010), « Réussir sa démarche de marketing territorial ». Editions : territorial.

Chemical character of the Ngovayang gneisses in the northwestern border of the Congo craton (south Cameroon): sources and geotectonic framework

François Bidzang NDONG^{1,2}, Lionel NFADA², Martial Sylvestre NTOMBA^{1,2}, Carole Lise Okomo ATOUBA¹, Jean Paul NZENTI²,
and Joseph Mvondo ONDOA²

¹Institute of geology and mining research, P.O. 4110, Nlongkak, Yaounde, Cameroun

²Department of earth Science, Faculty of Sciences, University of Yaounde I, P.O. 812, Yaounde, Cameroon

Copyright © 2016 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 examines the results of chemical data of the granitoids of the Ngovayang massif at the Northwestern border of the Congo craton in South Cameroon. The aim is to identify the sources and geotectonic framework of emplacement of these formations. It is a contribution to the understanding of the geodynamic context of the Ngovayang massif in the Nyong unit. 24 samples were analyzed by XRF and ICP/MS and are constituted of orthogneiss, charnockitic gneiss, migmatites and metagranites. This study brings out the progressive variation of the nature of the gneissic basement of this massif. Orthogneisses are the principal rocks and are characterized by an enrichment in Na as opposed to an impoverishment in K. This confirms their enrichment in plagioclase and their impoverishment in alkaline feldspar, K/Na ratios < 0.5. Trace element contents are also characteristics, marked by an enrichment in light rare earths ($La_{avg}=10.48\text{ppm}$) and impoverishment in heavy rare earths ($Yb_{avg}=0.63\text{ppm}$). Their spectra are much fractionated ($(La/Yb)_N=15.86$) without any significant anomaly in Eu but a negative anomaly in Ti and Nb. These results confirm its belonging to granitoids of the TTG type of trondhjemitic affinity. The migmatites have a granodioritic composition and are calco-alkaline. They have low Y content and are comparable with the CA2 type of pluton. They originate from the melting of a source containing garnet in melting residues, similar to those generating TTGs. The migmatitic gneisses seem to be the product of sediments. Charnockitic gneisses have two different trends; the firsts are of granodioritic composition and the procedure of their emplacement is that of differentiation similar to that of TTGs. The seconds have a tonalitic composition and formed by the partial melting of a source containing no garnet and eventually no hornblende. No matter the domain, the formations of the sector of study present in a variable manner, an impoverishment in LILE (Rb, Th and sometimes K). These results show that the metamorphites of the Ngovayang massif are the products of archaean granitoids deformed during the collision of the Congo and Sao Francisco cratonic blocks during the Eburnean orogeny.

KEYWORDS: Granitoids, Ngovayang massif, TTG, Congo craton, Geotectonic framework.

1 INTRODUCTION

In Cameroon, the study of the archaean and paleoproterozoic formations carries the mark of several authors. These form a suite in the Ntem complex, whose emplacement would be between 3300 and 2700My (U/Pb on Zircon, [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]). The Sangmelima granodiorite displays a calco-alkaline character meanwhile the Ebolowa TTGs show a trondjemitic character. Geochemical studies of the amphibole-pyroxene bearing gneisses of Meiganga in North Central Cameroon (central part of the Panafrican chain of Cameroon) show that they also have an archaean heritage. Ages determined by the ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb evaporation method on monozircon, are late-archaean (2.6Gy) to paleoproterozoic (1.7Gy) (Ganwa et al., 2008).

In South-Western Cameroon and more precisely in the Nyong complex, several massifs (Songbadjeck, Ngovayang, Mont des Elephants, Rocher du Loup) of more or less imposing heights, outcrop with almost similar characteristics in the morphologic and tectonic plans ([8], [9], [10], [11], [7], [12], [13]). The in-depth geologic study of these massifs would be the

key to the elaboration of a geodynamic model of this complex. The Ngovayang massif has been the object of our study. It is located at the borders of Bipindi, Eseka and Lolodorf between 3°10'N and 3°22'N latitude and 10°30'E and 10°40'E of longitude (Fig. 1b). The geologic studies carried out in the locality however remains mapped at the regional scale, assimilating the Ngovayang massif to a fixed point. These formations are regrouped in the paleoproterozoic assemblage (syntectonic to late granitoids) of the Nyong complex ([14], [15], [3], [16], [17], [12], [7]). The first observations, petrographic and geochemical data at the local scale were by [18] and [8]. We made a fresh sampling of the rocks of this massif, focusing on the metamorphosed gneisses. The questions asked were that of the chemical composition of these granitoids, their source and the tectonic framework of their emplacement.

2 GEOLOGICAL SETTING

The explored domain (Fig. 1b), belongs to the substratum of the Nyong basin in the North-western border of the Congo craton in Cameroon (Fig. 1a). This border consists from East to West, of the Ntem and Nyong complexes [19]. The understanding of its historical geodynamics has been subject to several researches. The first authors named it the Ntem complex, sub-divided into three units: the Ntem unit, Lower Nyong series, Ayina unit ([20], [3], [5], [6], [17]). Recent research shows its transformation into two complexes: the Ntem and Nyong complexes ([12], [7], [10], [21], [8]).

The Ntem complex (>2500 My) consists of three principal formations: an intrusive plutonic complex formed of charnockitic rocks, in which we find charnockitic granitoids of TTG composition, non-charnockitic granitoids and syenites; the banded series formed by an assemblage of charnockitic gneisses; ferriferous furrows forming a greenstone belt (basic rocks and ferriferous quartzites). It was affected by the Liberian orogeny ([3], [16], [5], [6], [12], [9], [8]).

The Nyong complex occupies the western border of the Nyong complex remobilized during the Eburnean/transamazonian orogeny (2400-1800 My) associated to the collision between the Congo and Sao Francisco cratons ([14], [16], [22]). It is constituted of TTG, anorthosites, charnockites, gneisses, migmatites, eclogites, metagabbros, quartzites and Banded Iron Formation [20].

On the structural plan, it is marked by a D₂ deformation phase, which resumes the ancient EW Liberian D₁ structures [20], a generalized NE-SW foliation, sub-vertical sinistral shearings and a tangential tectonics with south-east direction, responsible for the overlapping of the Nyong complex on the Ntem ([14], [16], [12], [8]). It was subject to the post-eburnean/transamazonian fracturation reactivated during the panafrican orogeny [16].

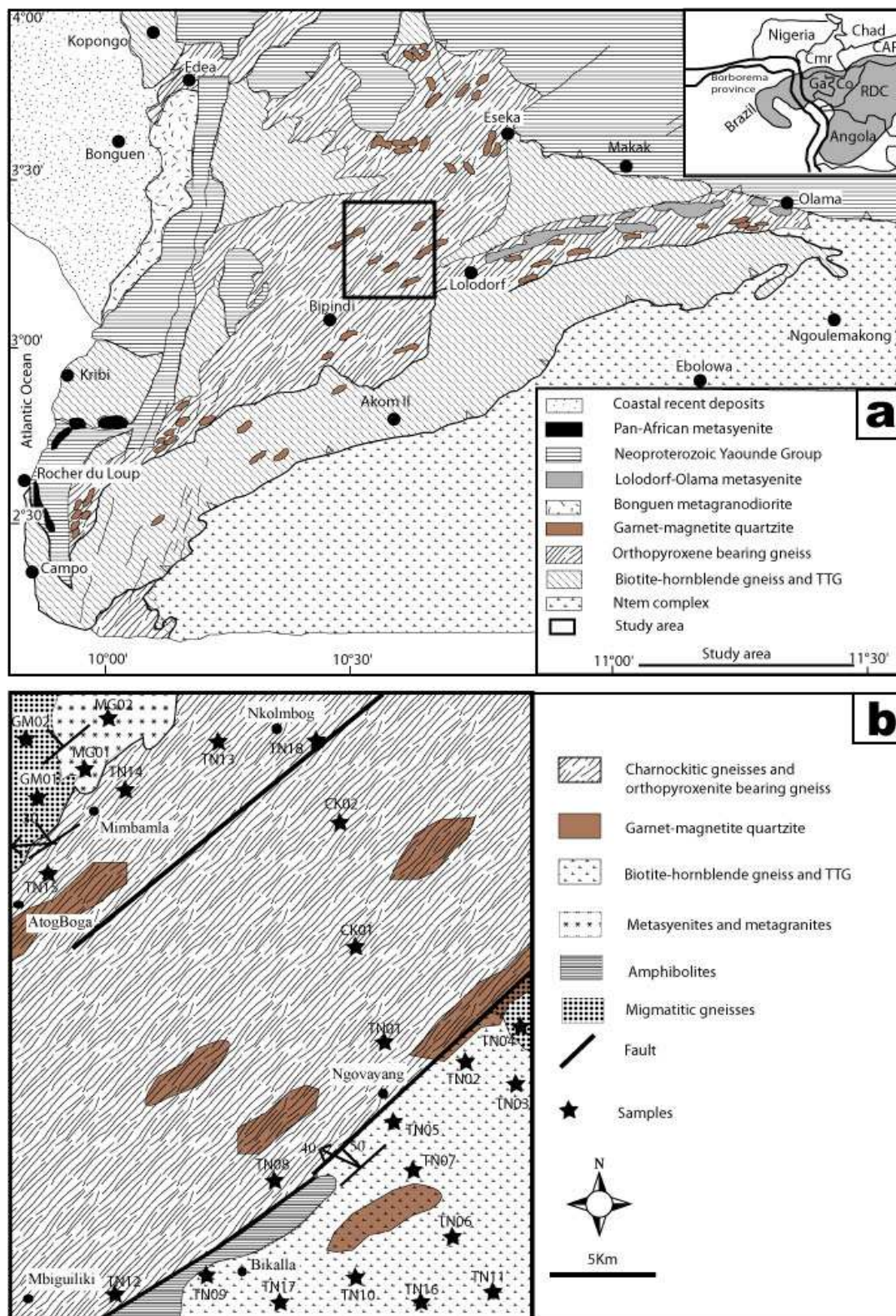


Figure 1: Geological map of western border of Congo craton in Cameroon. Maurizot 2000, modified by Nsifa et al (2013), Messi et al., (2014)

3 PETROGRAPHY

Figure 1b shows the different sampling points of granitoids of the explored domain. These formations are laid out as slabs on the water bed, as blocks on the ground or on the flanks of a hill. They are more or less stratified, showing medium grains (one to two mm) alternating with extremely fine grain levels.

The orthogneisses show enrichment in biotite and amphibole. Their mineralogical composition is: quartz, plagioclase, biotite, hornblende, zircon as primary minerals; apatite, chlorite, epidote, garnet and zircon, as secondary minerals. Potassic feldspar is rare or absent. The texture is heterogranular granolepidoblastic. The latter is due to the presence of large plagioclases of 1 to 3 mm diameters, moulded by a finely crystallized quartzo-micaceous framework

The migmatic gneisses are clear and more or less granitized. They are essentially composed of white minerals to which they owe their tint. They appear regularly altered at the outcrop surely due to the presence of feldspars.

The clear centimetric beds are constituted of feldspars, quartz and garnet. The dark beds are rich in micas and amphibole. The texture is heterogranular granoblastic marked by the presence of quartz, plagioclases and accessorially garnet, biotite, potassic feldspar and amphibole.

The charnockitic gneisses present a more or less clear metamorphic stratification. These rocks contain orthopyroxene, associated with respect to assemblages to biotite, sometimes amphibole, garnet and opaque minerals to which white minerals are added (quartz, plagioclase, potassic feldspar).

The metagranites are most usually grounded or really mylonitized and have a composition of gneiss and two micas, biotite appears abundant. The two micas (biotite and muscovite) are usually arranged in epitaxial groups. They both show clean traces of cataclase. Associated to an assemblage of finely polycrystalline quartz, they mould fresh plagioclases having absolutely all the characters of those described in the previous facies ([8]).

4 MATERIALS AND METHODS

Samples meant for chemical analyses were prepared by ALS Geochemistry Cameroon. Major elements were analysed by X-ray fluorescence (XRF) using a hand held Phillips PW 1840 XRF. Trace elements and rare earth elements were analysed by a spectrometry coupled with plasma induction (ICP-MS) using a Vg-Plasma Quad STE ICP mass spectrometer in the ALS laboratory in Ireland. The samples were dissolved in a Teflon bomb at high pressure using a mixture of 1/1 HF and HClO₄ at 180°C, then carried in a solution of HNO₃ under standard internal conditions. After dissolving in HF-HClO₄, the samples were subjected to a mixture of HNO₃, 6NHCl and HF and later diluted. These solutions were measured 24h after dilution to prevent the absorption of HFSE on the cock of the sample container. Analytical errors are 1% for major elements, between 5% and 10% for trace elements, 5% for REE, > 10ppm and 10% for REE < 10ppm. The analytical results were interpreted using geochemical softwares [23]. Comparative studies carried out with gneiss TTG from other regions of the world (Ntem, Nûk, Amitsoq, Laxford Bridge, and Hillion).

5 RESULTS

5.1 MAJOR ELEMENTS

The metamorphites of the Ngovayang massif have an acidic composition (SiO₂ = 61.55-73.20%). These rocks are also poor in ferromagnesian (Tab. 1). The Fe₂O₃+MgO+MnO+TiO₂ sum varies from 3.16% to 4.87% with an Mg# varying from 36.15 to 50.77 in orthogneisses. This sum varies from 1.99 to 10.31 for an Mg# of 20.5 to 37.6 in charnockitic gneisses; from 3.15 to 4.24 for an Mg# of 33.3 to 43.8 in metagranites and of 2.23 to 2.38 for an Mg# of 15.9 to 25.5 in migmatites. Al₂O₃ contents are high (14.01% to 15.97%). The metamorphites of the Ngovayang massif are also characterized by their high Na₂O content (3.79%-6.47%) as opposed to their low K₂O (1.86-3.31%) content and their CaO content (1.47-2.70%). With the exception of migmatites, where K₂O content is clearly higher than that of Na₂O, and the CK02 sample where the CaO content is higher than that of Na₂O. Such percentages show that the potassic feldspar must mostly be concentrated in the biotite, in the rare microcline crystals and in antiperthite sparks. These results are in accord with the petrographic data which showed the scarcity of alkaline feldspars and the predominance of sodic plagioclase. Sample CK02 and in orthogneisses, the Na₂O/K₂O ratio is greater than two. According to [24] and [25], such a value of this ratio characterizes gneisses of tonalitic, trondhjemitic or granodioritic tendency; as shown by the diagrams of ([26], Fig. 2) where these rocks fall in the field of

trondhjemites/tonalities. The other formations are distributed between the granodiorite and granite fields. In the Harker diagrams, the major elements have a tendency of diminishing with an increase in SiO₂ (Fig. 3).

The normative triangular diagram of O'Connor (Fig. 4a) valid only for rocks with more than 10% of normative quartz precises the geochemical nature of the metamorphites of the Ngovayang massif. The orthogneisses are distributed in the trondhjemite domain, the migmatitic gneisses in the field of granites, the metagranites in the field of granodiorites while the charnockitic gneisses are distributed in the granodiorite and tonalite fields. The polygon in the diagram by [27] shows the site where the points of the greater majority of archean gneisses are distributed; those of the Ngovayang massif are also part of it. This is even more pronounced, considering the diagram of [28], modified by [29], which helps in considering the K₂O content in the biotite (Fig. 4b). Diagrams drawn based on the chemical elements affirm the conclusions obtained based on the normative diagrams. The SiO₂ to K₂O rectangular diagram of Ewart (1982) (Fig. 4C), on which points representing metamorphites of the Ngovayang massif fall in the calco-alkaline domain. The same tendency is noticed in the AFM triangular diagram [30], where the samples are placed in the field of calco-alkaline rocks (Fig. 4d). The Q-Ab-Or normative triangle (Fig. 4e) and the K-Na-Ca triangle (Fig. 4f) of [31] confirm the trondhjemitic nature of the orthogneisses of the Ngovayang massif, while the other formations follow a calco-alkaline trend. These are based on the relative low K₂O content of trondhjemitic suites to distinguish them from classic calco-alkaline suites.

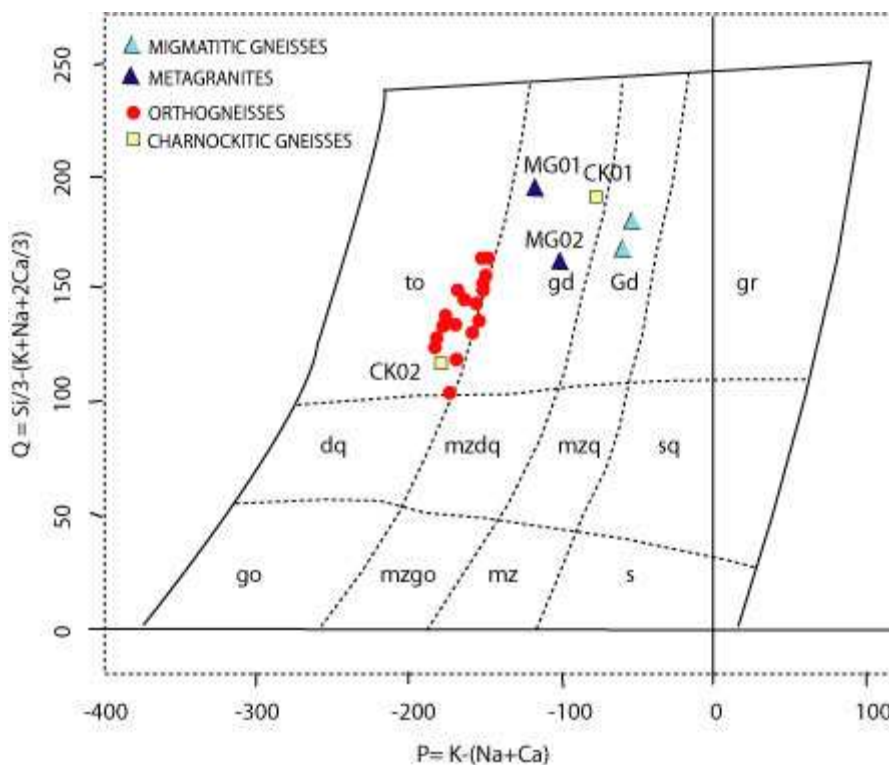


Figure 2: Diagram of Lebon and Lefort showing the protoliths of the granitoids of the Ngovayang area

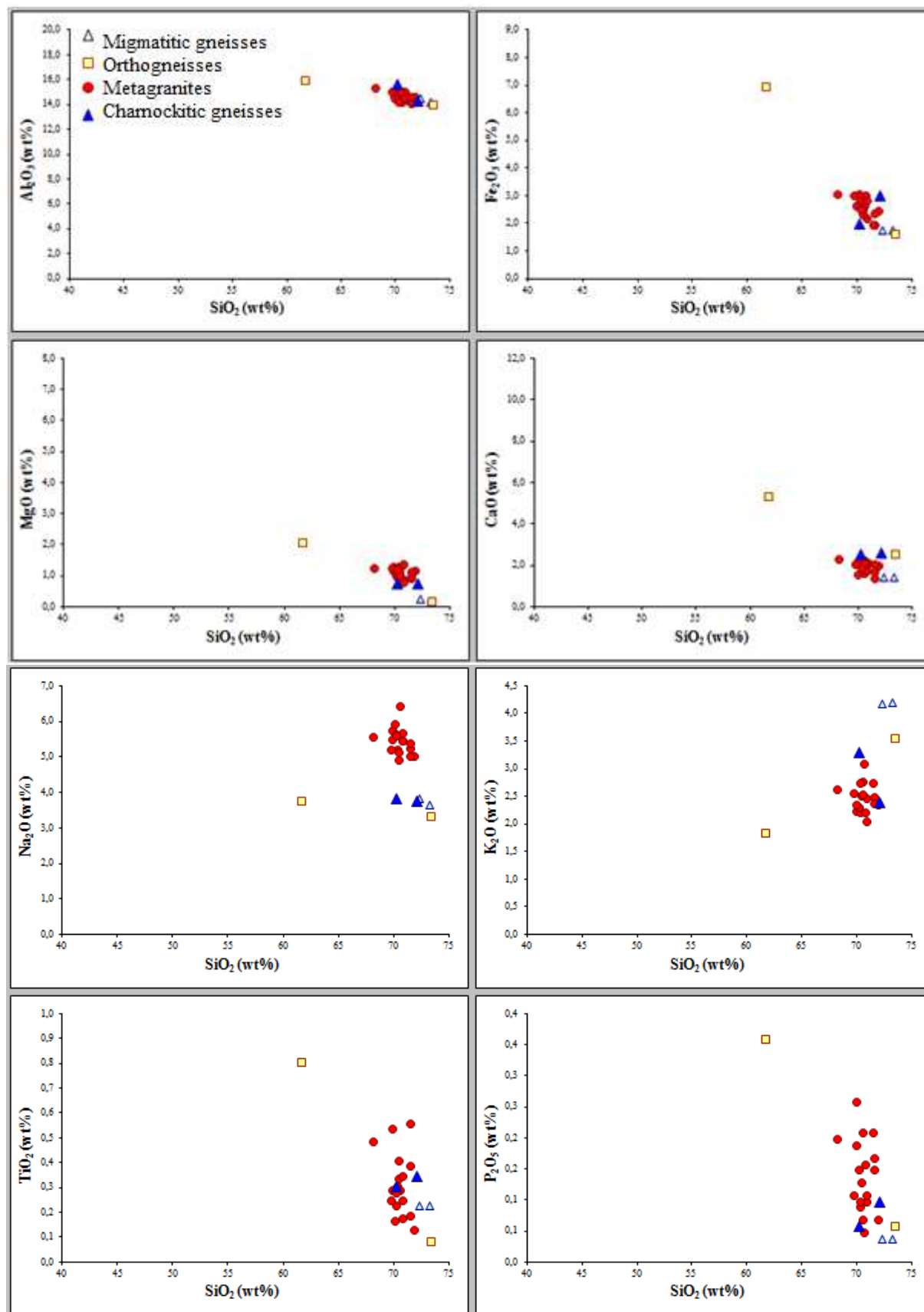


Figure 3: Harker diagrams for the principal major elements of the granitoids of the sector of study

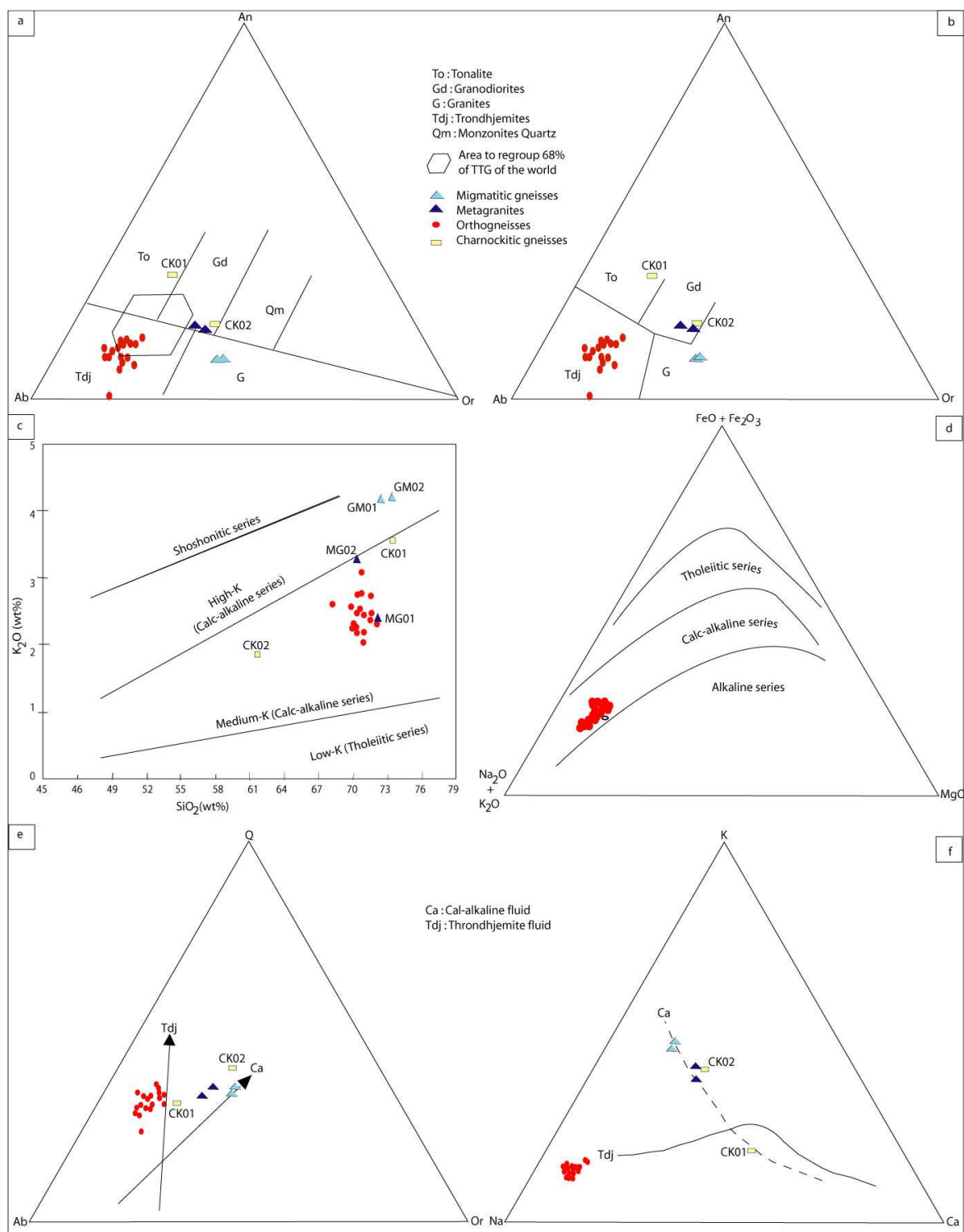


Figure 4: An-Ab-Or normative diagrams of a) [28] and b) [28] modified by [29]; c) SiO₂ vs. K₂O of [32]; d) AFM diagram of [30], diagrams that help to distinguish the classic calco-alkaline line from the typical trondhjemitic line of [31]; e) Q-Ab-Or; f) K-Na-Ca

5.2 TRACE AND RARE EARTH ELEMENTS

The Harker diagrams (Fig. 5) show the variation of trace elements with SiO₂. Rb varies from 21 to 163 ppm. The variation may be explained as due to the mobility of Sr during metamorphism. Ba varies from 302 to 2350 ppm, the Zr from 34 to 337

ppm meanwhile Ni varies from 1 to 36 ppm. The orthogneisses are characterized by high Sr (301 to 810 ppm) contents in accordance with [34] and [35] which show that these contents are usually higher than 300ppm and in $La/La_N = 44.22$). On the other hand, Yb (0.3-0.7 ppm) and Y (4-12 ppm) contents are low, respectively lower than 0.7 and 17ppm for these rocks. This is surely the cause of the high $(La/Yb)_N$ and Sr/Y ratios. The high Al_2O_3 and Sr contents are coherent with the abundance in plagioclase. On the contrary, low content in incompatible elements (Rb=29-67ppm, Th=1-8ppm, La=9.7-11.2ppm) is related to low potassium content. The high $(Th/Nb)_N$ and $(La/Nb)_N$ ratios (normalized with the primary mantle) (2.7-419.4 and 1.37-105.36 respectively), are in the similar range of orogenic calco-alkaline rocks, in accord with the poorly potassic character. The content in elements such as Zr and Nb shows that the orthogneisses are similar to calco-alkaline plutons of oceanic subduction zones (low zircon content and low Nb/Zr ratio), apart from samples TN10, TN14, TN16 and TN18 which are similar to post-collisional calco-alkaline granitoids ($(Nb/Zr)_N$ ratio generally greater than 1), [36].

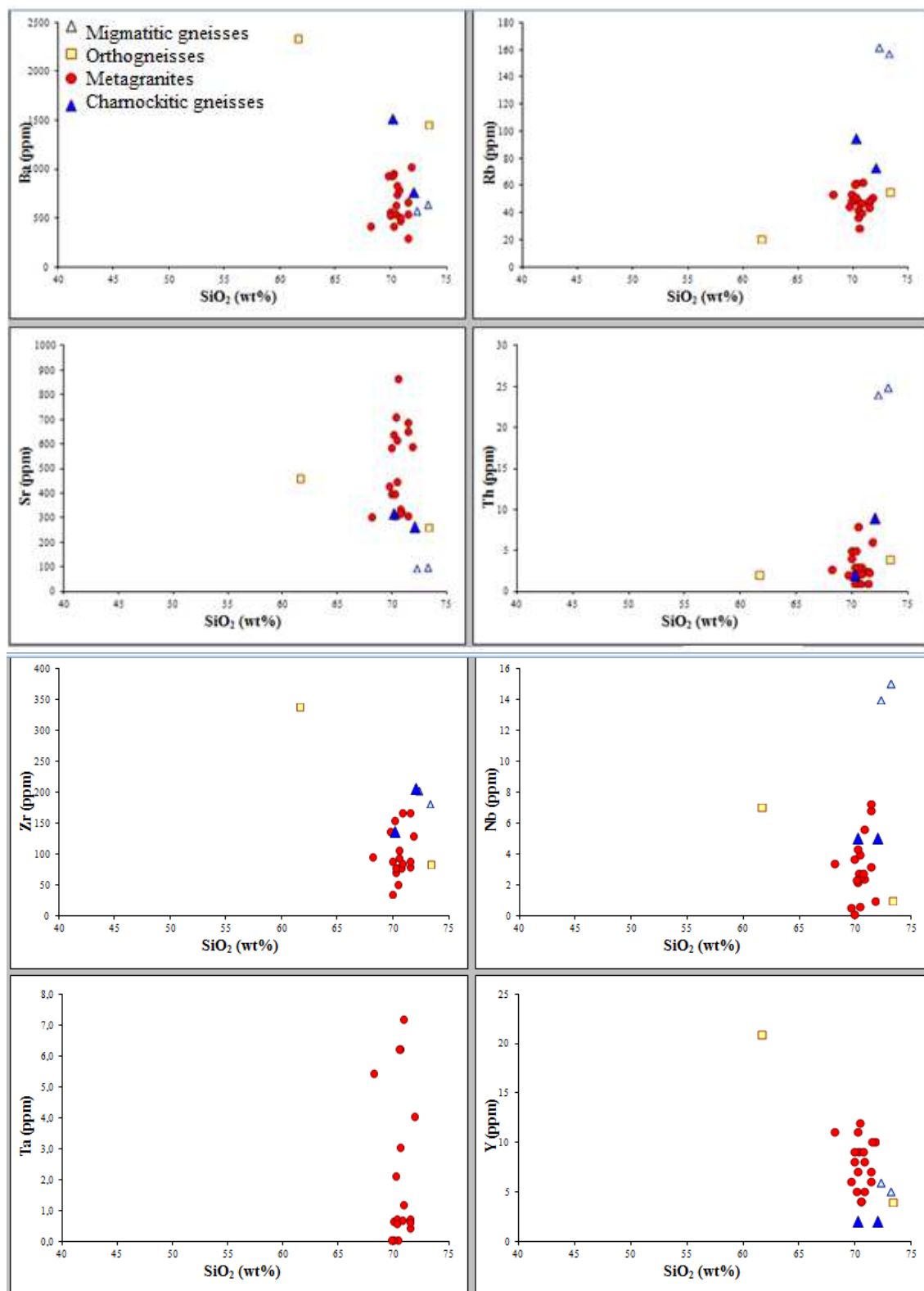


Figure 5: Harker diagrams for trace elements with respect to SiO_2

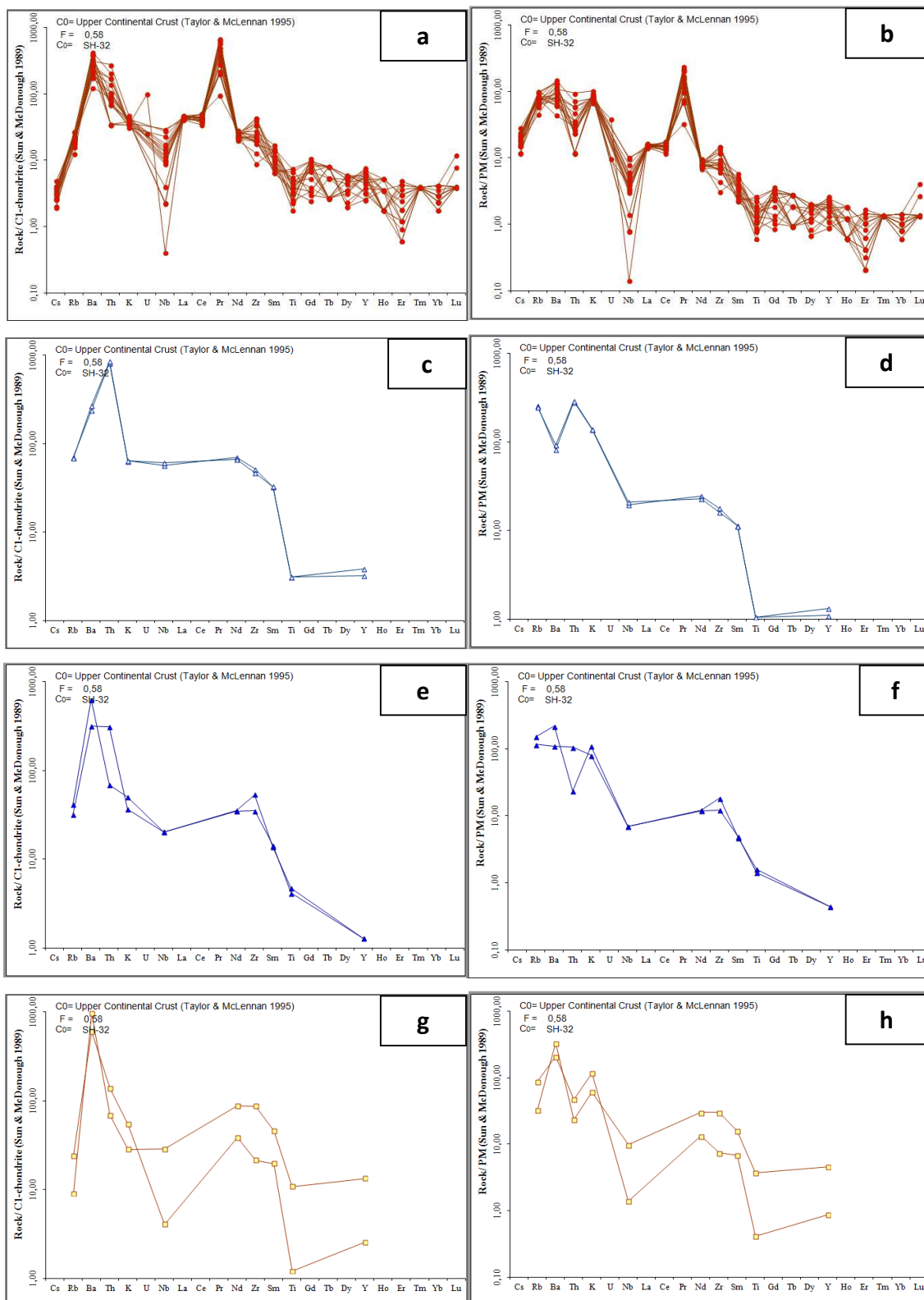


Figure 6: Rare earth spectra normalized with respect to chondrites and primary mantle of Sun and McDonough, 1989: orthogneiss (a and b); magmatic gneisses (c and d); metagranites (e and f); charnockitic gneisses (g and h)

Figure 6 shows the look of the rare earth spectra of the metamorphite samples of the Ngovayang massif, normalized using Chondrites by Sun and [37] and the primary mantle. For the orthogneisses, we notice low contents in heavy rare earth

elements ($Yb < 0.7$ ppm and $Y < 12$ ppm) and high contents in light rare earth element ($La_{avg} = 15.85$ ppm), without any significant anomaly in Europium ($Eu/Eu^* = 1.17$) but a negative anomaly in Ti and Nb. The impoverishment in heavy rare earth elements is important; hence the downward convex form in the shape of a spoon.

6 DISCUSSION

6.1 MOBILITY OF ELEMENTS

The most mobile elements during granulitic metamorphism are alkalis (Rb and Cs and eventually K) as well as Th and U. Figures 7 and 8 shows the difference between formations of high grade metamorphism and those of low grade metamorphism. Granulitic formations are impoverished in Rb. This mobility is measured with respect to K and Sr which seem relatively mildly mobile. In compiling numerous data on granulites, [38] showed that for a lower than 1% in K content, granulites were rapidly impoverished in Rb, as compared to K, signifying that the more the rock is low in potassic minerals (particularly potassic feldspars) the more important its impoverishment. One of the most important characteristics of the granulite facies, low large ion lithophile elements (LILE) content to which belong K and Rb, is found in our rocks.

Th content is also low in our samples. The trace element spectra of the formations of the sector of study indicate strong anomalies in Th (Fig. 6). The charnockitic gneisses (CK01) are also impoverished in Rb in comparison to K. The dehydration reactions which occur during the passing from the amphibolite to the granulite facies, are designated as mechanisms responsible for the impoverishment in LILE. The mobilized fluids may be susceptible of transporting these elements (Heier, 1973). The migmatitic gneisses have K/Rb ratios close to the average of the continental crust (240 to 250) determined by [40] and [41]. The most mobile elements during metamorphism are mainly Rb and Th. The impoverishment of these elements in orthogneisses and the CK02 sample is without a doubt the result of granulitic metamorphism. Figure 7 shows that some rocks (CK01) have high K content. These samples do not present any anomaly in K, although the relative losses in Rb. Concerning Sr, we observe a relative immobility of this element in orthogneisses and in CK01 charnockitic gneisses. The harker diagrams show that the behavior of alkalis in metagranites is normal. The loss on ignition of these acidic formations is lower than 1%. This indicates that alteration phenomena such as sericitisation and kaolinisation of feldspars, chloritisation of biotites etc. are almost inexistent. These metagranites have Rb/Sr ratios greater than 0.1, which are close to the average value of the crust.

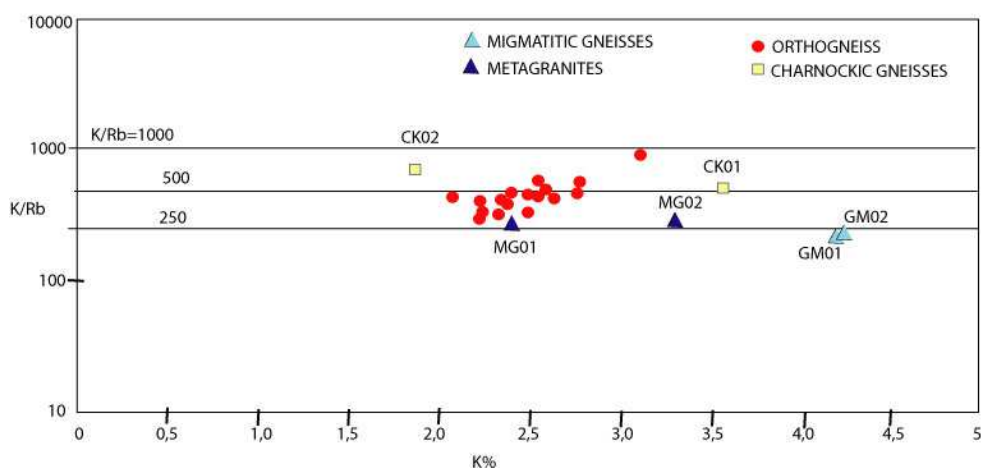


Figure 7: K/Rb vs K diagram of the granitoids of the Ngovayang massif

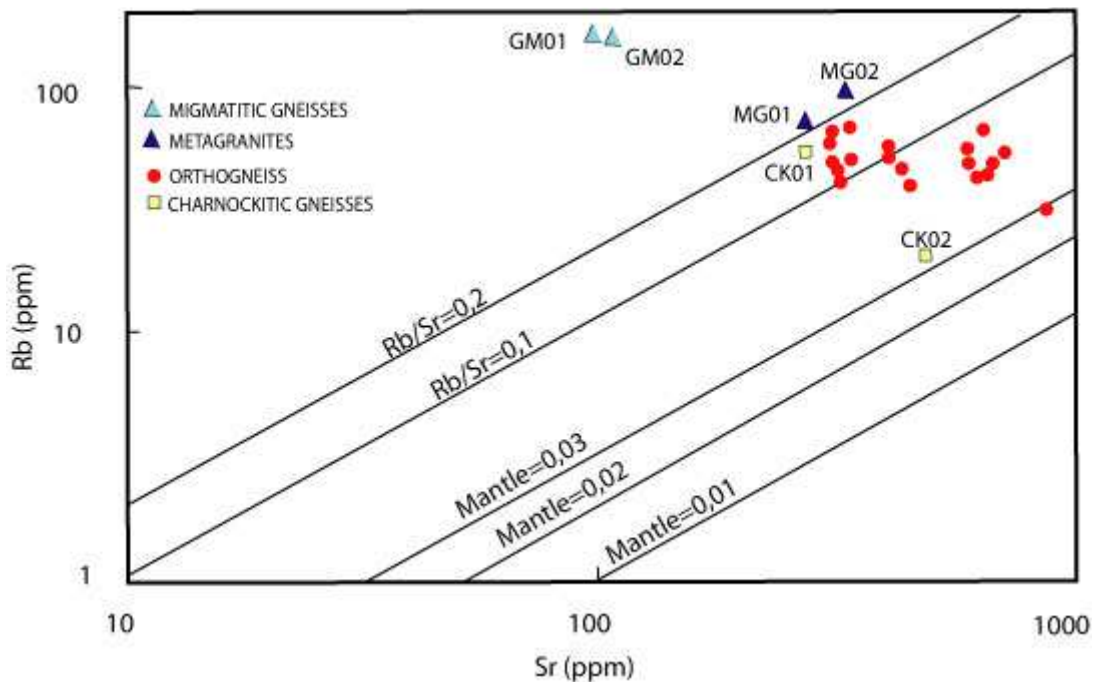


Figure 8: Rb vs Sr diagram of the granitoids of the Ngovayang massif

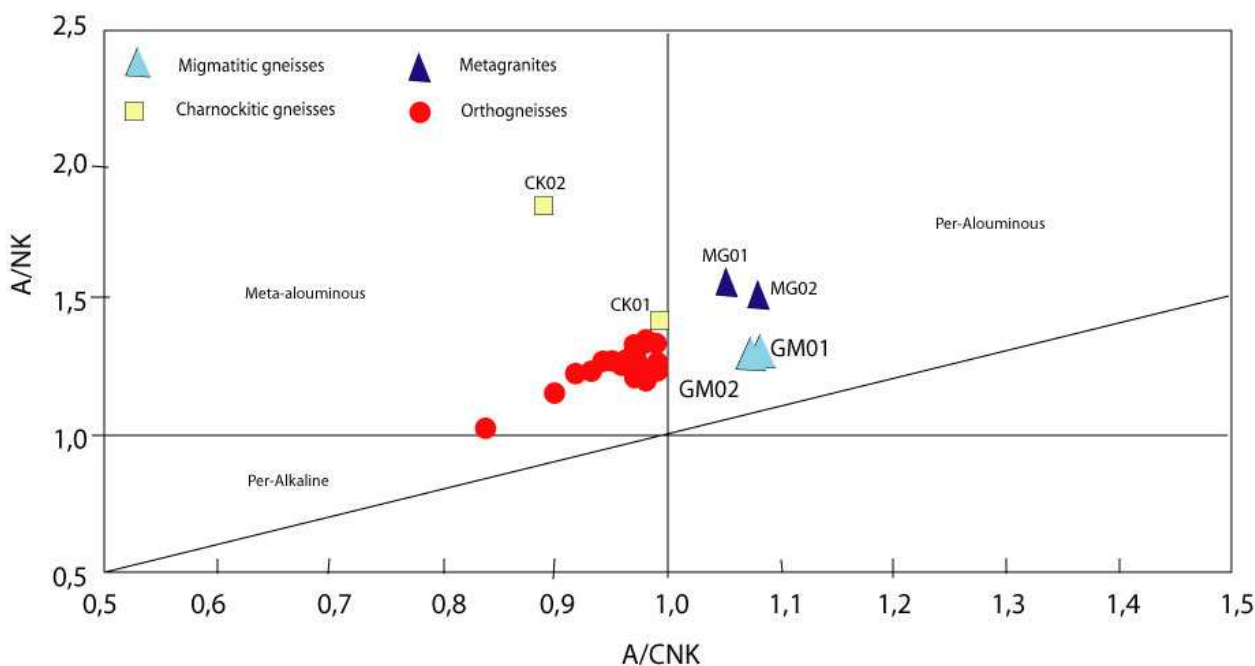


Figure 9: Shang indice showing the granitoids of the Ngovayang massif

6.2 SOURCES AND GEOTECTONIC FRAMEWORK

6.2.1 ORTHOGNEISS

The general character of major and trace elements of the orthogneisses of the Ngovayang massif are similar to those of the typical archean tonalitic, trondhjemitic and granodioritic (TTG) formations across the world, independent of their geographic position ([31], [42], [43], [44], [29], [25], [45], [46], [47], [27], [48], [49], [50], [15], [51], [52], [5], [53], [54], [55]).

Indeed, the comparison made between the gneisses of the Ngovayang massif and the tonalitic, trondhjemitic and granodioritic archaean formations of the Ntem [15] found more to the south-east in the craton, shows a perfect similarity between the two assemblages. The geochemical diagrams clearly illustrate the identity in composition between the orthogneisses of the Ngovayang massif and the Archean TTG of Sangmelima [57]. Table 2 helps to better compare these trondhjemitic rocks as defined by [29]. It's thus clear that these have real trondhjemitic affinities. The Ntem archaean formations belong to a typical trondhjemitic line [15] such as defined by [31] and [29]. Those of the Ngovayang massif are also in this domain.

Their high Al_2O_3 content is similar to Alumina-rich trondhjemites « High Al_2O_3 » of Barker and Arth, 1976; to « High Al_2O_3 » archaean TTGs of the Ntem ([50], [15]) and infact of orthogneisses of the Ngovayang massif, metaluminous gneisses (Fig. 10), as confirmed by the calculation of the Shand indice (Maniar and Piccoli, 1989). The orthogneisses of the Ngovayang massif meet those of the Ntem in the evolution curve of the trondhjemitic line, hence showing their similar belonging to this type of differentiation.

The rare earth spectra are fractionated and clearly show an appearance in the shape of a spoon. This appearance is in accord with those of the TTGs of the rest of the world [58] with a negative anomaly in Ti and Nb. As to regards the K/Rb, Rb/Sr and Eu/Eu* ratios, they are very similar to those found in the Sangmelima TTGs [57] and Meiganga [55]. The high alumina and Sr content indicate a high solubility of plagioclases in the liquid. Low contents in incompatible elements is a characteristic of the magmatic fluid and not the result of a dilution of trace elements by a cumulative phase [36] as illustrated by figure 11 where the orthogneisses are in the field of TTG and not in that of actual arc granitoids. These characters help in attributing orthogneisses of the Ngovayang massif to the TTG group of the Ntem. It will be possible from the regional point of view to agree that the orthogneisses of the Ngovayang massif would be continuity of the TTGs of trondhjemitic affinity, of the Ebolowa region.

6.2.2 CHARNOCKITIC GNEISSES

6.2.2.1 SAMPLE CK02

The CK02 charnockitic gneiss is of tonalitic composition with 61.55% of silica. It is a meta-aluminous rock ($A/CNK=0.89$; Fig. 9). In the Qtz-Ab-Or diagram (Fig. 4e), it follows the trondhjemitic trend, meanwhile in the K-Na-Ca diagram (Fig. 4f), it is found in the zone common to calco-alkaline and trondhjemitic lines. The multi-element spectrum (Fig. 6g&h) indicates anomalies in Rb and in Th characterizing granulitic facies of charnockitic gneiss. The charnockitic gneiss is relatively rich in incompatible elements such as Ba, Nd and Sm. The Yttrium content is about 4.5 times higher than that of the mantle suggesting the origin of this gneiss as being different from that of CK01. Indeed, in the Sr/Y to Y diagram, it is found out of the field defined by archaean TTGs and adakites. It would have thus formed by partial melting from a source not containing garnet and eventually hornblende as well.

6.2.2.2 SAMPLE CK01

The CK01 charnockitic gneiss contains 73.30% of SiO_2 , is meta-aluminous (Fig. 9) and of granodioritic composition (Fig. 2) It belongs to a calco-alkaline suite (Fig. 4e and 4f). Papon (1973) describes parageneses bearing amphibole, diopside and hypersthene, signifying that these formations are in conditions of metamorphism of the facies of hornblende bearing granulites. Thus, the rare earth spectrum (Fig. 6g&h) indicates a relative impoverishment in Rb as compared with K. The negative anomalies in Nb and Ti are important. The Yttrium here is also low in quantity as in migmatitic gneiss. On the contrary, the high enough (Sr/Y) ratio (higher than that of TTGs) suggests a differentiation process close to that of TTGs, for these rocks. This character differentiates CK01 charnockitic gneiss from CK02 charnockitic gneiss.

6.2.3 MIGMATITIC GNEISS

These are homogenous rocks composed of dark and white millimetric beds. We think that the chemistry of these rocks permits the characterization of its protolith.

The GM01 and GM01 migmatitic gneisses respectively contain 72.22 and 73.20% of silica. They are of granitic composition (Fig. 2) and peraluminous ($A/CNK=1.06$). It contains 1% of normative corundum.

These formations follow a calco-alkaline differentiation (Fig. 4e&f). Comparing them with the classification of [59], their composition is close to the CA2 type (Fig. 11).

The spectra (Fig. 6c&d) indicate good similarities for most of the elements, except Sr and P, to a lower degree. No impoverishment in Rb as compared to K is observed, thus confirming medium grade metamorphic conditions. These migmatites have a higher Nb content and a lower Sr content. The low proportion in Yttrium surely indicates an impoverishment in heavy rare earths. In figure 11, these rocks fall in a field, not far from that of TTGs. The product of the melting from which these rocks form, is probably in equilibrium with residues containing garnet. The peraluminous nature of these formations (1% normalized corundum) helps considering, even in part, an origin by melting of the sediments.

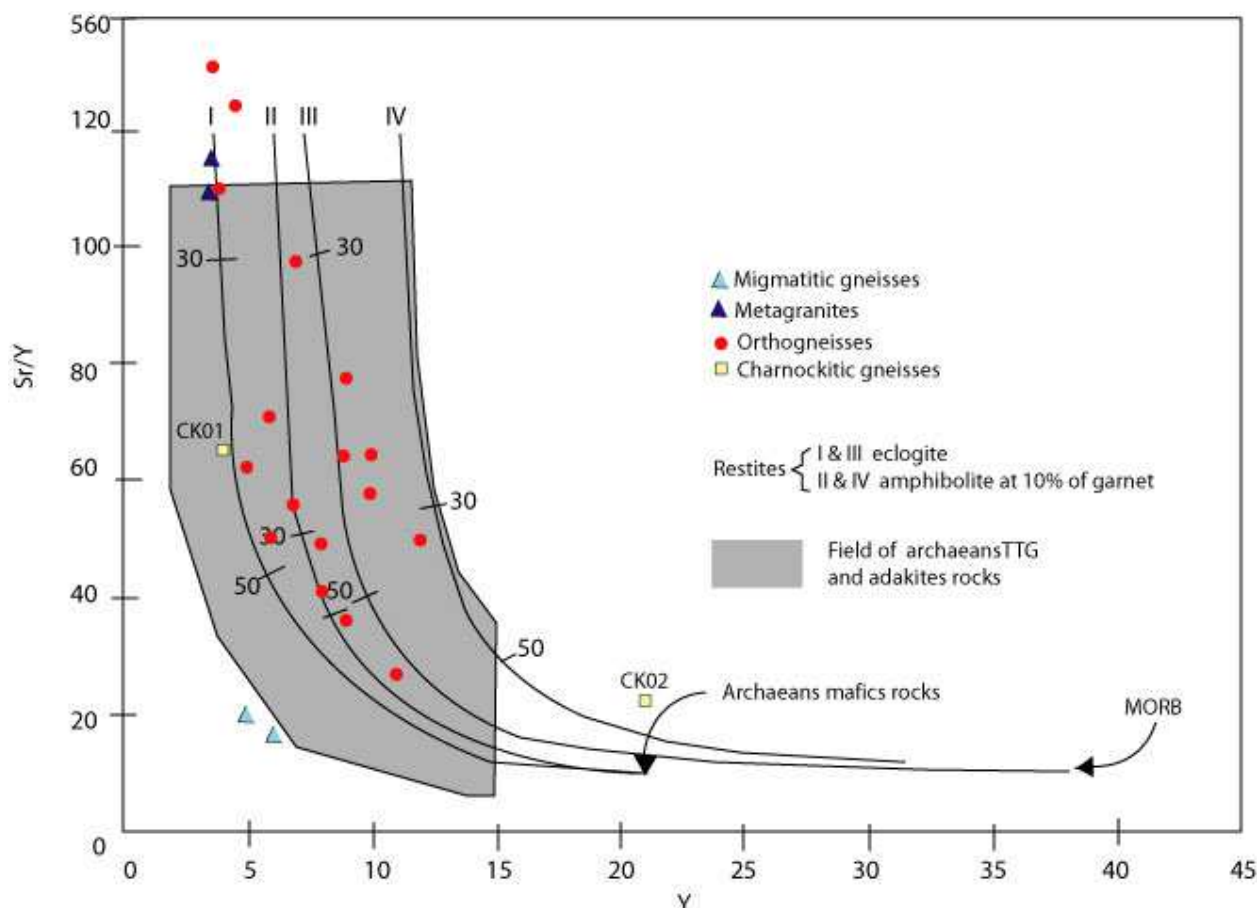


Figure 10: Sr/Y vs Y diagram showing the sources of the granitoids of the sector of study.

6.2.4 METAGRANITES

The MG01 and MG02 samples respectively contain 71.98 and 70.12% of silica. They have K_2O/Na_2O ratios lower than 1%. These formations are poorly peraluminous (Fig. 9) and of granodioritic composition (Fig. 2). From field observations, MG02 would be the product of the melting of MG01. They belong to a calco-alkaline series (Fig. 4c, 4e and 4f) and are closer to the CA2 type ([59]; Fig. 11), given the high Rb/Y ratios. The spectra (Fig. 6e&f), also seem to confirm this character. The product of the melting and the parent rock, have similar spectra with a negative anomaly in Th and P, the latter being of lower importance. The high Sr/Y ratio for these formations effectively indicates that the latter were much fractionated during the differentiation.

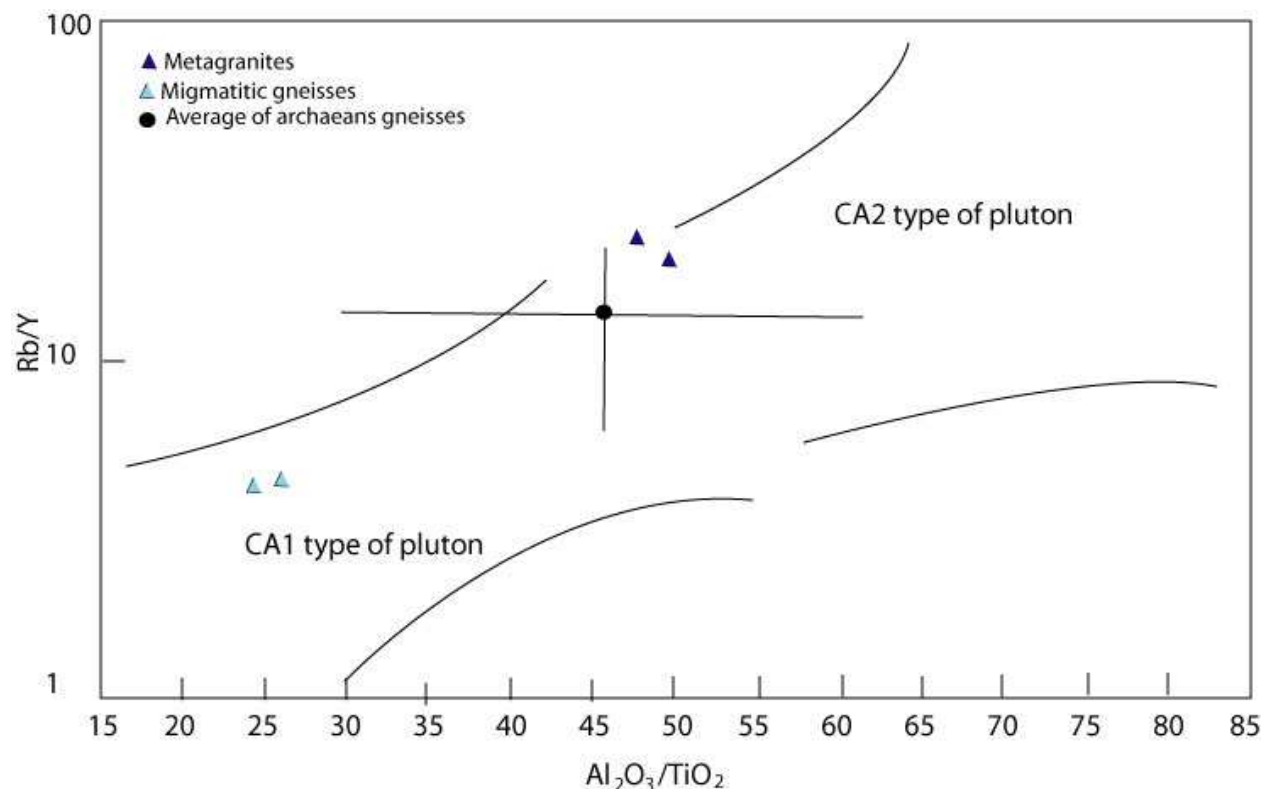


Figure 11: Rb/Y vs Al_2O_3/TiO_2 diagram of [59], comparing the types of plutons

Table 1: Majors and traces elements of granitoids of Ngovayang massif

Samples	Orthogneiss								
	TN01	TN02	TN03	TN04	TN05	TN06	TN07	TN08	TN09
SiO ₂	69.87	70.31	70.79	70.2	70.5	70.09	71.41	69.86	70.7
Al ₂ O ₃	14.75	14.77	14.98	15.01	14.23	15.16	14.07	14.5	14.5
Fe ₂ O ₃ (t)	2.62	2.98	2.19	2.82	2.66	3.06	1.94	2.64	3.01
MgO	1.34	1.35	0.94	1.03	1.34	1.12	0.98	1.22	0.86
CaO	2.21	2.09	2.16	2.18	1.64	2.28	1.73	1.62	2.03
Na ₂ O	5.8	5.24	5.73	5.68	6.47	5.95	5.28	5.52	5.5
K ₂ O	2.25	2.52	2.48	2.21	3.1	2.31	2.49	2.35	2.22
TiO ₂	0.29	0.31	0.18	0.23	0.29	0.17	0.19	0.54	0.25
P ₂ O ₅	0.19	0.13	0.1	0.09	0.05	0.15	0.17	0.26	0.16
MnO	0.08	0.03	0.02	0.03	0.08	0.02	0.05	0.03	0.03
LOI	0.7	0.84	0.61	0.42	0.66	0.6	0.71	0.78	0.63
Sum	100.1	100.57	100.18	99.9	101.02	100.91	99.02	99.32	99.89
Cs	0.67	0.91	0.58	0.71	0.53	0.49	0.76	0.38	0.76
Rb	54	49	63	62	29	61	48	49	47
Ba	571	638	480	963	757	944	552	537	795
Sr	400	710	330	310	870	640	690	586	335
Th	5	5	3	1	8	2	1	4	1
U	0.8	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Zr	34	76	165	69	106	153	165	87	76
Hf	4.01	3.06	3.06	2.34	3.98	4.23	4.34	3.48	3.67
Ta	0.67	0.05	1.21	0.73	6.23	2.12	0.43	0.05	0.68
Y	8	9	8	11	4	5	7	9	9
Nb	0.1	2.76	2.42	2.15	2.5	2.34	3.2	3.68	2.77
Sc	15	4	9	5	4	11	6	10	2

Cr	63	84	101	50	77	115	94	115	125
Ni	5	24	30	16	31	8	19	9	29
Co	2.3	1.1	2.2	1.8	1.2	0.9	1.1	1.2	1.6
V	10.8	99	77.2	96.5	64	23	50.6	152	98
Ga	0.07	5.01	4.06	2.51	2.26	2.03	3.02	2.34	3.67
Zn	26	35	23	21	23	47	32	13	21
Cu	17.85	25	17.1	25	12.95	35	29.9	45	42.6
La	10.3	11.1	9.8	10.6	10.3	9.7	11	9.8	10.5
Ce	25.3	22.3	20.7	30.3	30.29	26.59	27.32	31.2	26.8
Pr	43	32	28	9	47	19	21	19	43
Nd	11.6	9.7	11.4	13.1	12.2	10.3	10.8	12.5	11
Sm	2.2	1.5	1.5	2.1	2.6	1.6	1.8	2.3	1.2
Eu	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Gd	1.4	2	0.7	1.5	0.7	2.2	2	0.61	0.5
Tb	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
Dy	1.2	1.5	1.5	0.9	0.5	1.3	1.5	0.9	0.8
Ho	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1
Er	0.6	0.8	0.2	0.5	0.5	0.2	0.4	0.7	0.15
Tm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Yb	0.6	0.7	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5	0.7
Lu	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Eu/Eu*	1.04	0.88	2.08	1.20	1.58	1.14	0.96	1.54	2.75
Mg#	50.33	47.30	45.95	41.98	49.95	42.03	50.02	47.79	36.14
K	18677	20919	20587	18345	25734	19176	20670	19508	18428
Ti	1728.1	1847.2	1072.	1370.5	1728.	1013.	1132.2	3217.86	1489.7
P	829.27	567.39	436.46	392.81	218.23	654.69	741.98	1134.79	698.33
A/CNK	0.92	0.97	0.93	0.95	0.84	0.92	0.97	0.99	0.96
F ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂ +MnO	4.33	4.67	3.33	4.11	4.37	4.37	3.16	4.43	4.15
K ₂ O/NaO	0.38	0.48	0.43	0.38	0.47	0.38	0.47	0.42	0.4
Na ₂ O/K ₂ O	2.57	2.07	2.31	2.57	2.08	2.57	2.12	2.34	2.47

Table 1 : (Continued)

Samples	Orthogneiss								
	TN10	TN11	TN12	TN13	TN14	TN15	TN16	TN17	TN18
SiO ₂	70.4	71.76	70.44	69.65	71.4	68.08	70.74	70.18	71.42
Al ₂ O ₃	15.04	14.6	15.03	15.01	14.25	15.34	14.53	14.22	14.62
Fe ₂ O ₃ (t)	2.32	2.46	2.51	3.02	1.94	3.06	2.85	2.52	2.38
MgO	1.13	1.21	1.06	1.31	1.01	1.3	1.43	1.28	1.18
CaO	2.28	2.06	2.14	2.11	1.42	2.34	1.81	1.91	2.07
Na ₂ O	4.94	5.05	5.19	5.26	5.41	5.61	5.49	5.64	5.07
K ₂ O	2.77	2.36	2.54	2.57	2.75	2.63	2.06	2.76	2.38
TiO ₂	0.41	0.13	0.34	0.25	0.56	0.49	0.35	0.28	0.39
P ₂ O ₅	0.07	0.07	0.21	0.11	0.21	0.2	0.11	0.1	0.15
MnO	0.01	0.02	0.04	0.08	0.09	0.02	0.04	0.02	0.05
LOI	0.65	0.66	0.61	0.68	0.75	1.07	0.73	0.97	0.64
Sum	100.0	100.38	100.11	100.05	99.79	100.14	100.1	99.88	100.35
Cs	0.58	0.63	0.37	0.48	0.63	0.71	0.51	0.59	0.48
Rb	42	51	37	45	49	54	40	51	44
Ba	557	1040	847	939	302	433	516	425	676
Sr	620	590	450	430	308	305	317	399	655
Th	2	6	3	2	2.5	2.7	2.2	3	2.3
Zr	49	129	93	135	78	95	83	76	87
Hf	3.08	3.52	4.21	3.73	4.02	3.75	3.13	4.13	4.01
Ta	6.23	4.05	3.06	0.04	0.72	5.46	7.21	0.58	0.63

Chemical character of the Ngovayang gneisses in the northwestern border of the Congo craton (south Cameroon): sources and geotectonic framework

Y	12	10	4	6	6	11	5	7	10
Nb	3.99	0.98	0.57	0.55	6.8	3.4	5.6	4.34	7.21
Sc	18	5	7	6	9	5	7	5	4
Cr	53	148	39	278	10	12	43	65	72
Ni	33	36	7	13	20	16	18	21	17
Co	1.3	2	3.8	0.5	6	4	7	6	5.4
V	28.6	108	101.5	98.3	87	103	49	63	88
Ga	1.41	5.43	4.96	7.56	4.35	6.23	6.75	4.32	8.86
Zn	8	49	22	22	33	54	15	35	28
Cu	46.4	18.7	28.1	15.2	18	23	14	14	25
La	10.3	11.2	11.1	10.6	10.6	10.2	10.8	11.1	9.7
Ce	23.9	25.3	26.6	26.65	23.32	28.1	27.4	29.32	24.3
Pr	62	37	66	38	57	48	61	56	27
Nd	9.3	10.4	12.3	12.3	10.4	9.6	11.2	10.9	10.1
Sm	1.2	1.4	2.1	1	1	1.1	1.6	1	1.8
Eu	0.3	0.6	0.4	0.6	0.7	0.7	0.4	0.7	0.6
Gd	1.4	1.8	1.1	1.7	2	2	1.4	1.7	0.8
Tb	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1
Dy	1.1	1.3	0.9	0.5	0.6	1.3	1.5	1.5	0.8
Ho	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1
Er	0.7	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.5	0.5
Tm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Yb	0.7	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5
Lu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Eu/Eu*	0.70	1.15	0.80	1.40	1.51	1.44	0.81	1.63	1.52
Mg#	49.10	49.35	45.55	46.21	50.77	45.70	49.85	50.15	49.55
K	22994	19591	21085	21334	22828	21832	17100	22911	19757
Ti	2443	774	2026	1489	3337	2919	2085	1668	2324
P	305	305	916	480	916	872	480	436	654
A/CNK	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.94	0.99	0.9	0.99
F ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂ +MnO	3.87	3.82	3.95	4.66	3.6	4.87	4.67	4.1	4
K ₂ O/NaO	0.56	0.46	0.48	0.48	0.5	0.46	0.37	0.48	0.46
Na ₂ O/K ₂ O	1.78	2.13	2.04	2.04	1.96	2.13	2.66	2.04	2.13
K/Rb	547	384.	569	474	465	404	427	449	449
Rb/Sr	0.06	0.14	0.08	0.10	0.16	0.18	0.13	0.13	0.15

Table 1 : (Continued)

Samples	Charnockitic gneisses		Metagranites		Migmatitic gneisses	
	CK01	CK02	MG01	MG02	GM01	GM02
SiO ₂	73.30	61.55	71.98	70.12	72.22	73.20
Al ₂ O ₃	14.01	15.97	14.33	15.71	14.53	14.21
Fe ₂ O ₃ (t)	1.61	6.94	3.01	1.98	1.79	1.78
MgO	0.21	2.11	0.76	0.78	0.31	0.17
CaO	2.59	5.39	2.70	2.65	1.50	1.47
Na ₂ O	3.34	3.79	3.77	3.85	3.86	3.69
K ₂ O	3.57	1.86	2.41	3.31	4.20	4.22
TiO ₂	0.09	0.81	0.35	0.31	0.23	0.23
P ₂ O ₅	0.06	0.36	0.10	0.06	0.04	0.04
MnO	0.02	0.09	0.02	0.02	0.01	0.01
LOI	0.50	0.19	0.31	0.07	0.41	0.28
Rb	56.000	21.000	74.000	96.000	163.000	158.000
Ba	1463.000	2350.000	765.000	1528.000	576.000	652.000
Sr	260.000	463.000	264.000	319.000	95.000	101.000
Pb	9.000	9.000	13.000	11.000	26.000	26.000

Th	4.000	2.000	9.000	2.000	24.000	25.000
Zr	83.000	337.000	206.000	136.000	201.000	181.000
Y	4.000	21.000	2.000	2.000	6.000	5.000
Nb	1.000	7.000	5.000	5.000	14.000	15.000
Cr	18.000	41.000	15.000	22.000	11.000	17.000
Ni	1.000	23.000	4.000	9.000	1.000	3.000
Co	1.000	17.000	7.000	5.000	4.000	3.000
V	18.000	110.000	41.000	32.000	15.000	16.000
Ga	12.000	21.000	17.000	16.000	19.000	19.000
Zn	17.000	85.000	13.000	11.000	39.000	37.000
Cu	1.000	25.000	9.000	20.000	1.000	1.000
Nd	18.000	41.000	16.500	16.200	33.000	31.000
Sm	3.000	7.000	2.100	2.200	5.000	5.000
(Sm)n	19.608	45.752	13.725	14.379	32.680	32.680
FeO (t)	1.45	6.25	2.71	1.78	1.61	1.60
Mg#	20.5	37.6	33.3	43.8	25.5	15.9
K	29635.6	15440.4	20006.1	27477.3	34865.5	35031.5
Ti	536.3	4826.8	2085.7	1847.3	1370.6	1370.6
P	261.9	1571.3	436.5	261.9	174.6	174.6
A/CNK	0.99	0.88	1.04	1.06	1.06	1.06
A/NK	1.49	1.94	1.63	1.58	1.33	1.34
Na ₂ O/K ₂ O	0.93	2.04	1.56	1.16	0.92	0.87

Table 2: Comparative table of the chemical composition of the orthogneisses of the Ngovayang massif to that of trondhjemites

Chemical characteristics of trondhjemites according Barker (1979)	Chemical characteristics of orthogneiss of Ngovayang massif (18 samples)
68%<SiO ₂ <75%	70.43%
Al ₂ O ₃ >15% pour SiO ₂ =70% et Al ₂ O ₃ <15% pour SiO ₂ =75%	14.70%
K/Na<0.5	0.38-0.5
A/CNK≈1	0.84-0.99
1,5<CaO<3%	2%
4%<Na ₂ O<5,5%	5.49%
K ₂ O<2,5%	2.49%
2<FeO*/MgO<3%	2,25%

7 CONCLUSION

The study of the geochemical characters helped in differentiating the granitoids of the sector of study. This study brings out a progressive variation of the nature of the gneissic basement of this massif. In summary, the orthogneisses of the Ngovayang massif are poorly potassic calco-alkaline granitoids of trondhjemitic affinity. They present all the characteristics of TTG type of rocks of which the most possible context of formation is that of magmatism in subduction zones. Our new results show an analogy between the orthogneisses of the Ngovayang massif and the TTG of other regions in the world and the strong similarities between these units and the granitoids of trondhjemitic tendencies. The orthogneisses of the Ngovayang massif meet those of the Ebolowa on the evolution curve of trondhjemitic lines, thereby demonstrating their similar belonging to this type of differentiation. This character is a decisive argument in favour of the parentage between the orthogneisses of the Ngovayang massif and the TTGs of the Ntem complex which outcrop more to the South-East, in Ebolowa. The migmatites have a granodioritic composition and correspond to a calco-alkaline series. They have low Y content and are comparable to the CA2 type of pluton. This indicates that these formations originate from the melting of a source with the presence of garnet in the residues of melting similar to those which generate TTGs. Migmatitic gneisses seem to be the products of the sediments. CK01 charnockitic gneiss is of granodioritic composition. They possess highly fractionated spectra. These characters differentiate them from CK02 charnockitic gneiss (tonalitic) which would have formed from the

partial melting of a source whose melting residue does not contain garnet. The formations of the sector of study present in a variable manner, no matter the domain, an impoverishment in LILE (Rb, Th and sometimes in K). These formations would originate from the high grade metamorphism of archaean charnockites of TTG composition or not, during the Eburnean orogeny which led to the emplacement of the Ngovayang massif.

ACKNOWLEDGEMENTS

Constructive and thorough reviews by anonymous reviewers and the journal editor led to significant improvement of the manuscript.

REFERENCES

- [1] M. Caen-Vachette, Y. Vialette, J.P. Bassot, and P. Vidal. « Apport de la géochronologie à la connaissance de la géologie gabonaise ». *Chronique Recherche Minière*, vol. 491, pp. 35–54, 1988.
- [2] S.F. Toteu, W.R. Van Schmus, J. Penaye, and A. Michard. « New U–Pb, and Sm–Nd data from North-central Cameroon and its bearing on the pre-Pan-African history of central Africa”. *Precambrian Research*, vol.108, pp. 45–73, 2001.
- [3] R. Tchameni, K. Mezger, N.E. Nsifa, and A. Pouclet. “Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo craton (Ntemcomplex), South Cameroon”. *Lithos*, vol.57, pp. 23–42, 2001.
- [4] R.Tchameni, K. Mezger, N.E. Nsifa, A. Pouclet. “Neoarchaean evolution in the Congo craton: evidence from K rich granitoids of the Ntem complex, southern Cameroon”. *Journal of African Earth Sciences*, vol.30, pp.133–147, 2000.
- [5] C.K. Shang, M. Satir, W. Siebel, E.N. Nsifa, H. Taubald, J.P. Liegeois, and F.M. Tchoua. “Major and trace element geochemistry, Rb-Sr and Sm-Nd systematics of the TTG magmatism in the Congo Craton: Case of the Sangmelima region, Ntem Complex, Southern Cameroon”. *Journal of African Earth Sciences*, vol.40, (1-2), pp. 61-79, 2004a.
- [6] C.K. Shang, S. Wolfgang, S. Muharrem, C. Funken, and J.M. Ondo. “Zircon Pb-Pb and U-Pb systematics of TTG rocks in the Congo Craton: constraints on crust formation, magmatism, and Pan-African lead loss”. *Bulletin Geoscience*, vol.79 (4), pp.205–219, 2004b.
- [7] S. Owona, J.M. Ondo, M. Tichomirowa, L. Ratschbacher, M.F. Tchoua, and G.E. Ekodeck, “New $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Zr evaporation, metamorphic $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ -WR-Bt ages and tectonic imprints in the Archean So’o Group (Ntem Complex/Congo Craton, SW Cameroon)”. *Global Journal of Geological Science*, vol. 10(1), pp. 99-109, 2012.
- [8] E.J.O. Messi, S.M. Ntomba, B.F. Ndong, J.M. Akame, S. Owona, and J.O. Mvondo. “Géomorphologie structurale et risque naturel dans une portion de zone mobile du complexe du Nyong au SW Cameroun : cas de la région Lolodorf-Mvengue”, *Afrique Science*, vol. 10(4), pp. 288 – 298, 2014.
- [9] S. Owona, S.P. Mbola Ndzana, J.M. Ondo, M.N. Ngapna, C. Nkabsaah, L. Ratschbacher, and G.E. Ekodeck. “Geological control of geomorphologic units in the Southwest (SW) Cameroon (Central Africa)”. *Journal of Geology and Mining Research*, vol. 4(7), pp. 152-167, 2013a
- [10] S. Owona, J.M. Ondo, L. Ratschbacher and G.E. Ekodeck. “Evidence of quartz dynamic recrystallizations in SW Cameroon: Implications on late-archean, -eburnean and -panafrican deformations over 250-750°C”. *Sciences, Technologies et Développement*, vol. 15, pp. 48-58, 2013b.
- [11] S. Owona, J.M. Ondo, and G.E. Ekodeck. “Evidence of quartz, feldspar and amphibole crystal plastic deformations in the Paleoproterozoic Nyong Complex shear zones under amphibolite to granulite conditions (West Central African Fold Belt, SW Cameroon)”. *Journal of Geography and Geology*, vol. 5(3), pp.186-204, 2013b.
- [12] S. Owona, B. Schulz, L. Ratschbacher, J. M. Ondo, G.E. Ekodeck, M.F. Tchoua, and P. Affaton. “Pan-African metamorphic evolution in the southern Yaounde Group (Oubanguide Complex, Cameroon) as revealed by EMP-monazite dating and thermobarometry of garnet metapelites”. *Journal of African Earth Sciences*, vol. 56, pp.125–139, 2011.
- [13] N.E. Nsifa, R. Tchameni, A. Nédélec, R. Siqueira, A. Pouclet, and J. Bascou. “Structure and petrology of Pan-African nepheline syenites from the South West Cameroon; Implications for their emplacement mode, petrogenesis and geodynamic significance”. *Journal of African Earth Sciences*, vol. 87, pp. 44–58, 2013.
- [14] J.L. Feybesse, V. Johan, C. Triboulet, C. Guerrot, F. Mayaga-Minkolo, V. Bouchot, and J. Eko N’dong. “The West Central African belt: a model of 2.5–2.0 Ma accretion and two-phase orogenic evolution”. *Precambrian Research*. vol. 87, pp. 161–216, 1998.
- [15] A.Nédélec, E.N. Nsifa and H. Martin. “Major and trace element geochemistry of the Archaean Ntem plutonic complex (South Cameroun): Petrogenesis and crustal evolution”. *Precambrian Research*, pp.35-50, 1990.

- [16] J. Penaye, S.F. Toteu, R. Tchameni, W.R. Van Schmus, J. Tchakounte, A.A. Ganwa, D. Minyem, and N.E. Nsifa. "The 2.1 Ga West Central African Belt in Cameroon". *Journal of African Earth Sciences*, vol. 39, pp. 159–164, 2004.
- [17] C. Lerouge, A. Cocherie, S.F. Toteu, J.P. Milesi, J. Penaye, R. Tchameni, N.E. Nsifa, and C.M. Fanning. "SHRIMP U–Pb zircon dating for the Nyong Series, South West Cameroon". *Journal of African Earth Science*, vol. 44 (4–5), pp. 413–427, 2006.
- [18] B.F. Ndong, M.S. Ntomba and O.J. Mvondo. "Déformation et métamorphisme dans la partie centrale de la chaîne de Ngovayang (Sud Cameroun) ». *Afrique Science*, vol. 08 (3), pp. 42-50, 2012.
- [19] J.P. Vicat. « Bilan des connaissances acquises sur les séries de Dja (Cameroun), Nola (Centrafrique) et Sembe-Ouessou (Congo) ». In : Vicat J.P. et Bilong P. éd., *Géosciences au Cameroun*, Collect. GEOCAM, 1/1998, Presse Universitaire Yaoundé, pp. 369-383, 1998.
- [20] P. Maurizot, A. Abessolo, J.L. Feybesse, Johan, and P. Lecomte. « Etude de prospection minière du Sud-Ouest Cameroun. Synthèse des travaux de 1978 à 1985 ». *Rapport de BRGM*, vol. 85, p. 274. 1986.
- [21] N. Boniface, V. Schenk, and P. Appel. "Paleoproterozoic eclogites of MORB-type chemistry and three Proterozoic orogenic cycles in the Ubendian Belt (Tanzania): Evidence from monazite and zircon geochronology, and geochemistry". *Precambrian Research*, vol.192, pp. 16– 33, 2012.
- [22] S.P. Neves, O. Bruguier, A. Vauchez, D. Bosch, J.M. Rangel Da Silva, and G. Mariano. "Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): Implications for western Gondwana assembly". *Precambrian Research*, vol. 149, pp. 197-216, 2006.
- [23] Y. Ersoy, and C. Helvacı. "FC–AFC–FCA and mixing modeler: A Microsofts Excel and Spread sheet program for modeling geochemical differentiation of magma by crystal fractionation, crustal assimilation and mixing". *Computers & Geosciences*, vol. 36, pp. 383–390, 2010.
- [24] K.C. Condie and D.R. Hunter. "Trace element geochemistry of Archaean granitic rocks from the barbeton region", *South Africa. Earth Planet Science Letter*, vol. 29, pp. 489-400, 1976.
- [25] K.D. Collerson, and D. Bridgwater. "Metamorphic development of early Archaean tonalitic and trondhjemitic gneisses: Saglek area, Labrador. IN:F. Barker (Ed), *trondhjémites, dacites and related rocks*". *Developments in Petrology-6*. Elsevier, Amsterdam, pp. 205-273, 1979.
- [26] F. Debon, and P. Lefort. "A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations : principles, method, applications". *Bulletin Mine*, vol.111, pp. 493-510, 1988.
- [27] H. Martin. "Nature, origine et évolution d'un segment de croûte continentale archéenne : contraintes géochimiques et isotopiques. Exemple de la Finlande orientale ». *Thèse d'Etat Mém.et Doc. C.A.E.S.S. n°1*, Renne, p. 324, 1985.
- [28] J.T. O'connor. "A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios". *U.S. Geology Survey Open file rep.*, vol. 76(70), pp. 1-17, 1967.
- [29] F. Barker. "Trondhjémites: definition, environment and hypothesis of origin. In F. Barker (Ed), *Trondhjémites, dacites and related rocks*". *Developments in petrology*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-12, 1979.
- [30] H. Kuno. "Differentiation of basalt magma. In. H.H.Hess and A.Poldervaart (Eds.). *The Poldevaart treatise on Rocks of Basaltic Composition*". *Interscience Publishers*, vol. 2, pp.11-44, 1968.
- [31] F. Barker, and J.G. Arth. "Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archaean bimodal trondhjémites-basalt suite". *Geology*, vol.4, pp. 596-600, 1976.
- [32] A. Ewart. "The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range; p. 25-95 in, Thorp, R.S., ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, New York", pp.724, 1982.
- [33] J.G. Arth, G.N. Hanson. "Geochemistry and origin of the early Precambrian crust of northeastern Minnesota". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 39, pp.325–362, 1975.
- [34] K.C. Condie. "Earth as an evolving planetary system". Amsterdam, Elsevier, 2005.
- [35] K.C. Condie. "Archaen Greenstone Belts", Elsevier, New York, 1981.
- [36] D. Thiéblemont, E. Egal, C. Guerrot, and J. Chantraine. "Témoins d'une subduction « éocadomienne » (665-655Ma) en Bretagne nord : arguments géochimiques ». *Géologie de la France*, vol.1, pp. 3-11, 1999.
- [37] S.S. Sun and W.F. McDonough. "Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in Ocean Basins*". *Geological Society of London. Special Publications*, vol.42, pp.313–345, 1989.
- [38] R.L. Rudnick, and T. Presper. "Geochemistry of intermediate/- to high pressure granulites. In: D. Vielzeuf and Ph. Vidal (Editors), *Granulites and crustal evolution*". *NATO ASI Series*, Kluwer Academic publishers, 1990.
- [39] K.S. Heier. "Geochemistry of granulite facies rocks and problems of their origin. *Phil. Trans. Roy*". *Society. London. Petrology*, vol. 55, pp. 279-292, 1973.

- [40] D.M. Shaw. "A review of K-Rb fractionation trends by covariance analysis". *Geochimica Cosmochimica Acta*, vol.32, pp. 573-602, 1968.
- [41] S.R.Taylor, and S.M. McLennan. "The Continental Crust: Its Composition and Evolution". Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.312, 1985.
- [42] J.G. Arth, F. Barker, Z.E. Peterman and I. Friedman. "Geochemistry of the gabbro-diorite-tonalite-trondhjemitic suite of southern Finland and its implications for the origin of tonalitic and trondhjemitic magmas". *Journal of Petrology*, vol. 9, pp. 289-316, 1978.
- [43] D.R. Hunter, F. Baker and H.J. Millard. "The geochemical nature of the Archaean ancient gneiss complex and granodioritic suites. Swaziland: a preliminary study". *Precambrian Research*, vol. 7, pp. 105-127, 1978.
- [44] R.K. O'Nions, and R.J. Pankhurst. "Early Archaean rocks and geochemical evolution of the Earth". *Earth Planet Sciences Letter*, vol.38, pp. 211-238, 1978.
- [45] N.K. Grant, F.R. Voner, M.S. Marzano, M.H. Hickman, and I.F. Ermanovic. "A summary Rb-Sr isotope studies in the Archaean Hopedale block and the adjacent proterozoic, Makkovick Sub province, Labrador: Report 5. IN Current Research, Part B". Geological Survey of Canada, vol. 83-1B, pp. 127-134, 1983.
- [46] I.F. Ermanovics. "The Hopedale Block, new foundland Labrador (NTS13N/1,2,3,5,6,7,8 and 130/4,5), Geological survey of Canada, open file 1083, Map 2, 1:100000 Scale", 1984.
- [47] J.W. Sheraton, K.D. Collerson. "Geochemical evolution of the Archaean granulite facies gneisses in the Vestfold Block and comparisons with other gneiss complexes in the Eastern Antarctic Shield". *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol.87, pp.61-64, 1984.
- [48] P.D. Maniar, and P.M. Picoli. "Tectonic discrimination of granitoids". *Geological Society of American Bulletin*, vol. 101, pp. 635-643, 1989.
- [49] H. Martin. "Petrology of Archaean trondhjemitic, tonalites and granodiorites from Eastern Finland : major and trace element geochemistry". *Journal of Petrology*, vol. 28, pp. 921-953, 1987.
- [50] A.Nédélec and E.N. Nsifa. « Le complexe du Ntem (Sud Cameroun) : une série tonalito-trondhjemitique archéenne typique ». In : Matheis and schandemeier (Eds.), *Current research in African Earth Sciences*, Balkema, Rotterdam, pp. 2-4, 1987.
- [51] R.H. Smithies. "The Archaean tonalite-trondhjemitic-granodiorite (TTG) series is not an analogue of Cenozoic adakites". *Earth and Planetary Science Letters*, vol.182, pp.115-125, 2000.
- [52] H. Martin and J.F. Moyen. "Secular changes in TTG composition as markers of the progressive cooling of the earth". *Geology*, vol. 30(4), pp. 319-322, 2002.
- [53] J.F. Moyen, G. Stevens, A.F.M. Kisters and R.W. Belcher. "Ttg plutons of the barberton granitoid-greenstone terrain, south Africa". Page Chapter X, 2007.
- [54] J.F. Moyen and G. Stevens. "Experimental constraints on ttg petrogenesis : implications for Archaean geodynamics. In Keith Benn, J.-C. Mareschal, and K.C. Condie, editors", *Archaean geodynamics and environments*, vol. 164 of monographs, pp. 149-178, 2006.
- [55] A.A. Ganwa, W. Frisch, W. Siebel, G.E. Ekodeck, C.K. Shang, and V. Ngako. "Archean inheritances in the pyroxene-amphibole-bearing gneiss of the Méiganga area (Central North Cameroon): Geochemical and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age imprints". *Comptes Rendus Geoscience*, vol. 340, pp. 211-222, 2008.
- [56] A. Papon. « Géologie et minéralisation du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire (Synthèse des travaux de l'opération SASCA 1962-1968) ». *Mém. B.R.G.M.*, Orléans, France, vol.80, pp. 286, 1973.
- [57] C.K. Shang. "Geology, Geochemistry and Geochronology of Archaean Rocks from the Sangmelima Region, Ntem complex, NW Congo craton, South Cameroon". Ph.D. Thesis, University of Tübingen, Germany, p.313, 2001.
- [58] A. Nédélec and J.L. Bouchez. « Pétrologie des granites. Structures-cadre géologique ». *Société géologique de France. Collection interactions*, p. 306, 2011.
- [59] P.J. Sylvester. « Archean granite plutons ». In : K.C. Condie, eds., *Archean crustal evolution*. Elsevier, pp. 261-314, 1994.

Cryptographic schemes for minutiae template protection

Ramón Santana Fernández¹, Vivian Estrada Sentí², and Yanio Hernandez Heredia²

¹Biometric research, University of Informatics Science, Havana, Cuba

²University of Informatics Science, Havana, Cuba

²Software development, University of Informatics Science, Havana, Cuba

Copyright © 2016 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 recent implementation of biometrics solutions for user authentication in public networks has caused great concern about the safety and privacy of biometric data. Different vulnerabilities detected on automated fingerprint identification systems could reveal minutiae data if they are stored in plain text. In order to solve these security issues, several fingerprint minutiae template protection schemas have been proposed, among which there are the fuzzy vault, biohasing and cancellable or non-invertible fingerprint templates. To carry out an efficient biometric data protection process, the schema must meet three basic requirements: cryptographic security, revocability and performance; however, most of the schemas described to date fail in this task. A fingerprint minutiae template protection scheme must capture as much identifying information of the fingerprint as possible and solve the problem of template alignment before the comparison process is performed in the protected domain. A study on the cryptographic scheme of fingerprint minutiae template protection models and alignment methods was conducted in this work. Emphasis was placed on the cryptographic bases of minutiae template protection scheme and existing algorithms for aligning protected templates, highlighting the weaknesses of each one. As a result, the knowledge necessary to design an alignment-free minutiae template protection model was obtained.

KEYWORDS: Fuzzy vault, Fuzzy commitment, cancellable templates, fingerprint template protection.

1 INTRODUCTION

The use of passwords or smart cards as identification tokens provide high levels of security for people identification; however, this kind of identifiers can be lost, stolen or forgotten; compromising the integrity and privacy of the protected resources. Biometrics, by other hand, have been applied as an identifier in personal identification for decades with great achievement in governmental and criminal systems, with high levels of acceptance and accuracy in private networks and controlled environments. Nowadays the range of application of biometrics has been expanded to daily tasks in networks with less security than private networks. The personal identification in ATMs, access controls, in personal car configuration or bank transactions are some examples. The main aim is to increase the security level in the identification process and fight against identity fraud. Using biometrics traits, like fingerprints or face, as personal identifier decreases the possibilities of stealing, misplacing or forgetting the identifier, but preserving the privacy, security and integrity of the biometric data transmitted across public networks has become a challenge. The main concern about biometric security is the identifiers' property of irrevocability. Different from passwords or identification cards, biometric identifiers are invariant through a person's natural life, and cannot be changed.

Biometrics is described in Dahiya & Kant (2012) as the measurement of biological data, used for person authentication through physical traits, like fingerprint, and behavioral traits, like signatures. From the user's perspective (Jain, Nandakimar, & Nagar, 2012) a biometric system must accomplish two fundamental characteristics: only legitimate users must have access to the logical or physical resources protected by the biometric system and the personal biometric data stored must be used

to restrict and control the access to the protected resources. In different analyses conducted by Jain, Nandakumar, & Nagar, (2008) and Prasad (2013), eight vulnerabilities have been detected in a generic biometric system architecture through which several kinds of attacks can be performed to obtain the biometric information and data belonging to a person. In (Jain, Nandakumar, & Nagar, Biometric Template Security, 2008) it describes different attacks and its main purposes to compromise the biometric data used in the authentication process into the biometric system when the data is in plain text. Privacy attack, subversive attack, contamination or cover attack, hill climbing attack, synthetic biometric submission and masquerade attack are some examples of it focused on retrieving biometric data. The primary target of this attacks are: the feature extractor, template matching, the biometric database and the communication channels between them as shown in Figure 1.

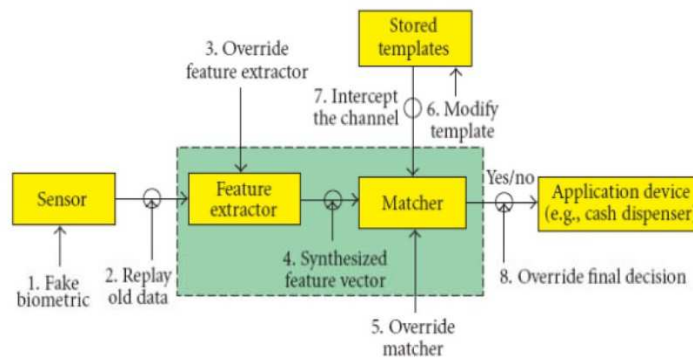


Fig. 1. Vulnerabilities on general biometric identification system architecture

The partially or fully leak of information from the fingerprint minutiae template allows the fingerprint image reconstruction process proposed by Cappelli, Lumini, Maio, & Maltoni (2007), the insertion of the minutiae template between the extractor and matcher or the substitution of the original template in the channel between the matcher and the biometric data base. By this way the biometric system security may be compromised and the protected resources could be obtained by the attacker. Another consequence is the denial of service to a genuine and authorized person, the owner of the biometric trait can be tracked on each biometric database in which the same biometric trait is used for authentication proposes. The most important problem generated from the biometric template theft is the loss of this biometric trait and the security and privacy of the protected resources for his entire life.

Several solutions to decrease the minutiae template leak of information in a biometric system have been proposed. The application of traditional cryptography to the fingerprint template protection process is one of them (Jain, Nandakumar, & Nagar, 2012). However, factors like non-linear distortion caused by the elastic property of the skin, the fingerprint sample rotation and translation, among others, make harder the minutiae matching in the protected domain using this method at a significant level. The main reason resides in the fact that the mathematical functions used in this process are highly sensible to small data changes and a little variation on the input data may cause great variations on the output data. The biometric data have a variability degree when the sample is taken, that is the reason why the minutiae template matching in the protected domain has a very poor performance. To execute this process with better results, a decryption process is mandatory. Hardware malfunction, the access to the shared memory by a Trojan horse or other malicious piece of software represents a risk because the biometric data is in plain text (Jain, Nandakumar, & Nagar, 2008). Other solutions have been analyzed and as result some minutiae template protection scheme have been proposed. The most frequently cited and with better results are the fuzzy vault (Juels & Sudan, 2002), non-invertible template transformation (Ratha, Chikkerur, Connell, & Bolle, 2007), biohashing (Belguchi, Rosenberger, & Ait, 2010) and fuzzy commitment (Juels & Wattenberg, 1999; Juels & Wattenberg, 2013). These models are the cryptographic bases of the hybrid models of template protection scheme, proposed to eliminate or deal with problems like minutiae alignment or allow the revocability property. These schemes propose a way to transform the original minutiae template into protected minutiae templates from the original feature or from a derivation of the original feature. The main advantage of this schemes are that they allow the matching process in the protected domain with better results than traditional cryptography.

This paper analyzes the minutiae template protection schemas described above and it is organized as follows: related works are referenced in Section 2 as Background, the cryptographic schemes for minutiae template protection are described in Section 3 and Conclusions and future work are presented in section 4.

2 BACKGROUND

The first minutiae fingerprint template protection schemes described in the consulted bibliography are fuzzy commitment scheme (Juels & Wattenberg, 1999), fuzzy vault scheme (Juels & Sudan, A Fuzzy Vault Scheme, 2002), the cancellable templates or non-invertible template scheme (Ratha, Connell, & Bolle, 2001) and bihashing scheme (Beng Jin, Chek Ling, & Goh, 2004). Several approaches have been proposed to address different issues and for different applications but the principles of each scheme are the same. Jain, Nandakimar & Nagar (2012) analyze the state of the art of biometric template protection and their main characteristics. To address the alignment issue due to fingerprint rotation and translation, some approaches have been proposed, such as those by Zhe & Teoh Beng Jin (2011); Belguechi, Rosenberger, & Ait (2010); Ahmad (2013); and Li, Yang, Tian, Shi, & Li (2008), but the problem remains. The main objective, when a fingerprint template protection scheme is proposed, is to obtain as much information as possible from the biometric template to resolve translation, rotation and non-lineal distortion.

2.1 MAIN FINGERPRINT MINUTIAE TEMPLATE PROTECTION CHARACTERISTICS

Minutiae template protections have been classified by some authors (Jain, Nandakimar, & Nagar, 2012; Sharma & Kumar, 2014) in biometric cryptosystems and template transformations:

1. Biometric cryptosystems: a secure sketch, derived from the original biometric information, is generated and stored instead of the original template. The secure sketch, also named helper data, must be as close as the real data to, in presence of the individual feature, obtain the template but in its absence, the sketch must be computationally hard enough to prevent retrieving the original features.
2. Non-invertible transformations: the transformation of the biometric template with a function, using a specific key. There are three kinds of transformations: polar, Cartesian and functional.

Other authors (Poongodi & Betty, 2014) have recently classified minutiae template protection into biometric cryptosystem, intelligent system and watermarking technique:

1. Biometric cryptosystems: as in Jain, Nandakimar, & Nagar (2012), the biometric cryptosystems use a secure sketch derived from the original data and some public information is stored as helper data. The helper data cannot reveal any important information about the fingerprint data. This class can be subdivided into two types, key binding and key generation. In key binding, a key independent of the biometric feature is bound to the biometric template. In key generation, the key is generated from the helper data and queries the biometric feature.
2. Watermarking technique: this uses a watermarking technique, like those proposed by Malhotra & Kant (2013) to ensure biometric security. These advantages are:
 - a. The stored biometric template is hard to forge.
 - b. It provides high security to the biometric template.
3. Intelligent system: it is described as a computer system in some environments capable of independent actions to meet some objectives. This class has 9 properties and there are different types of agents.

As result of the analyses of both classifications, it is considered that the watermarking technique is an approach to protect information and is not considered as a class, while the intelligent system is considered a practical issue, not a theoretical approach, which groups various ways to perform template protection. To formulate an efficient biometric template protection scheme, three fundamental principles must be taken into account as proposed by Jain, Nandakimar, & Nagar (2012):

1. Cryptographic security: if an attacker obtains a protected biometric template, it must be computationally hard to retrieve the original data.
2. Revocability: it must be possible to obtain several protected templates from the same original biometric data. In case an attacker obtains two or more protected biometric templates, the original biometric data should remain cryptographically secured.
3. Performance: biometric performance should not be affected, measured in terms of FAR/FRR.

Considering the fact that a biometric authentication system must respond in the shortest time possible, the computational cost and response time must be considered as part of performance requirement of a biometric template

protection scheme. Another important question to consider is on what feature the protection is carried out. As a conclusion from the analysis of this requirement, the development of a fingerprint minutiae template protection scheme is quite a challenge and can be done starting with three different kinds of features:

1. From the original biometric feature set.
2. From an intermediate set of feature derived from the original feature set.
3. From a fixed length feature set derived from the original or intermediate feature set.

The proposed scheme using the original feature (Juels & Sudan, 2002; Beng Jin, Chek Ling, & Goh, 2004) do not take into account the alignment process and must be done separately. The proposed scheme using an intermediate set of feature (Zhe & Teoh Beng Jin, 2011) are invariant to rotation and translation, and the critical process is the selection of the identificative feature from the minutiae information. The fixed length is commonly used in other biometric traits, like iris, but it can be used in the biohashing scheme as explained by Belguechi, Rosenberger, & Ait (2010).

2.2 FINGERPRINT TEMPLATE ALIGNMENT

In order to enhance the fingerprint template matching process on the protected domain and due to translation, rotation, non-linear distortion and overlapping properties of the fingerprint a pre-alignment process is required as explained by Zhang, Feng, & He (2014). These variations are known as intra-class variations and are the main consequence of the decreasing performance in the matching stage. To perform the minutiae alignment, some techniques have been proposed (Boonchaiseree & Areekul, 2009; Jeffers & Arakala, 2007; Jeffers & Arakala, 2006; Zhang, Feng, & He, 2014; Maltoni, Maio, Jain, & Prabhakar, 2009), among those are:

1. Most representative minutiae or focal point.
2. Singularities detection.
3. Topological structure alignment.
4. Iterative Closest Point.

However, it is considered an unsolved issue yet (Sonar & Dahad, 2014). The impact of this process in a biometric system can be negative because a miss selection and evaluation on the most representative minutiae or focal point may lead to poor performance. The iterative closest point is an iterative algorithm and depend on the directional field among other and the singularities core and delta in a fingerprint image are not always present. The minutiae structure formation using Voronoi neighborhoods, minutiae triplets, five neighborhoods analyzed by Jeffers & Arakala (2006) is one of the most suitable for this problem. From these minutiae structures, a rotation and translation invariant set of features can be extracted (Zhe & Teoh Beng Jin, 2011) to perform the encryption.

3 CRYPTOGRAPHIC MINUTIAE TEMPLATE PROTECTION SCHEMES

The main goal of the biometric template protection process is to avoid minutiae template information leak and for this reason several methods have been proposed, among which there are fuzzy vault, non-invertible template transformations or cancelable templates and biohashing scheme.

3.1 FUZZY VAULT

It is a cryptographic construction based on the fuzzy commitment proposed by Juels & Wattenberg (1999); Juels & Wattenberg (2013) designed to encrypt a disordered set of features. The fuzzy vault was proposed by Juels and Sudan in 2002 and it is designed as an error-tolerant encryption form. The security safety of this method is based on the computational hardness to resolve the polynomial reconstruction problem (Clancy, Kiyavash, & Lin, 2003; Juels & Sudan, 2002).

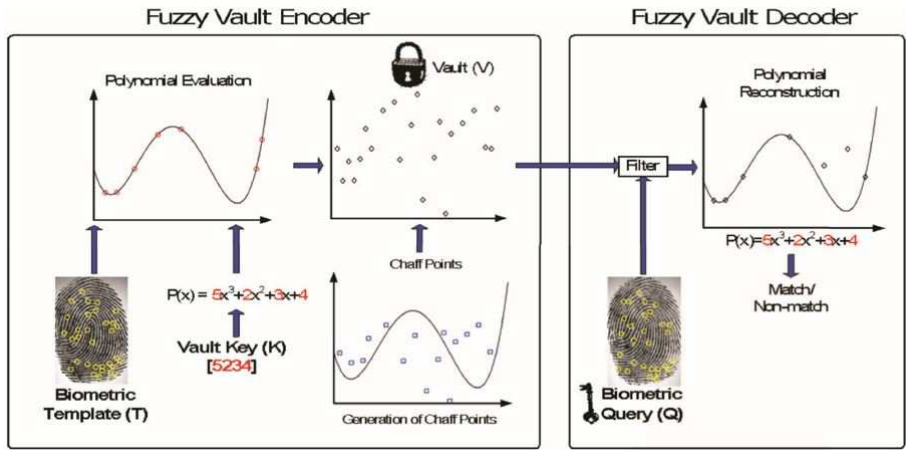


Fig. 2. Fuzzy Vault Scheme for biometric protection

As for the protection minutiae templates, this scheme describes two process (Rathgeb & Uhl, 2011; Juels & Sudan, A Fuzzy Vault Scheme, 2002), the encryption process (enrol) and the decryption process (comparison). To carry out the encryption process, a generalized code word is created, representing the secret k and the corresponding polynomial construction p . The disorder feature set A is evaluated in p and a set q of chaff points are added to create the protected template R . The chaff points are randomly generated noise in coordinate form (x, y) and cannot match the polynomial construction p . To check if a biometric feature set B contains or has a level of similitude with the set A , both sets are overlapped. If the set B is substantially overlapped in the set A , then the chaff points can be identified and the polynomial construction p is obtained by the reconstruction process using the error correcting code.

3.2 CANCELLABLE TEMPLATES

It is the repetition and intentional distortion of a biometric sign based on a non-invertible transformation (Ratha, Connell, & Bolle, 2001). The process is executed every time the authentication or enrollment petition is performed by the biometric system. If a protected minutiae template is compromised during an attack, it is possible to change the transformation function and generate a new protected set of features from the original feature set. This kind of transformation has as advantage that if the protected template is obtained and the transformation function is known, the biometric data cannot be recovered due to the non-invertibility property of the encryption function used. Ratha N. , Connell, Bolle, & Chikkerur (2006); Jain, Nandakimar, & Nagar (2012) present three kinds of transformations, named Cartesian transformations, Radial transformations and Functional transformations, to encrypt fingerprint minutiae template as shown in Figure 3.

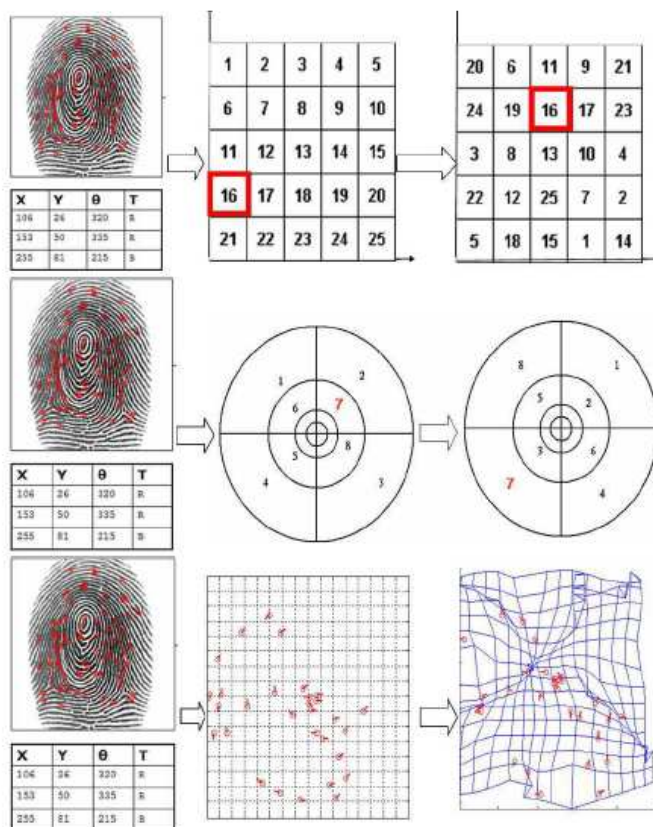


Fig. 3. Non-invertible minutiae template protection scheme

In the Cartesian transformations, the minutiae are organized and measured in rectangular coordinates. To perform the encryption the fingerprint is divided into cells or rectangular sub -areas and the minutiae are reorganized changing the position (from one cell to another). The transformation is not a permutation, several cells can be mapped into one cell to make the transformation irreversible. The Radial transformation consists on the conversion to polar coordinates and the change of the minutiae between the sectors. The conversion is performed using as reference point the core singularity and the minutiae angles are measured in reference to the orientation. The Functional transformations have restrictive properties to design a cancellable template. The function to encrypt the minutiae data must be globally non-smooth and locally smooth.

3.3 BIOHASHING

It was exclusively applied to the texture feature of a fingerprint extracted using the FingerCode technique (Jain, Prabhakar, Hong, & Prankanti, 1999) as shown in Figure 4:



Fig. 4. Finger code extraction from a minutiae in fingerprints

The first approach of this method depended on the core singularity of the fingerprint through which the process is performed. Recent approach translates the center of this method to each minutiae (Belguechi, Rosenberger, & Ait, 2010) allowing the protection of each one and concatenating the result into a resultant string. The process began with the MinuCodes computation, which is the FingerCode process applied to each minutiae and not to a core singularity. For each MinuCode the biohashing is processed as follows:

1. The generation of pseudo-random vector is performed.
2. Gram-Schmidt process is applied to transform the generated vector into an orthonormal set of matrices.
3. The inner product between the biometric feature and the matrices are performed.
4. The result is compared with a threshold calculated with Otsu method.

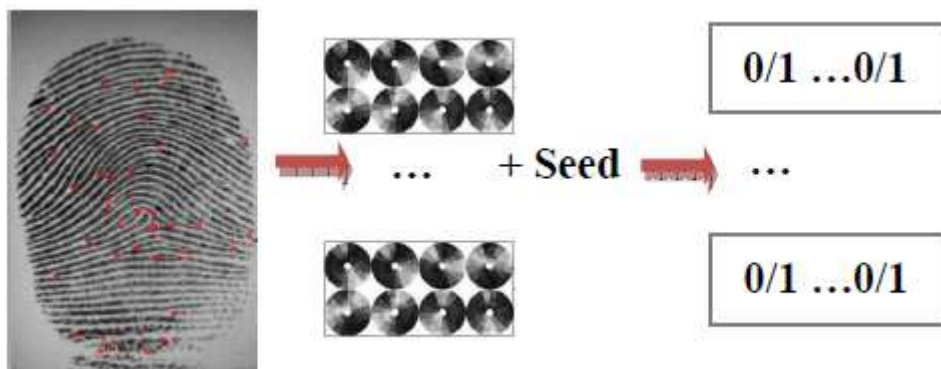


Fig. 5. Biohashing template protection scheme representation from (Belguechi, Rosenberger, & Ait, 2010)

Figure 5 shows how each minutiae is transformed into a FingerCode and then the Biocodes are processed to obtain a string vector. Only the BioCodes are processed to be stored.

4 CONCLUSION AND FUTURE WORK

The full or partial leak of information in the biometric template are one of the most important vulnerabilities and security risks in biometric systems. The generalized use of biometric data to identify persons in daily tasks, across public networks with low security level, facilitate the retrieval of minutiae data if it is in plain text. To encrypt the biometric data a few minutiae template protection scheme has been proposed based on cryptographic constructions, named fuzzy vault,

cancellable templates and bihashing, allowing better security levels. The alignment schemes analyzed provide an insight about this process and the matching in the protected domain and as future work the vulnerabilities and countermeasures of each cryptographic model will be analyzed to propose a new cryptographic method to encrypt a set of features from the minutiae.

REFERENCES

- [1] Ahmad, T. (2013). SHARED SECRET-BASED KEY AND FINGERPRINT BINDING SCHEME. *Kursor Journal*.
- [2] Belguechi, R., Rosenberger, C., & Ait, S. (2010). BioHashing for securing fingerprint minutiae templates. 1168-1171. IEEE Computer Society.
- [3] Beng Jin, A. T., Chek Ling, D. N., & Goh, A. (2004). Biohashing: two factor authentication featuring fingerprint data and tokenised random number. *Pattern Recognition Society*. Elsevier.
- [4] Boonchaiseree, N., & Areekul, V. (2009). Focal Point Detection Based on Half Concentric Lens Model for Singular Point Extraction in Fingerprint. *Proceedings of International Conference on Biometrics*. IEEE.
- [5] Cappelli, R., Lumini, A., Maio, D., & Maltoni, D. (2007). Fingerprint Image Reconstruction from Standard Template. 29(9). IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE.
- [6] Clancy, C., Kiyavash, N., & Lin, D. J. (2003). Secure SmartcardBased Fingerprint Authentication. Berkeley: ACM.
- [7] Dahiya, N., & Kant, C. (2012). Biometrics Security Concerns.
- [8] Jain, A. K., Nandakumar, K., & Nagar, A. (2012). Fingerprint Template Protection: From Theory to Practice. 29.
- [9] Jain, A. K., Nandakumar, K., & Nagar, A. (2008). Biometric Template Security. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*.
- [10] Jain, A. K., Prabhakar, S., Hong, L., & Prankanti, S. (1999). FingerCode: A Filterbank for Fingerprint Representation and Matching.
- [11] Jeffers, J., & Arakala, A. (2006). MINUTIAE-BASED STRUCTURES FOR A FUZZY VAULT. *2006 Biometrics Symposium*.
- [12] Jeffers, J., & Arakala, A. (2007). FINGERPRINT ALIGNMENT FOR A MINUTIAE-BASED FUZZY VAULT.
- [13] Juels, A., & Sudan, M. (2002). A Fuzzy Vault Scheme. 1-18. Retrieved from MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory: <http://www.csail.mit.edu/people/search>
- [14] Juels, A., & Wattenberg, M. (1999). A Fuzzy Commitment Scheme. 28-36.
- [15] Juels, A., & Wattenberg, M. (2013). A Fuzzy Commitment Scheme.
- [16] Li, J., Yang, X., Tian, J., Shi, P., & Li, P. (2008). Topological Structure-based Alignment for Fingerprint Fuzzy Vault.
- [17] Malhotra, S., & Kant, C. (May de 2013). A Novel Approach for securing Biometric Template. *Internal Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*.
- [18] Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., & Prabhakar, S. (2009). Handbook of Fingerprint Recognition. Springer.
- [19] Poongodi, P., & Betty, P. (January de 2014). A Study on Biometric Template Protection Techniques. *International Journal of Engineering Trends and Technology*.
- [20] Prasad, P. S. (June de 2013). Vulnerabilities of Biometric System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.
- [21] Ratha, N. K., Chikkerur, S., Connell, J. H., & Bolle, R. M. (2007). Generating Cancelable Fingerprint Templates. 561-572.
- [22] Ratha, N. K., Connell, J. H., & Bolle, R. M. (2001). Enhancing security and privacy in biometrics-based authentication systems. *IBM SYSTEMS JOURNAL*, 40(3).
- [23] Ratha, N. K., Connell, J. H., & Bolle, R. M. (2001). Enhancing security and privacy in biometrics-based authentication systems. *IBM SYSTEMS JOURNAL*. IBM.
- [24] Ratha, N., Connell, J., Bolle, R. M., & Chikkerur, S. (2006). Cancelable Biometrics: A Case Study in Fingerprints. *The 18th International Conference on Pattern Recognition*.
- [25] Rathgeb, C., & Uhl, A. (2011). A survey on biometric cryptosystems and cancelable biometrics. *Journal on Information Security*. EURASIP.
- [26] Sharma, A., & Kumar, N. (2014, April). Encryption of Text Using Fingerprints as Input to Various Algorithms. *International Journal of Science and Research*.
- [27] Sonar, J., & Dahad, S. (April de 2014). A Review on Security of Fingerprint Template Using Fingerprint Mixing. *International Journal of Engineering Trends and Technology*.
- [28] Zhang, X., Feng, Q., & He, K. (2014). A New Blind Fingerprint Alignment Algorithm used in Biometric Encryption. 231-234.
- [29] Zhe, J., & Teoh Beng Jin, A. (2011). Fingerprint Template Protection with Minutia Vicinity Decomposition. *IEEE*.

EVALUATION DE DIX (10) GENOTYPES DE NIÉBÉ [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] PAR RAPPORT À LEUR TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE

[FIELD ASSESSMENT OF TEN (10) COWPEA GENOTYPES [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] FOR DROUGHT TOLERANCE]

Wendbenedo Joël Antoine LALSAGA¹, Rasmata NANA¹, Mahamadou SAWADO¹, Nerbéwendé SAWADO¹, Mariam KIEBRE¹, and Issa DRABO²

¹Département de Biologie et Physiologie végétales,
Unité de Formation et de Recherche en sciences de la Vie et de la Terre, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021,
Ouagadougou 03, Burkina Faso

²Département oléo-protéagineux,
Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles Saria, 04BP8645 Ouagadougou, 03 BP 7021, Burkina Faso

Copyright © 2016 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: Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is one of the most important arid legumes cultivated for pulse and forage production in the savannas of west Africa. Its cultivation is confronted to biotic and abiotic constraints. The abiotic constraints are primarily of (recorded rainfall, temperature, poor soil). This research was conducted to identify cowpea breeding lines that tolerant to drought. Seven genotypes obtained from cowpea breeding program of marker-assisted recurrent selection (C2-111-4, C2-111-2, C2-9-3, C2-11-3, C2-31-2, C254-4 and C2-64-2), two parents of crossing (Gorom local and IT97K-499-35) and IT99K-573-2-1 (yiis yande, grown under drought stressed and non-stressed conditions). Drought stress reduced seed yield, 100 seed weight and chlorophyll stability index. Correlation between stressed and non-stressed seed yield were ($r=+0.646$). Biplot displays of quantitative indices of stress tolerance and genotypes seed yield indicating that genetic variability for drought tolerance existed amongst the tested germplasm with regard to seed yield and drought tolerance. According to their yielding ability and quantitative indices of stress tolerance, the genotypes (C2-31-2, C2-9-1, IT97-499-35, C2-111-4, C2-111-2, C2-9-3, C2-11-3, et C2-64-2) were grouped in low yielding under drought condition; Gorom local et C2-54-4 in order were identified as high yielding and moderate yielding under drought. IT99K-573-2-1 was found to be susceptible drought.

KEYWORDS: cowpea, yield, quantitative indices, stress tolerance.

RESUME: Le niébé est une importante légumineuse cultivée pour la production de graines et de fourrages dans les savanes de l'Afrique de l'Ouest. L'expérimentation conduite a pour but d'identifier des génotypes de niébé adaptés à la sécheresse. Sept lignées issues d'une sélection récurrente assistée par marqueurs (C2-111-4, C2-111-2, C2-9-3, C2-11-3, C2-31-2, C2-54-4 et C2-64-2), les deux parents du croisement (Gorom local et IT97K-499-35) et IT99K-573-2-1 ont été évalués sous conditions de stress hydrique et de non stress hydrique. Le stress hydrique a eu un effet réducteur sur le rendement grain, le poids de 100 graines et l'index de stabilité de la chlorophylle totale. Une corrélation positive ($r = + 0,646$) entre le rendement grain obtenu sous condition de stress et le rendement grain obtenu dans les conditions de non stress a été constatée. La classification hiérarchique ascendante entre les caractères quantitatifs de la tolérance au stress et le rendement grain obtenu en conditions de stress et de non stress des génotypes montrent l'existence d'une variabilité génétique pour la tolérance au stress hydrique entre les individus du germoplasm étudié. Les groupes ci-après ont été identifiés: un groupe formé par des individus à faible rendement grain sous stress hydrique (C2-31-2, C2-9-1, IT97-499-35, C2-111-4, C2-111-2, C2-

9-3, C2-11-3, et C2-64-2) ; Gorom local comme une variété à haut rendement grain sous stress ; C2-54-4 comme une lignée à rendement grain modéré sous stress, et la variété IT99K-573-2-1 sensible au stress appliqué.

MOTS-CLEFS: niébé, tolérance, caractères quantitatifs, rendement, sécheresse.

1 INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) fait partie des espèces les plus anciennement cultivées et constitue la base de l'alimentation de nombreuses populations en Afrique. Il est cultivé pour ses graines ; les gousses fraîches et ses feuilles juvéniles peuvent aussi être consommées sous forme de légumes. Malheureusement, la culture de cette légumineuse beaucoup prisée est soumise à de nombreuses contraintes abiotiques (insuffisance et mauvaise répartition des pluies, pauvreté des sols) et biotiques (insectes, mauvaises herbes, maladies) [1]. Dans les régions du sud du Sahara, la sécheresse est souvent la principale contrainte pour la production de niébé, entraînant une baisse de rendement et une mauvaise qualité des graines [2]. En Afrique sub-saharienne, le niébé est essentiellement confiné dans des régions où la pluviométrie annuelle est de 600 mm environ [3]. La culture du niébé fait face généralement au déficit hydrique en début et en fin de saison pluvieuse [4]. Lorsque la sécheresse intervient en fin de saison pluvieuse, elle est plus dommageable car elle affecte la floraison et le remplissage des gousses entraînant ainsi une baisse du rendement [5]. Les rendements en grain du niébé sont généralement faibles à cause du stress abiotique [6]. Des études ont été menées par [5] pour identifier des génotypes capables de produire même si la sécheresse intervient pendant la floraison. Cependant, au Burkina Faso, très peu de travaux ont été effectués sur la résistance au stress hydrique de variétés vulgarisées.

Ces travaux ont pour objectif d'évaluer les lignées issues d'une sélection récurrente assistée par marqueurs afin d'identifier celles qui tolèrent mieux le stress hydrique et les hautes températures pour leur meilleure vulgarisation.

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 METHODOLOGIE

Des lignées de niébé les plus productives ont été retenues suite à essai préliminaire conduit en 2014. L'expérimentation a été conduite dans le terroir de Saria où est implanté depuis 1923 une station de recherches agronomiques. Cette station dont les coordonnées géographiques sont de 12°16'N et 2°9'W est situé à 80 km à l'ouest de Ouagadougou et représentative tant du point de vue des sols que du climat de l'ensemble du Plateau Central. Les sols de Saria font partis des sols ferrugineux, lessivés ou non. La texture est sablo-limoneuse en surface et argilo-sableuse en profondeur. Pour se faire, les expérimentations ont été menées dans deux parcelles (photo 1). Les plantes ont été arrosées dans les deux traitements hydriques avec 10 mm d'eau environ pour chaque arrosage ; deux arrosages ont été effectués par semaine, du semis jusqu'à la floraison. Ensuite, les parcelles stressées n'ont plus été irriguées après l'apparition des boutons floraux (44^{ème} jour après semis) jusqu'à la récolte, tandis que les parcelles non stressées ont été arrosées jusqu'à la maturité physiologique des plantes. Le dispositif expérimental est du type Fisher avec une ligne 3,2 m comme parcelle élémentaire et l'écartement entre les plantes est 40 cm x 80 cm. Les semis ont été effectués le 05 mars 2015. Nous avons semé deux graines par poquet. Deux semaines après semis, un démariage à deux plants par poquet suivi d'un sarclage et d'un épandage d'engrais NPK (14-23-14) à la dose de 100kg/ha ont été effectués.

2.2 MATERIELS D'ETUDE

Le matériel végétal est constitué de dix entrées dont une variété déjà vulgarisée Yis yande (IT99K-573-2-1), deux témoins négatifs (C2-111-2, C2-111-4) qui ont été sensibles au Striga lors de l'essai préliminaire, cinq lignées (C2-9-1, C2-11-3, C2-31-2, C2-54-4, C2-64-2) issues de la sélection récurrente et les deux parents du croisement (IT97K-499-35 et Gorom local) qui sont utilisés respectivement comme témoins sensible et résistant à la sécheresse (tableau 1). La lignée C2-31-2 a été choisie sur la base de la couleur blanche de la graine. Pour les lignées C2-9-1, C2-11-3, C2-54-4, C2-64-2, le choix a été guidé par le rendement de chacune d'elle, supérieur à 1100kg/ha sous conditions pluviales sur le site de l'INERA (DRREA-Centre Saria) lors de l'essai préliminaire. Pendant l'expérimentation, la température minimale a varié entre 14, 5 °C et 28,5 °C et la maximale était comprise 35°C et 44°C. La plus faible température minimale et la plus haute température maximale ont été enregistrées en mars 2015.

Tableau 1 : Origine et description des géotypes utilisés

Géotype	Origine	Critères de sélection
C2-9-1	INERA	Couleur blanche des graines et Haut rendement
C2-11-3	INERA	Haut rendement
C2-31-2	INERA	Couleur blanche des graines et extra précocité
C2-54-4	INERA	Haut rendement
C2-64-2	INERA	Haut rendement
C2-111-2	INERA	Sensible à la race 1 de striga
C2-111-4	INERA	Sensible à la race 1 de striga et faible rendement
Gorom local	Variété locale	Résistant à la sécheresse
IT97K-499-35	IITA	Sensible à la sécheresse
IT99K-573-2-1 (Yiisyande)	IITA	Extra-précoce

2.3 COLLECTE DES DONNEES AGRO MORPHOLOGIQUES

Les données collectées concernent 50% floraison, le taux de chlorophylle, l'émergence de Striga, 95% maturité, le rendement et le poids de 100 graines. Le nombre de jours de 50% floraison a été évalué sur la base d'une observation visuelle. Le nombre de jour de 95% maturité a été évalué sur la base d'une observation visuelle du pericarpe des plants de chaque parcelle élémentaire. Pour le rendement les gousses de chaque parcelle élémentaire ont été récoltées et après battage ont été pesées. Le rendement a été obtenu en ramenant la production de chaque parcelle élémentaire à l'hectare. Le poids de 100graines a été obtenu en effectuant un comptage manuel de 100 graines de niébé de chaque lignée suivi de la prise de la masse. La teneur en chlorophylle totale a été évaluée au 45^{ème} jour après semis puis une semaine après soit au 52^{ème} jour après semi. Les variables qualitatives observées ont été le flétrissement, la chute des feuilles et la présence de *Striga gesnerioides*.

2.4 ANALYSE DES DONNEES COLLECTEES

Analyse descriptive et de variance

Le logiciel Genstat v4.10.3 a été utilisé pour l'analyse de variance de chacun de ses paramètres. L'analyse en composantes principale (ACP) a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT-pro version 7.1 et la classification hiérarchique ascendante a été faite avec le logiciel STATISTICA version 6. Les données à 50% floraison, 95% maturité, le rendement, le poids de 100 graines ont fait l'objet d'analyse de variance séparée par site pour identifier les meilleurs géotypes. Les caractères quantitatifs de la tolérance au stress hydrique tel que la productivité moyenne de (MP), l'index de tolérance (TOL) [7], l'index de sensibilité au stress (SSI), l'intensité du stress (SI) [8]; la moyenne géométrique de la productivité (GMP), et l'index de tolérance au stress [9] ont été calculés en utilisant les formules ci-après:

$$\text{Moyenne de productivité} \quad MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

$$\text{Tolérance index} \quad TOL = Yp - Ys$$

$$\text{Index de susceptibilité au stress} \quad SSI = \frac{Yp + Ys}{Yp \times SI}$$

$$\text{Stress index} \quad SI = \frac{Yp - Ys}{\bar{Yp}}$$

$$\text{Moyenne géométrique de productivité} \quad GMP = \sqrt{\bar{Yp} \times Ys}$$

$$\text{Index de tolérance au Stress} \quad STI = \frac{Yp \times Ys}{\bar{Yp}^2}$$

Ys et Yp représentent respectivement les rendements grain de chaque géotype sous conditions de stress hydrique et sous conditions non stressantes. \bar{Yp} est la moyenne des rendements de tous les géotypes sous les conditions de non stress.

Des tests de corrélations ont été conduites en utilisant les données quantitatives des géotypes et les caractères quantitatifs de la tolérance au stress.



Photo. 1. Vu de l'essai. A gauche le bloc des plantes non-stressées et à droite le bloc des plantes stressées.

3 RESULTATS

Les résultats de l'évaluation aux champs des 10 genotypes ont fait ressortir une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les genotypes pour le caractère 90% maturité et le poids de 100 graines obtenus dans les conditions de non stress (tableau 2). Au seuil de 5%, une différence significative ($P < 0,005$) pour la variable 50% floraison a été notée pour les deux parcelles et le poids de 100 graines des plantes stressées. Cependant, il n'existe pas de différence significative ($P > 0,05$) entre les genotypes pour l'index de stabilité de la chlorophylle totale et le rendement au niveau des deux parcelles. Les plantes qu'ils soient stressées ou non ont atteint 50% floraison entre les 45^{ème} et 52^{ème} jours après semis. La variété Yiis yande a été la première à fleurir parmi les génotypes non stressés. C2-31-2 a été la première à fleurir parmi les plantes stressées. Pour les deux traitements la lignée C2-11-3 a été la plus tardive et présente un nombre de jours à 50% floraison supérieur à 51 jours. Le nombre de jours à 50% floraison est légèrement plus élevé dans les conditions de stress, mais la différence ne dépasse guère 10% pour tous les genotypes. La valeur moyenne du nombre de jours à 50% floraison pour les génotypes non stressés et stressés est respectivement de 47,23 jours et 49,10 jours après semis. Le nombre de jours à 90 % de maturité varie entre 65 et 74. La plupart des lignées ont atteint la maturité plus vite dans les conditions de stress. Seule la variété IT99K-573-2-1 a atteint 90% maturité après le 70^{ème} jour. Le nombre moyen de jour à 90% maturité est de 67,33 pour les plantes stressées et 67,82 pour les plantes non stressées. Chez les plantes stressées, la lignée C2-31-2 s'est montrée la plus précoce avec une atteinte de 90% maturité au 65^{ème} jour. Par contre, lorsque les génotypes ne sont pas stressés, Gorom local a été la plus précoce avec 90% maturité atteint à 65,33 jours après semis. kg/ha. La variété IT99K-573-2-1 a été la moins productive avec moins de 50 kg/ha. Sous les conditions de stress, Gorom local a réussi à produire plus de 100kg/ha. La lignée C2-11-3 n'a pas produit de gousses du fait qu'elle a perdu tous ses boutons floraux sous l'effet du stress. IT99K-573-2-1 a produit moins de 10 kg/ha sous l'effet du stress hydrique. Chez le parent IT97K-499-35 le rendement a été de 18,13 kg/ha sous conditions de stress hydrique. Le poids moyen de 100 graines est de 16,73 g pour les plantes stressées et de 17,73 g lorsque les plantes croissent dans des conditions sans stress. Le stress a réduit le poids de 100 g jusqu'à 41% pour IT99K-573-2-1. Mais, pour les autres genotypes, la réduction varie de 3,39% à 12,14%. Gorom local a donné un poids 100 g plus élevé dans les conditions de stress. Le poids de 100 graines a varié entre 21,70 g et 13,75 g pour les génotypes non stressés et 20,96 g et 8,00 g pour les plantes stressées. Au niveau des deux traitements (stress et non stress) la lignée C2-9-1 présente un poids de 100 graines plus élevé et IT99K-573-2-1 a le poids de 100 graines le plus faible. La moyenne des rendements pour les genotypes non stressés est de 340,8 kg/ha et de 55,24 kg/ha pour les génotypes stressés. Pour les plantes stressées les rendements ont varié de 0 à 149kg/ha. Dans les conditions de non stress, les rendements ont varié entre 567,1 kg/ha et 12,8 kg/ha. Dans la parcelle irriguée jusqu'à maturité les génotypes Gorom local, C2-54-4 et C2-9-1 ont été les plus performants avec des rendements supérieurs à 400 kg/ha.

Tableau 2 : moyenne de 50% floraison, 90% maturité, poids de 100 graines, rendement, quantité de chlorophylle totale pour les dix(10) géotypes évalués dans les conditions de stress et de non stress.

Genotype	50% floraison			90% maturité			Poids 100 graines			rendement			taux de chlorophylle		
	Non stressé	stressé	dif(%)	non stressé	stressé	dif(%)	non stressé	stressé	dif(%)	non stressé	stressé	dif(%)	non stressé	stressé	dif(%)
C2-9-1	48,00	49.67	3.36	67.00	67.00	0	21.70	20.96	3.39	426.90	35.65	91.68	52.43	49.27	6
C2-11-3	51,00	52.00	1.92	68.33	0	100	18.03	0	100	222.60	0	100	53.87	45.97	14.66
C2-31-2	45,67	45.67	0	66.33	65.33	-1.5	19.76	18.87	4.52	337.50	28.35	91.6	54.00	51.00	5.56
C2-54-4	47,33	48.67	2.75	67.00	67.66	0.98	18.50	17.35	6.2	567.10	84.01	85.18	49.85	48.5	2.7
C2-64-2	49,00	50.33	2.64	68.33	68.00	0.49	19.60	19.42	0.89	337.90	34.41	89.81	51.25	50.53	1.4
C2-111-2	47,00	48.67	3.43	67.66	68.33	0.97	17.53	15.86	9.5	302.70	71.42	76.4	53.93	50.67	6.04
C2-111-4	48,33	48.33	0	68.00	66.00	-2.94	16.20	14.23	12.14	220.90	24.20	89.04	55.78	50.07	10.23
Gorom local	45,00	47.00	4.25	65.33	67.00	2.48	17.00	18.10	-6.11	475.30	149.00	68.65	51.45	49.57	3.65
IT97K-499-35	46,67	49.33	5.39	68.33	69.00	0.96	14.40	14.30	0.65	394.70	18.13	95.4	55.87	44.97	19.5
Yiisyande	44,33	48.00	7.65	74.00	68.00	-8.1	13.75	8.00	41.81	12.80	5	60.93	54.43	50.90	6.48
moyenne	47,23	49.10		67.82	67.33		17.78	16.73		340.8	55.24		53.29	49.14	
CV%	4,3	3.0		1.8	2.8		8.7	17.2		71.2	105.0		5.3	9.8	
PPDS	3,47	2.46		2.124	3.55		1.28	2.69		424.5	116.0		4.78	8.22	
Probabilité	0,025	0.032		<.001	0.422		<.001	0.045		0.455	0.211		0.215	0.807	

Le stress a réduit considérablement le rendement, mais cette réduction est variable selon les géotypes. Ainsi, les géotypes C2-9-1, C2-11-3, C2-31-2 et IT97K-499-35 ont perdu plus de 90% de leur rendement. Les lignées C2-54-4, C2-64-2, C2-111-2, C2-111-4 ont perdu entre 70% et 90 % de leur rendement. Néanmoins, Gorom local et IT99K-573-2-1 ont perdu moins 70% de leur rendement. On note également que les plantes stressées ont un index de stabilité de la chlorophylle plus bas que les plantes non stressées. La moyenne de l'index de stabilité de la chlorophylle est de 53,29 pour les plantes non stressées et de 49,14 pour les plantes stressées. Le cultivar Gorom local et les lignées C2-54-4, C2-64-2 ont exprimé une baisse avec un index de stabilité de la chlorophylle inférieur à 5%. C2-11-3 et IT97K-499-35 ont montré une baisse de plus de 10%. Quant aux géotypes C2-31-2, C2-111-2, C2-9-1, IT97K-499-35, C2-111-4, une baisse de l'index de stabilité de la chlorophylle de 5 à 10% à noté. Les tests de corrélation montrent au seuil de 5% que lorsque les plantes sont stressées (tableau 3), il existe une corrélation positive (+ 0,807) entre le poids de 100 graines et le nombre de jours à 90% maturité. Cependant, lorsque les plantes croissent dans des conditions non stressantes (tableau 4) on observe une corrélation négative (-0,817) entre le nombre de jour de 90% maturité et le rendement. Les caractères quantitatifs de tolérance au stress (tableau 5) montrent que la variété IT99K-573-2-1 présente la valeur la plus élevée de l'index de sensibilité au stress (+ 69,53), suivi des deux témoins négatifs C2-111-2 et C2-111-4; la lignée C2-54-4 possède le plus faible score de l'index de sensibilité. Pour l'index de tolérance, la lignée C2-54-4 présente la valeur la plus élevée (+ 483,1), suivi de C2-9-1 (+391,25) et de IT97K-499-35 (+376,57). La lignée C2-54-4 présente la moyenne de productivité la plus élevée (+325,55), suivi de Gorom local (+312,15). IT99K-573-2-1 possède la plus faible moyenne de productivité. Gorom local présente la moyenne de production géométrique la plus élevée (+266,12), suivi de la lignée C2-54-4 (+218,27). C2-11-3 a la plus faible moyenne de production géométrique. Considérant uniquement l'index de tolérance au stress, Gorom local est plus tolérant suivi de la lignée C2-54-4. C2-11-3 est le géotype le moins tolérant. Les tests de corrélation sur les caractères quantitatifs de tolérance au stress (tableau 6) révèlent au seuil de 5%, que l'index de tolérance est positivement corrélé à la fois à la moyenne de productivité (+ 0,900), à la moyenne géométrique de productivité (+ 0,646) et au rendement obtenu dans les conditions non stressantes (+ 0,965). Une corrélation négative a été notée entre l'index de sensibilité au stress et l'index de tolérance (- 0,757). IL n'y a pas de corrélation significative au seuil de 5% entre l'index de sensibilité et l'index de tolérance au stress, l'index de tolérance et le rendement obtenu dans les conditions de stress. L'index de sensibilité au stress est négativement corrélé à la moyenne de productivité (-0,678) et au rendement obtenu dans les conditions optimum (- 0,728). Aucune corrélation significative n'a été observée entre l'index de sensibilité et le rendement obtenu dans les conditions de stress, l'index de sensibilité et la moyenne géométrique de productivité, l'index de sensibilité et l'index de tolérance au stress. Par contre, une corrélation significative entre le rendement obtenu dans les conditions de non stress et tous les caractères quantitatifs de tolérance au stress a été notée. Pour le rendement obtenu dans les conditions de stress, il est corrélé significativement à la moyenne géométrique de productivité, à la moyenne de productivité et à l'index de tolérance au stress. Durant les expérimentations, aucun développement de Striga n'a été observé à côté des géotypes.

Tableau 3 : matrice de corrélation entre les paramètres mesurés sur les géotypes en condition de stress hydrique

	50% floraison	90% maturité	poids 100gr	rendement	I.S.C
50%floraison	1	-0,623	-0,489	-0,401	-0,564
90 % maturité	-0,623	1	0,807*	0,349	0,508
poids 100gr	-0,489	0,807*	1	0,491	0,440
rendement	-0,401	0,349	0,491	1	0,209
I.S.C	-0,564	0,508	0,440	0,209	1

* valeurs significatives au seuil alpha = 0,050

I.S.C : index de stabilité de la chlorophylle

Tableau 4 : corrélation entre les paramètres évalués sur les géotypes en condition non stressante.

	50%floraison	90% maturité	poids 100 gr	rendement	I.S.C
50% floraison	1	-0,193	0,408	0,051	-0,045
90% maturité	-0,193	1	-0,595	-0,817*	0,363
poids 100 gr	0,408	-0,595	1	0,492	-0,548
rendement	0,051	-0,817*	0,492	1	-0,622
I.S.C	-0,045	0,363	-0,548	-0,622	1

* valeurs significatives au seuil alpha = 0,050

I.S.C : index de stabilité de la chlorophylle

Tableau 5 : Caractères quantitatifs de tolérance au stress hydrique

	Index de tolérance	Moyenne de productivité	Moyenne geometrique de productivité	Index de sensibilité au stress	Index de tolérance au Stress
C2-9-1	391.25	231.28	123.37	0.94	0.142
C2-11-3	222.6	111.3	0	1.53	0
C2-31-2	309.15	182.93	97.81	1.19	0.08
C2-54-4	483.1	325.55	218.27	0.81	0.41
C2-64-2	303.4	186.16	107.83	1.24	0.1
C2-111-2	231.28	187.06	147.03	1.84	0.19
C2-111-4	196.7	122.55	73.11	1.91	0.046
Gorom local	326.3	312.15	266.12	1.37	0.61
IT97K-499-35	376.57	206.42	84.6	0.95	0.06
IT99K-573-2-1	7.8	8.9	8	69.53	0.0006



Photo. 2. Plantes stressées, au 52^{ème} jour après semis



Photo. 3. Plantes Non Stressées, 65 Jours Après Semis

Tableau 6 : Corrélation entre les variables mesurées

	Index de tolérance	Moyenne de productivité	Moyenne géométrique de productivité	Index de sensibilité au stress	Index de tolérance au Stress	rend stress	rendem optimum
Index de tolérance	1	0,900*	0,646*	-0,757*	0,504	0,421	0,965*
Moyenne de productivité	0,900*	1	0,907*	-0,678*	0,821*	0,775*	0,983*
Moyenne géométrique de productivité	0,646*	0,907*	1	-0,446	0,947*	0,949*	0,820*
Index de sensibilité au stress	-0,757*	-0,678*	-0,446	1	-0,294	-0,312	-0,728*
Index de tolérance au Stress	0,504	0,821*	0,947*	-0,294	1	0,976*	0,708*
rend stress	0,421	0,775*	0,949*	-0,312	0,976*	1	0,646*
Rendem optimum	0,965*	0,983*	0,820*	-0,728*	0,708*	0,646*	1

* valeurs significatives au seuil alpha = 0,050

Au niveau de l'ACP la variation totale exprimée par les deux axes est 95,25% (figure 1). L'axe F1 exprimant 77,22% de la variation totale est positivement corrélé avec le rendement grain obtenu sous stress. Il sépare les individus en fonction de leur rendement grain obtenu dans les conditions de stress. L'axe 2 exprimant 18,06% de la variabilité totale est positivement corrélé avec le rendement grain obtenu dans les conditions de non stress. Il sépare les individus en fonction de leur rendement dans les conditions de non stress. En relation avec ces deux comportements les individus seront séparés en fonction de leur rendement grain obtenu dans les conditions de stress et de non stress. L'index de tolérance au stress et la moyenne géométrique de productivité sont positivement corrélés avec le rendement obtenu dans les conditions de stress. La moyenne de productivité et l'index de tolérance sont positivement corrélés avec le rendement obtenu dans les conditions de non-stress.

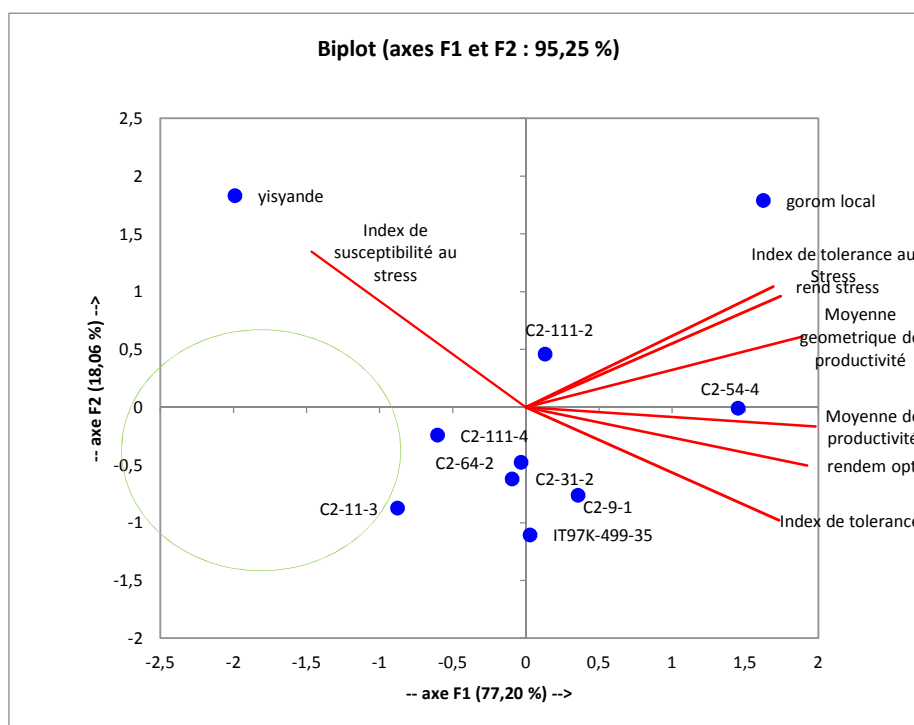


Figure 1 : Représentation dans le plan des axes 1-2 de l'analyse en composante principale (ACP)

Le dendrogramme (figure 2) montre que les individus se répartissent en fonction de leur rendement grain obtenu dans les conditions de stress. La troncature effectuée à 150% montre que les génotypes IT99K-499-35, C2-9-1, C2-31-2, C2-64-2, C2-111-2, C2-11-3, et C2-111-4 forment un seul groupe.

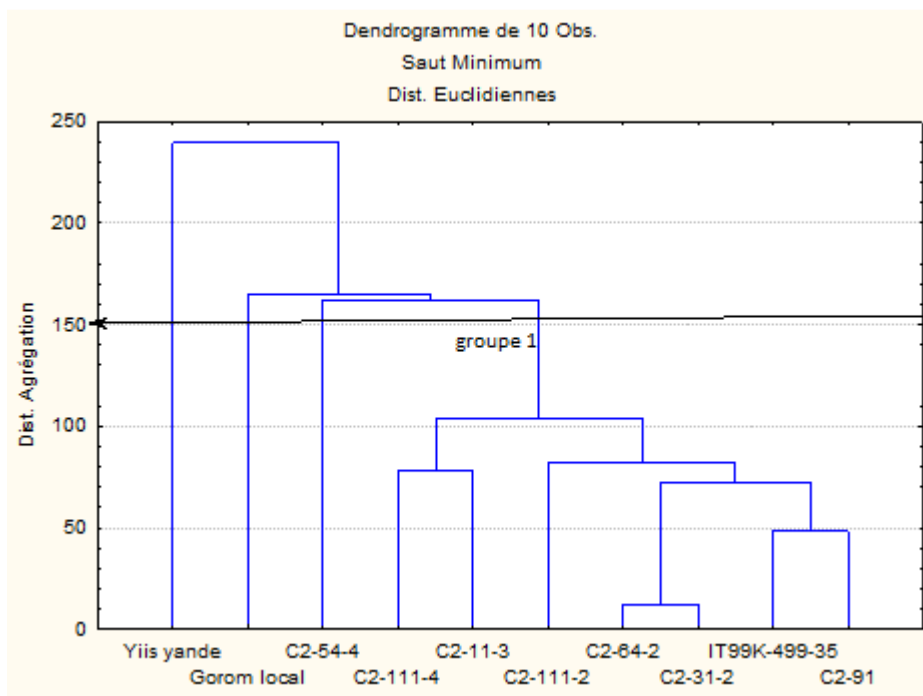


Figure 2 : Représentation de la classification hiérarchique ascendante des dix génotypes

4 DISCUSSION

Dans les conditions de non stress de faibles rendements sont notés (< 600kg/ha). Cela peut s'expliquer par l'insuffisance de la quantité d'eau appliquée ou l'influence des facteurs climatiques notamment les fortes températures. Cela peut s'expliquer aussi par le fait que les semis en début de contre saison chaude provoquent une forte production foliaire, un fort taux de fleurs avortés et une faible productivité [15]. Les résultats montrent également que les lignées C2-9-1, C2-31-2, C2-54-4, C2-64-2 produisent assez bien en contre saison chaude avec des rendements supérieurs à 300 kg/ha. Dans les conditions de non stress, la variété IT99K-573-2-1 (Yiis yande) a donné le plus faible rendement (12 kg/ha) et semble ne pas être adaptée aux conditions climatiques de la période mars-avril au Burkina Faso. Les plantes ont atteint plus vite la maturité sous les conditions de stress. Les plantes auraient réduit leur cycle pour l'accomplir avant que le déficit hydrique ne soit important. Cela semble être un mécanisme d'esquive à la sécheresse. Ceci n'est pas en accord avec [11] qui trouve que les plantes fleurissent et atteignent la maturité plus vite dans les conditions de maximum d'humidité. Le stress hydrique a réduit considérablement le rendement des génotypes avec des pertes de rendement de l'ordre de 60 à 100%. Ces résultats sont en accord avec [12] qui trouvent que les variétés précoces sont très sensibles à la sécheresse lorsqu'elle intervient pendant la phase reproductive. Le stress hydrique appliqué au cours de nos expérimentations serait sévère car les baisses de rendements sont de l'ordre de plus de 50%, ceci est en accord avec les conclusions de [5]. Le parent IT97K-499-35 reconnu comme tolérant à la sécheresse [13] a perdu 95% de son rendement tandis que toutes nos lignées à l'exception de C2-11-3 ont perdu entre 60 à 95% de leur rendement. Ces résultats s'expliquent par la perte totale des fleurs de la lignée C2-11-3 sous l'effet du stress hydrique. La diminution du rendement des autres lignées est aussi due à la chute des boutons floraux. Ainsi, le stress hydrique a eu un impact négatif sur la phase reproductive des plantes. Pour les génotypes stressés on a noté une baisse de l'index de stabilité de la chlorophylle. Les plantes chez qui on a observé une baisse de l'index de stabilité de la chlorophylle de plus 15% ont également perdu plus de 95% de leur rendement. Cette différence de rendement pourrait être associée à une baisse de l'activité photosynthétique pendant la période de restriction hydrique. Le poids de 100 graines a baissé chez les génotypes stressés et cela peut s'expliquer par une réduction de la synthèse des photoassimilats nécessaires au remplissage des graines suite à une indisponibilité de l'eau pour les réactions photochimiques. L'ensemble des

résultats montrent que la baisse de la teneur en chlorophylle, du poids de 100 graines et la chute des fleurs, sont à l'origine de la baisse du rendement. Basé sur la moyenne arithmétique de productivité, les meilleurs génotypes sont C2-54-4, Gorom local et C2-9-1. En considérant uniquement la moyenne géométrique de productivité, Gorom local, C2-54-4, et C2-111-2 ont les scores les plus élevés tandis que C2-11-3 a le plus bas score. Selon l'index de tolérance, les individus les plus performants sont : C2-54-4, C2-9-1 et IT97-499-35 et le moins performant est IT99K-573-2-1. L'index de tolérance au stress montre que les individus les plus tolérants sont Gorom local, C2-9-1 et C2-111-2 et le génotype le moins tolérant est C2-11-3. Egalement, le rendement obtenu en conditions de stress est fortement et positivement corrélé avec l'index de tolérance au stress et la moyenne géométrique de productivité. Par contre, le rendement dans les conditions non stressantes est plus lié à la moyenne de productivité et à l'index de tolérance. Ces résultats corroborent ceux de [5]. L'index de tolérance au stress et la moyenne géométrique de productivité expriment le mieux la tolérance au stress parce qu'ils sont fortement corrélés avec le rendement obtenu dans les conditions de stress. La corrélation entre les rendements obtenus dans les conditions de stress et ceux obtenus dans des conditions non stressantes est de + 0,646. Cela suggère que pour les lignées précoces, sélectionner les plus productives aux champs revient à choisir les plantes les plus productives dans les conditions stressantes. Ces résultats sont en accord avec ceux de [14] qui ont trouvé une corrélation positive (+ 0,67) entre le rendement sous stress et dans des conditions de non stress pour les variétés précoces. La classification hiérarchique ascendante (figure 2) et l'analyse en composante principale (figure 1) réalisées sur les caractères quantitatifs de tolérance au stress et les rendements des génotypes montrent l'existence d'une variabilité génétique pour la tolérance au stress hydrique entre les individus du germoplasme étudié. Selon le rendement grain et les caractères quantitatifs de tolérance au stress de ces génotypes, les groupes ci-après ont été identifiés: un groupe formé d'individus à faible rendement sous stress (C2-31-2, C2-9-1, IT97-499-35, C2-111-4, C2-111-2, C2-9-3, C2-11-3, et C2-64-2) ; Gorom local comme une variété à haut rendement sous stress ; C2-54-4 comme une lignée à rendement modéré sous stress et la variété IT99K-573-2-1 sensible au stress appliqué. Ces résultats en concordance avec [15] qui ont identifié Gorom local comme une variété adaptée à la sécheresse.

5 CONCLUSION

De cette expérimentation, il est ressorti des baisses de rendement de plus de 50% laissant à qualifier le stress appliqué de sévère. Tous les génotypes ont tolérés le stress hydrique appliqué à l'exception de IT99K-573-2-1 qui a été sensible au stress. La culture sous irrigation a donné de faibles rendements inférieurs à 600 kg/ha. Toutes les lignées à l'exception de la lignée C2-11-3 ont produit des gousses sous les conditions de stress. Parmi les lignées remarquables, la lignée C2-54-4 a donné le plus haut rendement 567,1kg/ha dans les conditions de non stress et a produit 84,01 kg/ha sous les conditions de stress ; il a aussi exprimé une moyenne de productivité supérieure à Gorom local reconnu comme un cultivar à haut rendement et tolérant à la sécheresse. La lignée C2-9-1 possède la valeur la plus élevée de l'index de tolérance et a produit 35,65kg/ha en dépit du stress hydrique intervenu pendant la floraison et le poids de 100 graines est supérieur 20 g. Ces deux lignées peuvent être recommandées aux producteurs.

REFERENCES

- [1] NEYA J., *Sérologie, pathogénie, épidémiologie et contrôle de la mosaïque cowpea aphid-borne mosaic virus (cabmv) du niébé (vigna unguiculata(l.) walp.) transmise par des pucerons (aphis craccivora, a.gossypii) au Burkina Faso*. Thèse de doct. Université de Ouaga. 153 pages, 2011.
- [2] NKOUANNESSI M., *The genetic, morphological and physiological evaluation of african cowpea genotypes*. These de doct. University of the free state Bloemfontein 119 pages, 2005.
- [3] VALENZUELA H. et SMITH J., *Cowpea. Sustainable agriculture green manure crops, SA-GM-6*. http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/green_manure_crops/cowpea, 2002.
- [4] SINGH B.B., et MATSUI T., *Breeding cowpea varieties for drought tolerance*. In: challenges and opportunities for Enhancing sustainable cowpea production, Fatokun, C.A., S.A. TARAWALI, B.B. Singh, P.M. Kormawa and M. Tamo (Eds.). IITA, Ibadan, pp 287-300, 2002.
- [5] CHUILELE R., *Breeding cowpea (vigna unguiculata (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique*. These de doct. University of kwazulu-Natal, 2010.
- [6] AJEIGBE H.A., SINGH B.B., et EMECHEBE A.M., *Field evaluation of improved cowpea lines for resistance to bacterial blight, virus and Striga under natural infestation in the West Africa savannas*. *Afr.J. Biotechnol.*, 7:3563-3568, 2008.
- [7] ROSIELLE A. A., et HAMBLIN J., *Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments*. *Crop Sci.* 21:943-946, 1981.

- [8] FISHER R.A. et MAURER R., Drought resistance in spring wheat cultivars. I.grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29:897-912, 1978.
- [9] FARSHADFAR E. et SUTKA J., Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res. Commun.* 31:33-40, 2003.
- [10] KIHINDO A. P. , BAZIE R. H., OUEDRAOGO R. F., SOME P. P., ZOMBRE G., et TOZO K., Effets de la date de semis et du régime hydrique sur la réponse agro morphologique de deux variétés de niébé (KN1 ET KVX 61-1) au Burkina Faso international. *Journal of Innovation and Applied Studies*. ISSN 20289324 Vol. 12 No. , pp. 564-573, 2015.
- [11] BELKO N., 2013. *Phenotypage pour la tolérance a la sécheresse : variations génotypiques des caractères agromorphologiques et physiologiques et leurs contributions à la productivité en condition de sécheresse de fin-de-cycle chez le niébé (vigna unguiculata(l.) walp.)*. Thèse de doct. univ de ouaga 100 pages, 2013.
- [12] THIAW S., HALL A.E., et PARKER D.R., Varietal intercropping and the yields and stability of cowpea production in semiarid Senegal. *Fiel Crops Res* 33:217-233, 1993.
- [13] MUCHERO W., EHLERS J.D., et ROBERTS P.A., Seedling stage drought-induced phenotypes and drought-responsive genes in diverse cowpea genotypes. *CropSci*, 48:541-552, 2008.
- [14] ISHIYAKU M.F., et ALIYU H., Field evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance and Striga resistance in the dry savanna of north-west Nigeria. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 7(1): 47-56, 2013.
- [15] HAMIDOU F., ZOMBRE G., DIOUF, O., DIOP N., GUINKO S., et BRACONNIER S., Physiological, biochemical and agromorphological responses of five cowpea genotypes (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.) to water deficit under glasshouse conditions. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 11: 225–234, 2007.

Diagnosis of Human Leptospirosis in Morocco by IgM ELISA and Slide agglutination test (SAT)

Waleed Al-orry^{1,2}, M. Arahou¹, R. Hassikou¹, A. Quasmaoui², R. Charof², and Z. Mennane²

¹Laboratory of Botany, Department of Biology, Faculty of Sciences, Rabat, Morocco

²Department of Medical Bacteriology, National Institute of Hygiene, Ibn Battuta Avenue, B.P. 769, Agdal, Rabat 11000, Morocco

Copyright © 2016 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: Serology plays an important role in the diagnosis of leptospirosis. Few laboratories have the resources and expertise to perform the microscopic agglutination test and leptospirosis remains a neglected disease because of limited access to diagnosis, due to reliance on antiquated standard methods and the cost of commercially available alternatives. There is a need for rapid and simple serological tests which facilitate the early diagnosis of leptospirosis, while antibiotic therapy may be most effective. In Morocco this disease is little known. Studies about it are very rare. In this study 11 serums which referred to the National Institute of Health in Rabat, Morocco during 1-1-2014 to 30-6-2015 were evaluated by IgM ELISA and Slide agglutination test (SAT). 7 serums were positives by Elisa and 10 were positives by (SAT). 9 of cases were from Sidi kecem region. All patients were male. The rate of age for all patients was 29.5 years.

KEYWORDS: leptospirosis, Morocco, Elisa, SAT, Slide agglutination test.

1 INTRODUCTION

Leptospirosis is an acute bacterial infection caused by spirochetes belonging to the genus *Leptospira* that can lead to multiple organ involvement and fatal complications. It has a wide geographical distribution and occurs in tropical, subtropical and temperate climatic zones with mortality more than 500,000 cases are estimated to occur worldwide each year [1],[2]. Leptospirosis is maintained by the persistent colonization of the renal tubules of carrier animals, and it appears that almost all mammals are susceptible to be natural carriers of *Leptospira* [3]. An infected animal can remain symptom-free and shed infectious organisms in its urine, either transitorily or for its entire lifetime, humans can be infected directly by contact with the urine of an infected animal or indirectly from the contaminated environment [4]. The genus *Leptospira* comprised the saprophytic subgroup (with six known species), the pathogenic subgroup (nine species), and the intermediate subgroup (five species) the pathogenicity of which remains unclear (5). The pathogenic species comprise more than 250 serovars belonging to approximately 24 serogroups based on agglutinating lipopolysaccharide antigens [5]. The clinical presentation of leptospirosis in humans is difficult to distinguish from dengue, malaria, influenza, and many other diseases characterized by fever, headache, and myalgia [4]. Leptospirosis produces a spectrum of clinical manifestations which range from a mild febrile illness to severe disease forms such as Weil's syndrome and severe pulmonary hemorrhage syndrome, and the case fatality rate for severe forms of leptospirosis is 5 to 40%, respectively [6]. Diagnosis of leptospirosis is based on laboratory confirmations because its clinical signs are nonspecific and may be mistaken with other febrile diseases [7]. *Leptospira* are present in the blood during the first week of infective symptoms. Culture is rarely performed in routine clinical practice since this may take several months and requires considerable expertise [4]. Antileptospire IgM may be detected 4 to 5 days after the onset of symptoms, before detection of IgG and of agglutinating antibodies, and persist at least 5 months in patients [8],[9]. Conventional serological methods such as enzyme-linked immunosorbent assay (Elisa) are widely used for the diagnosis of leptospirosis and several authors have reported that antileptospire antibodies could be detected earlier with this test than with the MAT [4],[9]. IgM ELISA is promising because it can be performed in a greater number of laboratories

throughout the tropics, and is inexpensive compared with MAT. The IgM ELISA has been recommended by the World Health Organization (WHO) as a diagnostic test for the serodiagnosis of leptospirosis where healthcare resources are limited [3]. although its reported accuracy is variable. A number of studies have reported that IgM ELISA has high sensitivity and specificity for the diagnosis of acute leptospirosis [10],[11]. The slide agglutination test (SAT) is an inexpensive assay which can be performed quickly and easily [12]. some authors compared IgM-ELISA and SAT with MAT. They demonstrated that the overall results for antibody detection by those three assays were similar. However, the SAT and ELISA were statistically more sensitive as initial screening test [13]. IgM-ELISA may be used for the diagnosis of leptospirosis. However, the agglutination test is useful for screening and for secondary infection cases for which IgM antibodies may be undetectable [13]. It is a highly sensitive serologic technique which has been used to aid the diagnosis of many bacterial, viral and parasitic diseases [4].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PATIENTS AND SERUMS SAMPLES

All blood samples for this study were referred to the National Institute of Health in Rabat, Morocco. Between the year 2014 and .6.2015 , the laboratory received from certain regions in morocco ,11 samples for confirmation and identification. Samples were centrifuged, and the serum was collected and stored at -20°C until it was assayed.

2.2 LEPTOSPIRA IGM ELISA

Detection of IgM antibodies to *Leptospira* species was determined using a commercially available *Leptospira* IgM ELISA from nal von minden. The assay was performed according to the manufacturer’s instructions. Sera were diluted 1:100 in serum diluent, and 100 µL from cutoff, and positive and negative control were added to *Leptospira* antigen-coated microwells and incubated for 60 minutes at 37°C. When incubation has been completed, remove the foil and wash each well three times with 300 µL of Washing Solution. Dispense 100 µL of *Leptospira* anti-IgM Conjugate into all wells except for the Substrate Blank well and incubate for 30 minutes at room temperature. Dispense 100 µL of TMB Substrate Solution into all wells and incubate for 15 minutes at room temperature. Dispense 100 µL of Stop Solution into all wells and measure the absorbance of the specimen at 450/620 nm within 30 minutes after addition of Stop Solution. The recommended cutoff for a positive result is more than 11 units.

2.3 SLIDE AGGLUTINATION TEST (SAT)

Leptospira antigen purchased from Bio-Rad (Marnes-la-Coquette, France) was mixed with two-fold of serum. The agglutination was observed.

3 RESULTS AND DISCUSSION

A total of 11 serum specimens from 11 patients diagnosed with leptospirosis referred to the National Institute of Health in Rabat Morocco were examined. All patients were suffered from jaundice and fever. 9 patients were from Sidi kecem region, one was from Jarf El Melha and one from Belkasiri. The age was (14-53) years. All patients were males. 10 serums were positives with agglutination test and only 7 were positives with IgM Elisa. According to IgM Elisa procedure we considered the results positives which had titers > 11 units, titers equivocal which had 9-11 and titers which had <11 unites considered as negatives. The titers positives and the negatives were described in Table 1. One case was in February, two in March, five in April, two in May and one in June.

Table 1: results of IgM Elisa and Agglutination Test

Serums	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IgM Elisa	13U +	13.5U +	23U +	8.5U -	18U +	21U +	5U -	11U +	7.5U -	27U +	1U -
SAT	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

In our study, we found that all patients were men and this is consistent with other authors who reported that men infected with leptospirosis are more than women [14].

The IgM-ELISA used in this study couldn't detect antibodies in all cases, because either Sampling was in the early days before the appearance of antibodies or by the presence of other diseases. Alan J. A et al. [15] indicated the sensitivity of Elisa was low (62.1%) during the first week of illness. Of note, sensitivity increased to 91.7% during the second week. Therefore, testing of a late acute-phase sample (≥ 10 th day of illness) is recommended when an initial sample is negative. In this study we can't obtain another serum to perform the second diagnoses by IgM Elisa. Leptospirosis which was diagnosed by IgM Elisa and SAT by Chintana Chirathaworn et al. [13] demonstrated some results were negative by IgM Elisa when the first samples were tested despite the clinical findings are suggestive or the agglutination test is positive. This confirms that when the result of the IgM-ELISA for the first sample is negative but the clinical findings are suggestive or the agglutination test is positive, the second sample for IgM-ELISA testing should be examined. On the other hand Bajani MD et al. [16] reported that negatives results may occurs by the presence of antibodies due to previous exposure (in endemic regions), and by the presence of other diseases, this means specificity of IgM detection by ELISA is affected by the antigen used in the assay. It is a suitable screening test for the determination of *Leptospira* IgM antibodies in the routine clinical laboratory [17]. The ELISA showed excellent sensitivity (100%) and high specificity (93%) in the diagnosis of acute *Leptospira* infection, as reported in other studies [18].

In Morocco this disease is little studied. M.HARAJI et al. [19] found in El Jadida Maroc one patient, 22 years old, was admitted to Mohamed V hospital in El Jadida presenting clinical symptoms assimilable with leptospirosis. Mohamed ANOUAR SADAT [20] demonstrated that poultry market workers of Casablanca were at substantial risk of exposition to leptospirosis because of bad hygienic conditions and presence of rodents in both their workplace and their place of residence.

We found that majority of cases were between February and May, this months are the months of rainfall in Morocco. Yanagihara Y et al [21] demonstrated that Significant exposure occurs from normal daily activities, with high rates of infection during heavy rainfall and flooding.

In Mumbai, India, an eight-fold increase in disease incidence was noted after severe flooding in 2005. In Manila, Philippines, a large outbreak of leptospirosis was reported after tropical storms and severe flooding in October 2009. A higher seroprevalence of infection has also been associated with heavy rainfall and flooding in China, France, Brazil, Trinidad and Tobago, and French Polynesia [22].

In this study all cases were males, this consists with ALAN R. KATZ et al. [23] who found in a study conducted in America that cases were predominately male. Sidi kacem is a rural region in Morocco, ALAN R. KATZ et al.[23] also indicated rates were highest in rural areas.

4 CONCLUSION

1. Studies in Morocco about Leptospirosis is very rare.
2. From 11 serums referred to the National Institute of Health in Rabat, Morocco during 1-1-2014 to 30-6-2015. 7 were positives by Elisa and 10 were positives by (SAT).
3. Elisa is more sensitive than SAT but in Leptospirosis another serum is very important to diagnostic this disease.
4. In this study we can't obtain another serum. So in this case SAT results may be correct more than Elisa.
5. The majority of injuries were during the rainy season, therefore we believe that rainfall helped incidence.
6. We think that Sidi kacem region is an affected area in Morocco by Leptospirosis, It may be likely that there are many cases of unknown.
7. We recommend the need to do more studies in this area. As well as using the methods of prevention and vaccination against this disease.

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank all colleagues and staff in the laboratory of microbiology medical at the National Institute of Health in Rabat on the cooperation and support.

REFERENCES

- [1] Waitkins SA., Leptospirosis. In: Manson's Tropical Disease, 19th edn. Eds. Manson-Bhor PEC, Bell DR. London, Baillière Tindall. 19th edn. P657-665,1987.
- [2] World Health Organization: Leptospirosis worldwide, *Wkly Epidemiol Rec*, 74:237–242,1999.
- [3] World Health Organization: Human leptospirosis, guidance for diagnosis, surveillance and control. Malta: World health Organization; 2003.
- [4] P.N. Levett, "Leptospirosis", *Clin Microbiol Rev*, vol.14, pp. 296–326,2001
- [5] Ko.I. Goarant C., Picardeau M., "Leptospira: the dawn of the molecular genetics era for an emerging zoonotic pathogen". *Nat Rev Microbiol*, vol. 7, no.10, pp. 736–747, 2009.
- [6] Faine S, Adler B., Bolin C., Perolat P., *Leptospira and Leptospirosis*. ISBN 0 9586326 0 X. 2 ed. Melbourne, Australia, MediSci, 1999.
- [7] L. Vado-Solis, M.F. Cardenas-Marrufo, B. Jimwnez- Delgadillo, A. Alzina- Lopez, H. Laviada-Molina, V. Suarez-Solis, J.E. Zavala-Velazquez, "Clinical-epidemiological study of leptospirosis in humans and reservoirs in Yucatan, Mexico", *Rev Inst Med Trop*. Vol. 44, no. 6, pp. 335-340, 2002.
- [8] M.V. Silva, E.D. Camargo, L. Batista , A.J. Vaz , A.P. Brandão , P.M. Nakamura, et al., "Behaviour of specific IgM, IgG and IgA class antibodies in human leptospirosis during the acute phase of the disease and during convalescence", *J Trop Med Hyg*, vol. 98, pp. 268–72,1995.
- [9] M. Picardeau, "Diagnosis and epidemiology of leptospirosis", *Médecine et maladies infectieuses* vol.43, pp. 1-9, 2003.
- [10] M.C. Ooteman, A.R. Vago, M.C. Koury, " Evaluation of MAT, IgM ELISA and PCR methods for the diagnosis of human leptospirosis", *J Microbiol Methods*, Vol. 65, pp 247-257, 2006.
- [11] W.J. Zochowski W, M.F. Palmer, T.J. Coleman," An evaluation of three commercial kits for use as screening methods for the detection of leptospiral antibodies in the UK", *J. Clin Pathol*, vol. 54 pp. 25-30, 2001.
- [12] B. Adler, A.M. Murphy, S.A. Locarnini, S. Faine, "Detection of specific antileptospiral immunoglobulins M and G in human serum by solid-phase enzyme-linked immunosorbent assay ", *J. Clin. Microbiol*, vol. 11, pp. 452-457, 1980.
- [13] Chintana Chirathaworn et al., "COMPARISON OF A SLIDE AGGLUTINATION TEST, LEPTOTEK DRI-DOT, AND IGM-ELISA WITH MICROSCOPIC AGGLUTINATION TEST FOR LEPTOSPIRA ANTIBODY DETECTION", *SOUTHEAST ASIAN J TROP MED PUBLIC HEALTH*. Vol. 38, no. 6, pp. 1111-1114, 2007.
- [14] Mlle LAMRANI ALAOUI Ghita, THESE, UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE, Fès, Maroc, (2008).
- [15] J.A. Alan, A. McBride Fernanda, D. Pereira Emilson, B. da Silva Rosan, D. de Matos Edimilson, G. da Silva Antônio, P. Ferreira Mitermayer, I.K.O. Albert," Evaluation of the EIE-IgM Leptospire. assay for the serodiagnosis of leptospirosis", *Acta Trop*, vol. 102, no. 3, pp. 206–211, 2007.
- [16] M.D. Bajani, D.A. Ashford, S.L. Bragg, C.W. Woods, T. Aye, R.A. Spiegel, B.D. Plikaytis, B.A. Perkins, M. Phelan, P.N. Levett, R.S. Weyant, " Evaluation of four commercially available rapid serologic tests for diagnosis of leptospirosis", *J.Clin Microbiol*. Vol. 41, pp. 803-809, 2003.
- [17] E. WILLIAM, J. WINSLOW DAVID, L. MERRY MOIRA, L. PIRC, L. PETER, " Evaluation of a Commercial Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for Detection of Immunoglobulin M Antibody in Diagnosis of Human Leptospiral Infection ", *JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY*. Vol. 35, pp. 1938-1942, 1997.
- [18] M.V. Da Silva, A.J. Camargo, L. Batista, " Immunodiagnosis of human leptospirosis using saliva", *Trans. R. Soc*, Vol. 86, no. 5, pp. 560-561, 1992.
- [19] M. HARAJI, et al.," . Forme ictérique de la Leptospirose Humaine: présentation d'un cas à El Jadida, Maroc", *LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE*, vol. 6, no.23, pp. 36-41, 2011.
- [20] Mohamed ANOUAR SADAT," SEROPREVALENCE DE LA LEPTOSPIROSE CHEZ LES PROFESSIONNELS A RISQUE DE LA VILLE DE CASABLANCA", *Mémoire de fin d'études* . (2014).
- [21] Y. Yanagihara, Villanueva SYAM, S. Yoshida, Y. Okamoto, T. Masuzawa," Current status of leptospirosis in Japan and Philippines" , *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, vol. 30, pp 399-413, 2007.
- [22] L. Colleen, Lau et al.," Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire?", *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 104, pp. 631-638, 2010.
- [23] R. ALAN, KATZ et al.," LEPTOSPIROSIS IN HAWAII, 1974–1998: EPIDEMIOLOGIC ANALYSIS OF 353 LABORATORY-CONFIRMED CASES", *J. Trop. Med. Hyg*, vol. 66, no.1 pp. 61- 70, 2002.

Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région Tanger-Tétouan: Cas du bassin versant de Martil (Nord du Maroc)

[Mapping of flooding risk areas in the Tangier-Tetouan region: Case of Martil Watershed (Northern Morocco)]

Mounir Karrouchi¹, Mohammed Ouazzani Touhami¹, Mostafa Oujidi², and Mimoun Chourak³

¹Department of Geology,
University Abdelmalek Essaadi, faculty of sciences,
Tétouan, Morocco

²Department of Geology,
University Mohamed Premier, faculty of sciences,
Oujda, Morocco

³Department of Mechanic and Applied Mathematics,
University Mohamed Premier, National School of Applied Sciences,
Oujda, Morocco

Copyright © 2016 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 Mediterranean region, the magnitude of floods and their frequencies imposes their consideration by forest managers and local decision makers. In this context, the identification of areas expected to be affected by floods is a fundamental information to improve the management of this risk.

The methodology developed in this paper allows presenting a tool to assess flooding risk across the river basin. It is based on the idea that the risk of flooding is the resultant of the random factor (frequency of natural phenomena) and the vulnerability factor (sensitivity of land use).

The purpose of this article is to make a flood risk map of the Martil plain, which includes the two urban areas Tetouan and Martil. The realization of this map requires a hydrological study to calculate the maximum capacity of the region and a hydraulic study to determine the speed and height of the centennial flood of Oued Martil using the Iber 2.0.3 software. The results will be presented as thematic maps, using the Arcgis 9.3 software, which enable to managers and local authorities to propose mitigation measures in areas expected to be affected by the floods and to act more efficiently in case of flooding.

Thus, the study showed the prevalence of high flood hazard while the vulnerability is more moderate; indeed, it is increasingly felt with the growth known in the region in terms of urban planning and infrastructure.

KEYWORDS: Hazard, flood mapping, hydraulic modeling, vulnerability, Morocco, risk management.

RESUME: Dans la région méditerranéenne, l'ampleur des inondations ainsi que leurs fréquences imposent une prise en considération par les aménagistes et les décideurs locaux. Dans ce cadre, la détermination des zones susceptibles d'être affectées par les inondations est primordiale pour une meilleure gestion de ce risque.

La méthodologie mise en place dans cet article permet de disposer d'un outil d'évaluation du risque d'inondation à l'échelle du bassin versant. Elle repose sur l'idée que le risque d'inondation est la résultante du facteur aléa (fréquence du phénomène naturel) et du facteur vulnérabilité (sensibilité de l'occupation du sol).

Le but du présent article est de réaliser une carte de risque aux inondations de la plaine de Martil qui regroupe les deux périmètres urbains Tétouan et Martil. La réalisation de cette carte passe par une étude hydrologique afin de calculer le débit maximum de la région et une étude hydraulique pour déterminer la vitesse et la hauteur des crues centennales de l'Oued Martil à l'aide du logiciel Iber 2.0.3. Les résultats seront présentés sous forme de cartes thématiques à l'aide du logiciel Arcgis 9.3 afin de permettre aux aménagistes et aux autorités locales de proposer des mesures d'atténuation dans les zones susceptibles d'être affectées par les inondations et d'agir plus efficacement en cas de crue.

Ainsi, l'étude a montré la prédominance de l'aléa inondation élevé alors que la vulnérabilité est plus modérée ; en effet, elle est de plus en plus ressentie avec l'expansion que connaît la région en matière d'urbanisme et d'infrastructures.

MOTS-CLEFS: Aléa, inondation, cartographie, modélisation hydraulique, vulnérabilité, Maroc, gestion du risque.

1 INTRODUCTION

Les inondations constituent un risque majeur du monde contemporain. Elles figurent au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde en occasionnant environ 20 000 victimes par an [1]. À l'instar du reste du monde, la région méditerranéenne a connu de multiples inondations qui deviennent une menace de plus en plus redoutable. Les précipitations y dépassent souvent 200 millimètres en 24 heures, et parfois en moins de six heures [2].

Le Maroc a connu au début du 21^e siècle des inondations majeures qui ont causé des dégâts humains et matériels importants dans plusieurs régions du pays. Les inondations catastrophiques de la vallée de l'Ourika en 1995, de la plaine de Martil en 2000, la région de Mohammadia, de Berrechid et Settat en 2002, de la région de Tanger en 2008, de la plaine du Gharb en 2009, de la région de Taza en 2010 et de la région de Khénifra en 2011, en témoignent.

Le bassin versant de Martil (nord du Maroc) est fortement exposé au risque d'inondation. En effet, les intempéries enregistrées dans cette région montrent à quel point la protection contre les inondations est devenue un enjeu majeur. Elle constitue, par conséquent, un défi capital de la gestion des ressources hydriques. En effet, la forte irrégularité des régimes hydrologiques du bassin de Martil, la nature des terrains de couverture (sols), souvent imperméables, et la disparité entre un relief montagneux en amont et une vaste plaine alluviale en aval expliquent la génération d'un ruissellement important ainsi que des crues torrentielles et violentes. Ces facteurs peuvent engendrer des inondations qui ont causé des pertes en vies humaines et de dommages matériels et environnementaux importants [3].

De plus, les changements climatiques augmentent la susceptibilité du bassin versant de Martil à être affecté par des inondations menaçant le développement économique, les infrastructures et les écosystèmes naturels de la région. En effet, ces changements affient l'augmentation de la fréquence des inondations dans les zones côtières méditerranéennes, l'élévation du niveau de la mer et le prolongement de la période de sécheresse. [4] affient que l'urbanisation galopante couplée à l'évolution du climat pourrait entraîner un triplement du nombre de personnes exposées à des inondations côtières dans le monde d'ici 2070.

Le développement de l'agriculture se fait le plus souvent dans la plaine, en raison de la présence d'eau, de meilleures terres, ainsi que d'une topographie favorable aux constructions et aux cultures.

Ce risque d'inondation est également lié à des facteurs anthropiques, notamment l'intensification des activités industrielles et l'urbanisation croissante qu'a connue la province de Tétouan. Ces activités socio-économiques ont favorisé les travaux de construction et la mise en place de nombreux ouvrages le long de l'oued Martil, conduisant ainsi à des modifications dans la distribution des sédiments et à une dégradation de l'environnement naturel de ces zones.

L'objectif principal de ce travail est cartographier les zones inondables de la plaine de Martil située dans la partie aval du bassin de Martil à partir d'une modélisation des crues. Il s'agit alors d'évaluer le risque d'inondation afin de fournir les informations nécessaires aux acteurs locaux pour asseoir une stratégie et se prémunir contre les effets néfastes des inondations.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de l'oued Martil appartient au domaine rifain. Il est limité au Nord par les chaînes donnant sur le détroit de Gibraltar, à l'Ouest par les plaines du Gharb, au sud par le haut Rif et à l'Est par la mer méditerranéenne, Il se localise géographiquement entre les deux parallèles 35.2° et 35.8°N, et les deux méridiens 5.6° et 5.8°W (Fig. 1).

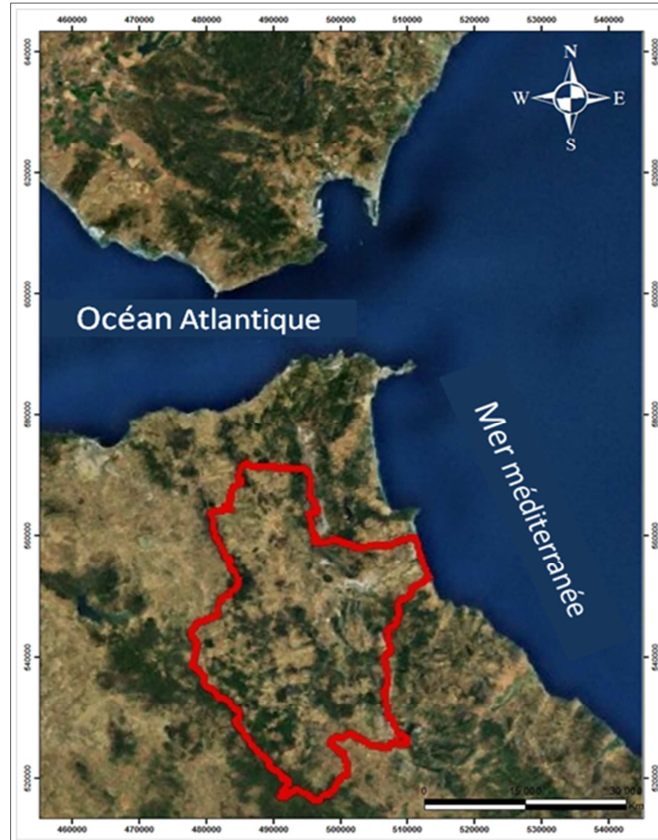


Fig. 1. *Situation géographique du bassin de Martil (d'après Google earth modifié)*

Le bassin de Martil est l'un des bassins méditerranéens qui se caractérise par une surface relativement grande et une morphologie variée. sa surface est de 1126 km² correspondant à un périmètre de 183 km. Le bassin, en fonction des stations existantes, est subdivisé en 8 importants sous bassins versant.

Les altitudes et les pentes du bassin de Martil sont très variables du fait de la position entre la chaîne du Rif et la mer méditerranéenne. En effet, les altitudes varient entre 0 m sur les côtes et la plaine à 1782 m à l'extrême Sud du sous bassin de Kebir et l'altitude moyenne est de l'ordre de 424 m (Fig.2).

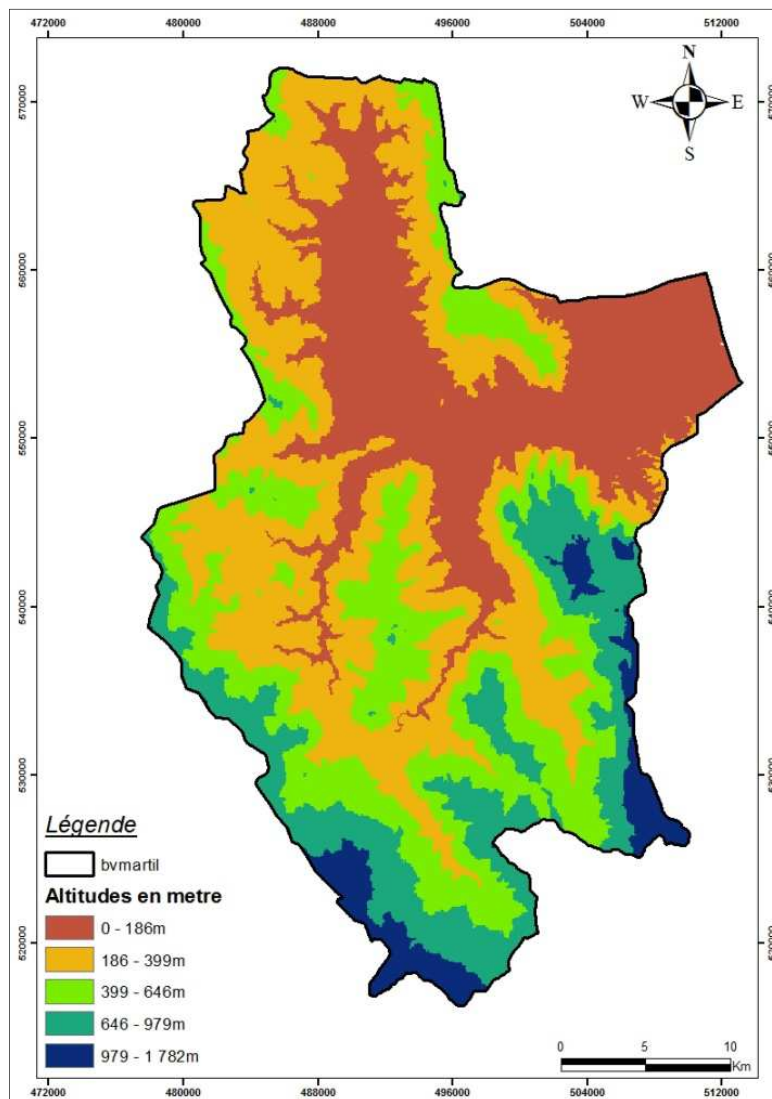


Fig. 2. Carte altimétrique du bassin versant de Martil

Le gradient entre la plaine et les montagnes est d'environ 35 m/km. Tandis que les pentes varient entre 0 et 59° avec un indice de forme de KG = 1,53 et un réseau hydrographique assez dense et bien ramifié (Fig.3).

Le climat de la zone d'étude se caractérise par deux saisons très différenciées : la première humide et fraîche, s'étend d'octobre à avril ; la seconde subhumide et chaude, commence en Mai et se prolonge jusqu'à la fin de septembre [5], Les précipitations varient en hauteur, en intensité et dans leurs distributions géographiques. La pluviosité annuelle est en moyenne de 679 mm par an. Cette pluviométrie augmente évidemment avec l'altitude ; et peut dépasser 780 mm par an en amont du bassin à la station Kalaya [3].

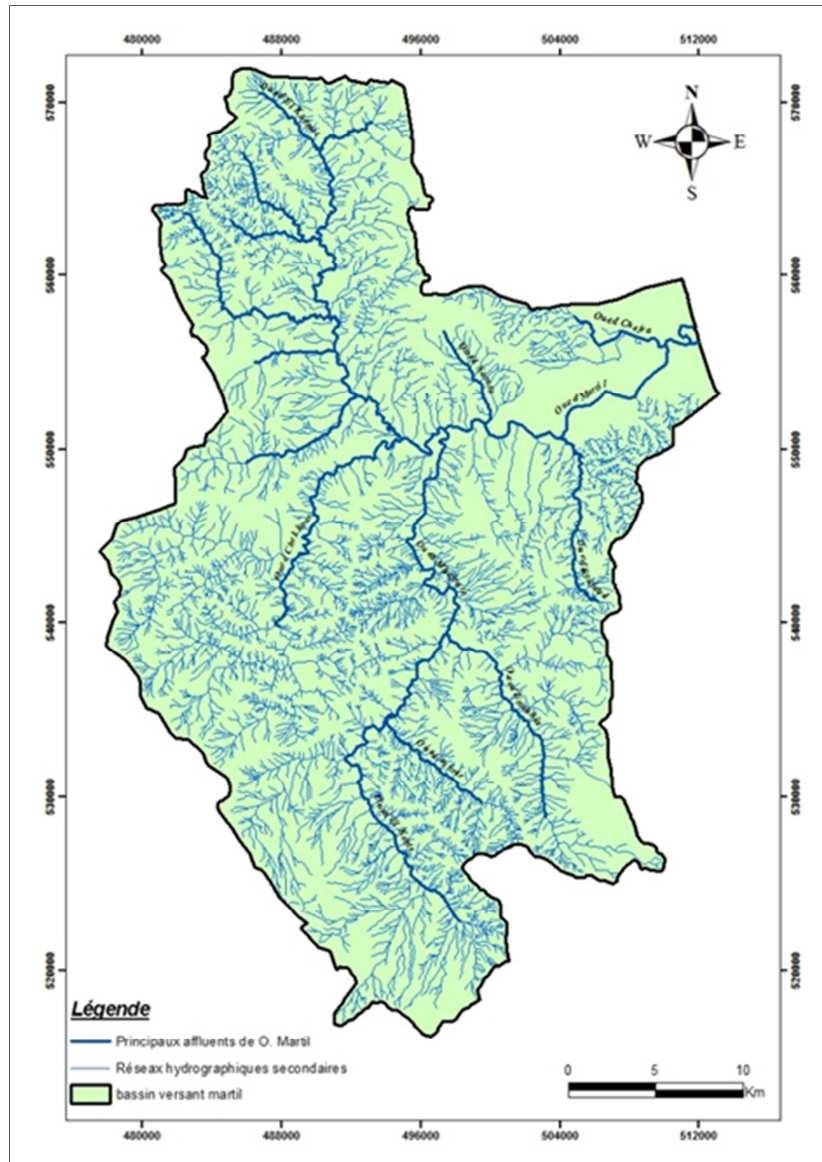


Fig. 3. Carte du Réseau hydrographique Du Bassin versant de Martil

Sur le plan géologique, les caractères litho-stratigraphiques généraux de la chaîne rifaine y sont bien représentés. C'est ce que nous indique le chevauchement de plusieurs nappes de charriage (flyschs) formant la ligne de crête au-dessus de l'unité marneuse de Tanger. Le bassin versant de Martil, objet de cette étude, est composé de deux zones :

- la zone amont formée par les terrains paléozoïques situés à l'extrémité Est du bassin versant et dont les crêtes n'excèdent pas les 400 mètres d'altitude. Cette zone intègre également les collines des flyschs situées à l'extrémité Ouest du bassin versant et qui correspondent aux basses montagnes de l'unité de Tanger dont le matériel imperméable est de nature marneuse ou marno-schisteuse.
- la zone aval du bassin correspond à la plaine de l'oued Martil ; c'est une zone inondable. La variété lithologique du bassin versant de Martil a permis le développement d'une mosaïque pédologique assez importante formée par des sols peu évolués hydromorphes et des lithosols (Fig.4) [6].

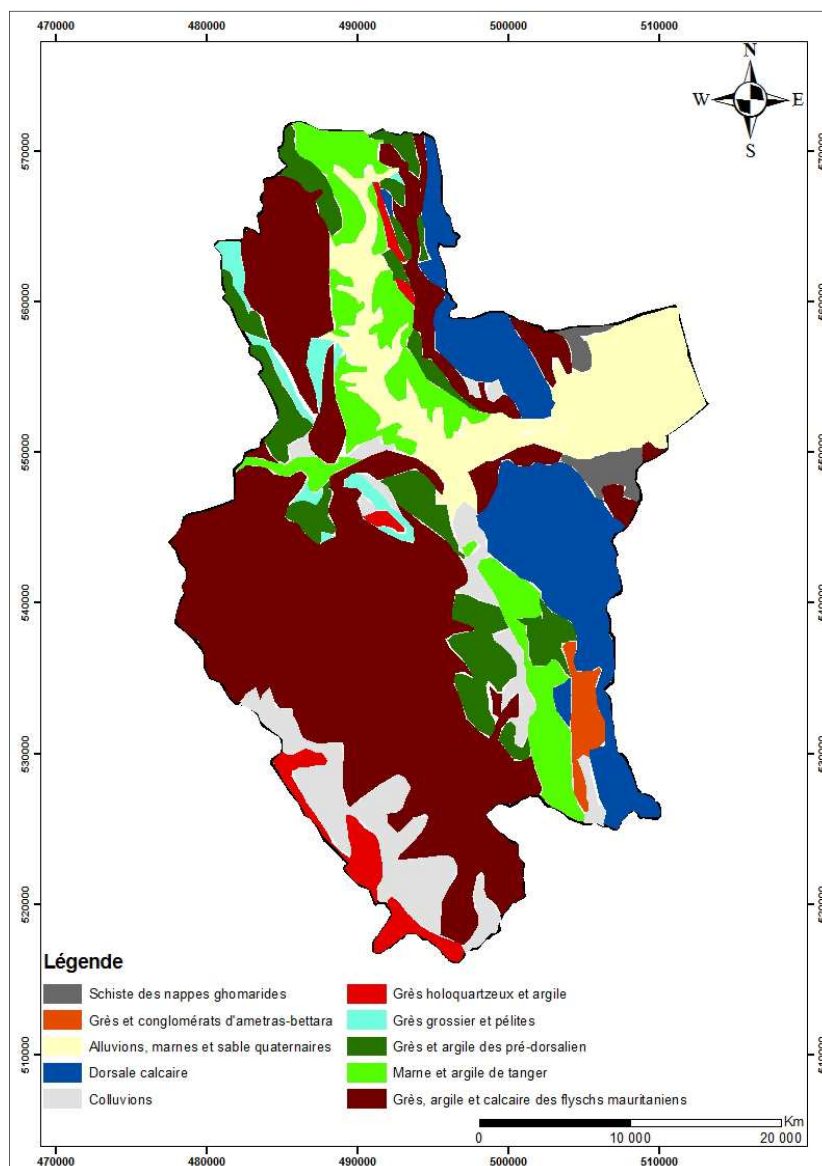


Fig. 4. Carte géologique Du Bassin versant de Martil

Du point de vue hydrogéologique le bassin versant de Martil fait partie des bassins méditerranéens constituant la zone axiale de la chaîne du Rif. Il est drainé par l'oued Martil et ses affluents. Les affluents supérieurs se développent dans les massifs de la Dorsale Calcaire qui assurent une régularisation très partielle des eaux recueillies, ce qui n'empêche que l'oued Martil présente un régime torrentiel très prononcé. Les chutes sont importantes du fait de la proximité des montagnes par rapport à la mer. L'oued Martil, qui traverse la plaine de Martil en passant aux alentours de la ville de Tétouan, naît de la confluence des oueds Mhajrat, Khemis et Chekkoûr. Sa longueur totale est de l'ordre de 70 km, cependant à travers la plaine littorale de Martil, elle ne dépasse guère les 9 km. Né dans le massif de Beni-Lait, l'oued Martil se subdivise en un tronçon supérieur à pente raide qui traverse à son tour la dorsale calcaire et, un autre (à partir de Benkarich) à pente faible qui longe la ville de Tétouan pour arriver à la ville de Martil et se jeter finalement dans la mer méditerranéenne.

La station de pont de Torreta contrôle le débit du cours d'eau sur le quel débouchent les différents principaux affluents ; oued Chekour, oued Mhajrate, oued Kebir, oued Nakhla et oued el Khmis ; sur les quels existent respectivement les stations suivantes Amzal, Ben Karrich, Chibich et barrage Nakhla. Les débits annuels moyens de l'oued Martil sont compris entre 2.75 m³/s et 47.3m³/s. Le débit moyen annuel est de 19.2 m³/s.

Les débits maximaux s'enregistrent généralement entre le mois d'octobre et le mois d'avril et peuvent atteindre jusqu'à 2900 m³/s. Ainsi les fortes crues montrent des temps de baisses de 15 à 20 heures et des temps de montée de 5 à 6 heures

(Fig.5). Les débits d'étiages de l'oued Martil sont soutenus par les sources de la Dorsale Calcaire. La majorité de ces sources sorte des massifs calcaires blancs et se situent à des altitudes entre 140 et 1090m.

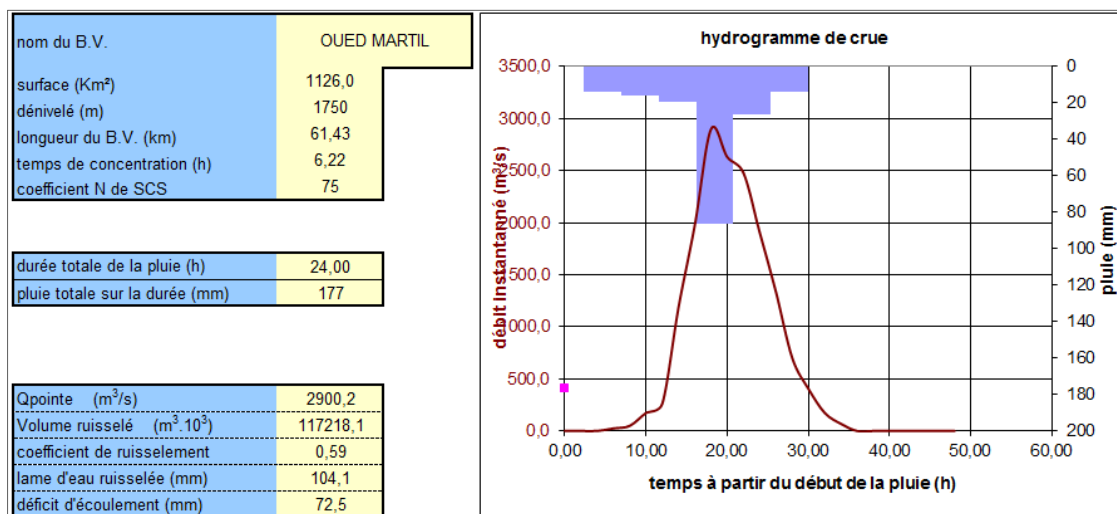


Fig. 5. Hydrogramme de crue du bassin versant Martil calculé par la méthode SCS

2.2 CADRE METHODOLOGIQUE

Le concept de risque est en soi assez complexe et il peut s'exprimer en termes semi-quantitatif (classification) ou quantitatif (monétaire). Il ne peut toutefois se définir qu'en considérant simultanément, et sur un même espace, les épisodes de crue et une utilisation sociale de cet espace qui souffre (ou tire profit) d'un surplus d'eau. Cela a amené les théoriciens de la cyndinique (science de l'étude du risque) à définir le risque comme résultant de deux facteurs réputés indépendants que sont l'aléa et la vulnérabilité. Cette approche est à peu près admise par tous aujourd'hui [7] [8]. À noter que cette décomposition du risque est une première modélisation conceptuelle de l'objet étudié, qui comporte donc sa part de simplification [9].

L'évaluation du risque d'inondation dans la plaine de Martil se base sur une approche semi-quantitative dans laquelle les objets à protéger sont classés selon le degré de protection dont ils ont besoin. Cette méthode a pour but d'établir les priorités d'intervention dans les zones en déficit de protection. Les objectifs de protection sont définis en fonction de la catégorie des objets et de la période de retour du phénomène.

Dans la littérature, une autre approche très répandue s'inspire de la science économique et vise à quantifier le risque en termes monétaires (monétisation) en vue de mesurer l'opportunité des mesures d'atténuation. On parle d'une analyse coût-bénéfice qui est une méthode générique d'évaluation de politiques publiques, mettant en balance les coûts et bénéfices qu'elles impliquent [10].

2.2.1 FACTEUR ALÉA

L'aléa représente la crue en tant que phénomène physique, naturel et non maîtrisable, indépendamment de ses effets potentiels sur les activités humaines et l'environnement. L'aléa dépend du comportement hydrologique du bassin versant et du fonctionnement hydraulique du réseau hydrographique.

L'aléa se représente par une carte qui permet d'identifier les zones où les inondations sont susceptibles de se produire, de façon plus ou moins étendue et fréquente [11]. Il repose sur la combinaison des deux notions suivantes : la récurrence d'une inondation et la submersion.

La récurrence d'une inondation est liée à une période de retour de débits de crues, ce qui implique des calculs fréquentiels sur une série historique de débits ou sur une série synthétique reconstituée à partir de mesures de précipitations via un modèle hydrologique intégré. Ainsi, trois catégories de récurrence ont été distinguées sur la base de la période de retour, à savoir : une récurrence faible pour les inondations dont la période de retour se situe entre 50 et 100 ans,

une récurrence moyenne pour les inondations dont la période de retour se situe entre 25 et 50 ans, et une récurrence élevée pour les inondations dont la période de retour est inférieure à 25 ans (Fig.6) [12].

En se basant sur l'analyse historique des crues de la région d'étude, la plaine de Martil connaît souvent des pulsations brutales et violentes de son cours d'eau principal et de ses affluents. Les événements hydrologiques extrêmes du décembre 1998 avec un débit de pointe qui a atteint 1927 m³/s. L'inondation du 26 décembre 2000, où le débit de pointe arrive à 2674 m³/s, a causé des pertes humaines importantes : 8 morts et 2 disparus (d'après les autorités locales). Tandis que l'inondation du 17 janvier 2006, à cause des dommages matériels énormes évalués à 83 Million de Dirhams, et la submersion de 2400 ha [3]. La submersion d'une inondation est caractérisée principalement par son étendue et sa profondeur dans la plaine de débordement. De ce fait, on distingue trois catégories de submersion en fonction de leur profondeur : la submersion faible, dont la profondeur est inférieure à 0,3 mètre, la submersion moyenne, dont la profondeur se situe entre 0,3 et 1,3 mètre, et la submersion élevée, dont la profondeur dépasse 1,3 mètre (Fig.6) [12].

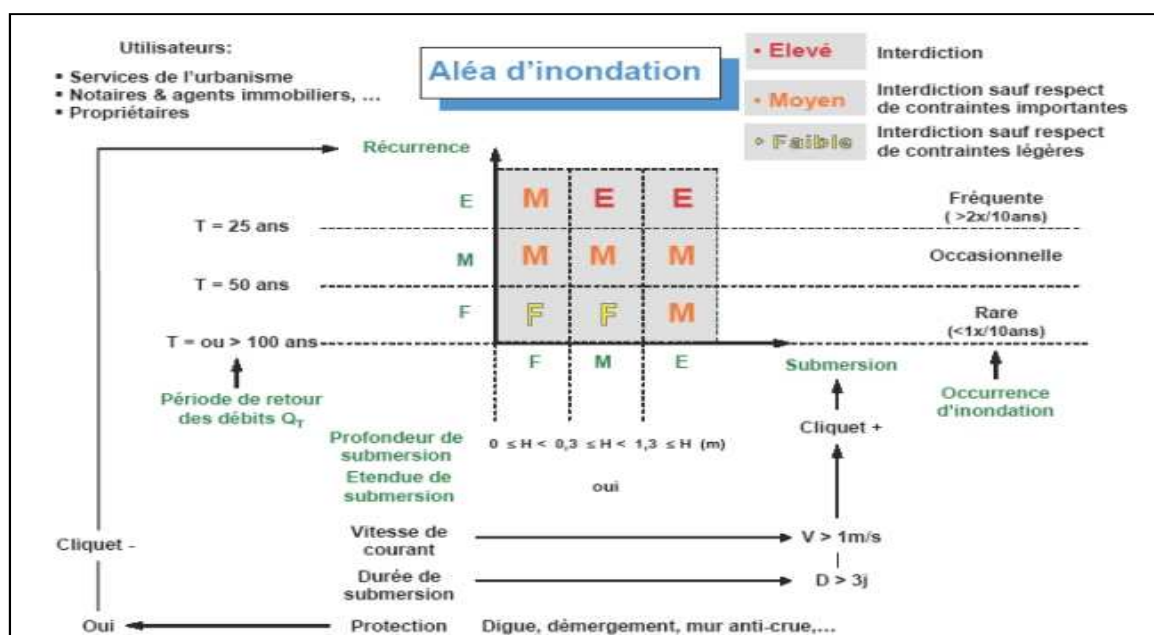


Fig. 6. Schéma de détermination de l'aléa inondation [12]

Une inondation, au sens d'aléa, est un phénomène naturel très complexe dont l'analyse nécessite des outils performants et élaborés comme les modèles hydrodynamiques par exemple dans le cadre de la gestion des inondations, la modélisation hydrodynamique est devenue un outil courant [13]. Elle vise à prédire numériquement l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques hydrauliques d'une rivière au cours d'une crue (débit, courants, hauteur d'eau, surfaces inondées, etc.). C'est un outil offrant un grand intérêt pédagogique (création de cartes d'inondations pour sensibiliser la population), et/ou prospectif (outil d'aide à la décision : protection et prévention [14].

Au niveau du périmètre urbain de la zone d'étude, les débordements de l'oued Martil ont été cartographiés, en utilisant un modèle numérique de terrain qui représente la topographie. La modélisation 2D des écoulements a été réalisée par le logiciel **Iber 2.0.3** (open source).

La carte d'aléa obtenue représente l'ensemble des surfaces inondables pour la crue de récurrence centennale, hiérarchisées selon les hauteurs d'eau. Enfin, selon la combinaison des valeurs de récurrence et de submersion, les valeurs de l'aléa inondation sont définies (faibles, moyens, élevés). À titre d'exemple, dans le cas d'inondations fréquentes à forte profondeur de submersion, on obtiendra un aléa élevé et vice versa.

2.2.2 FACTEUR VULNÉRABILITÉ

La vulnérabilité est la deuxième composante du risque, Cette notion a fait jaillir un débat scientifique ardu. Certains chercheurs l'abordent à partir des conséquences potentielles pour les vies humaines et les biens (dommages directs);

d'autres l'appréhendent en fonction des facteurs favorables aux endommagements ou influant sur la capacité de réponse des sociétés à une situation catastrophique [15].

On distingue deux approches, analytique et systématique, pour évaluer la vulnérabilité. Les approches analytiques déterminent les causes directes et indirectes d'une catastrophe. Tandis que les approches systémiques sont basées sur la modélisation explicative ou prédictive d'un système complexe [16] [17].

D'après [18] [19], la vulnérabilité exprime le degré de dommage d'un enjeu soumis à un aléa d'intensité et d'occurrence donné. Ces dommages peuvent être de plusieurs natures [20]:

- pertes en vies humaines et effets sur la santé des personnes;
- dégâts matériels directs;
- impacts liés aux difficultés de fonctionnement, d'échange, et de communication (qualifiés d'impacts indirects).

Dans notre cas, on se base sur les critères ci-dessous pour déterminer les classes de vulnérabilité [12] :

- Vulnérabilité faible : forêt naturelle, matorral, reboisement, terrain dénudé et dunes de sable;
- Vulnérabilité moyenne : terrain de culture;
- Vulnérabilité élevée : agglomération, habitations, infrastructures économiques et de transport.

La carte de vulnérabilité a été élaborée à partir de la carte d'occupation du sol. Cette dernière est réalisée par l'interprétation des images satellites et les cartes topographiques 1/50000, et sur une étude de terrain.

2.2.3 RISQUE D'INONDATION

Le risque d'inondation est calculé par la combinaison de l'aléa inondation et la vulnérabilité. Le schéma (Fig.7) montre le degré du risque en fonction de l'aléa et la vulnérabilité.

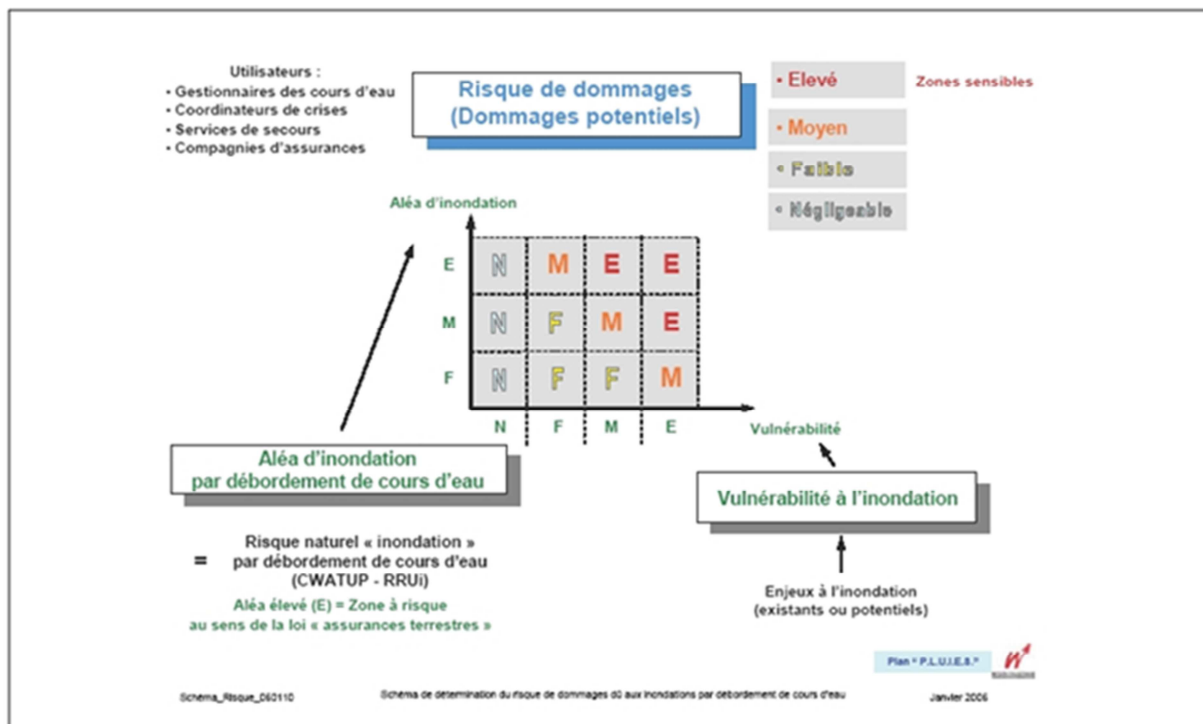


Fig. 7. Schéma de détermination du risque de dommages dû aux inondations par débordement de cours d'eau. [12]

L'organigramme (Fig.8) montre les différentes étapes pour élaborer la carte du risque d'inondation de la plaine de Martil.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La carte du risque d'inondation est obtenue par l'application de l'organigramme ci-dessus ; Les résultats sont présentés en terme de trois cartes : carte de l'aléa, carte de vulnérabilité et carte de risque.

3.1 CARTE DE L'ALEA

La carte de l'aléa d'inondation représente les zones où il existe un potentiel de submersion, même aux endroits où aucune inondation n'est historiquement connue. L'intérêt de cette carte consiste à évaluer l'ampleur des inondations à l'échelle du périmètre urbain des deux villes Tétouan et Martil, et de déterminer d'une manière générale les zones vulnérables aux inondations étant donné le manque d'observations à long terme (Fig.9).

Les résultats de la modélisation (Fig.9) montrent que :

- Pour un Aléa faible avec une profondeur inférieure à 0,3 m, la superficie susceptible d'être inondé est de l'ordre 1535,2 ha soit 11,76 % de la zone d'étude.
- Pour un Aléa moyen avec une profondeur entre (0,3 m - 1,3m), la superficie susceptible d'être inondé est de l'ordre 3581,12 ha soit 27,44 % de la zone d'étude.
- Pour un Aléa fort avec une profondeur supérieure à 1,3 m, la superficie susceptible d'être inondé est de l'ordre 7930,02 ha soit 60,78 % de la zone d'étude.

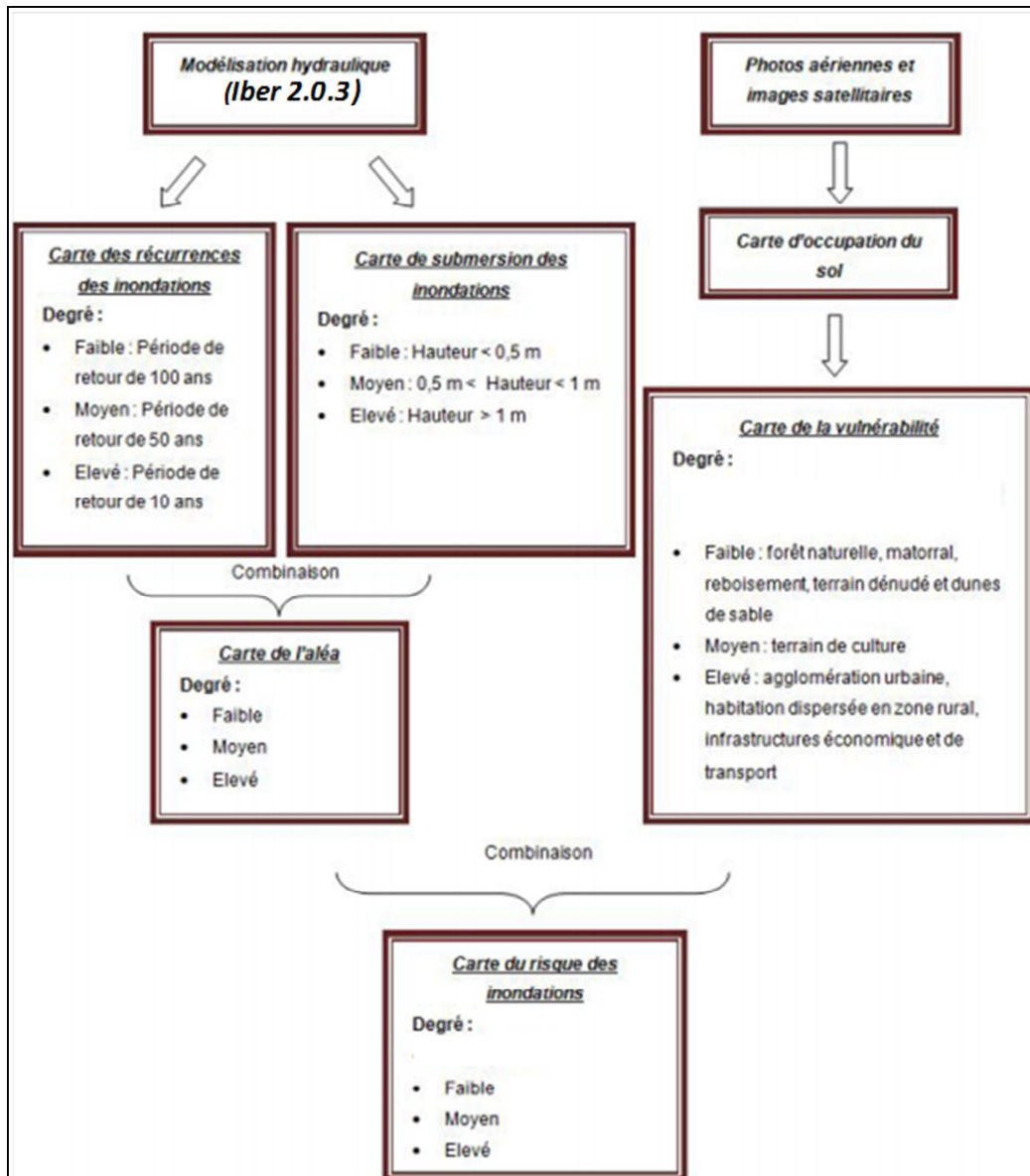


Fig. 8. Organigramme pour élaborer la carte de risque des inondations

A travers ces résultats on constate que la superficie concernée par les inondations est importante. Les zones les plus touchées se situent en grande partie dans la plaine à côté des rives de l’oued Martil et dans l’exutoire du bassin versant Martil.

Ce résultat s’explique par la topographie relativement plate de la plaine, en plus de l’importance des apports d’eaux continentales de l’oued Martil, donnant naissance à de large étendue d’épandage des eaux en périodes de crues (Fig.9).

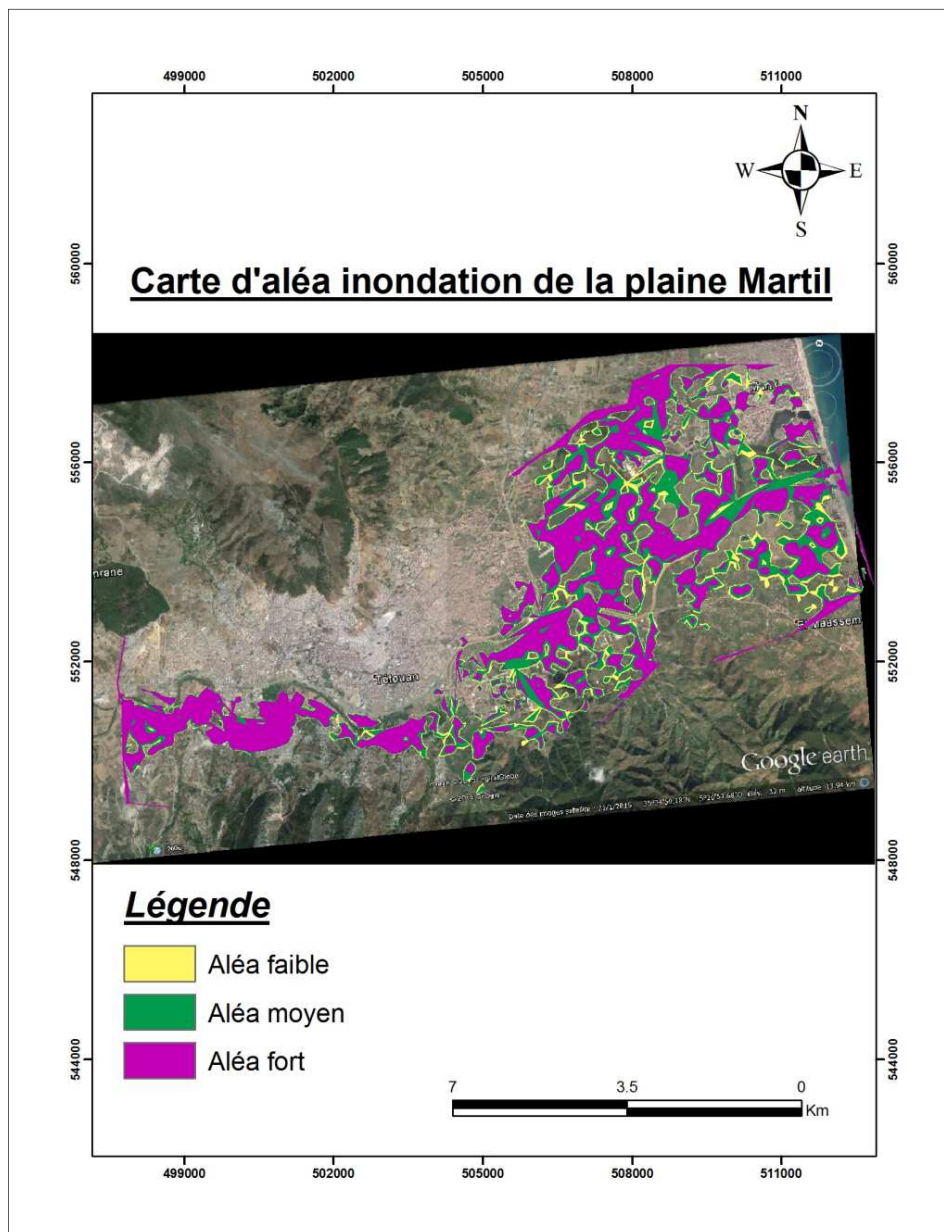


Fig. 9. Carte d'Aléa inondation de la plaine Martil

3.2 CARTE DE LA VULNERABILITE

Le périmètre urbain des deux villes Tétouan et Martil est occupé par 1123 ha de forêt, et de 133 ha des zones marécageux, Les terrains agricoles constituent les principales occupations du sol avec une surface cartographiée de 4651,35 ha constituée essentiellement de la monoculture céréalière, de quelques cultures maraîchères de fourragères, et légumineuses. Aussi les zones urbanisées occupe 3075 ha de la zone étudié, de nombreuses agglomérations et infrastructures de la ville Tétouan et Martil se sont développées à proximité ou sur le lit majeur d'oued Martil et sur des cours d'eau de oued samsa et oued chejra amplifiant les conséquences des inondations (Fig.10).

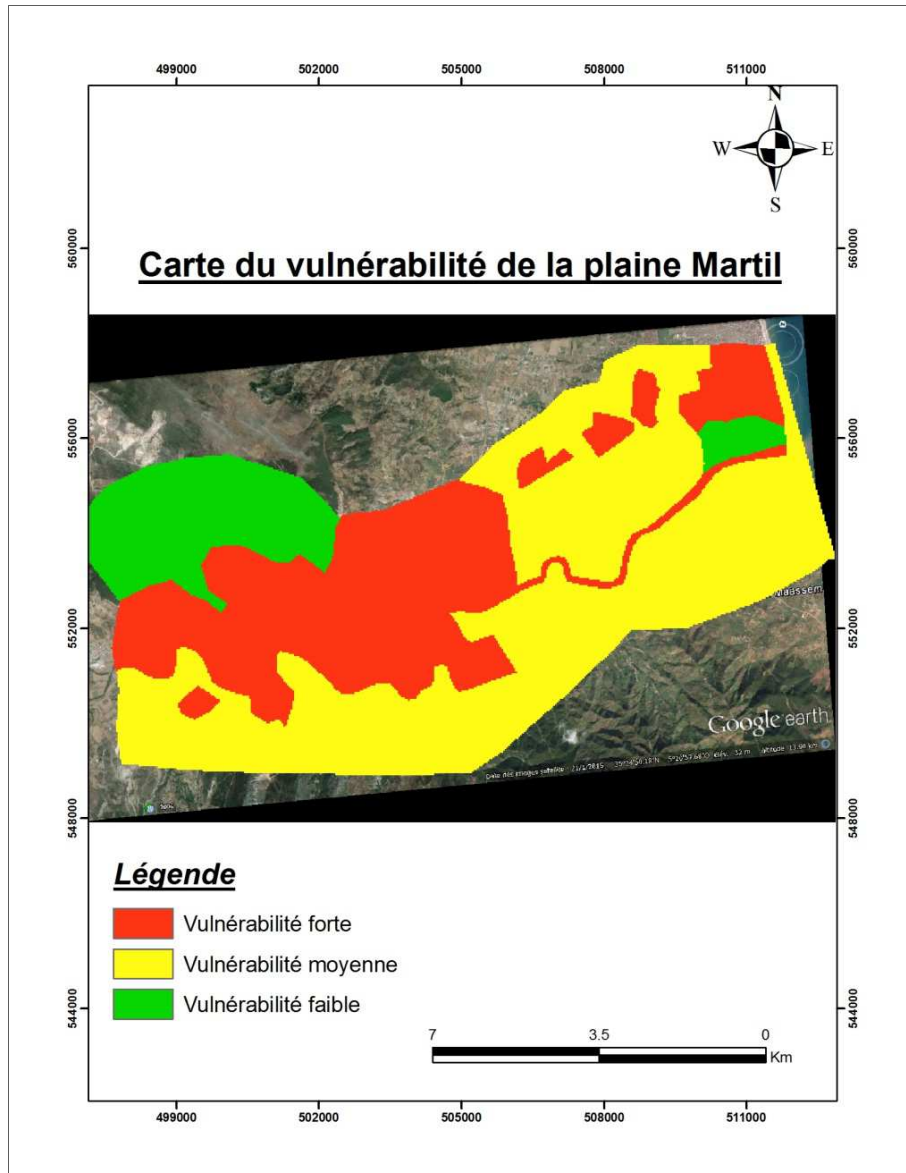


Fig. 10. Carte de vulnérabilité inondation de la plaine Martil

Cependant la vulnérabilité aux inondations est de plus en plus ressentie avec une urbanisation galopante qui n’a cessé de croître sur l’ensemble des deux villes. Le risque d’inondation est souvent oublié par les populations et les pouvoirs publics, Les aménagements ont contribué à augmenter les enjeux de manière considérable. Si l’aléa n’est pas une notion quantifiable, les enjeux eux le sont.

Le facteur vulnérabilité a été réparti dans le périmètre urbain comme suite :

- Vulnérabilité faible sur une superficie de 1256 ha, soit 14 % de la superficie totale du périmètre urbain.
- Vulnérabilité moyenne sur une superficie de 4651,35 ha, soit 51,8 % de la superficie totale du périmètre urbain.
- Vulnérabilité Forte sur une superficie de 3075,22 ha, soit 34,2 % de la superficie totale du périmètre urbain.

3.3 CARTE DU RISQUE DE DOMMAGES DUS AUX INONDATIONS

La carte du risque à l’inondation présente trois zones dont le risque varie de faible au fort. Les quartiers les plus vulnérables, sont les quartiers qui se situent sur le trajet d’oued Martil, à partir de la carte de risque de la zone d’étude (Fig.11), nous avons déterminé, les zones à risque des deux villes Tétouan et Martil comme suite :

a. Les zones à risque fort

- L'usine salam gaz avec une hauteur d'eau maximale de (2 -3 m).
- Quartier Taboula et Touibla avec une hauteur d'eau maximale de (2 -4 m).
- Quartier Korat sbaa avec une hauteur d'eau maximale de (1 -2 m).
- La nouvelle gare routière et les infrastructures voisines avec une hauteur d'eau maximale de (1-1.5 m).
- La Faculté des sciences el Mhannech avec une hauteur d'eau maximale de (1 -2.5 m).
- Le quartier Coelma avec une hauteur d'eau maximale de (1 -2 m).
- Le quartier Diza qui situé à l'embouchure de oued Martil avec une hauteur d'eau maximale de (1-2 m).
- Lotissement al Wad et Lotissement Rbahi avec une hauteur d'eau maximale de (1-1,25m).

b. Les zones à risque moyen

- La route secondaire 608 avec une hauteur d'eau maximale de (0.5-1m).
- Lotissement Alaoui et Inara avec une hauteur d'eau maximale de (0.5-1 m).

b. Les zones à risque faible

- La plaine agricole de Martil avec une hauteur d'eau maximale de (0.1-0.5 m).
- L'aéroport de Tétouan avec une hauteur d'eau maximale de (0.1-0.5 m).

En générale, la forte urbanisation de ces zones et l'incompétence de réseau d'assainissement et l'existence des constructions et des dépôts solides dans les lits de ces cours d'eau et dans les bassins de rétention et le Colmatage des ouvrages de restitution et aussi la condamnation de la connexion des bassins de rétention au réseau d'assainissement, sont les facteurs majeurs de l'inondation et ça se voit dans les quartiers qui se situent dans les rives de l'oued Martil.

Dans ce contexte, la gestion du risque d'inondation doit, en conséquence, être conjointement établie en prenant en considération l'aléa et la vulnérabilité. Elle doit répondre à deux objectifs principaux, à savoir : la limitation de l'implantation des bâtiments et des personnes dans les zones fortement exposées et la protection de l'existant, De même, dans la gestion du risque d'inondation, il est possible de distinguer deux aspects complémentaires qui se différencient par le niveau d'urgence des moyens à mettre en œuvre. D'une part, la prévention et le retour d'expérience qui interviennent hors contexte de crise et d'autre part, la prévision et la gestion de crise qui interviennent en situation de crue.

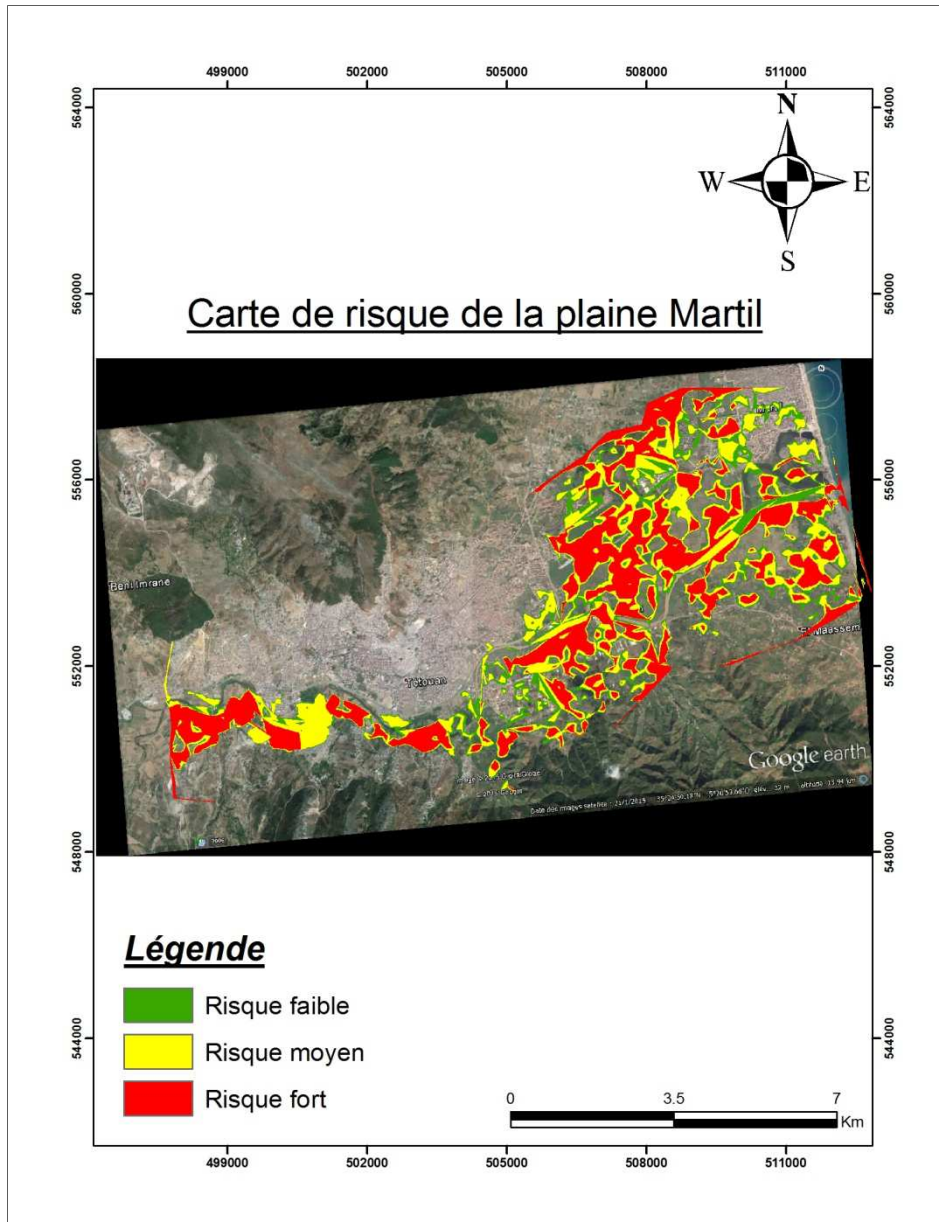


Fig. 11. Carte de risque inondation de la plaine Martil

Afin de remédier à cette situation, l'amélioration de la prévision et de la prévention des inondations demeure une démarche incontournable. Une meilleure information des populations exposées et la diminution de la vulnérabilité des biens situés dans les zones inondables sont à privilégier. Cependant, si l'État et les communes ont des responsabilités dans ce domaine, chaque citoyen doit aussi contribuer à se protéger efficacement et diminuer sa propre vulnérabilité. De plus, la protection contre les inondations constitue un axe majeur. Il s'agit de généraliser les systèmes d'annonce des crues de manière à répondre aux besoins grandissants en matière de prévisions hydrométéorologiques et de prévention des situations de risques, d'apporter des corrections à des situations héritées du passé ayant permis l'implantation dans des zones à haut risque et d'intégrer le risque d'inondation dans les plans d'aménagement.

4 CONCLUSION

Le contexte naturel de la région participe bien dans la genèse des crues en zones amont et des inondations en zones aval. La géomorphologie, qui caractérise la région est très favorable à la genèse des inondations. Il s'agit des zones surélevées avec un relief fort en amont et d'une zone plane en aval imperméabilisée par l'envahissement urbain. Cette géomorphologie offre

tous ingrédients pour la genèse des inondations surtout dans un climat très contrasté caractérisé par des pluies torrentielles d'intensité importante.

L'étude Hydrologique du bassin versant Martil, montre que ce bassin se caractérise par un régime hydraulique torrentiel marqué par de temps de concentration remarquable. De telles vitesses de concentration des eaux pluviales constituent un véritable risque face aux citoyens des zones situées au front de l'exutoire du bassin versant.

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des cours d'eau. De nombreuses agglomérations et infrastructures des deux villes Tétouan et Martil se sont développées à proximité ou sur le lit mineur et majeur de l'oued Martil, modifiant son équilibre hydrologique. Une telle modification est marquée par: la diminution des champs naturels d'extension des crues, l'imperméabilisation des sols et la diminution du temps de concentration. Ceci rend les citoyens face à un véritable risque.

L'inondation est un risque prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où il se manifestera. Les remèdes apportés par l'agence du bassin hydraulique loukkous, dans la zone d'étude sont assez satisfaisants à court terme, mais s'avèrent non conformes au développement croissant de l'urbanisation d'où la mise à jour de la cartographie des zones inondables s'avère indispensable. Par ailleurs, les infrastructures mises en place nécessitent une surveillance et un entretien continu.

Dans la présente étude, nous avons pu mettre au point une méthodologie permettant d'aboutir à une connaissance objective du risque d'inondation. Ceci va aider à faire des choix d'aménagement pertinents pour respecter la diversité des enjeux présents le long d'un cours d'eau et favoriser un aménagement du territoire prenant mieux en compte le risque d'inondation.

Enfin, nous avons conclu que les zones situés sur les rives de l'oued Martil sont les zones les plus vulnérables face aux aléas d'inondations par crues torrentielles issues du bassin versant de Martil. Cette vulnérabilité à l'inondation est liée essentiellement à la topographie et à l'incompétence de réseau d'assainissement.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements à l'agence du bassin hydraulique loukkous de nous avoir facilité certains donnés.

REFERENCES

- [1] SIMONA N. et L.CEDRIC (2007). Gestion durable des zones inondables dans le Delta du Danube (Roumanie). Dans : *1res Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF, Gestion Intégrée des Eaux et des Sols. Ressources, Aménagements et Risques en Milieux Ruraux et Urbains*, 6- 9 novembre 2007, Hanoi, Vietnam, 10 p.
- [2] DUCROCQ V. (2006). Crues rapides dans le midi de la France. *Pour la Sci.*, 51, 82-85.
- [3] ABHL. (2006). Les ressources en eau au niveau de la zone d'action de l'Agence du Bassin hydraulique du Loukkous Tétouan : Etat des lieux, perspectives de leur développement et leur sauvegarde. Novembre 2006.
- [4] NICHOLLS R.J., S. HANSON, C. HERWEIJER, NPATMORE, S. HALLEGATTE, J. CORFEE-MORLOT, J. CHATEAU et R. MUIR-WOOD (2008). Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: Exposure estimates. OECD Environ. Working Papers, 1, *OECD Publishing*, 62 p.
- [5] KARROUK M.S. (1990). Aperçu sur les mécanismes climatiques rifains. Le Rif, l'espace et l'homme. *Rev. Fac. Lettres, Tétouan*, 4, 11-36.
- [6] EL GHARBAOUI A. (1981). *La terre et l'homme dans la péninsule tangitaine. Étude de l'homme et le milieu naturel dans le Rif occidental*. Trav. Inst. Sci. Rabat, 15, 439 p.
- [7] GENDREAU N. et O.GILARD (1997). Structural and non-structural measures implementation: choice's arguments provided by Inondabilité method, Ribamod Concerted Action. Dans : *Proceedings of the First Workshop, European Commission*, EUR 18019 EN, 241-250.
- [8] MOLIN-VALDES H. (1994). Th international decade for natural disaster reduction and the link with agenda 21. *Ecodecision*, 12, 42-45.
- [9] GILARD O. et P. GIVONE (1997). Flood risk management: New concepts and methods for objective negotiations Dans : *Destructive Water: Water Caused Natural Disasters, their Abatement and Control*. Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996. IAHS Publ N° 239, pp. 145, 155.

- [10] GRELOT F., J.S. BAILLY, C. BLANC, K. ERDLLENBRUCH, P. MERIAUX, N. SAINT GEOURS et R.TOURMENT (2008). Sensibilité d'une analyse coût-bénéfice : Enseignements pour l'évaluation des projets d'atténuation des inondations. *Ingénieries EAT*, Hors Série Spécial Inondations, France, 95-108.
- [11] CHASTAN B., O.GILARD, P. GIVONE et G.OBERLIN (1995). La prise en compte du risque d'inondation, *Ingénieries-EAT*, 2, 13-20.
- [12] Le plan "P.L.U.I.E.S." est une initiative du Gouvernement de la Région wallonne Conception et réalisation ir F. Lambot (DGRNE), ir P. Dewil (DGVH) Crédit photographique : MET, MRW, FUSAGx, D.Soltner.
- [13] HORRITT M.S. et P.D. BATES (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *J. Hydrol.*, 268, 87-99.
- [14] KREIS N. (2004). *Modélisation des crues des rivières de moyenne montagne pour la gestion intégrée du risque inondation : Application à la vallée de Thr (Haut-Rhin)*. Thèse de Doctorat, spécialité Science de l'eau, ENGREF, CEVH/ENGEES, France, 268 p.
- [15] D'ERCOLE R. (1994). Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse *Rev. Geogr. Alp.*, 4, 87-96.
- [16] BARROCA B. et G. HUBERT (2008). *Urbaniser les zones inondables, est-ce concevable?* Développement durable et territoires, Dossier 11 : Catastrophes et Territoires, 17 p.
- [17] LEONE F. (2007). L'évaluation des vulnérabilités : diversité des approches chez les géographes français. Dans : *Colloque CNFG « Évolution de la Recherche sur le Risque en Géographie »*, Nanterre, France.
- [18] ANCEY C. (2005). *Une introduction à la dynamique des avalanches et des écoulements torrentiels*. Cours, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 103 p.
- [19] HOSTACHE R. (2006). *Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique*. Thèse de Doctorat, spécialité Sciences de l'eau, UMR Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale, Cemagref/ENGREF/CIRAD, Montpellier, France, 197 p.
- [20] TORTEROTOT J.P. (1993). *Le coût des dommages dus aux inondations : Estimation et analyse des incertitudes* Thèse de Doctorat, spécialité Sciences et Techniques de l'Environnement, École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France, 284 p.

Evolution avec le temps de la qualité organoleptique et physico-chimique des œufs de poule vendus à Kisangani (RD Congo)

[Evolution with time of organoleptic and physicochemical qualities of hen eggs sold at Kisangani (DR Congo)]

Jean-Trésor K. Kwembe¹, Jean-Pierre Mbula¹, Jacques Tchatchambe¹, Matthieu T. Bokota¹, and Pius T. Mpiana²

¹Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

²Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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 evolution over time of organoleptic and physico-chemical properties of hen eggs sold in Kisangani (DR Congo) markets was evaluated in terms of number of days after spawning. The results show that the majority of eggs sold (54.7%) are older than 30 days. The physicochemical parameters including volume, density, pH and water content decrease with time. The pH changed to slightly basic (7.5 before 8 days) to slightly acidic (6.8 after two months) while the water content is 77.4 to 69.3% for the same period of time. The organoleptic parameters are also changed with time. Notable differences can be noticed in the visual aspects of the yellow and white of the egg, odor and flavor. The duration time of transport, poor packaging and storage conditions are at the root of this deterioration in the quality of eggs.

KEYWORDS: Eggs, Kisangani, Freshness, organoleptic properties, physical-chemical properties.

RESUME: L'évolution avec le temps des qualités organoleptique et physico-chimique des œufs de poule vendus à Kisangani (RD Congo) a été évaluée en termes de nombre de jours après ponte. Les résultats obtenus montrent que la majorité des œufs vendus soit 54,7% sont vieux de plus de 30 jours. Les paramètres physicochimiques notamment le volume, la masse volumique, le pH et la teneur en eau diminuent avec le temps. Le pH passe de légèrement basique (7,5 avant 8 jours) à légèrement acide (6,8 après deux mois) tandis que la teneur en eau va 77,4 à 69,3 % pour la même durée de temps. Les paramètres organoleptiques sont également modifiés avec le temps. Les différences notoires peuvent être remarquées au niveau des aspects visuels du jaune et du blanc de l'œuf, de l'odeur et de la saveur. La durée du temps de transport, le mauvais conditionnement et les conditions de conservation seraient à la base de cette détérioration de la qualité des œufs.

MOTS-CLEFS: Œufs, Kisangani, Fraicheur, propriétés organoleptiques, propriétés physico-chimiques.

1 INTRODUCTION

La faim reste un défi mondial. Les estimations les plus récentes de la FAO portant sur la sous-alimentation ont évalué à 850 millions le nombre de personnes dans le monde ayant souffert de la faim durant la période 2006-2008, soit 15,5 % de la population mondiale. De ce fait, des millions d'enfants encourent le risque d'un développement cognitif et physique diminué résultant d'une sous-alimentation à long terme. D'où la nécessité d'offrir en temps voulu une alimentation complémentaire adéquate, sûre et appropriée, et des prises de micronutriments pendant les 18 mois suivants [1,2].

La nécessité d'une sécurité alimentaire est donc impérieuse. En fait, le concept de sécurité alimentaire renvoie à la disponibilité ainsi qu'à l'accessibilité à la nourriture en quantité et en qualité suffisantes à toute la population [1,3].

La République Démocratique du Congo (RDC) fait partie des pays les plus frappés par la faim et l'insécurité alimentaire au Monde. Selon le rapport sur l'état de l'insécurité alimentaire dans le monde édité chaque année par la FAO, la RDC a été le pays le plus frappé par l'insécurité alimentaire en 2001, touchant environ 64% de sa population, soit 37 millions d'habitants. En 2002, au lieu de diminuer, le nombre de personnes en insécurité alimentaire a au contraire augmenté, passant de 64% à 73% de la population congolaise estimée alors à 52 millions d'habitants [2,4-6].

Ainsi dans le cadre de la lutte contre la malnutrition, la population de la ville de Kisangani, située dans le Nord-Est de la RDC, recourt aux œufs de poule (souvent importés), compte tenu du prix qui est accessible à toutes les couches de la population. En effet, compte tenu de ses valeurs nutritives, l'œuf peut être consommé à la place de la viande ou du poisson [7-9].

Il est donc nécessaire de s'assurer de la qualité de cet aliment important par les évaluations organoleptique, physico-chimique et nutritive dans le temps, c'est ce qui fait l'objet de cette étude.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

Notre matériel d'étude est constitué des œufs des poules importées de la République de l'Uganda et vendus au marché central de la ville de Kisangani en RDC. Ces œufs sont conditionnés dans des caisses en bois contenant des plateaux d'œufs empilés les uns sur les autres (Fig. 1).



Figure 1 : Œufs des poules importés et vendus au marché de Kisangani

2.2 MILIEU D'ÉTUDE

Ce travail a été réalisé sur le marché central de la Ville de Kisangani, chef lieu de l'ancienne province Orientale en RDC (Fig. 2). La ville de Kisangani est située à 0°31' de latitude Nord, par rapport à l'Equateur (à 57Km), 25°11' de longitude Est par rapport au méridien de Greenwich, et 428 mètres au dessus du niveau de la mer. Elle a une superficie de 1910 km² et est peuplée de plus 935 977 habitants en 2012 [5].

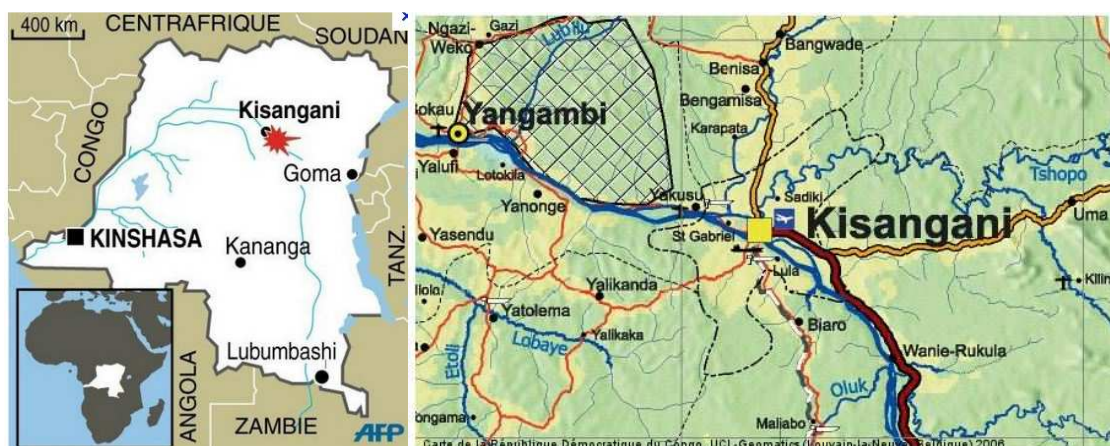


Figure 2 : Localisation de la ville de Kisangani, DRC

2.3 ECHANTILLONNAGE

Les œufs importés ont été échantillonnés sur le marché central de la ville de Kisangani, au près de commerçants (grossistes et détaillants), par la méthode de probabilité proportionnelle à la taille. Ces échantillons constitués des plusieurs lots d'œufs (500 œufs au total analysés), ont été prélevés sur une période de 12 mois non successifs soit de janvier 2013 à janvier 2015.

2.4 APPRÉCIATION ORGANOLEPTIQUE

Il s'agit des aspects extérieurs et intérieurs des œufs crus et bouillis avant et après casse des coquilles, en précisant chaque fois leurs couleurs, odeurs et goûts.

2.5 EPREUVE D'IMMERSION POUR L'ESTIMATION DE LA FRAICHEUR

Elle consiste à immerger l'œuf non cassé dans des solutions salines à différentes concentrations (de 110‰ à 30‰) en commençant par les solutions salines concentrées et allant vers les plus diluées. Plus l'œuf coule dans une solution concentrée plus il est frais, plus il flotte dans solution diluée plus il est vieux.

2.6 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET NUTRITIFS

Les poids des œufs ont été déterminés à l'aide d'une balance analytique (Kern AES). Le volume a été obtenu par déduction du volume d'eau distillée déplacée après immersion de l'œuf, le poids volumique par calcul et le pH à l'aide d'un pH-mètre (Hanna HI 221). La teneur en eau a été déterminée à l'aide d'une étuve (Thermo Scientific T6030) tandis la teneur en cendres totales a été déterminée par calcination au four à moufle (Nabertherm B180).

3 RESULTATS

3.1 ORGANOLEPTIQUES

3.1.1 COULEURS DES ŒUFS NON CASSES

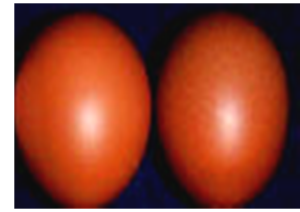
La figure suivante donne la couleur et l'aspect extérieur des œufs vendus à Kisangani.



a) Œufs de couleur Blanchâtre



b) Œufs de couleur brunâtre



c) Œufs de couleur rosâtre

Figure 3 : Différentes couleurs des coquilles d'œufs

L'analyse de l'aspect extérieur des œufs vendus au marché de Kisangani donne la fréquence en pourcentage représentée dans la figure 4 pour les trois groupes de couleurs des œufs.

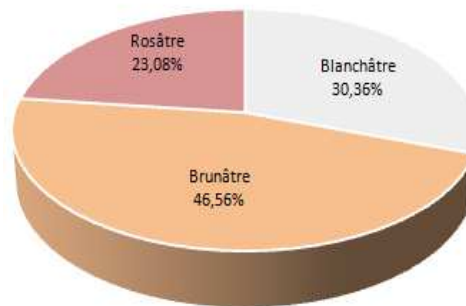


Figure 4 : Pourcentages des œufs d'après leurs couleurs

Cette figure montre que la majorité des œufs sont de couleur brunâtre soit 46% tandis que les œufs de couleur blanchâtre représentent la faible portion soit 24%.

3.1.2 ASPECTS DES ŒUFS CRUS CASSES

Les figures 5 et 6 donnent respectivement l'aspect des œufs crus cassés frais et vieux.

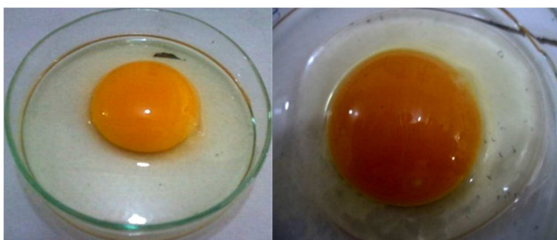


Figure 5 : Aspects des œufs frais crus

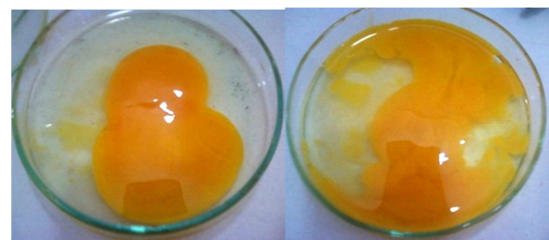


Figure 6 : Aspects des œufs vieux crus

Il ressort de ces figures que les jaunes des œufs frais sont ronds et bombés, entourés du blancs visqueux et épais. Par contre, les jaunes des œufs vieux (Fig. 6), ont des formes non régulières, dispersés, baignant dans une couche mince des blancs d'œufs, blancs léger (non visqueux).

3.1.3 ASPECTS INTERIEURS DES ŒUFS BOUILLIS (DURS)

Les figures 7 et 8 présentent les aspects intérieurs des œufs bouillis (œufs durs) frais et vieux.



Figure 7 : Aspects intérieurs des œufs frais bouillis



Figure 8 : Aspect intérieur d'œufs vieux bouillis

Ces figures montrent que la coquille de l'œuf frais bouilli ne se colle pas au blanc, ce qui facilite l'enlèvement de celle-ci sans ronger le blanc d'œuf. Pour les œufs vieux bouillis le blanc d'œuf est écorché, suite à l'enlèvement de la coquille (Figure 8). Et il se développe sur le jaune d'œuf une couche superficielle de couleur noire telle qu'indiquée par les flèches.

3.1.4 ODEURS ET SAVEURS

Les odeurs et saveurs des œufs sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous:

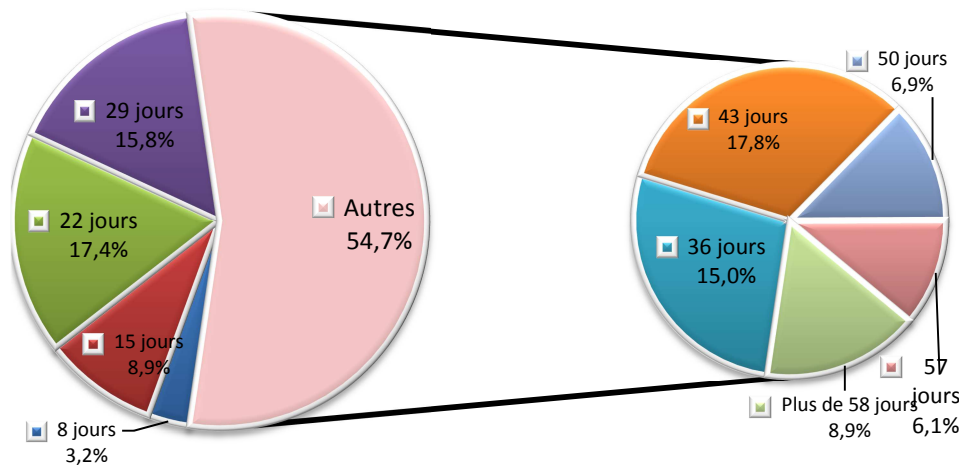
Tableau 1 : Odeurs et saveurs des œufs frais et vieux

Etat d'œuf	Odeurs			Saveurs		
	Cru avant casse	Cru après casse	Bouilli	Cru avant casse	Cru après casse	Bouilli
Frais	Inodore	Inodore	Caractéristique	Normale	Normale	Normale
Vieux	Moisie	Très moisie	Moisie	Moisie	Très moisie	Moisie

Il ressort de ce tableau que les œufs frais et vieux ont des odeurs et saveurs différentes.

3.2 FRAICHEURS DES ŒUFS

Les fraîcheurs approximatives (âges après ponte) des œufs importés et vendus sur le marché central de la ville de Kisangani, ont été évaluées en jours. Le pourcentage des œufs classés d'après leur fraîcheur est donné dans la figure 9.



Où X jours : moins de X jours

Figure 9: Fraicheurs approximatives des œufs de poule importés

Il ressort de cette figure que, 45,3% d'œufs importés ont une fraicheur de moins de 30 jours et 54,7% de plus d'un mois (supérieur à 30 jours).

Parmi ceux de moins d'un mois, la minorité est constituée des œufs de moins de 8 jours soit 3,2% et la majorité des ceux de moins de 22 jours soit 17,4%.

Parmi les œufs de plus de 29 jours, ceux de moins de 57 jours soit 6,1% constituent la minorité et ceux de moins de 43 jours soit 17,8%, la majorité.

AGE APRÈS PONTE DES ŒUFS D'APRÈS LEURS COULEURS

Les fréquences des fraicheurs d'après les couleurs des coquilles des œufs importés de moins d'un mois (30 jours) et ceux de plus d'un mois sont présentées respectivement dans les figures 10 et 11 ci-après :

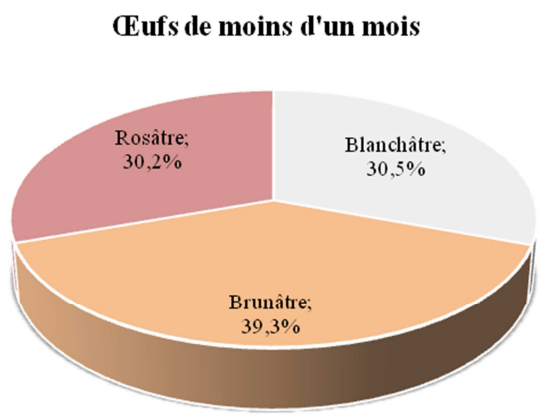


Figure 10 : Fréquences des fraicheurs d'après les couleurs des coquilles d'œufs de moins d'un mois

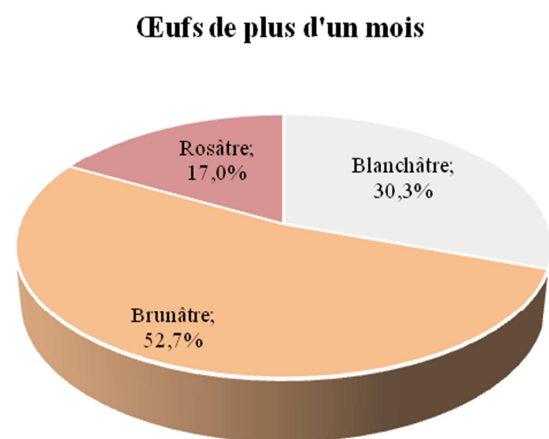


Figure 11: Fréquences des fraicheurs d'après les couleurs des coquilles d'œufs de plus d'un mois

Il ressort de ces deux figures que les œufs de couleur brunâtre sont plus abondants dans les deux catégories et que les œufs de couleur rosâtre sont moins abondants avec la portion la plus faible soit 17,0% pour les œufs de plus d'un mois.

3.3 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

3.3.1 POIDS

Les poids moyens (gr) des œufs importés en fonction de leurs fraîcheurs sont présentés dans la figure 12

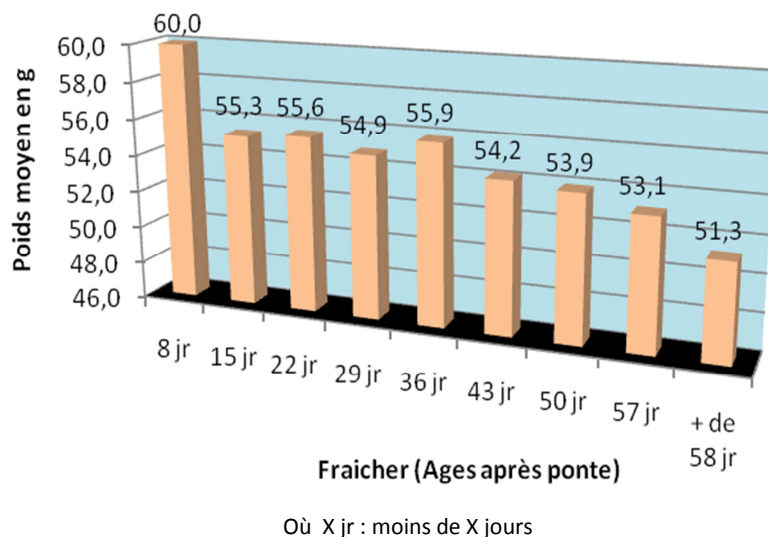


Figure 12: Poids des œufs d'après leurs fraîcheurs

Il découle de la figure 12 que les œufs de moins de 8 jours pèse plus que tous les autres œufs soit 60,0g et que ceux de plus de 58 jours pèse moins soit 51,3g.

En plus, le poids subit une régression progressive proportionnellement à l'âge de l'œuf. Il est à constater que le poids diminue rapidement juste après ponte mais lentement après plus d'un moins après ponte.

La coquille pesée, représente en moyenne 9,48% du poids total d'œuf importé.

La figure 13 donne les poids moyens des coquilles des œufs selon leur couleur

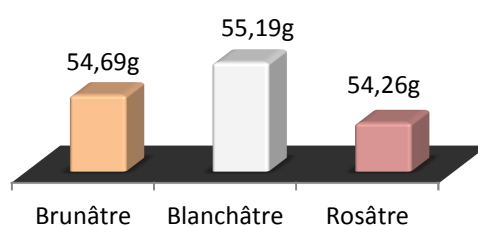
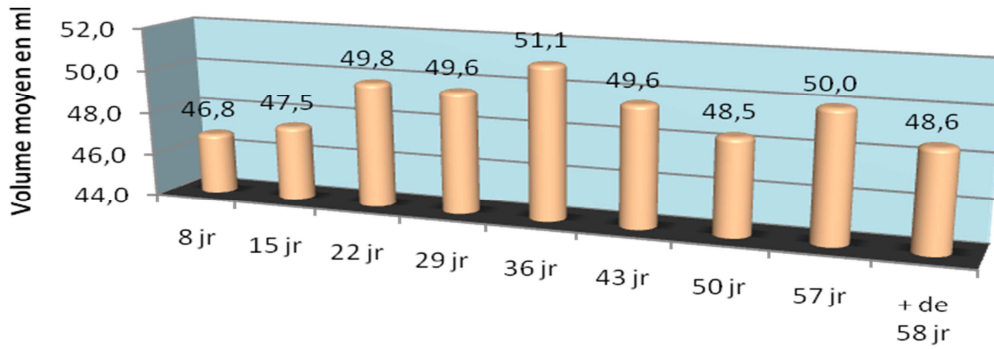


Figure 13 : Poids des œufs d'après leurs couleurs

Cette figure montre que les œufs de coquilles blanchâtres ont le poids moyen le plus élevé soit 55,19g tandis que les œufs à coquilles rosâtres ont le poids moyen le plus bas soit 54,26g.

3.3.2 VOLUME

Les volumes moyens (ml) des œufs importés en fonction de leurs fraîcheurs sont présentés dans la figure 14.



Fraicheur (Age après ponte)

Où X jr : moins de X jours

Figure 14 : Volumes moyens des œufs d'après leurs fraicheurs

Il découle de cette figure que, les volumes moyens des différents groupes d'œufs répartis d'après leurs fraicheurs sont très variés, allant de 46,8ml pour les œufs de moins de 8 jours à 51,1ml pour ceux de moins 36 jours.

La figure 15 ci-dessous présente les volumes moyens (ml) des œufs importés d'après les couleurs de leurs coquilles.

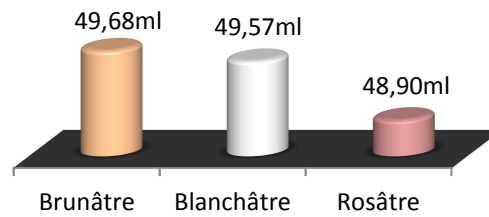


Figure 15 : Volumes moyens des œufs d'après leurs couleurs

Il ressort de cette figure que les œufs des couleurs brunâtre et blanchâtre sont plus volumineux que ceux de couleur rosâtre.

3.3.3 POIDS VOLUMIQUES

Les différentes valeurs du poids volumique total moyen des œufs d'après leurs fraicheurs sont présentées dans la figure 16.

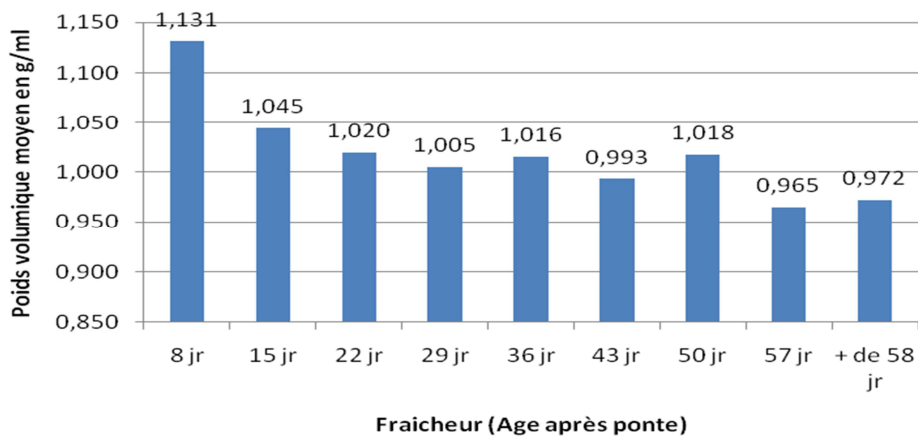


Figure 16 : Poids volumes total moyen des œufs d'après leurs fraicheurs

En tenant compte du poids de coquille représentant 9,97% du poids total de l'œuf, le poids volumique des œufs subit une diminution progressive dans le temps ; partant de 1,131g/ml pour les œufs de moins de 8 jours jusqu'à moins de 0,970g/ml pour les œufs de plus de 58 jours.

3.3.4 TENEUR EN EAU

La figure 17 donne la teneur en eau dans différents groupes d'œufs en fonction leurs fraîcheurs.

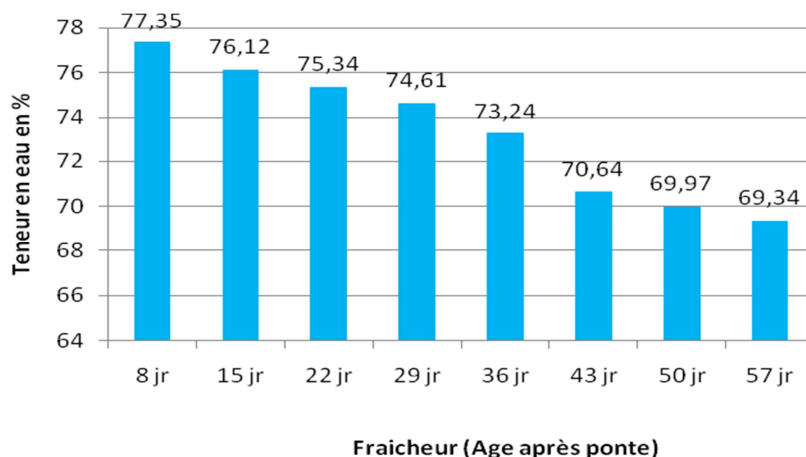
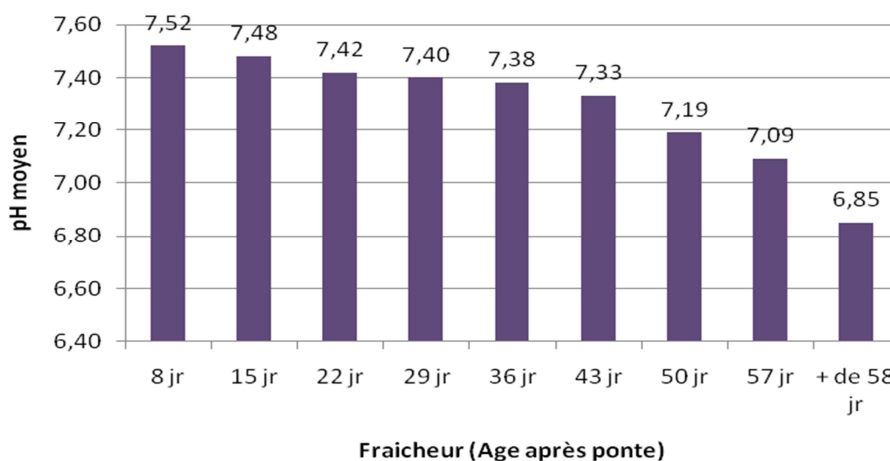


Figure 17: Teneur en eau (%) des œufs d'après leurs fraîcheurs

Il ressort de cette figure que, la teneur en eau est élevée dans les œufs frais soit 77,35% et faible dans les vieux soit 69,34%.

3.3.5 PH

Les différentes valeurs du pH des œufs d'après leurs fraîcheurs sont présentées dans la figure 18.



Où X jr : moins de X jours

Figure 18 : pH des œufs d'après leurs fraîcheurs

La figure 18 montre que le pH des œufs importés de moins de 8 jours est plus élevé soit 7,52 tandis que celui des œufs de plus de 58 jours est moins élevé soit 6,85. Il a été constaté que les valeurs de pH partent de zone légèrement basique vers la zone neutre.

Cette diminution est lente pour les œufs de moins d'un mois après ponte (œufs frais), mais est assez rapide pour les œufs de plus d'un mois (œufs vieux).

3.4 VALEURS MOYENNES DES PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES.

Les valeurs moyennes des paramètres évalués pour apprécier la qualité physico-chimique des œufs importés sont reprises dans le tableau 2.

Tableau 2 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des œufs importés

Paramètres		Valeurs moyennes
Poids (g)	total	54,91±1,44
	Coquille	5,08±0,37
	Net	49,83±1,44
Volume (ml)		49,06±0,46
Poids volumique net (g/ml)		1,02±0,01
Teneur en eau (%)		73,29±2,05
Cendres totales (%)	dans 100g de matière fraîche	0,99±0,01
	dans 100g de matière sèche	3,72± 0,17
pH		7,29±0,01

Ce tableau indique que les œufs étudiés présentent des valeurs moyennes de poids total de 54,74g, de volume de 50,53ml, de teneur en eau de 7,33% et de pH de 7,30.

4 DISCUSSIONS

4.1 ORGANOLEPTIQUE

Il s'est avéré que les œufs importés sont constitués des coquilles de trois différents couleurs notamment la blanchâtre, la brunâtre et la rosâtre. Ceux de coquille brunâtre représentent la majorité soit 43% et ceux de coquille blanchâtre, la minorité soit 24%. Etant donné que la couleur de coquille d'œuf serait due à la race de poule, les œufs de coquille brunâtre seraient ceux des poules de la race lourdes, race caractérisée par des pontes des œufs des couleurs brunâtre [10-12].

D'après les aspects intérieurs des œufs après casse, une nette différence se démarque entre l'œuf frais de l'œuf vieux par la forme du jaune et de la viscosité du blanc d'œuf. On peut donc en se basant sur ces constatations, juger approximativement de la fraîcheur des œufs. En effet, les œufs frais sont caractérisés par un jaune rond et bombé entouré du blanc épais et visqueux, tandis que les œufs vieux possèdent le jaune dispersé et aplatis non entouré de blanc.

Pour l'œuf dur, la fraîcheur (âge après ponte) de l'œuf peut être appréciée par le touché du blanc d'œuf et la couleur superficielle du jaune d'œuf. Un blanc lisse caractérise un œuf relativement frais et le rugueux, un œuf vieux. En effet, comme l'indiquent les résultats (Fig. 17), la teneur en eau étant plus faible pour un œuf vieux, le blanc d'œuf a tendance à se coller à la coquille ce qui empêche un détachement facile de la coquille.

4.2 FRAICHEUR

La majorité des œufs des poules vendus sur le marché de la ville de Kisangani, sont vieux c'est-à-dire ayant une fraîcheur de plus de 29 jours (environs un mois) après ponte, soit 54,7%. Cela est dû notamment à la durée du parcours (plus de 1000km), de la frontière de la RDC avec l'Ouganda jusqu'à Kisangani. Le temps de transport est souvent allongé par la détérioration de l'état de la route. Mais il faut aussi considérer les conditionnements non adaptés durant le transport et les mauvaises conditions de conservation.

D'après la norme CEE-ONU EGG-1 de 2010 [13,14], classant les œufs en catégorie A (œufs de 21 jours après ponte, destinés à la consommation humaine) et catégorie B (œufs de plus de 21 jours après ponte, destinés à l'industrie alimentaire ou non alimentaire) ; seul 29,5% de ces œufs importés et vendus sur le marché central de Kisangani est de la catégorie A, et 70,5% de la catégorie B. On peut donc dire, tenant compte de ces normes que plus de 70% des œufs vendus sur le marché de Kisangani ne devaient pas être destinés à la consommation humaine directe.

4.3 POIDS

La diminution du poids de l'œuf commence dès après ponte. Plus l'œuf est vieux plus son poids est faible par rapport à l'œuf frais. Cette diminution serait due à la perte d'eau qui s'échappe de l'œuf à travers les micropores de coquille. Par ailleurs, l'élévation de température due au climat chaud équatorial fait partie des facteurs favorisant et accélérant l'évaporation de l'eau de l'œuf.

D'après le poids total (moyen) de 54,74g, les œufs importés vendus à Kisangani sont classés dans la catégorie d'œufs moyens selon la classification canadienne (49 à 55g) [12].

Le pourcentage du poids de la coquille (5,19%) est de loin inférieur à celui proposé par les normes Suisse [11] soit 15%. Cette faible masse de la coquille expliquerait l'échappement facile du contenu volatil et de l'eau de ces œufs, accélérant ainsi leur vieillissement. Ceci étant donné que les normes de conditionnement et l'entreposage ne sont pas respectés [13,14].

4.4 VOLUME

Il a été constaté que le volume d'œuf est étroitement lié à la fraîcheur d'œuf. Les œufs plus volumineux, soit de 48,5 à 51,1ml ; sont parmi ceux de plus de un mois ou vieux. Les moins volumineux, soit de 46,8 à 47,5ml ; ont plus de chance d'être frais. Cela s'expliquerait du fait qu'avec les intempéries (conditionnement non approprié), les œufs plus volumineux sont plus exposés à la dégradation (d'où vieillissement précoce) car ils ont une grande surface de contact avec l'air ou intempérie.

4.5 POIDS VOLUMIQUE

La diminution du poids volumique est due à la baisse du poids de l'œuf. La dissolution de chlorure de sodium dans l'eau, augmente la densité de cette dernière. Si le poids volumique de l'œuf est supérieur à celui de l'eau salée, l'œuf a tendance à se déposer (cas d'œuf frais) et si le poids volumique est inférieur à celui de l'eau, l'œuf flotte (cas d'œuf très vieux).

4.6 POTENTIEL D'HYDROGÈNE

La décroissance du pH avec le temps se justifierait par l'accumulation de sulfure d'hydrogène provenant des dégradations multiples des constituants de l'œuf. Une accumulation importante de ce gaz est à la base de l'odeur caractéristique de pourriture des œufs.

4.7 TENEURS EN EAU ET EN CENDRES

La moyenne de la teneur en eau des œufs que nous avons analysés (73,33%) est légèrement inférieure à celle donnée par Oviforum (74,6%) [15]. L'œuf frais renferme plus d'eau que l'œuf vieux. En effet, l'œuf perd petit à petit de son eau durant sa conservation. La vitesse de perte en eau est rapide au début avec un maximum de perte autour d'un mois de conservation avant de se ralentir.

Les teneurs en cendre totale obtenues (0,99 et 3,72% respectivement pour 100g de matière fraîche et 100g de matière sèche) sont presque égales à ceux donnés par les normes Suisses soit 0,9 et 3,5% respectivement pour 100g de matière fraîche et sèche [11, 15].

5 CONCLUSION

L'évolution avec le temps de la qualité organoleptique et physico-chimique des œufs des poules importés vendus à Kisangani a été évaluée en fonction de nombre de jours après ponte, en terme d'aspect extérieur et intérieur, odeur, saveur, poids, poids volumique, teneur en eau et pH. Il ressort de cette étude que la majorité des œufs vendus soit 54,7% sont vieux

d'au moins un mois après ponte. Selon les normes internationales, ces œufs ne devraient pas être destinés à la consommation humaine mais plutôt à d'autres usages comme l'industrie alimentaire. Pour améliorer la qualité des œufs importés vendus à Kisangani, il est nécessaire d'agir sur la durée du temps de transport, améliorer le conditionnement, les conditions de conservations et de transport. Une étude sur les meilleures conditions de conservation de ces œufs est cours ainsi que celle sur les œufs produits localement.

REFERENCES

- [1] Breitenstein, A. *Nourrir 9 milliards d'hommes demain* 2015. [Online] Available on: <http://mtaterre.fr/dossier-mois/chap/805/Nourrir-9-milliards-d-Hommes-le-defi-de-demain> (juin 23, 2015).
- [2] FAO, *Faits et chiffres sur la faim*, [Online] available on <http://fr.wfp.org/faim/faits-et-chiffres> (Sept 2015).
- [3] FAO, *L'État de l'insécurité alimentaire dans le monde* 2015. [Online] Available on <http://www.fao.org/hunger/fr/> (Sept 28, 2015)
- [4] W. Thibinda. *La sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo, bases juridiques, instruments juridiques envisageables pour atteindre ce but* In: Konrad Adenauer Stiftung, Librairie Africaine d'études juridiques, 2013 ,Vol.13 pp. : 85-104
- [5] MONUSCO. *Ville et Population de la RD Congo 2003*. [Online] Available on: <http://monusco.unmissions.org/Default.aspx?tabid=11204&> (Juin 20, 2015)
- [6] NATIONS UNIES. *Objectifs du Millénaire pour le développement* , Rapport de 2012.
- [7] Ministre de Santé Canada. *Valeurs nutritives de quelques aliments usuels*,2008 in Santé Canada, pp 3 [Online] Available: http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/nutrient_value-valeurs_nutritives-tc-tm-fra.php (Jun 23, 2015).
- [8] Eggs nutritional center, *Nutrient Content of One Large Egg*, [Online] available on <http://www.eggnutritioncenter.org/wp-content/uploads/2012/04/Nutrient-Content-of-1-Large-Egg.pdf> (July 17, 2015)
- [9] D.U. Ahn, M.S. Kim, H. Shu." *Effect of Egg Size and Strain and Age of Hens on the Solids Content of Chicken Eggs*", Poultry Science. Vol. 76 pp.914–919,1997
- [10] Basse-court, « *Races des poules pondeuses et leurs oeufs* », 2009 [Online] Available: <http://basse-cour-et-voliere.over-blog.com/article-30828174.html>, (July 23, 2015).
- [11] AMS Suisse Garantie, *Règlement sectoriel pour le groupe de produits Oeufs et ovoproduits* [Online] Available on : http://www.gallosuisse.ch/html/fileadmin/user_upload/pdf/SuisseGarantie/archiv/RegEier-2005-4_f.pdf (Sept 29, 2015)
- [12] Producteurs d'œufs du Canada, « *Classification des œufs de poule* », 2015 [Online] Available: <http://www.lesoeufs.ca/oeufs101/voir/4/introduction-aux-oeufs>, (july 23, 2015).
- [13] Nations Unies, *NORME CEE-ONU EGG-1 concernant la certification et le contrôle de la qualité commerciale des ŒUFS EN COQUILLE*, Nations unies, New york et Genève, 2010
- [14] Nations Unies, *NORME CEE-ONU EGG-2 concernant la certification et le contrôle de la qualité commerciale des OVOPRODUITS*, Nations Unies, New York et Genève, 2010
- [15] Aviforum, B7-V Assurer la qualité des produits. [Online] Available on : http://www.aviforum.ch/downloads/5_Produkte_f_low.pdf (Sept 26, 2015)

The Power Series Method to Solve a Magneto-Convection Problem in a Darcy-Brinkman Porous Medium Saturated by an Electrically Conducting Nanofluid Layer

Abderrahim Wakif, Zoubair Boulahia, Mostafa Zaydan, Naoufal Yadil, and Rachid Sehaqui

Hassan II University, Faculty of Sciences Aïn Chock, Laboratory of Mechanics,
B.P.5366 Mâarif, Casablanca, Morocco

Copyright © 2016 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 aim of this paper, is to use the Buongiorno's mathematical model for studying the effect of boundary conditions and some control parameters on the onset of convective instability in presence of a uniform vertical magnetic field in a confined Darcy-Brinkman porous medium filled of an electrically conducting nanofluid which will be considered as Newtonian and heated uniformly from below. The linear study which was achieved in this investigation shows that the thermal stability of nanofluids depends of the state of the horizontal boundaries (rigid or free), the magnetic Chandrasekhar number, the buoyancy forces, the Brownian motion, the thermophoresis and other thermo-physical properties of nanoparticles. The governing differential equations are transformed into a set of ordinary differential equations by using similarity transformations, these equations will be solved analytically by converting our boundary value problem to an initial value problem, after this step we will approach the searched solutions numerically by polynomials of high degree to obtain a fourth-order-accurate solution.

KEYWORDS: Linear stability, Nanofluid, Magnetic field, Brownian motion, Thermophoresis, Power series.

1 INTRODUCTION

The increase the effective thermal conductivity of the coolant fluids in a confined geometry has an interesting role in the development of the cooling systems in the nano-technological sector. The fluids such as water, oil or ethylene glycol are frequently found in the micro-electronical cooling systems, they have only a low thermal conductivity at the room temperature compared to the crystalline solids, for this reason we find some regular fluids which are unable to evacuate the low heat loss by some systems. Therefore, we prefer using fluids containing nano-sized metallic particles (about 1-100nm) in suspension to obtain a nanofluid characterized by a high effective thermal conductivity compared to the basic fluid. The experiment shows that the presence of the nanoparticles (in pure or oxidized forms) in a base fluid allows us to obtain a significant growth in the thermal conductivity of the mixture (base fluid + nanoparticles), for this purpose we find that the nanofluids are currently used in the cooling of advanced electronic or nuclear systems.

The nanofluid term was introduced by Choi [1] in 1995 and remains usually used to characterize this type of colloidal suspension. Buongiorno [2] was the first researcher who treated the convective transport problem in nanofluids, he was established the conservation equations of a non-homogeneous equilibrium model of nanofluids for mass, momentum and heat transport. The thermal problem of instability in nanofluids with rigid-free and free-free boundaries was studied by Tzou [3, 4] using the eigenfunction expansion method. The onset of convection in a horizontal nanofluid layer of finite depth was studied by Nield and Kuznetsov [5]. The problem of natural convection in a Newtonian nanofluid saturated a porous or non-porous layer has been studied in different situations by several authors [3-15], when the volumetric fraction of nanoparticles is constant at the horizontal walls limiting the layer, the authors [3-9] found that the critical Rayleigh number can be decreased or increased by a significant quantity depending on relative distribution of the nanoparticles between the top and bottom walls.

The magneto-convection is a phenomenon which combines the effects of buoyancy forces and Lorentz forces in the presence of a magnetic field and gravity in a horizontal layer of an electrically conducting fluid .The study of the thermal convection in an electrically conducting fluid driven by the thermal buoyancy in the presence of a uniform magnetic field was treated theoretically and experimentally by several authors [16-19] in the past under varying assumptions of hydrodynamic and hydromagnetism which were given by Chandrasekhar [20] . The thermal instability of a fluid layer heated from below with magnetic field plays an important role in the interior of the earth, chemical and biochemical engineering, atmospheric physics, and many physical phenomena related to the domain of geophysics and astrophysics.

Very recently, the problem of natural convection for an electrically conducting nanofluid in a non-porous medium with a uniform vertical magnetic field is studied by several authors using the Buongiorno’s mathematical model which combines the contribution of the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles in the case where the volume fraction of nanoparticles is considered as constant at the boundaries of the layer, among the principal authors we find Urvashi Gupta et al. [21] who studied analytically the linear thermal stability in the case where the nanoparticles are concentrate near the bottom of the layer for the free-free boundaries and Dhananjay Yadav et al. [22,23] who studied numerically the same problem in a non-rotating and rotating medium for the free-free, rigid-free and rigid-rigid boundaries with a concentration of the nanoparticles greater near the top of the layer, these authors are used the Galerkin weighted residuals method based on well-defined test functions to obtain an approximate solution to the precedent problem.

Our work consists of studying the Rayleigh-Bénard problem in a Darcy-Brinkman porous medium saturated by an electrically conducting nanofluid layer and excited by a uniform vertical magnetic field in the case where the volumetric fraction of the nanoparticles at the top wall is considered as greater than that of the bottom for the free-free, rigid-free and rigid-rigid boundaries. The studied problem will be solved with a more accurate numerical method based on analytic approximations using the power series method.

In this investigation we assume that the nanofluid is Newtonian and the parameters which appear in the governing equations are considered constant in the vicinity of the temperature of the cold wall T_c^* which we took it as a reference temperature. Finally we will impose that the flow is laminar and the radiation heat transfer mode between the horizontal walls will be negligible compared to other modes of heat transfer.

To show the accuracy of our method in this study, we will check some results treated by Dhananjay Yadav et al. [22], concerning the study of the convective instability of a nanofluid (water + alumina) in presence of a uniform vertical magnetic field. Our numerical method is used in this investigation to give results with an absolute error of the order of 10^{-5} to the exact critical values characterizing the onset of the convection.

2 MATHEMATICAL FORMULATION

We consider an infinite horizontal layer of an incompressible electrically conducting nanofluid heated uniformly from below and confined in a Darcy-Brinkman porous medium between two identical horizontal surfaces in the presence of a uniform vertical magnetic field $\vec{H}_0 = H_0 \vec{e}_z$ and the gravity field $\vec{g} = -g \vec{e}_z$ where the temperature and the volume fraction of nanoparticles are kept constant on the boundaries (Fig.1). The used nanofluid is considered as Newtonian and characterized by a low concentration of nanoparticles which are assumed as not magnetic .The thermo-physical properties of the nanofluid (viscosity, thermal conductivity, specific heat, magnetic permeability, and electrical resistivity) are taken as constants in the analytical formulation except for the density variation in the momentum equation which is based on the Boussinesq approximations. The asterisks are used to distinguish the dimensional variables from the nondimensional variables (without asterisks).

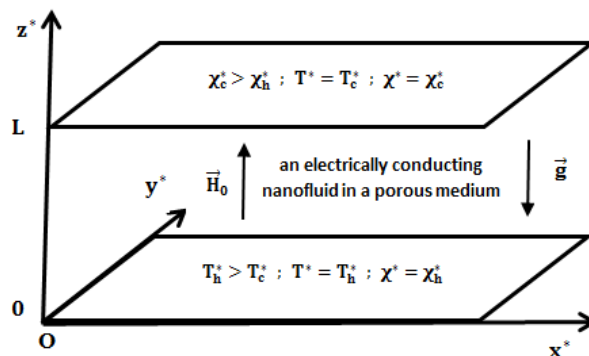


Fig. 1. Physical configuration

Within the framework of the assumptions which were made by Buongiorno [2], Tzou [3,4], D.A. Nield and A.V. Kuznetsov [5,6], Chandrasekhar [20], Urvashi Gupta et al. [21] and Dhananjay Yadav et al. [7,22,23] in their publications for the Newtonian nanofluids, we can write the basic equations of conservation which govern our problem in dimensional form as follows:

$$\vec{\nabla}^* \cdot \vec{V}^* = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\rho_0}{\varepsilon} \left[\frac{\partial \vec{V}^*}{\partial t^*} + \frac{1}{\varepsilon} (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \vec{V}^* \right] = -\vec{\nabla}^* P^* + \tilde{\mu} \vec{\nabla}^{*2} \vec{V}^* - \frac{\mu}{K} \vec{V}^* + \frac{\mu_e}{4\pi} (\vec{\nabla}^* \times \vec{H}^*) \times \vec{H}^* + \{ \rho_0 [1 - \beta(T^* - T_c^*)] (1 - \chi^*) + \rho_p \chi^* \} \vec{g} \tag{2}$$

$$(\rho c)_m \frac{\partial T^*}{\partial t^*} + (\rho c)_f (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) T^* = k_m \vec{\nabla}^{*2} T^* + \varepsilon (\rho c)_p \left(D_B \vec{\nabla}^* \chi^* \vec{\nabla}^* T^* + \left(\frac{D_T}{T_c^*} \right) \vec{\nabla}^* T^* \vec{\nabla}^* T^* \right) \tag{3}$$

$$\frac{\partial \chi^*}{\partial t^*} + \frac{1}{\varepsilon} (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \chi^* = D_B \vec{\nabla}^{*2} \chi^* + \left(\frac{D_T}{T_c^*} \right) \vec{\nabla}^* T^* \tag{4}$$

$$\vec{\nabla}^* \cdot \vec{H}^* = 0 \tag{5}$$

$$\frac{\partial \vec{H}^*}{\partial t^*} + \frac{1}{\varepsilon} (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \vec{H}^* = (\vec{H}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \vec{V}^* + \eta \vec{\nabla}^{*2} \vec{H}^* \tag{6}$$

Where $\vec{\nabla}^*$ is the vector differential operator, $\eta = 1/4\pi\mu_e\kappa$ and κ are respectively the resistivity and the electrical conductivity of the nanofluid.

If we consider the following dimensionless variables:

$$(x^*; y^*; z^*) = L(x; y; z); t^* = \frac{\sigma L^2}{\alpha_m} t; \vec{V}^* = \frac{\alpha_m}{L} \vec{V}; P^* = \frac{\mu \alpha_m}{K} P; T^* - T_c^* = (T_h^* - T_c^*) T; \chi^* - \chi_h^* = (\chi_c^* - \chi_h^*) \chi; \vec{H}^* = H_0 \vec{H}$$

Then, we can get from equations (1)-(6) the following adimensional forms:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0 \tag{7}$$

$$V_a^{-1} \left[\sigma^{-1} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \varepsilon^{-1} (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} \right] = -\vec{\nabla} (P + R_M z) + D_a \vec{\nabla}^2 \vec{V} - \vec{V} + P_r P_{rm}^{-1} Q (\vec{\nabla} \times \vec{H}) \times \vec{H} + [(1 - \chi_h^*) R_a T - R_N \chi - \Delta \chi^* R_a T \chi] \vec{e}_z \tag{8}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) T = \vec{\nabla}^2 T + N_B L_e^{-1} \vec{\nabla} \chi \cdot \vec{\nabla} T + N_A N_B L_e^{-1} \vec{\nabla} T \cdot \vec{\nabla} T \tag{9}$$

$$\sigma^{-1} \frac{\partial \chi}{\partial t} + \varepsilon^{-1} (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \chi = L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 \chi + N_A L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 T \tag{10}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{H} = 0 \tag{11}$$

$$\sigma^{-1} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \varepsilon^{-1} (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{H} = (\vec{H} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} + P_r P_{rm}^{-1} \vec{\nabla}^2 \vec{H} \tag{12}$$

Such that:

$$\sigma = \frac{(\rho c)_m}{(\rho c)_f}; \alpha_m = \frac{k_m}{(\rho c)_f}; P_r = \frac{\mu}{\rho_0 \alpha_m}; P_{rm} = \frac{\mu}{\rho_0 \eta}; L_e = \frac{\alpha_m}{D_B}; D_a = \frac{\tilde{\mu} K}{\mu L^2}; V_a = \frac{\varepsilon L^2 P_r}{K}; Q = \frac{\mu_e H_0^2 K}{4\pi \eta \mu}; \Delta \chi^* = \chi_c^* - \chi_h^* \\ N_B = \varepsilon \frac{(\rho c)_p}{(\rho c)_f} \Delta \chi^*; \Delta T^* = T_h^* - T_c^*; R_a = \frac{\rho_0 g \beta \Delta T^* K L}{\mu \alpha_m}; R_M = \frac{g K L [\rho_p \chi_h^* + \rho_0 (1 - \chi_h^*)]}{\mu \alpha_m}; R_N = \frac{g K L (\rho_p - \rho_0) \Delta \chi^*}{\mu \alpha_m}; N_A = \frac{D_T}{D_B T_c^*} \frac{\Delta T^*}{\Delta \chi^*}$$

2.1 BASIC SOLUTION

The basic solution of our problem is a quiescent thermal equilibrium state, it's assumed to be independent of time where the equilibrium variables are varying in the z-direction, therefore:

$$\vec{V}_b = \vec{0} \tag{13}$$

$$P_b = P_b(z); T_b = T_b(z); \chi_b = \chi_b(z); \vec{H}_b = H_b(z) \vec{e}_z \tag{14}$$

$$T_b = 1 \quad ; \quad \chi_b = 0 \quad ; \quad \vec{H}_b = \vec{e}_z \quad \text{at} \quad z = 0 \tag{15}$$

$$T_b = 0 \quad ; \quad \chi_b = 1 \quad ; \quad \vec{H}_b = \vec{e}_z \quad \text{at} \quad z = 1 \tag{16}$$

If we introduce the precedent results into equations (7)-(12), we obtain:

$$\vec{\nabla} \cdot (P_b + R_M z) = P_r P_{rm}^{-1} Q (\vec{\nabla} \times \vec{H}_b) \times \vec{H}_b + [(1 - \chi_b^*) R_a T - R_{N\chi} - \Delta \chi^* R_a T \chi] \vec{e}_z \tag{17}$$

$$\frac{d^2 T_b}{dz^2} + N_B L_e^{-1} \left(\frac{d\chi_b}{dz} \frac{dT_b}{dz} \right) + N_A N_B L_e^{-1} \left(\frac{dT_b}{dz} \right)^2 = 0 \tag{18}$$

$$\frac{d^2 \chi_b}{dz^2} + N_A \frac{d^2 T_b}{dz^2} = 0 \tag{19}$$

$$\frac{d^2 H_b}{dz^2} = 0 \tag{20}$$

After using the boundary conditions (15) and (16), we can integrate the equations (19) and (20) for obtaining:

$$\chi_b = -N_A T_b + (1 - N_A)z + N_A \tag{21}$$

$$\frac{d^2 T_b}{dz^2} + (1 - N_A) N_B L_e^{-1} \frac{dT_b}{dz} = 0 \tag{22}$$

$$H_b = 1 \tag{23}$$

According to the analyzes of Buongiorno [2], Nield and Kuznetsov [5] we have for the majority of the Newtonian nanofluids:

$$N_A \sim 1 - 10^{-1} ; L_e \sim 10^2 - 10^3 ; \Delta \chi^* L_e^{-1} \sim 10^{-6} - 10^{-5}$$

Hence, the product $(N_A - 1) N_B L_e^{-1}$ is very small, if we neglect this term in equation (22), we will obtain the following solutions:

$$T_b = 1 - z \tag{24}$$

$$\chi_b = z \tag{25}$$

2.2 STABILITY ANALYSIS

For analyzing the stability of the system, we superimpose infinitesimal perturbations on the basic solutions as follows:

$$T = T_b + T' \quad ; \quad \vec{V} = \vec{V}_b + \vec{V}' \quad ; \quad P = P_b + P' \quad ; \quad \chi = \chi_b + \chi' \quad ; \quad \vec{H} = \vec{H}_b + \vec{H}' \tag{26}$$

In the framework of the Oberbeck-Boussinesq approximations, we can neglect the terms coming from the product of the temperature and the volumetric fraction of nanoparticles in equation (8), if we suppose also that we are in the case of small temperature gradients in a dilute suspension of nanoparticles, we can obtain after introducing the expressions (26) into equations (7)-(12) the following linearized equations:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V}' = 0 \tag{27}$$

$$(\sigma V_a)^{-1} \frac{\partial \vec{V}'}{\partial t} = -\vec{\nabla} P' + D_a \vec{\nabla}^2 \vec{V}' - \vec{V}' + P_r P_{rm}^{-1} Q (\vec{\nabla} \times \vec{H}') \times \vec{e}_z + (R_a T' - R_{N\chi}') \vec{e}_z \tag{28}$$

$$\frac{\partial T'}{\partial t} - w' = \vec{\nabla}^2 T' + N_B L_e^{-1} (1 - 2N_A) \frac{\partial T'}{\partial z} - N_B L_e^{-1} \frac{\partial \chi'}{\partial z} \tag{29}$$

$$\sigma^{-1} \frac{\partial \chi'}{\partial t} + \varepsilon^{-1} w' = L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 \chi' + N_A L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 T' \tag{30}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{H}' = 0 \tag{31}$$

$$\sigma^{-1} \frac{\partial \vec{H}'}{\partial t} = \frac{\partial \vec{V}'}{\partial z} + P_r P_{rm}^{-1} \vec{\nabla}^2 \vec{H}' \tag{32}$$

After application of the curl operator twice to equation (28) and using the equations (27) and (31), we obtain the following equations:

$$(\sigma V_a)^{-1} \frac{\partial F'}{\partial t} = (D_a \bar{\nabla}^2 - 1)F' + P_r P_{rm}^{-1} Q \frac{\partial G'}{\partial z^*} \quad (33)$$

$$(\sigma V_a)^{-1} \frac{\partial}{\partial t} (\bar{\nabla}^2 w') = (D_a \bar{\nabla}^2 - 1) \bar{\nabla}^2 w' + P_r P_{rm}^{-1} Q \frac{\partial}{\partial z} (\bar{\nabla}^2 H'_z) + R_a \bar{\nabla}_2^2 T' - R_N \bar{\nabla}_2^2 \chi' \quad (34)$$

Such that:

$$\bar{\nabla}_2^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}; F' = \frac{\partial v'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y}; G' = \frac{\partial H'_y}{\partial x} - \frac{\partial H'_x}{\partial y}$$

Also, the equation (32) may be rewritten as:

$$\sigma^{-1} \frac{\partial H'_z}{\partial t} = \frac{\partial w'}{\partial z} + P_r P_{rm}^{-1} \bar{\nabla}^2 H'_z \quad (35)$$

$$\sigma^{-1} \frac{\partial G'}{\partial t} = \frac{\partial F'}{\partial z} + P_r P_{rm}^{-1} \bar{\nabla}^2 G' \quad (36)$$

Taking into account the equation (35), we can get after simplification of the equation (34):

$$\left(\sigma^{-1} \frac{\partial}{\partial t} - P_r P_{rm}^{-1} \bar{\nabla}^2 \right) \left[(\sigma V_a)^{-1} \frac{\partial}{\partial t} - (D_a \bar{\nabla}^2 - 1) \right] \bar{\nabla}^2 w' = P_r P_{rm}^{-1} Q \bar{\nabla}^2 \frac{\partial^2 w'}{\partial z^2} + R_a \left(\sigma^{-1} \frac{\partial}{\partial t} - P_r P_{rm}^{-1} \bar{\nabla}^2 \right) \bar{\nabla}_2^2 T' - R_N \left(\sigma^{-1} \frac{\partial}{\partial t} - P_r P_{rm}^{-1} \bar{\nabla}^2 \right) \bar{\nabla}_2^2 \chi' \quad (37)$$

Analyzing the disturbances into normal modes, we can simplify the equations (29), (30) and (37) by assuming that the perturbation quantities are of the form:

$$(w', T', \chi') = (w(z), \mathcal{T}(z), \mathcal{X}(z)) \exp[i(a_x x + a_y y) + nt] \quad (38)$$

After introducing the expressions (38) into equations (29), (30) and (37), we obtain:

$$[n\sigma^{-1} - P_r P_{rm}^{-1} (D^2 - a^2)] \{ (\sigma V_a)^{-1} n - [D_a (D^2 - a^2) - 1] \} (D^2 - a^2) w - P_r P_{rm}^{-1} Q (D^2 - a^2) D^2 w + R_a a^2 [n\sigma^{-1} - P_r P_{rm}^{-1} (D^2 - a^2)] \mathcal{T} - R_N a^2 [n\sigma^{-1} - P_r P_{rm}^{-1} (D^2 - a^2)] \mathcal{X} = 0 \quad (39)$$

$$w + [-n + (D^2 - a^2) + N_B L_e^{-1} (1 - 2N_A) D] \mathcal{T} - N_B L_e^{-1} D \mathcal{X} = 0 \quad (40)$$

$$\varepsilon^{-1} w - N_A L_e^{-1} (D^2 - a^2) \mathcal{T} + [n\sigma^{-1} - L_e^{-1} (D^2 - a^2)] \mathcal{X} = 0 \quad (41)$$

Such that:

$$D = \frac{d}{dz}; D^2 = \frac{d^2}{dz^2}$$

Where a is the resultant dimensionless wave number, such that:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

The equations (39) - (41) will be solved subject to the following boundary conditions:

- For the rigid-rigid case;

$$w = Dw = \mathcal{T} = \mathcal{X} = 0 \quad \text{at} \quad z = 0; 1 \quad (42)$$

- For the free-free case;

$$w = D^2 w = \mathcal{T} = \mathcal{X} = 0 \quad \text{at} \quad z = 0; 1 \quad (43)$$

- For the rigid-free case;

$$\omega = D\omega = \mathcal{T} = \mathcal{X} = 0 \quad \text{at} \quad z = 0 \tag{44}$$

$$\omega = D^2\omega = \mathcal{T} = \mathcal{X} = 0 \quad \text{at} \quad z = 1 \tag{45}$$

2.3 METHOD OF SOLUTION

As we are interested in a stationary stability study, then the dimensionless growth rate n of each perturbation will be equal to zero ($n = 0$), therefore the equations (39)-(41) become:

$$[D_a(D^2 - a^2) - 1](D^2 - a^2)\omega - QD^2\omega - R_a a^2 \mathcal{T} + R_N a^2 \mathcal{X} = 0 \tag{46}$$

$$\omega + [(D^2 - a^2) + N_B L_e^{-1}(1 - 2N_A)D]\mathcal{T} - N_B L_e^{-1} D\mathcal{X} = 0 \tag{47}$$

$$\varepsilon^{-1}\omega - N_A L_e^{-1} (D^2 - a^2)\mathcal{T} - L_e^{-1}(D^2 - a^2)\mathcal{X} = 0 \tag{48}$$

We can solve the equations (46)-(48) which are subjected to the conditions (42),(43) or (44) and (45) by using a suitable change of variables that makes the number of variables equal to the number of boundary conditions, to obtain a set of eight first order ordinary differential equations which we can write it in the following form:

$$\frac{d}{dz} u_i(z) = a_{ij} u_j(z); \quad 1 \leq i, j \leq 8 \tag{49}$$

With:

$$a_{ij} = a_{ij}(R_a, a, Q, N_B, L_e, R_N, N_A, \varepsilon, D_a)$$

The solution of the system (49) in matrix notation can be written as follows:

$$U = BC \tag{50}$$

Where U is the unknown vector column of our problem, B is a square matrix of order 8×8 and C is a constant vector column, such that:

$$B = \left((b_{ij}(z))_{\substack{1 \leq i \leq 8 \\ 1 \leq j \leq 8}} \right)$$

$$U = \left((u_i(z))_{1 \leq i \leq 8} \right)^T$$

$$C = \left((c_j)_{1 \leq j \leq 8} \right)^T$$

If we assume that the matrix B is written in the following form:

$$B = \left((u_i^j(z))_{\substack{1 \leq i \leq 8 \\ 1 \leq j \leq 8}} \right) \tag{51}$$

Therefore, the use of four boundary conditions at $z=0$, allows us to write each variable $u_i(z)$ as a linear combination for four functions $u_i^j(z)$, such that:

$$b_{ij}(0) = u_i^j(0) = \delta_{ij} \tag{52}$$

Where δ_{ij} is the Kronecker delta symbol.

After introducing the new expressions of the variables $u_i(z)$ in the system (49), we will obtain the following equations:

$$\frac{d}{dz} u_i^j(z) = a_{il} u_l^j(z); \quad 1 \leq i, l, j \leq 8 \tag{53}$$

For each value of j , we must solve a set of eight first order ordinary differential equations which are subjected to the initial conditions (52), by approaching the variables $u_i^j(z)$ with real power series defined in the interval $[0,1]$ and truncated at the order N , such that:

$$u_i^j(z) = \sum_{p=0}^{p=N} d_p^{i,j} z^p \tag{54}$$

A linear combination of the solutions $u_i^j(z)$ satisfying the boundary conditions (42), (43) or (44) and (45) at $z = 1$ leads to a homogeneous algebraic system for the coefficients of the combination. A necessary condition for the existence of nontrivial solution is the vanishing of the determinant which can be formally written as:

$$f(R_a, a, Q, N_B, L_e, R_N, N_A, \varepsilon, D_a) \tag{55}$$

If we give to each control parameter ($Q, N_B, L_e, R_N, N_A, \varepsilon, D_a$) its value, we can plot the neutral curve of the stationary convection by the numerical research of the smallest real positive value of the thermal Rayleigh number R_a which corresponds to a fixed wave number a and verifies the dispersion relation (55). After that, we will find a set of points (a, R_a) which help us to plot our curve and find the critical value (a_c, R_{ac}) characterizing the onset of the convective stationary instability, this critical value represents the minimum value of the obtained curve.

2.4 VALIDATION OF THE METHOD

The main aim of our study consists to study the influence of a uniform magnetic field on the stationary stability of an electrically conducting nanofluid in a Darcy-Brinkman porous medium for different cases of boundary conditions: free-free, rigid-free and rigid-rigid cases, our study shows that the thermal stability of this type of nanofluids depends on seven parameters : $Q, N_B, L_e, R_N, N_A, \varepsilon$ and D_a .

The truncation order N which corresponds to the convergence of our method is determined, when the four digits after the comma of the critical thermal Rayleigh number R_{ac} remain unchanged. To validate our method, we compared our results with those obtained by Dhananjay Yadav et al. [22] concerning the effect of a vertical magnetic field on the onset of convective instability in a non-porous medium for an electrically conducting nanofluid. To make this careful comparison, we must take in the governing equations the following restrictions:

$$\sigma = \varepsilon = D_a = \frac{L^2}{K} = 1 ; K^{-1} = 0 ; \alpha_m = \alpha ; k_m = k$$

Where α and k are the thermal diffusivity and the thermal conductivity of the nanofluid respectively in a non-porous medium.

Table 1. The comparison of critical values of Rayleigh number and the corresponding wave number with Dhananjay Yadav et al. [22] for a nanofluid (water+Al₂O₃) characterized by $N_B = 0.00075, L_e = 5000, R_N = 0.1$ and $N_A = 5$ for different values of the magnetic Chandrasekhar number Q

Q	free - free case (N=40)				rigid - rigid case (N=55)				rigid - free case (N=50)			
	D. Yadav		Present study		D. Yadav		Present study		D. Yadav		Present study	
	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
0	2.221	157.011	2.2214	157.0113	3.136	1207.262	3.1163	1207.2617	2.682	600.151	2.6823	600.1496
100	3.701	2153.208	3.7015	2153.2081	4.012	3256.731	4.0120	3256.7301	3.850	2649.057	3.8500	2649.0587
200	4.210	3757.994	4.2102	3757.9944	4.446	4988.042	4.4458	4988.0332	4.325	4324.817	4.3245	4324.8160

According to the above results, we notice that there is a very good agreement between our results and the previous works, hence the accuracy of the used method. The convergence of the results depends greatly on the truncation order N of the power series, of the type of boundary conditions and also of the values of the of the magnetic Chandrasekhar number Q , such that for the large values of the magnetic Chandrasekhar number Q , it's necessary to use the greater values of the truncation order N . Finally, to ensure the accuracy of our obtained critical values for the studied nanofluids, we will take as truncation order: $N = 40$ for the free-free case, $N = 55$ for the rigid-rigid case and $N = 50$ for the rigid-free case, these values are taken when we want to vary the value of the magnetic Chandrasekhar number Q from 0 to 200.

3 RESULTS AND DISCUSSION

To study the effect of a parameter ($Q, N_B, L_e, R_N, N_A, \varepsilon, D_a$) on the onset of the convective instability of an electrically conducting nanofluid in a Darcy-Brinkman porous medium with a uniform vertical magnetic field, we must fix the others and determine the variation of the critical thermal Rayleigh number R_{ac} as a function of the magnetic Chandrasekhar number Q for different values of this parameter. For this purpose, we will consider a reference nanofluid characterised by $N_B = 0.01, L_e = 100, R_N = 0.1, N_A = 1, \varepsilon = 0.9, D_a = 0.5$ and then plot the variations of the critical thermal Rayleigh number R_{ac} with the magnetic Chandrasekhar number Q in the interval $[0,100]$ for different values of:

- The modified particle-density increment N_B (Fig.2 and Table 2) in the case where :
 $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, L_e = 100, R_N = 0.1, N_A = 1$
- The Lewis number L_e (Fig.3 and Table 3) in the case where :
 $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, R_N = 0.1, N_A = 1, N_B = 0.01$
- The concentration Rayleigh number R_N (Fig.4 and Table 4) in the case where :
 $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, L_e = 100, N_A = 1, N_B = 0.01$
- The modified diffusivity ratio N_A (see Fig.5 and Table 5) in the case where :
 $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, L_e = 100, R_N = 0.1, N_B = 0.01$
- The porosity value ε (Fig.6 and Table 6) in the case where :
 $D_a = 0.5, L_e = 100, R_N = 0.1, N_A = 1, N_B = 0.01$
- The Darcy number D_a (Fig.7 and Table 7) in the case where :
 $\varepsilon = 0.9, L_e = 100, R_N = 0.1, N_A = 1, N_B = 0.01$

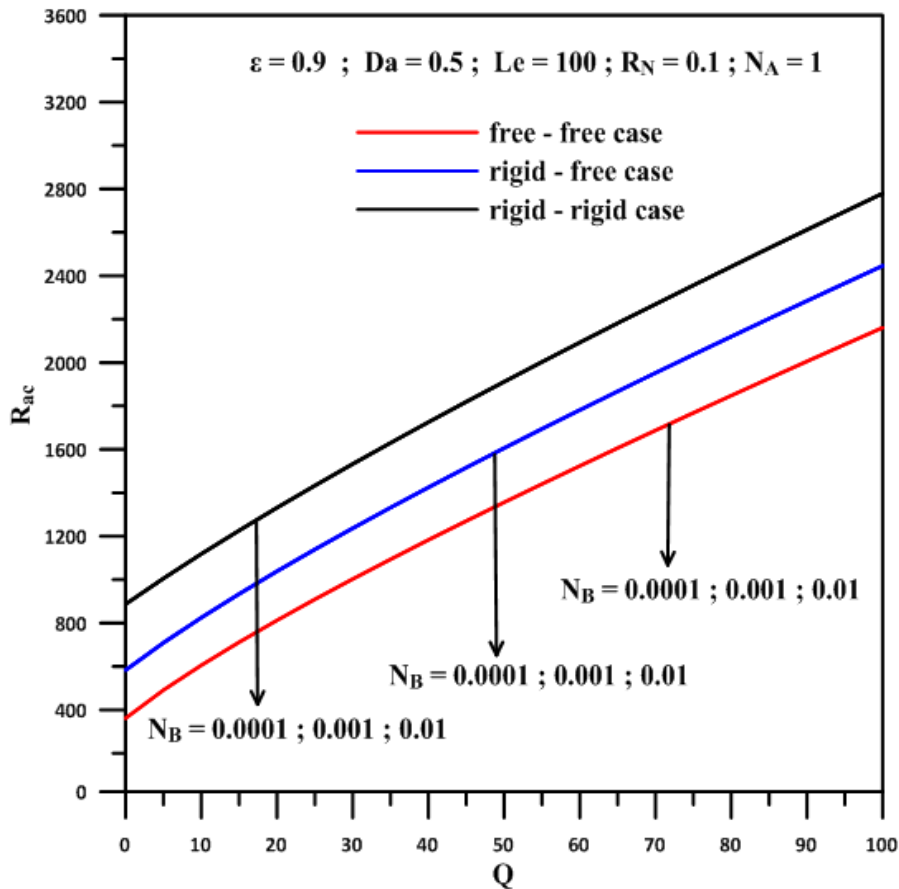


Fig. 2. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of N_B

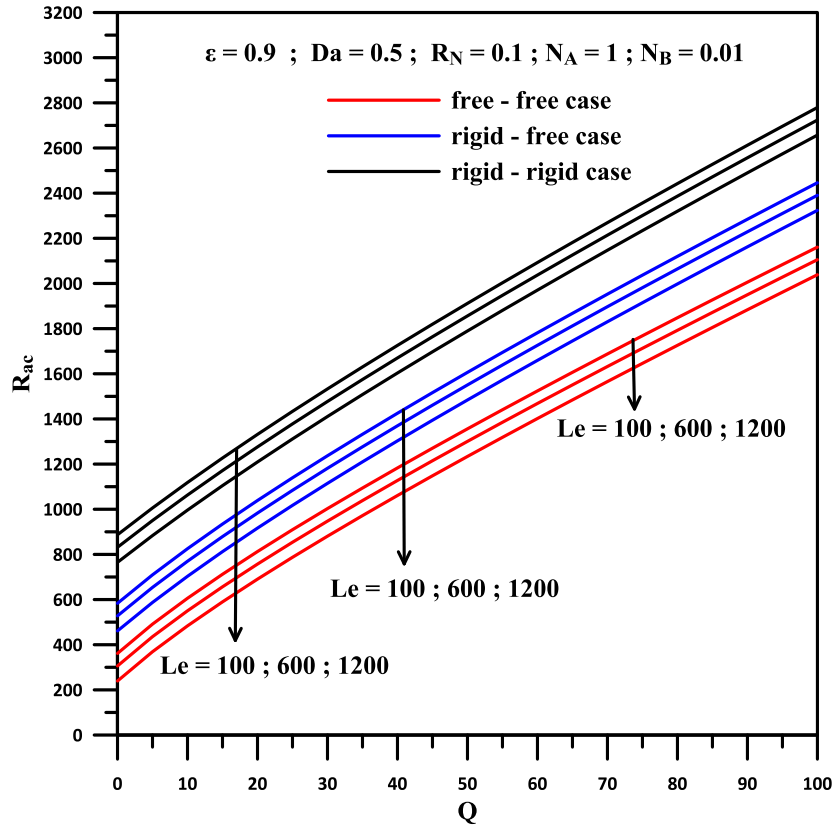


Fig. 3. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of L_e

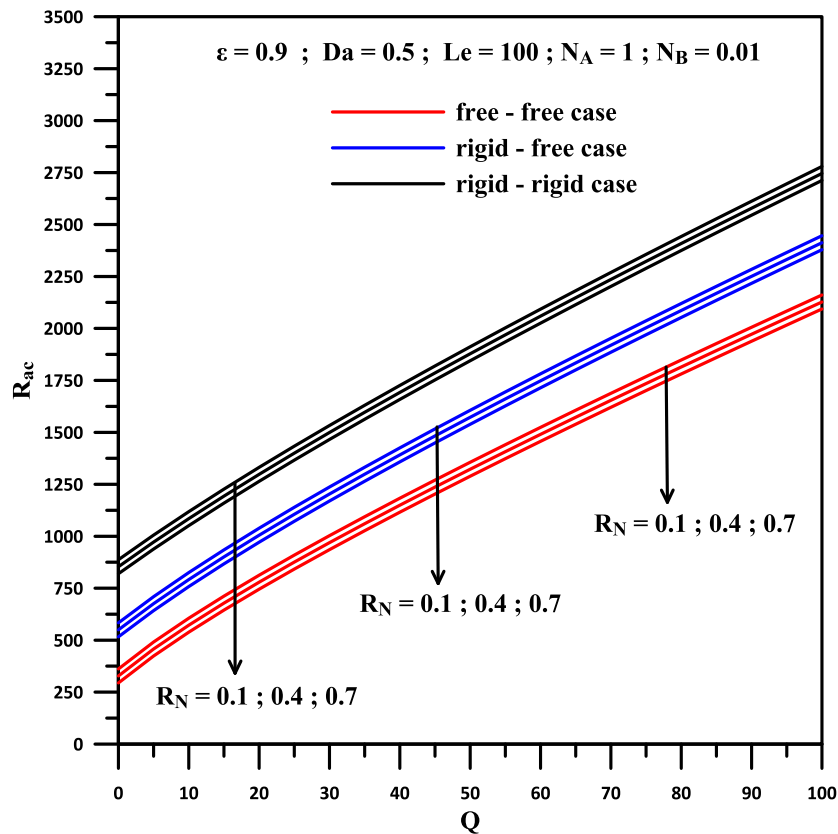


Fig.4. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of R_N .

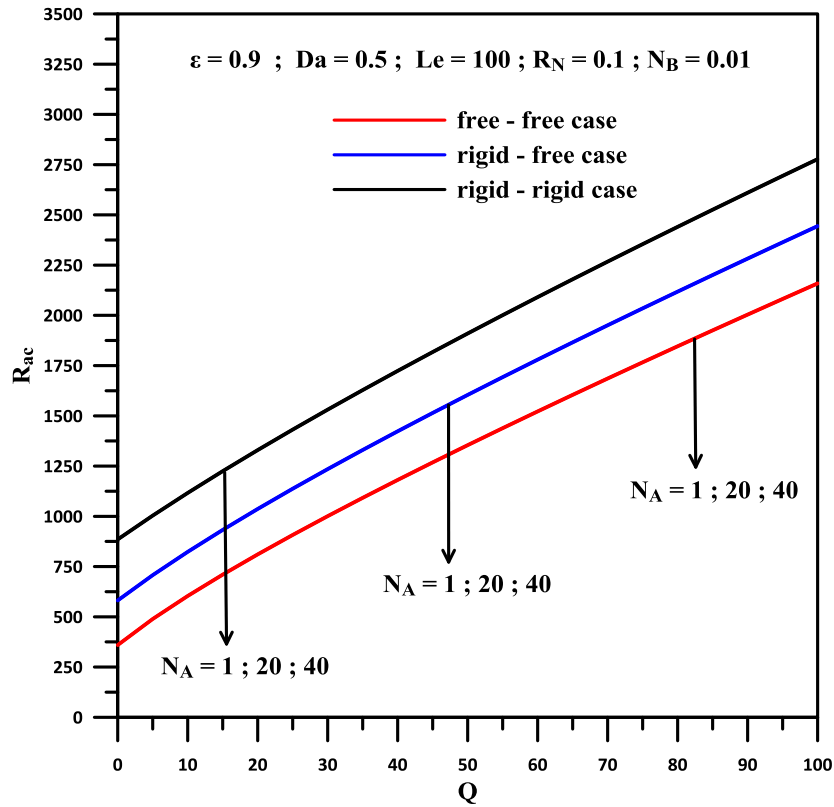


Fig.5. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of N_A .

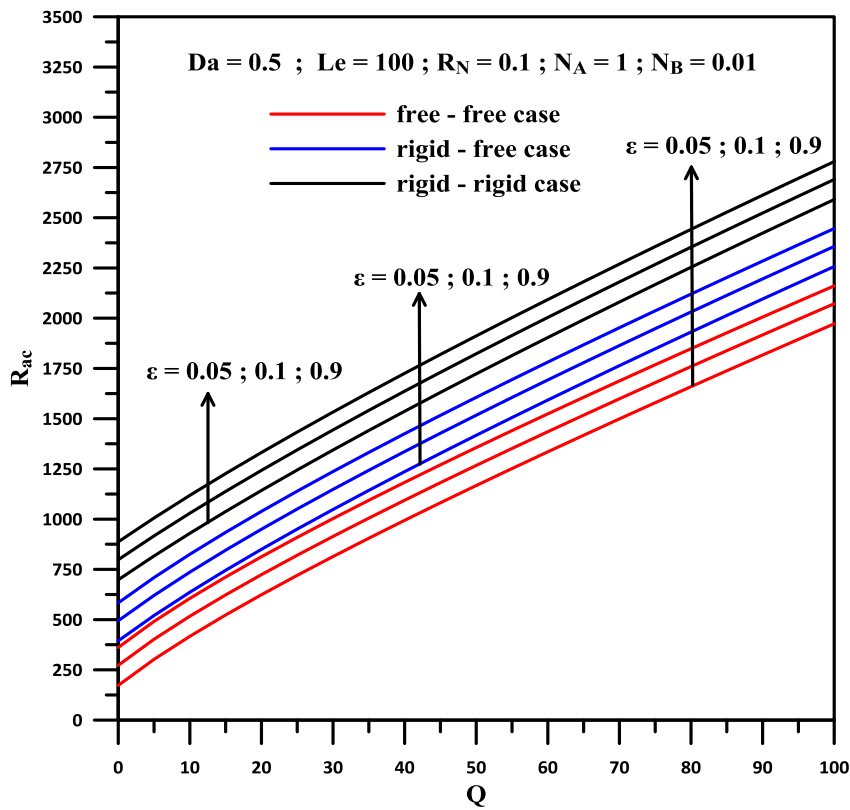


Fig.6. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of ε .

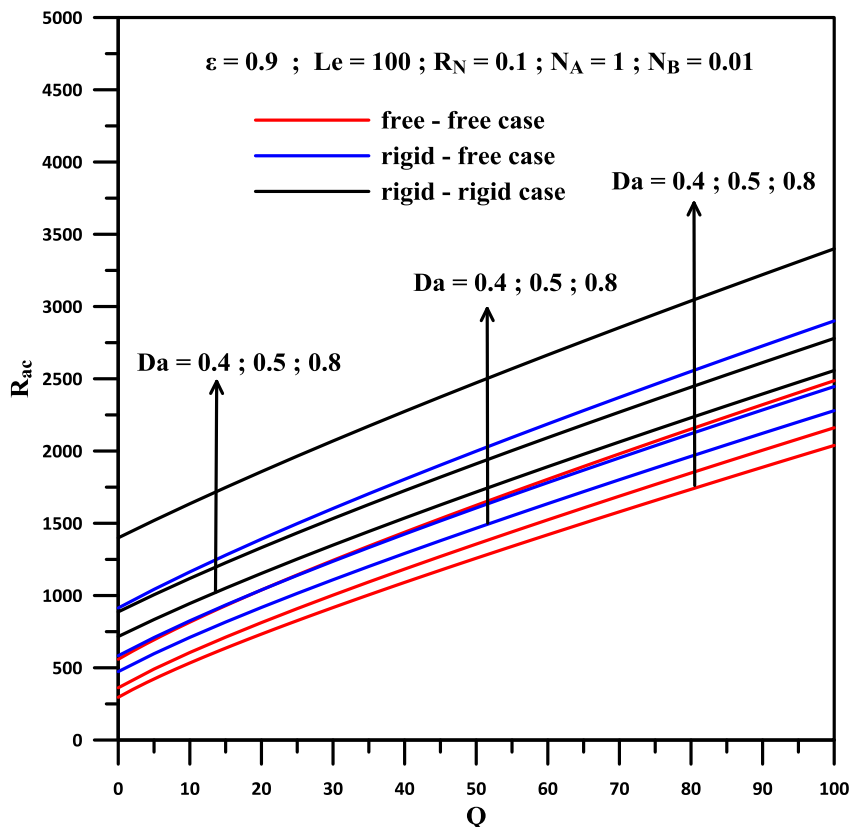


Fig.7. The variation of R_{ac} as a function of Q for different values of D_a .

Table 2. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of N_B and Q in the case where: $\epsilon = 0.9, D_a = 0.5, L_e = 100, R_N = 0.1$ and $N_A = 1$

N_B	Q	free - free case ($N=40$)		rigid - rigid case ($N=55$)		rigid - free case ($N=50$)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
10^{-4}	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4400
	5	2.6183	491.2072	3.2672	1005.6524	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9971	3.4935	1226.8423	3.2391	934.4530
	35	3.4611	1094.0147	3.8167	1630.2779	3.6304	1332.1294
	75	3.9743	1768.3653	4.2379	2356.3024	4.1014	2036.8022
	100	4.1929	2160.9464	4.4285	2779.3810	4.3072	2446.1118
10^{-3}	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4400
	5	2.6183	491.2072	3.2672	1005.6524	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9971	3.4935	1226.8423	3.2391	934.4530
	35	3.4611	1094.0147	3.8167	1630.2779	3.6304	1332.1294
	75	3.9743	1768.3654	4.2379	2356.3024	4.1014	2036.8022
	100	4.1929	2160.9464	4.4285	2779.3810	4.3072	2446.1118
10^{-2}	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120

Table 3. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of L_e and Q in the case where: $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, R_N = 0.1, N_A = 1$ and $N_B = 0.01$

L_e	Q	free - free case (N=40)		rigid - rigid case (N=55)		rigid - free case (N=50)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
100	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120
600	0	2.2893	305.9552	3.1239	831.5433	2.7118	527.8845
	5	2.6183	435.6517	3.2672	950.0969	2.9326	653.8541
	15	3.0094	656.4416	3.4935	1171.2868	3.2391	878.8975
	35	3.4611	1038.4592	3.8167	1574.7225	3.6304	1276.5740
	75	3.9743	1712.8099	4.2379	2300.7470	4.1014	1981.2468
	100	4.1929	2105.3910	4.4285	2723.8257	4.3072	2390.5564
1200	0	2.2893	239.2885	3.1239	764.8766	2.7118	461.2178
	5	2.6183	368.9850	3.2672	883.4303	2.9326	587.1874
	15	3.0094	589.7749	3.4935	1104.6201	3.2391	812.2309
	35	3.4611	971.7926	3.8167	1508.0558	3.6304	1209.9073
	75	3.9743	1646.1432	4.2379	2234.0803	4.1014	1914.5801
	100	4.1929	2038.7243	4.4285	2657.1590	4.3072	2323.8898

Table 4. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of R_N and Q in the case where: $\varepsilon = 0.9, D_a = 0.5, L_e = 100, N_A = 1$ and $N_B = 0.01$

R_N	Q	free - free case (N=40)		rigid - rigid case (N=55)		rigid - free case (N=50)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
0.1	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120
0.4	0	2.2893	327.8774	3.1239	853.4655	2.7118	549.8067
	5	2.6183	457.5739	3.2672	972.0192	2.9326	675.7763
	15	3.0094	678.3638	3.4935	1193.2090	3.2391	900.8198
	35	3.4611	1060.3815	3.8167	1596.6447	3.6304	1298.4962
	75	3.9743	1734.7321	4.2379	2322.6692	4.1014	2003.1690
	100	4.1929	2127.3132	4.4285	2745.7479	4.3072	2412.4787
0.7	0	2.2893	294.2440	3.1239	819.8322	2.7118	516.1734
	5	2.6183	423.9406	3.2672	938.3858	2.9326	642.1430
	15	3.0094	644.7305	3.4935	1159.5757	3.2391	867.1864
	35	3.4611	1026.7481	3.8167	1563.0113	3.6304	1264.8628
	75	3.9743	1701.0988	4.2379	2289.0359	4.1014	1969.5357
	100	4.1929	2093.6798	4.4285	2712.1146	4.3072	2378.8453

Table 5. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of N_A and Q in the case where: $\varepsilon = 0.9$, $D_a = 0.5$, $L_e = 100$, $R_N = 0.1$ and $N_B = 0.01$

N_A	Q	free - free case (N=40)		rigid - rigid case (N=55)		rigid - free case (N=50)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
1	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120
20	0	2.2893	359.6106	3.1239	885.1987	2.7118	581.5400
	5	2.6183	489.3072	3.2672	1003.7523	2.9326	707.5095
	15	3.0094	710.0971	3.4935	1224.9422	3.2391	932.5530
	35	3.4611	1092.1146	3.8167	1628.3778	3.6304	1330.2293
	75	3.9743	1766.4653	4.2379	2354.4023	4.1014	2034.9021
	100	4.1929	2159.0463	4.4285	2777.4810	4.3072	2444.2118
40	0	2.2893	357.6106	3.1239	883.1986	2.7118	579.5399
	5	2.6183	487.3071	3.2672	1001.7522	2.9326	705.5094
	15	3.0094	708.0970	3.4935	1222.9421	3.2391	930.5529
	35	3.4611	1090.1145	3.8167	1626.3777	3.6304	1328.2292
	75	3.9743	1764.4651	4.2379	2352.4021	4.1014	2032.9020
	100	4.1929	2157.0461	4.4285	2775.4808	4.3072	2442.2116

Table 6. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of ε and Q in the case where: $D_a = 0.5$, $L_e = 100$, $R_N = 0.1$, $N_A = 1$ and $N_B = 0.01$

ε	Q	free - free case (N=40)		rigid - rigid case (N=55)		rigid - free case (N=50)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
0.05	0	2.2893	172.6233	3.1239	698.2227	2.7118	394.5567
	5	2.6183	302.3223	3.2672	816.7795	2.9326	520.5294
	15	3.0094	523.1176	3.4935	1037.9752	3.2391	745.5788
	35	3.4611	905.1452	3.8167	1441.4211	3.6304	1143.2655
	75	3.9743	1579.5120	4.2379	2167.4621	4.1015	1847.9548
	100	4.1929	1972.1014	4.4285	2590.5494	4.3073	2257.2730
0.1	0	2.2893	272.6227	3.1239	798.2141	2.7118	494.5533
	5	2.6183	402.3201	3.2672	916.7686	2.9326	620.5238
	15	3.0094	623.1116	3.4935	1137.9600	3.2391	845.5689
	35	3.4611	1005.1318	3.8167	1541.3982	3.6304	1243.2479
	75	3.9743	1679.4865	4.2379	2267.4268	4.1015	1947.9248
	100	4.1929	2072.0696	4.4285	2690.5076	4.3072	2357.2366
0.9	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120

Table 7. The stationary instability threshold of the electrically conducting nanofluids for different values of D_a and Q in the case where: $\epsilon = 0.9$, $L_e = 100$, $R_N = 0.1$, $N_A = 1$ and $N_B = 0.01$

D_a	Q	free - free case (N=40)		rigid - rigid case (N=55)		rigid - free case (N=50)	
		a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}	a_c	R_{ac}
0.4	0	2.3043	295.6620	3.1258	716.3130	2.7187	473.3403
	5	2.6860	422.5605	3.2994	834.0015	2.9813	597.5983
	15	3.1160	636.0007	3.5628	1051.1000	3.3278	816.5975
	35	3.5986	1004.7450	3.9240	1443.5761	3.7540	1201.2681
	75	4.1385	1657.6441	4.3801	2147.1298	4.2556	1882.9004
	100	4.3672	2038.8425	4.5835	2557.1099	4.4726	2279.5743
0.5	0	2.2893	361.5107	3.1239	887.0988	2.7118	583.4401
	5	2.6183	491.2073	3.2672	1005.6525	2.9326	709.4096
	15	3.0094	711.9972	3.4935	1226.8424	3.2391	934.4531
	35	3.4611	1094.0148	3.8167	1630.2780	3.6304	1332.1295
	75	3.9743	1768.3655	4.2379	2356.3026	4.1014	2036.8024
	100	4.1929	2160.9465	4.4285	2779.3812	4.3072	2446.1120
0.8	0	2.2654	558.9203	3.1211	1399.4421	2.7012	913.6890
	5	2.4994	693.7725	3.2151	1519.3996	2.8509	1042.5909
	15	2.8101	929.9498	3.3747	1747.8561	3.0799	1279.2903
	35	3.1952	1341.9855	3.6219	2172.8140	3.3974	1704.6499
	75	3.6506	2066.8283	3.9684	2947.0324	3.8025	2461.6903
	100	3.8480	2486.5888	4.1314	3399.5032	3.9842	2900.5272

Generally the variation in the critical thermal Rayleigh number R_{ac} with the magnetic Chandrasekhar number Q is an increasing function whatever the value taken for the parameters N_B , L_e , R_N , N_A , ϵ and D_a , so the presence of the Lorentz forces allows us to reduce the effect of buoyancy forces, hence the magnetic Chandrasekhar number Q has a stabilizing effect. The above figures and tables confirm that the presence of friction on the horizontal walls is a factor producing the thermal stability of the system, such that:

$$R_{ac}^{rr} > R_{ac}^{rf} > R_{ac}^{ff}$$

Whatever the type of boundary conditions (free-free, rigid-free and rigid-rigid cases), we find graphically from Fig.2 and its corresponding table (Table 2) that there is no effect of the modified particle-density increment N_B on the convective instability for the nanofluids, this result may be explained by its low value ($N_B \sim 10^{-4} - 10^{-2}$) which appears only in the perturbed energy equation (29) as a product with the inverse of the Lewis number ($L_e \sim 10^2 - 10^3$) near the temperature gradient and the volume fraction gradient of nanoparticles, so the effect of this parameter on the onset of convection in the nanofluids will be very small. Hence, the contribution of Brownian motion and thermophoresis in the thermal energy equation (9) can be neglected. Rather, the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles directly enter in the equation (10) expressing the conservation of nanoparticles.

From Fig.3 and its corresponding table (Table 3), we conclude that an increase in the Lewis number L_e allows us to accelerate the onset of convection, hence this parameter has a destabilizing effect. Therefore, to ensure the stability of the system, we can use the nanofluids which are having a less thermal diffusivity.

From the expression of the concentration Rayleigh number R_N we can conclude that the use of nanoparticles which are having a small density or a low concentration allows us to stabilize the nanofluids (Fig.4 and Table 4). In this investigation, we find that an increase in the volume fraction of nanoparticles destabilizes the nanofluids, because an increase in this parameter, increases also the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles, which cause the destabilizing effect. This result confirms that the regular fluids are more stable than the nanofluids.

From Fig. 5 we find graphically that there is no effect of the modified diffusivity ratio N_A on the convective instability for the nanofluids. If we make a quantitative analysis of its corresponding table (Table 5), we find that an increase in the modified diffusivity ratio N_A allows us to decrease somewhat the critical thermal Rayleigh number R_{ac} , this result can be explained by the increase in the buoyancy forces which destabilizes the system.

From Fig.6 and its corresponding table (Table 6), we find that an increase in the value of the porosity ε allows us to increase also the critical thermal Rayleigh number R_{ac} , hence this parameter has a stabilizing effect, such that it delays the onset of convection in the porous mediums saturated by the nanofluids, this result indicates that the space occupied by the nanofluids in the porous medium has an important role on the thermal stability.

From Fig.7 and its corresponding table (Table 7), we find that an increase in the in the Darcy number D_a allows us to delay the onset of convection, this result indicates that the permeability of the porous medium K has a stabilizing effect, such that the nanofluids will be more stable in the non-porous mediums than in the porous ones.

4 CONCLUSIONS

In this paper, we have examined the effect of a uniform vertical magnetic field on the onset of Darcy-Brinkman convection in an electrically conducting nanofluid saturated a porous layer heated uniformly from below and cooled from above for free-free, rigid-rigid and rigid-free boundaries in the case where the volumetric fraction of the nanoparticles at the top wall is considered as greater than that of the bottom. The contribution of the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles in the equation expressing the buoyancy effect coupled with the conservation of nanoparticles has a major effect on the onset of convection compared with their contributions in the thermal energy equation such that we can considered the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles in the equation (9) have a second-order effect on the onset of convection.

The resulting eigenvalue problem is solved analytically and numerically using the power series method. The behavior of various parameters like the magnetic Chandrasekhar number Q , the modified particle-density increment N_B , the Lewis number L_e , the concentration Rayleigh number R_N , the modified diffusivity ratio N_A , the porosity ε and the Darcy number D_a on the onset of convection has been analysed in this study.

The principal results can be summarized as follows:

- The presence of the Lorentz forces allows us to stabilize the electrically conducting nanofluids, such that an increase in the magnetic Chandrasekhar number Q induces also an increase in the critical thermal Rayleigh number R_{ac} .
- The presence of friction on the horizontal walls is a factor producing the thermal stability of the system, where the rigid-rigid case is the more stable case compared with the rigid-free and free-free cases, such that:

$$R_{ac}^{rr} > R_{ac}^{rf} > R_{ac}^{ff}$$

- To ensure the stability of the system, we can use the nanofluids which are having a less thermal diffusivity, a low concentration of nanoparticles or consisting of less dense nanoparticles.
- An increase in the volume fraction of nanoparticles, in the buoyancy forces, in the Brownian motion or in the thermophoresis of nanoparticles allows us to destabilize the nanofluids.
- The regular fluids are more stable than the nanofluids.
- An increase either in the porosity ε or in the permeability of the porous medium K allows us to increase the critical thermal Rayleigh number R_{ac} . Hence, they have a stabilizing effect.
- The nanofluids are more stable in the non-porous mediums than in the porous ones.
- The used method to solve the magneto-convection problem in a Darcy-Brinkman porous medium gives more accurate results, because the absolute error of the obtained critical values which characterize the onset of convection is of the order of 10^{-5} , Hence, we can used our results as a reference to validate other results of the similar problems.

NOMENCLATURE**Symbols :**

a_x^*	Wave number in x^* direction (m^{-1})
a_y^*	Wave number in y^* direction (m^{-1})
a_c^*	Critical wave number (m^{-1})
D_B	Brownian diffusion coefficient (m^2/s)
D_T	Thermophoretic diffusion coefficient (m^2/s)
D_a	Darcy number
\vec{g}	Gravity field (m/s^2)
\vec{H}_0	Vertical magnetic field (T)
\vec{H}^*	Magnetic field (T)
K	Permeability of the porous medium
k_m	Effective thermal conductivity of Nanofluid (W/K.m)
L	Layer depth (m)
L_e	Lewis number
n^*	Growth rate of disturbances (s^{-1})
N_A	Modified diffusivity ratio
N_B	Modified particle-density increment
P^*	Pressure (Pa)
P_r	Prandtl number
P_{rm}	Magnetic Prandtl number
Q	Chandrasekhar number
R_a	Thermal Rayleigh number
R_{ac}	Critical Rayleigh number
R_M	Density Rayleigh number
R_N	Concentration Rayleigh number
\vec{V}^*	Velocity vector (m/s)
T^*	Temperature (K)
t^*	Time (s)
u^*, v^*, w^*	Velocity components (m/s)
V_a	Vadasz number
x^*, y^*, z^*	Cartesian coordinates (m)

Greek symbols :

α_m	Effective thermal diffusivity of nanofluid (m^2/s)
β	Thermal expansion coefficient of base fluid (K^{-1})
ε	Porosity of the medium
η	Resistivity of nanofluid ($\Omega.m$)
μ	Viscosity of nanofluid (Pa.s)
$\tilde{\mu}$	Effective viscosity of nanofluid (Pa.s)
μ_e	Magnetic permeability (N/A^2)
ρ_0	Fluid density at reference temperature (kg/m^3)
$(\rho c)_f$	Heat capacity of base fluid ($J/m^3.K$)
$(\rho c)_m$	Effective heat capacity of nanofluid ($J/m^3.K$)
$(\rho c)_p$	Heat capacity of nanoparticles ($J/m^3.K$)
χ^*	Volume fraction of nanoparticles

Superscripts :

*	Dimensional variable
'	Perturbation variable
ff	Free - Free case
rf	Rigid - Free case
rr	Rigid - Rigid case

Subscripts :

c	Cold
h	Hot
ac	Critical number
b	Basic solution
f	Base fluid
p	Nanoparticle

REFERENCES

- [1] S. Choi, "Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, in: D.A.Siginer, H.P. Wang (Eds.), Development and Applications of Non-Newtonian Flows," ASME FED-231/MD, vol. 66, pp. 99-105, 1995.
- [2] J. Buongiorno, "Convective transport in nanofluids," Journal of Heat Transfer, vol.128, pp.240-250, 2006.
- [3] D.Y. Tzou, "Thermal instability of nanofluids in natural convection," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.51, pp.2967-2979, 2008.
- [4] D.Y. Tzou, "Instability of nanofluids in natural convection", ASME Journal of Heat Transfer, vol.130, pp. 372-401, 2008.
- [5] D.A. Nield and A.V. Kuznetsov, "The onset of convection in a horizontal nanofluid layer of finite depth," European Journal of Mechanics B/Fluids, vol.29, pp.217-233, 2010.
- [6] A.V. Kuznetsov and D.A. Nield, "Thermal Instability in a Porous Medium Layer Saturated by a Nanofluid: Brinkman Model," Transp Porous Med, vol.81, pp.409-422, 2010.
- [7] D. Yadav, R. Bhargava and G.S. Agrawal, "Boundary and internal heat source effects on the onset of Darcy-Brinkman convection in a porous layer saturated by nanofluid," International Journal of Thermal Sciences, vol.60, pp. 244-254, 2012.
- [8] Ramesh Chand and G.C. Rana, "On the onset of thermal convection in rotating nanofluid layer saturating a Darcy-Brinkman porous medium," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.55, pp.5417-5424, 2012.
- [9] Dhananjay Yadav, R. Bhargava and G.S. Agrawal, "Numerical solution of a thermal instability problem in a rotating nanofluid layer," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.63, pp.313-322, 2013.
- [10] D.A. Nield and A.V. Kuznetsov, "Thermal instability in a porous medium layer saturated by a nanofluid: a revised model," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.68, pp.211-214, 2014.
- [11] Shilpi Agarwal, "Natural Convection in a Nanofluid-saturated rotating porous layer: a more realistic approach," Transp. Porous Med., vol.104, pp.581-592, 2014.
- [12] I.S. Shivakumara, M. Dhananjaya and Chiu-On Ng, "Thermal convective instability in an Oldroyd-B nanofluid saturated porous layer," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.84, pp.167-177, 2015.
- [13] A.Wakif , Z.Boulaia and R.Sehaqui, "A Realistic Approach for Studying the Effect of an Internal Heat Source on the Onset of Convection in a Newtonian Nanofluid Layer: rigid-rigid case," IOSR-Journal of Mathematics, vol.11, issue 5 , Ver. IV, pp.21-30, 2015.
- [14] A.Wakif and R.Sehaqui, "A Realistic Study of the Rayleigh-Bénard Problem in the Newtonian Nanofluids with a Uniform Heat Source: Free-Free Case," International journal of science and research (IJSR), vol.4, issue 10, p. 611-615, 2015.

- [15] A.Wakif , Z.Boulahia and R.Sehaqui, "An accurate method to Study the Rayleigh-Bénard Problem in a Rotating Layer Saturated by a Newtonian Nanofluid," International Journal of Innovation and Scientific Research, vol.20, issue 1 ,no.1, pp.25-37, 2016.
- [16] P.G. Siddheshwar and S. Pranesh, "Magneto-convection in a micropolar fluid," International Journal of Engineering Science, vol.36, issue 10, p. 1173-1181, 1998.
- [17] P.C.Biswal and A.R.Rao, "The onset of steady Bénard–Marangoni convection in a two-layer system of conducting fluid in the presence of a uniform magnetic field," J Eng Math, vol.35, pp.385-404, 1999.
- [18] B.S. Bhadauria, "Magnetofluidconvection in a rotating porous layer under modulated temperature on the boundaries," Journal of heat transfer, vol. 129, no 7, p. 835-843, 2007.
- [19] P.G. Siddheshwar, B.S. Bhadauria, Pankaj Mishra and Atul K. Srivastava, "Study of heat transport by stationary magneto-convection in a Newtonian liquid under temperature or gravity modulation using Ginzburg-Landau model," International Journal of Non-Linear Mechanics, vol.47, pp.418-425, 2012.
- [20] S. Chandrasekhar, Hydrodynamic and hydromagnetic stability, Oxford University Press, Oxford, 1961.
- [21] Urvashi Gupta, Jyoti Ahuja and R.K. Wanchoo, "Magneto convection in a nanofluid layer," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.64, pp.1163-1171, 2013.
- [22] Dhananjay Yadav, R. Bhargava and G.S. Agrawal, "Thermal instability in a nanofluid layer with a vertical magnetic field," J .Eng. Math, vol.80, pp.147-164, 2013.
- [23] Dhananjay Yadav, R. Bhargava, G. S. Agrawal, Gyeong S. Hwang, Jinho Lee and M. C. Kim, "Magneto-convection in a rotating layer of nanofluid," Asia-Pac. J. Chem. Eng., DOI: 10.1002/apj.1796.

Commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi : Acteurs, rentabilité, Contraintes et Perspectives

[Night commercialization of agricultural products in downtown Lubumbashi : Actors, profitability, Constraints and Perspectives]

Kesonga Nsele Maurice¹, Kirongozi Swedi¹, Tshomba Kalumbu John¹, Kilemba Mukangala Benjamin², Nkulu Masengo Luciens¹, and Nkulu Fyama Jules¹

¹Unité de recherche en Economie et Développement, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Katanga, RD Congo

²Unité de recherche en Nutrition, Amélioration Animale et Agropastoralisme, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Katanga, RD Congo

Copyright © 2016 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 center of Lubumbashi, the most urbanized space has now become a night market of agricultural and manufactured goods. That means it has now a double impact. On the one hand it degrades the beauty of the city and on the other hand, it allows the poor to fight against poverty and food insecurity. Thus, this article aims to identify the players involved in this activity, generate profitability, constraints and perspectives of actors. To achieve 67 Sellers were surveyed at 17:30 and 22:00 local time interval. The parameters analyzed are respectively: sociodemographic data (age, gender, marital status, educational level, occupation), invested capital, income, profitability, constraints and prospects. The results revealed that this activity is dominated by women (94.03%), married (64.18%) with a secondary level of study (61%), mean age 34 ± 13.3 years. These actresses are not head of their households (70.1%) and their household heads are unemployed (55.22%). In addition, they have the night trade as main activity (80%). The rate of return of this activity is 62,2%, police harassment remain the major constraint (90%) and the construction of a night market is their major perspective (72% of cases). Understanding this activity would receive a share of the dynamics of the actors through the role played by women in poor households in the urban context of Lubumbashi and also show the need to establish mechanisms regulation of night marketing of agricultural products.

KEYWORDS: night marketing, agricultural, Lubumbashi.

RESUME: Le centre-ville de Lubumbashi, l'espace le plus urbanisé est devenu actuellement un marché nocturne des produits agricoles et manufacturés. Cette situation a un double impact, d'une part elle dégrade la beauté de la ville et d'autre part, elle permet aux plus démunis de lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Ainsi, cet article vise à identifier les acteurs impliqués dans cette activité, dégager la rentabilité, les contraintes et les perspectives des acteurs. Pour y arriver 67 Vendeurs ont été enquêtés à l'intervalle de 17h30 à 22h00 heures locales. Les paramètres analysés sont respectivement : les données sociodémographiques (âge, genre, statut matrimonial, niveau d'étude, profession), le capital investi, le revenu, la rentabilité, les contraintes et les perspectives. Les résultats ont révélés que cette activité est dominée par les femmes (94,03%), mariées (64,18%) ayant un niveau d'étude secondaire (61%), l'âge moyen est de 34± 13,3 ans. Ces actrices ne sont pas chef de leurs ménages (70,1%) et leurs chefs de ménages sont chômeurs (55,2%). En outre, elles ont le commerce nocturne comme activité principale (80%). Le taux de rentabilité de cette activité étant de 62,2%, les tracasseries policières restent la contrainte majeure (90%) et la construction d'un marché nocturne constitue leur perspective majeure (72% de cas). La compréhension de cette activité, permettrait d'une part de percevoir la dynamique des acteurs à travers le rôle que

joue la femme dans les ménages pauvres dans le contexte urbain de Lubumbashi et d'autre part de montrer la nécessité de mettre en place des mécanismes de régulation de la commercialisation nocturne des produits agricoles.

MOTS-CLEFS: Commercialisation nocturne, Produits, agricoles, Lubumbashi.

1 INTRODUCTION

Caractérisée par un taux de pauvreté de 71,3 %, la République Démocratique du Congo (RDC) reste encore préoccupante face à la situation socioéconomique qui se dégrade et 87,7% de la population vit en dessous de 1,25 dollar par jour et par personne [1]. Cette situation couplée à l'exode rural et le chômage accru en milieux urbains dégrade davantage les conditions de vie des citoyens pauvres. Dans cet état, les ménages ont adopté des diverses stratégies pour faire face à la crise. Parmi les stratégies mises en places, il ya lieu de citer l'agriculture urbaine basée sur la production et la commercialisation qui est devenue une activité économique importante pour les pauvres [2]. Lubumbashi, deuxième ville de la R.D. Congo avec ses presque deux millions d'habitants [3], n'échappe pas à la croissance démographique urbaine observée dans de nombreux pays en développement. Les conflits armés qui sévissent dans l'Est du pays et la libéralisation de l'exploitation minière attirent beaucoup de personnes qui espèrent y trouver la paix, le travail, voire même la fortune ; malheureusement, le chômage touche toutes les couches de la population quel que soit le niveau d'instruction. Pour survivre ou améliorer les conditions de vie, la population est obligée de s'engager dans diverses activités informelles génératrices de revenus notamment : l'agriculture urbaine, les commerces, etc. Cependant le commerce des produits agricoles dans ladite ville est l'une des activités la plus pratiquée et génératrice des revenus au ménage où elle participe à 42 % comme source principale des revenus [4]. L'économie Lushoise se singularise par une grande précarité dans la mesure où les sources institutionnelles des revenus sont rares et les activités professionnelles très instables. Le lushois d'aujourd'hui ne peut plus s'assurer grâce à son salaire qui ne prend que 20% de ses revenus, mais bien grâce à toutes sortes d'activités informelles qui lui rapportent le principal. Un ménage moyen de Lubumbashi vit de 2 à 3 activités informelles [5]. Les espaces urbains n'apparaissent plus uniquement comme un endroit où se projettent les perceptions sociales, idéologiques et économiques, mais les groupes sociaux qui les occupent y trouvent comme un capital à investir, à exploiter et à rentabiliser [6]. Cet état des choses converge à la situation actuelle du centre-ville de Lubumbashi où ce dernier temps il est remarqué le développement de la commercialisation nocturne des produits agricoles malgré les risques d'insécurité. Cependant, rares sont les études ayant traité sur la commercialisation des produits agricole à Lubumbashi, encore moins la commercialisation nocturne. Eu égard à ce qui précède, ce travail a pour but de faire une analyse sur la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi. Pour y arriver, les objectifs spécifiques suivants sont poursuivis: identifier les acteurs impliqués, dégager la rentabilité de cette activité, les contraintes et les perspectives des acteurs.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU

Lubumbashi est une ville de la RDC située au sud-est du pays où elle remplit les fonctions du chef-lieu de la province du Haut Katanga dans la configuration actuelle. Province connue pour la présence de plusieurs gisements miniers de cuivre et de cobalt [7]. Avec sa population d'environ deux millions d'habitants [3], La ville de Lubumbashi, métropole aux activités économiques diverses, est la deuxième ville de la RDC. Elle se trouve à 1.224 m d'altitude moyenne, à 11°40' de latitude sud et 27°8' de longitude Est. Du point de vue climat régional, Lubumbashi et ses environs est caractérisés par une température annuelle de 20°C. Son régime pluviométrique est caractérisé par une saison de pluies (novembre à avril), une saison sèche (mai à septembre) avec deux mois de transition (octobre et avril). Lubumbashi à l'époque Elisabethville, doit son origine et son développement à la découverte d'importants gisements de cuivre. A Lubumbashi, la fonction commerciale est considérable. Elle est répartie dans toutes les communes (Kamalondo, Rwash, Kampemba, Lubumbashi, Kenya, annexe et Katuba) (figure 1). Cependant, il convient de signaler que c'est dans la commune de Lubumbashi et plus précisément au centre-ville que se concentrent les activités commerciales et administratives [8]. La ville compte sept communes dont le nombre de grands marchés et les petits s'élève à 30[9]. Dans le cadre de cette étude, les vendeurs enquêtés sont ceux de la commercialisation nocturne au centre-ville.

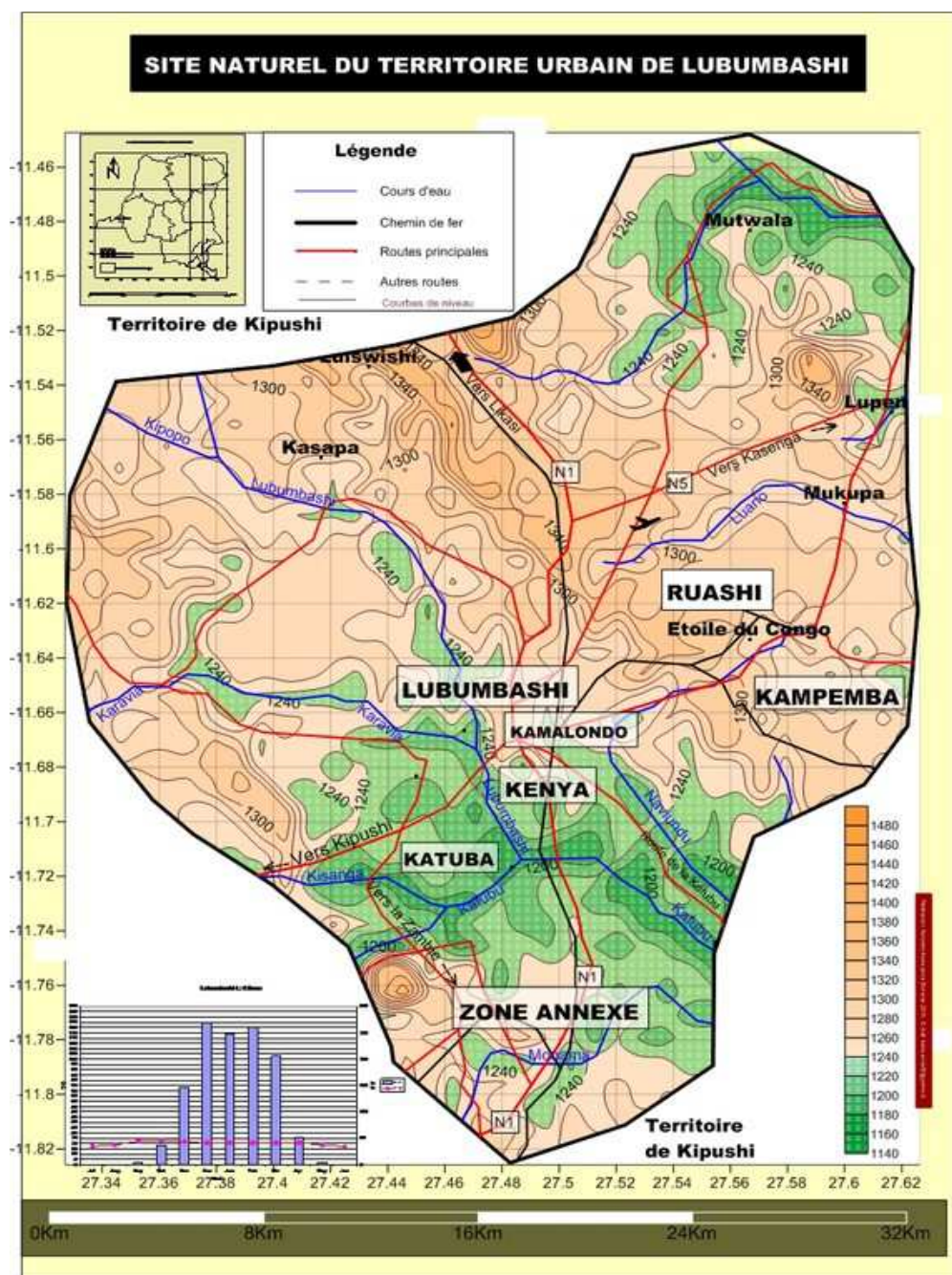


Figure 1. Centre urbain de Lubumbashi et ses communes

2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données utilisées dans cette étude sont issues d'une enquête menée du Mars au Mai 2015, portant sur 67 Vendeurs nocturnes des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi à l'intervalle de 17h30' à 22h00' heure locale. Les données collectées ont été recueillies au moyen d'un questionnaire à questions ouvertes et fermées. En outre, une observation participative a permis de percevoir les activités réalisées sur terrain. Le questionnaire portait sur les caractéristiques sociodémographique entre autres : le sexe, l'âge, le niveau d'étude, l'ancienneté, l'activité principale des acteurs et secondaire, l'activité du chef de ménage, et sur les aspects économiques comme : le capital de l'investissement des acteurs, le revenus, le profit, le taux de rentabilité de l'activité, les contraintes et les perspectives. Après le dépouillement, les données ont été saisies à l'Excel et l'analyse descriptive était faite sur base du Langage R version 2.15.0. Pour calculer le profit étant la motivation économique de ces acteurs, la formule utilisée est la suivante $profit = \text{revenus} -$

investissement total[10]. Et la rentabilité financière étant le rapport entre le profit réalisé et l'investissement ; a été déterminée à l'aide de la formule : $Rentabilité = \frac{Profit\ réalisé}{Capital\ investi} \times 100$ [11].

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ACTEURS IMPLIQUÉS DANS LA COMMERCIALISATION NOCTURNE DES PRODUITS AGRICOLES

Le tableau 1 suivant met en évidence les caractéristiques socio-démographiques des acteurs dans la commercialisation nocturne des produits agricoles dans le contexte de la ville de Lubumbashi.

Tableau 1. Profil des vendeurs nocturnes des produits agricoles dans le milieu d'étude

Sexe en %		Etat civil en %				Niveau d'étude en %			
Femmes	Hommes	Célibataire	Marié	Veuf	Divorcé	Primaire	Secondaire	Sans niveau	Professionnel
94,0	5,9	16,4	64,1	14,4	4,4	13,4	61,1	14,9	10,4
Age (ans)			Taille de ménage			Ancienneté (ans)			
Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	
11	34,8 ± 13,3	66	2	7 ± 3	13	1	6,8 ± 1	25	
Statut (%)		Activité Principale (%)				Activité Secondaire (%)			
Chef de Mé.	Pas chef de Mé.	Commerce Nocturne		Commerce diurne		Commerce diurne		Agriculture	
20,9	79,1	80		20		8,9		91,0	
Activité des chefs des Ménages (%)									
Chômeur	Commerçant	Agriculteur		Fonctionnaire de l'état		Privé		Artisan	
55,2	4,4	8,9		7,4		5,9		17,9	

Les résultats de cette étude montrent que la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est une activité dominée par les femmes (94,0%), généralement mariées (64,1%) ayant un niveau d'étude secondaire (61,1 %). De ce même tableau, il ressort que les acteurs impliqués dans la commercialisation nocturne des produits agricoles ont généralement un âge moyen de 34,8 ± 13,3 ans, oscillant entre 11 ans et 66 ans. La taille moyenne de leur ménage étant de 7 ± 3 personnes et ayant 6,8 ± 0,9 ans d'expérience dans cette activité. En outre, les résultats montrent que 79,1% des enquêtés ne sont pas chefs de leurs ménages et que la commercialisation nocturne est à 80% leur activité principale et l'agriculture périurbaine à 91,0% comme activité secondaire. Enfin, près 55,2% des chefs des ménages des vendeurs nocturnes des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi sont chômeurs, 17,9% artisan, 8,9% agriculteur, 7,4% fonctionnaire de l'état et 5,9 évoluent dans les privés.

3.2 ANALYSE DE LA COMMERCIALISATION NOCTURNE

3.2.1 PRINCIPALES RAISONS DE LA COMMERCIALISATION NOCTURNE

Le graphique 2 ci-dessous présente les raisons principales sur les choix de la commercialisation nocturne des produits agricoles dans le centre-ville de Lubumbashi.

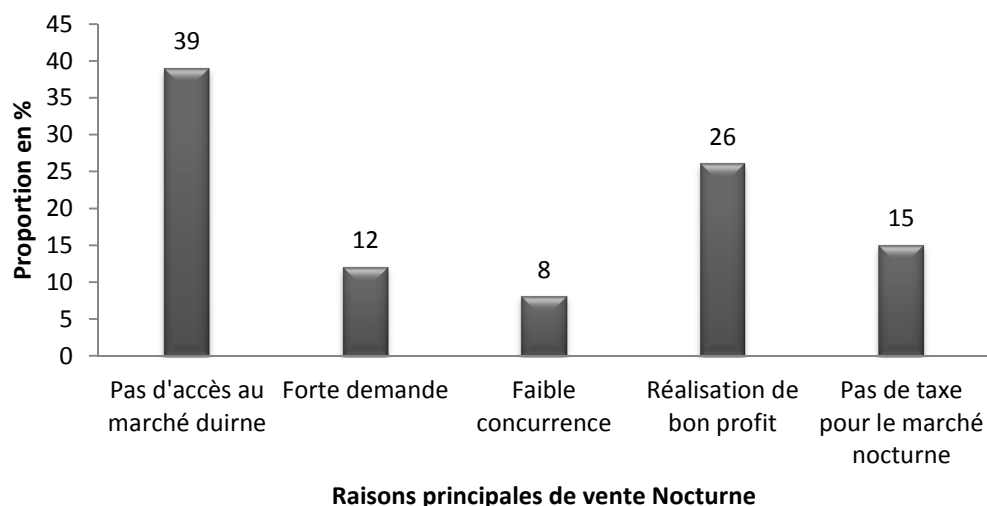


Figure 2. Raisons principales de la commercialisation nocturne à Lubumbashi

De la figure 2 ci-haut, il ressort que 39% des acteurs impliqués dans cette activité évoquent le manque d'accès aux marchés diurnes comme raison principale. D'une part suite à leurs faibles capitaux d'investissement et d'autre part aux exigences dont présentent les processus d'accès à ces marchés. En outre, 26% attestent que la commercialisation nocturne leur permet de réaliser un bon profit. 15% présente l'absence des taxes dans ces commerces, 12% présente la forte demande des produits agricoles la nuit par les consommateurs et 8 % la faible concurrence dans la commercialisation nocturne.

3.2.2 SITES D'APPROVISIONNEMENT DES PRODUITS AGRICOLES

La figure 3 ci-dessous met en évidence la répartition des enquêtés selon leurs sites d'approvisionnement.

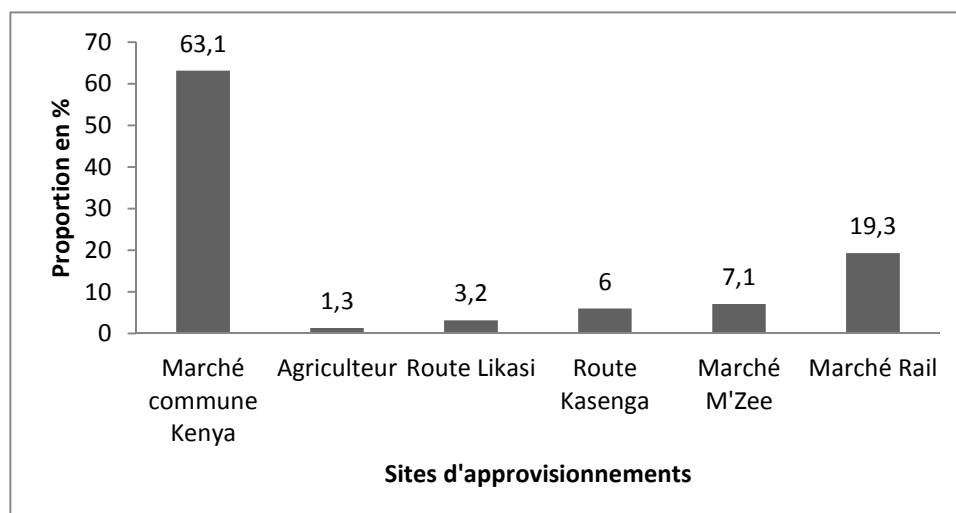


Figure 3. Répartition des enquêtés selon leurs sites d'approvisionnement

Les résultats montrent que 63,1% s'approvisionnent au marché commune Kenya ; 1,3% auprès des agriculteurs périurbains ; 3,2% sur la route Likasi (entrée de la ville) ; 6% sur la route Kasenga ; 7,1% au marché M'zée et 19,3% au marché Rail. Ainsi, les marchés Kenya et Rail constituent les deux principaux sites d'approvisionnement des produits agricoles pour les vendeurs nocturnes dans la ville de Lubumbashi.

3.2.3 REPARTITION DES ENQUETES SELON LEUR FREQUENCE D'APPROVISIONNEMENT

La figure 4 ci-dessous présente la répartition des enquêtés selon leur fréquence d'approvisionnement en produits agricoles.

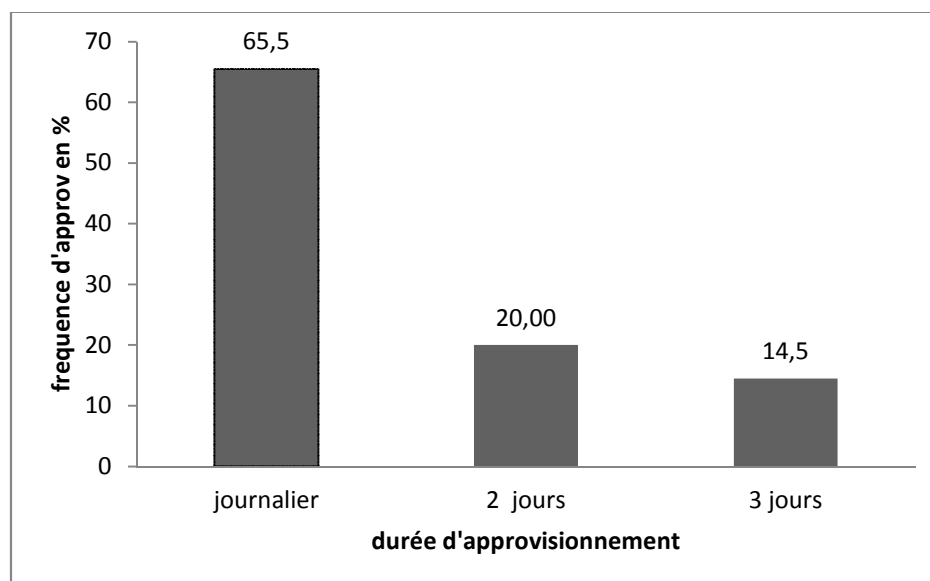


Figure 4. Durée d'approvisionnement en produits agricoles

Il ressort de ce graphique ci-haut que 65,5% des enquêtés s'approvisionnent quotidiennement, 20% d'entre eux chaque deux jours après et 14,5% tous les trois 3 jours après.

3.3 CAPITAL INVESTI ET REVENU DES ACTEURS

Le tableau 2 présente le capital d'investissement ainsi que les revenus générés par la commercialisation nocturne des produits agricoles dans le contexte socioéconomique de la ville de Lubumbashi.

Tableau 2. Le capital d'investissement et les revenus des enquêtés

Capital investi en CDF			Revenus en CDF		
Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
2000	14440±14118	67200	4500	23427±20749	95000

Le tableau ci haut indique que les acteurs engagés dans la commercialisation des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi ont 14440±14118 Franc congolais comme capital moyen d'investissement, 23427 ±20749 Franc congolais comme revenus moyen après-vente sur une période de un à trois jours d'investissement.

Tableau 3. Profit et taux de rentabilité de commerce nocturne

Profit en CDF			Taux de rentabilité (%)
Minimum	Moyenne	Maximum	62,2
2200	8986±7277	34500	

Le tableau ci haut montre que le profit moyen de vendeur est de 8986±7277 et le taux de rentabilité de la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est de 62,2 %.

3.3.1 CONTRAINTES PERÇUES DANS LA COMMERCIALISATION NOCTURNE

Tenant compte des contraintes que présente la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi, les résultats statistiques révèlent que 90% subissent les tracasseries policières comme contrainte majeure et 10% présente les voles.

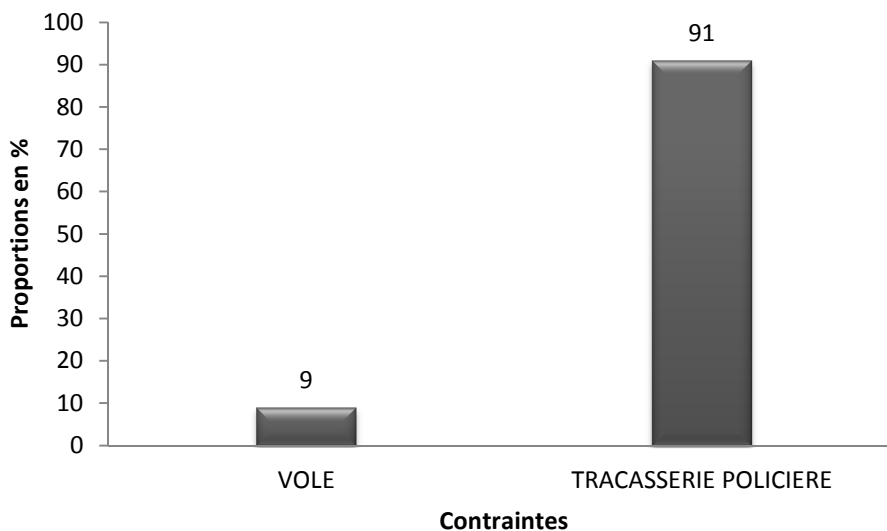


Figure 5. Répartition des enquêtés selon leurs contraintes

3.3.2 PERSPECTIVE DE LA COMMERCIALISATION NOCTURNE DES PRODUITS AGRICOLES

La figure 6 ci-dessous présente les perspectives des acteurs dans la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi.

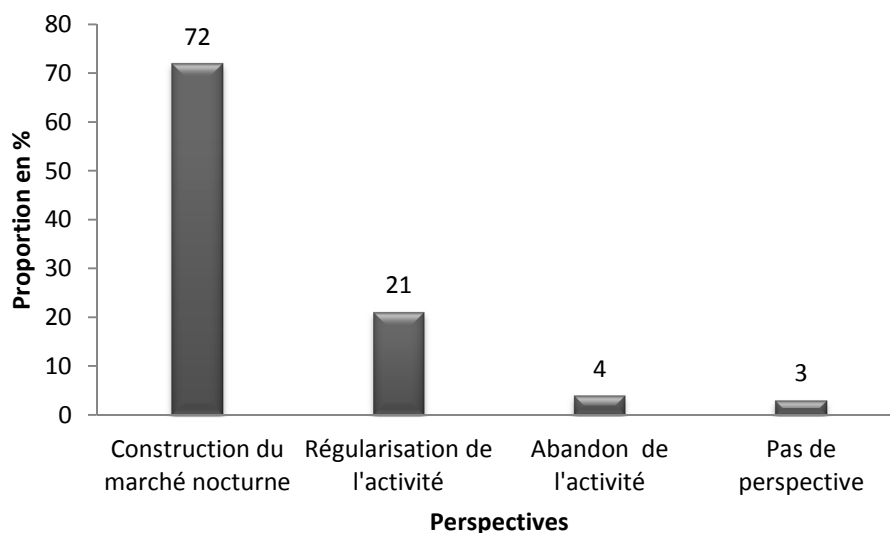


Figure 6. Répartition des enquêtés selon leurs perspectives

Il y ressort que 72% des vendeurs impliqués souhaitent que les autorités administratives doivent permettre l'ouverture ou la construction d'un marché nocturne au centre-ville de Lubumbashi, 21% pensent à la régularisation de cette activité, 4% envisagent abandonner cette activité et 3% ont manqué des perceptives.

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent que la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est une activité féminine. Généralement ces actrices sont mariées et ayant un niveau d'étude secondaire (Tableau 1). Cette situation a été aussi constatée dans la même ville (Lubumbashi) et Kinshasa, avec respectivement 93,3% [12], et 95 % des femmes actrices de niveau primaire [11]. En outre, Le niveau d'étude secondaire à 61,1% des actrices convergent aux résultats trouvés au Benin où elles constituaient également la majorité des vendeurs dans la commercialisation des produits agricoles. Les femmes occupent une proportion de 94% dans cette activité et la plupart de ces actrices ont un niveau d'instruction relativement bas, environ 59% n'ont aucun niveau d'instruction [13]. Les mêmes résultats ont été confirmés au nord du Cameroun où les femmes sont grandement majoritaires dans la commercialisation des légumes feuilles dans la ville de Maroua où elles représentent 61,6% [14]. Les résultats ont montré en outre que les acteurs impliqués dans la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi sont généralement des personnes de deuxième âge dont l'âge moyen étant de $34,8 \pm 13,3$ ans. Ces résultats vont dans le même sens que ceux trouvés au Benin dans l'étude sur le financement de la commercialisation des produits agricoles dont les acteurs impliqués étaient des personnes de deuxième âge (39 ans) ayant une expérience moyenne de 15 ans. Par rapport à l'ancienneté, cette situation semble être différente à la nôtre, par le simple fait que la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est une activité informelle et nouvellement constatée au centre-ville. Une étude menée à Lubumbashi sur les stratégies de survie montre que la taille moyenne de ménage à Lubumbashi est de 7 personnes par ménage [7]. Les résultats de cette étude révèlent que 55,2% des chefs des ménages des vendeurs nocturnes des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi sont chômeurs, 17,9 % artisan, 8,9% agriculteur, 7,4% fonctionnaire de l'état et 5,9 évoluent dans les privés. Ces résultats ont été constatés en République démocratique du Congo où le chômage affecte davantage les hommes que les femmes quelque soit les milieux. Dans les milieux urbains, 59,3% des hommes sont chômeurs [15]. Ces mêmes résultats ont été observés à Lubumbashi où on démontre que la ville est constituée d'un nombre élevé de sans-emplois et dont 10% seulement sont salariés. [7]. Les résultats de cette étude ont montré que la commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est rentable à 62,2%, un taux élevé par rapport à celui trouvé (47%) dans une autre étude menée dans cette même ville (Lubumbashi) [12]. Cette situation peut être expliquée par le fait que, la commercialisation nocturne des produits agricole au centre-ville de Lubumbashi est caractérisée par l'absence des taxes, une forte demande et la fixation des prix est discriminatoire.

5 CONCLUSION

La commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi est une activité rentable et lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire des ménages des acteurs impliqués par les profits que génère cette activité. Pratiquée par les femmes mariées ayant un niveau d'étude secondaire et évoluant dans les ménages à grande taille où les chefs des ménages sont généralement hommes et chômeurs, cette activité permet d'une part de percevoir la dynamique des acteurs à travers le rôle que joue la femme dans les ménages pauvres dans le contexte urbain de Lubumbashi et d'autre part de monter la nécessité de mettre en place des mécanismes de régulation de la commercialisation nocturne des produits agricoles. Cependant, la grande difficulté dans cette activité est liée aux tracasseries policières et les acteurs impliqués suggèrent la construction d'un marché nocturne au centre-ville de Lubumbashi comme perspective.

REFERENCES

- [1] PNUD, Rapport sur le Développement Humain 2013, L'essor Du Sud : Le Progrès Humain Dans Un Monde Diversifié, p 172, 2013
- [2] P.B. MPANZU, Commercialisation des produits vivriers paysans dans le Bas-Congo (R.D.Congo) : contraintes et stratégies des acteurs, dissertation originale, Gembloux Agro-Bio Tech, pp.229, 2012
- [3] Rapport annuel exercice Ministère de l'intérieure décentralisation et sécurité : province de Katanga ville de Lubumbashi, 2007.
- [4] H. Kalenga, N. Moula, J-C. Kashala, S. Vandenput: Activités Agricole familial dans la Ville de Lubumbashi (R.D. Congo), 2nd scientific Meeting of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Belgium, November 19, 2012
- [5] PETIT, Pierre (éd), Lubumbashi : La situation des ménages dans une économie de précarité, Rapport de recherche effectuées durant la première session des travaux de l'observation de changement urbain en juin-octobre 2000, université de Lubumbashi, pp195, 2001.

- [6] HILGERS M. « Du quartier au secteur, l'évolution des limites urbaines au Burkina Faso ». *Espaces et Sociétés*, p 122, 2005
- [7] C, Nkuku, M. Rémon, *Stratégies de survie à Lubumbashi (RD Congo)*. Enquête sur 14000 ménages urbains, Archive congolaise, l'Harmattan, Paris, 2006
- [8] M. kamena K., K.K. kilunda et S. Mutete, *Approches de la criminalité dans la ville de Lubumbashi, observatoires du changement Urbain*, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RDC, 168p, 2004
- [9] Mujinga, W., Lwamba, J., Mutala, S. et Hüsken, S.M.C. (2009), « Inventaire des espèces de poisson disponibles sur les marchés urbains de Lubumbashi, République Démocratique de Congo. Programme Régional les pêches et le VIH/SIDA en Afrique : Investir dans les solutions durables. The WorldFishCenter. Project Rapport 1982.
- [10] I. Bombembu et B. Imba, « Contribution à l'étude de commercialisation des produits agricoles (manioc et maïs) dans la localité Widjifake-Mbandaka (Equateur) – Zaïre », *Tropicultura*, 1991, 9,1, pp 26-29
- [11] ACF, *Rapport d'étude sur l'agriculture périurbaine (maraichage) de kinshasa, Action contre la Faim*, pp 79, 2009.
- [12] Mushagalusa Balasha Arsène, Birindwa Vumba Patient, Byamungu Barhasima Frederic, Kirongozi Swedi, and Mujinga Kaoma Modeste, " Commercialisation des choux à Lubumbashi : Acteurs, rentabilité et contraintes", *International Journal of Innovation and AppliedStudies*, vol.15, no.1, pp 96-101, 2015
- [13] Patrice Y. ADEGBOLA et Alphonse G. SINGBO, *étude sur le financement de la commercialisation des produits agricoles au Bénin*, FAO, AGSF, pp 6, 2005
- [14] O.P. Madi, Sali Bourou, Woin Noé, " utilisations et importances socio-économiques du moringaoleiferaLam. En zone de savanes d'Afrique Centrale. Cas de la ville de Maroua au Nord-Cameroun," *Journal of Applied Biosciences* 60 :pp.4421-4432,2012
- [15] Timothée MAKABU MA NKENDA, Martin MBA, Constance TORELLI : *L'emploi, le Chômage et les Conditions d'activité en République Démocratique du Congo : Principaux résultats de la phase 1 de l'Enquête 1-2-3 2004- 2005*, DIAL- 4, rue d'Enghien-75010 Paris, pp58, 2007.

LES IGNAME, « YUYA », DE LA PROVINCE DU PASSORÉ AU BURKINA FASO

Djakaridia TIAMA¹, Jeanne ZOUNDIHEKPON², Pauline BATIONO KANDO¹, Nerbewendé SAWADOGO¹, Baloua NEBIE¹⁻³, Romaric K. NANEMA¹, Ernest R. TRAORE¹, Issouffou TAO¹, Mahamadou SAWADOGO¹, and Jean-Didier ZONGO¹

¹Laboratoire Biosciences de l'Université de Ouagadougou, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes, Burkina Faso

²Laboratoire de Génétique Ecologique de l'Université Abomey Calavi, Burkina Faso

³International Crops Research Institute for Semi-Tropics (ICRISAT MALI), Burkina Faso

Copyright © 2016 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: Northern Burkina Faso, was once a region where yams "yùyà" were highly produced. Nowadays this culture is endangered. However, some varietal groups are still grown in this part of the country without a precise knowledge of its culture area. "Nyù" also called "yams of Passoré" is one of this group. The present study was initiated to know the growing areas of these yams, and the uses made of them. A survey conducted in 13 villages in the province Passoré has shown that "yùyà" play several roles in both foods, medicines and also socio-economic important. The current growing areas of "yùyà" span five departments of the province (Arbollé, Kirsi, Bokin, Gomponsom, Yako). Producers distinguish cultivars of the "yùyà" on the basis of phenotypic characteristics such as length, shape and color of fresh tubers and the existence of a bloom. Soil fertilization is done by the use of organic manure, but also by chemical fertilizer in small proportions.

KEYWORDS: yam, farmer characterization, yùyà, Passoré, Burkina Faso.

RESUME: Le nord du Burkina Faso, était jadis une région de forte production des ignames « yùyà ». Mais de nos jours, cette culture est en voie de disparition. Néanmoins, quelques groupes variétaux des ignames « yùyà » comme le « nyù » encore appelé « ignames du Passoré » y sont toujours cultivés, sans une connaissance précise de l'étendue de leur zone de culture. Afin de contribuer à une meilleure connaissance des zones de culture de ces ignames et des usages qui en sont faits, une enquête a été menée dans de la province du Passoré. Les résultats obtenus montrent d'une part, que les « yùyà » jouent plusieurs rôles importants sur les plans alimentaire, médicinal et socio-économiques et, d'autre part, que les zones actuelles de culture de « yùyà » s'étendent sur cinq départements (Arbollé, Kirsi, Bokin, Gomponsom et Yako) de la province. La distinction des cultivars des ignames « yùyà » par les producteurs est essentiellement basée sur les caractères agromorphologiques tels que la longueur, la grosseur des tiges, la forme des feuilles, la forme et la couleur des tubercules frais, ainsi que l'existence d'une floraison. La fumure organique est le principal fertilisant utilisé comparativement à l'engrais chimique.

MOTS-CLEFS: igname, caractérisation paysanne, yùyà, Passoré, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Les ignames sont des monocotylédones de la famille des Dioscoréacées et du genre *Dioscorea*. Le genre *Dioscorea* regroupe plus de 602 espèces dont dix sont cultivées dans les régions tropicales. En Afrique de l'Ouest parmi les ignames cultivées, selon les travaux de [1] et [2] ce sont le complexe *Dioscorea cayenensis-D. rotundata* et les espèces *Dioscorea alata*, *Dioscorea dumetorum*, *Dioscorea bulbifera* et *Dioscorea esculenta* qui y généralement sont rencontrées. Au Burkina Faso, les zones favorables à la culture de l'igname sont les régions du Sud et du Sud-Ouest. Ces régions qui sont mieux

arrosées produisent environ 75% de la production nationale [3], [4]. Cependant, dans la région du Nord, zone moins arrosée et non propice à certaines cultures exigeantes en eau, un groupe d'ignames communément appelé « yùyà » et en particulier celle appelée « igname de Pilimpikou » [5], [6] ou « igname de Bolgo » ou « igname de Arbolle » y est exclusivement cultivée. Il diffère des autres types d'ignames cultivés dans le Sud et le Sud-Ouest du pays par la forme de ses tubercules, ses propriétés organoleptiques, ses vertus médicinales et son cycle de développement. Malgré ses nombreux avantages, les ignames du nord sont moins connues, tant à l'échelle nationale qu'internationale. De nos jours, la perturbation climatique, la dégradation des sols, le manque de semenceaux, les attaques parasitaires et le mode de conservation des tubercules menacent sa disponibilité.

La production et l'utilisation des « yùyà » par les populations locales seraient fondées sur des savoirs traditionnels en rapport avec ses vertus. En outre, les savoirs locaux sur la classification des « yùyà » selon leurs aspects morphologiques et leurs lieux de culture, peuvent aider à mieux caractériser les ressources génétiques d'ignames disponibles dans le Passoré.

La valorisation et la vulgarisation seraient des moyens efficaces pour la sauvegarde de cette ressource génétique.

L'étude a pour objectifs de connaître : (i) les zones de culture des « yùyà » (ii) les techniques culturales utilisées par les paysans (iii) la diversité paysanne des « yùyà » (iv) les savoirs paysans sur le mode de gestion de la plante.

2 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans la province du Passoré. Cette province est située à 100 km au nord de Ouagadougou, et s'étend sur une superficie de 3 867 km² entre 26°11'30.933' de latitude Nord et 120°10'59.997 de longitude Ouest [7]. La province compte 9 départements dont cinq (Yako, Téma-Bokin, Kirsi, Arbolle et Gomponsome) sont producteurs des ignames « yùyà » (Figure 1). La végétation est une savane sèche et le climat est de type soudano-sahélien chaud. La pluviométrie annuelle varie entre 400 à 600 mm. Les sols du Passoré sont majoritairement des sols ferrugineux tropicaux lessivés, comme 85 % des sols du pays (FAO, 1980).

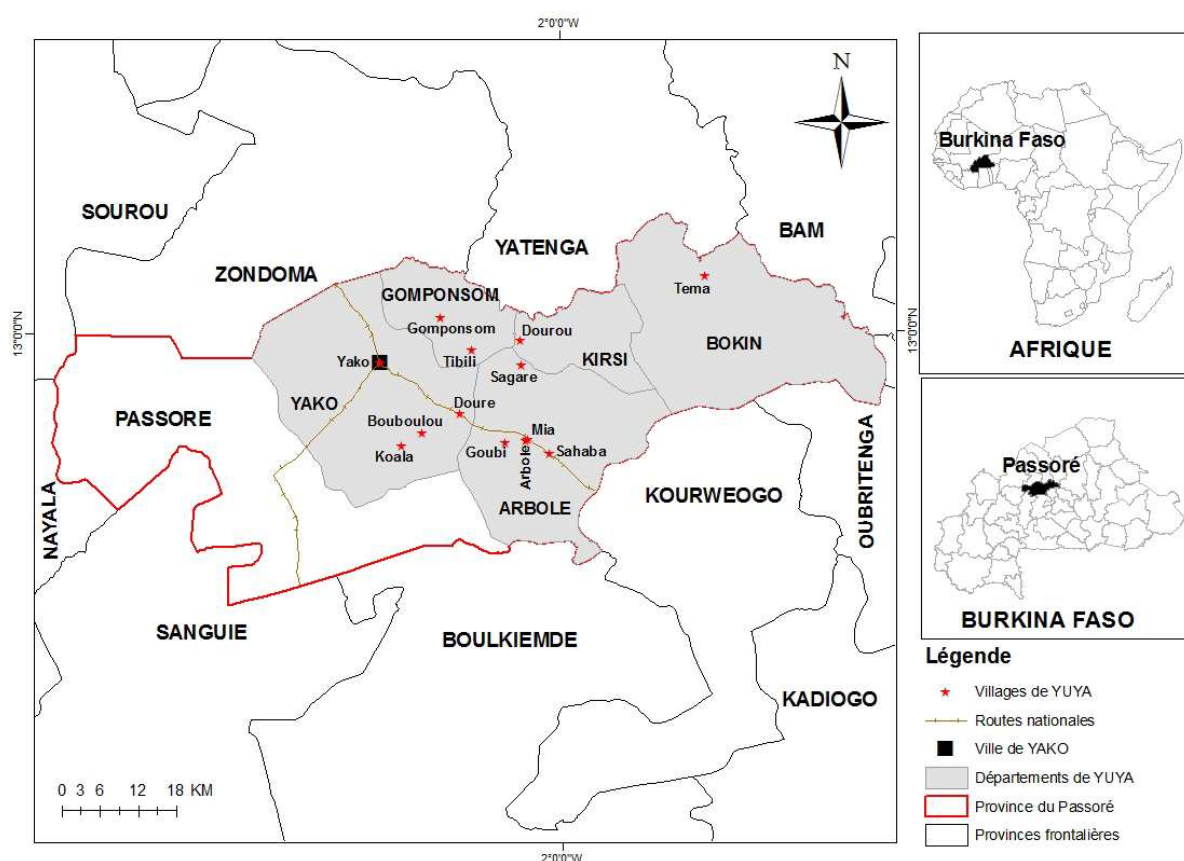


Figure 1 : Localisation des zones de culture des ignames « yùyà » dans la province du Passoré

3 METHODOLOGIE

3.1 ENQUÊTE

L'étude conduite avec l'aide des paysans, des agents du Ministère de l'agriculture, notamment les chefs des zones d'appui technique (ZAT) et les membres de l'Association pour le Développement du Département de Arbolle (ADDA) a concerné toutes les couches sociales des cinq départements (les chefs de village, les maires, les paysans, les consommateurs, les transformatrices et les vendeuses). Un guide d'entretien semi-structuré a été utilisé pour les enquêtés. Les données collectées ont porté sur le matériel végétal (origine des ignames, appellations locales, cycles des cultivars, techniques culturales), les différents usages (alimentaire, médicinal, culturel, socio-économique) et les méthodes de conservation des tubercules.

L'enquête formelle a reposé sur un échantillon aléatoire de cent soixante dix huit (178) personnes dont cent vingt huit (128) producteurs d'ignames. Toute l'enquête s'est déroulée pendant la période de la récolte des ignames dans la Passoré (Décembre-janvier).

3.2 ANALYSE STATISTIQUE

Le calcul des moyennes des données quantitatives a été fait avec le logiciel Excel. La détermination du taux de producteurs possédant les différents morphotypes (*boussa*, *waogo* et *nyù*) a été estimée selon la formule, $f = S/N \times 100$.

Avec : S le nombre de personnes cultivant un morphotype donné et N le nombre total de producteurs enquêtés.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 DIVERSITÉ PAYSANNE DES « YÛYÀ »

Dans la province du Passoré, le nom vernaculaire « *yùyà* » est attribué aux ignames cultivées. Trois morphotypes sont pourtant recensés sur la base des caractères morphologiques de l'appareil végétatif par les producteurs. Ce sont :

- le « *nyù* », caractérisé par un tubercule long, mince et fragile (Photo 1A), une tige « *miougou* » de couleur rouge très épineuse, des feuilles dures et épaisses de couleur vert-foncé « *sablaaga* » (noire). Ce morphotype est rencontré chez tous les producteurs (Tableau 1). Il est typique de la province du Passoré et s'adapte mieux aux faibles pluviométries;
- le « *boussa* » ou « *coû* », caractérisé par un gros tubercule, court et trapu (Photo 1B). La tige est grosse, épineuse, les feuilles moins épaisses comparativement à celles de « *nyù* ». Ce morphotype serait introduit dans la province par des migrants venus de la Côte d'Ivoire, du Bénin, du Togo et du Ghana. Il a été retrouvé chez 15,16% des producteurs;
- le « *waogo* », caractérisé par un gros tubercule de couleur noire lorsque les conditions de culture sont favorables (Photo 1C), des feuilles larges et retombantes donnant l'aspect d'un masque d'où le nom « *waogo* » en langue nationale « *mooré* » qui signifie « masque ». Ce morphotype a été observé dans les départements de Kirsi (Gnongnonko, Dourou), Yako (Bouboulou, Koala). Très exigeant en eau pour la culture et difficile à conserver les tubercules, sa culture est pratiquée par une minorité de producteurs (3,05 %).



A : Tubercules de « nyù »



B : Tubercules de « boussa »



C : Tubercules de « waogo »

Photo 1 : Différents morphotypes d'ignames cultivés dans la province du Passoré

Tableau I : Distribution des morphotypes d'ignames cultivés par les producteurs dans la province du Passoré

Morphotypes	Nombre de producteurs	F=Fréquence (%)
<i>Boussa</i>	19	15,16
<i>waogo</i>	4	3,05
<i>Nyù</i>	128	100

4.2 GESTION DE LA DIVERSITE VARIETALE DES IGNAME DANS LE PASSORE

La province du Passoré compte 9 départements dont cinq (Yako, Téma-Bokin, Kirsi, Arbolé et Gomponsome) sont producteurs des ignames «yùyà ». Le nombre de producteurs varie selon les villages (Tableau 2). La culture de l'igname dans le Passoré est ancestrale et généralement pratiquée par les hommes d'une moyenne d'âge de 53 ans. La majorité des producteurs, 62,79% a un âge supérieur à la moyenne (figure 2). Le village de Dourou (département de Kirsi) enregistre le maximum de producteurs. Généralement, les tubercules servant à l'ensemencement des champs viennent de l'héritage familial. Les autres modes d'acquisition des cultivars, sont les échanges entre paysans et les achats sur les marchés locaux. A Bokin, les paysans ayant perdu leurs variétés ancestrales, ont repris la culture des ignames ces dernières années, à travers les cultivars provenant de Dourou.

Tableau II : Distribution du nombre de producteurs d'ignames en fonction des villages de la province du Passoré

Départements	Villages	Nombre de producteurs
Arbolé	Goubi	3
	Mia	15
	Seko	6
	Saaba	2
	Nabitenga	5
	Saagré	3
Kirsi	Dourou	65
Gomponsome	Tibili	9
	Gnangnonko	7
Téma-bokin	Notatenga	1
Yako	Bouboulou	5
	Koala	10
	Douré	2
5	13	128

Les femmes en général, s'occupent uniquement de la vente des tubercules qui peuvent être crus, bouillis ou transformés. Elles se rendent aux champs pour l'achat ou le ravitaillement. Le Tableau 3. présente la répartition des producteurs des ignames du Passoré suivant le sexe et l'âge.

Tableau III : Répartition des principaux acteurs de la production des ignames du Passoré selon le sexe et l'âge

Acteurs	Effectifs	Tranches d'âges		
		Minimum	Moyenne	Maximum
Hommes	127	29	53	79
Femmes	1	28	28	28
Total	128	-	-	-

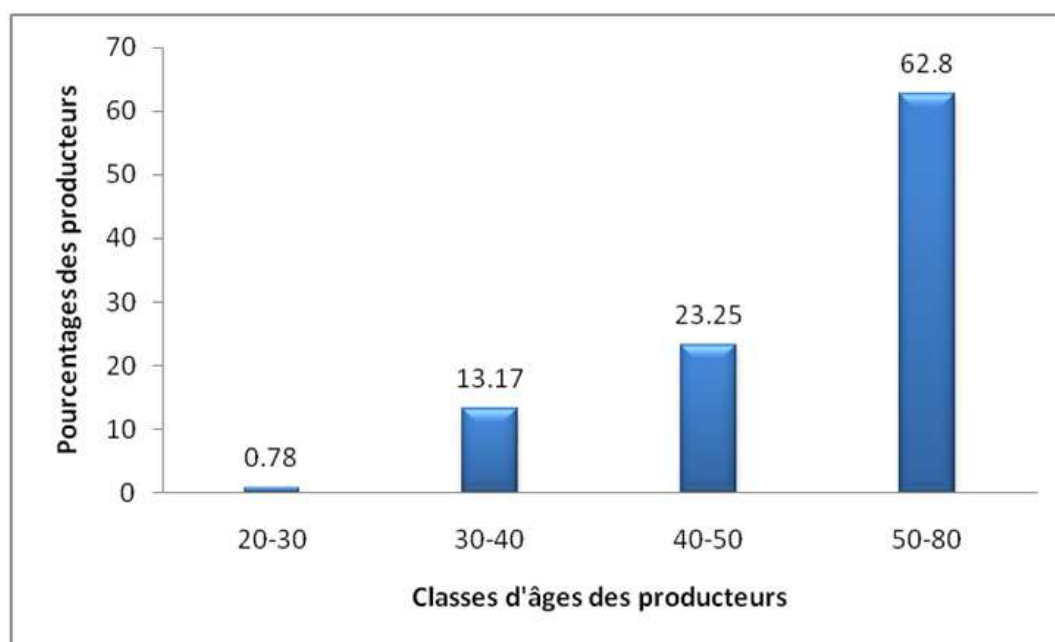


Figure 2 : Répartition des producteurs des yùgà selon les classes d'âge

4.3 PRATIQUES CULTURALES DE L'IGNAME

La population du Passoré appartient exclusivement au groupe ethnique «Mossé» dont les principales cultures vivrières sont le sorgho, le mil, le maïs et le riz de bas-fonds, puis secondairement les ignames. La culture des ignames dans le Passoré ne nécessite pas de défrichements de nouveaux terrains chaque année. Elle se fait sur les mêmes types de sols précédemment utilisés pour la culture des céréales (mil, sorgho, maïs). Avec cette rotation de cultures, la préparation des terrains se fait dès la fin des récoltes des céréales (octobre-novembre). Les terrains sableux, argileux ou argilo-sableux sont les plus sollicités pour la confection des billons. Un labour profond est réalisé, suivi d'un nivelage (billonnage) pouvant atteindre quarante centimètres de hauteur; avec un intervalle allant de 30 à 50 cm. La longueur de billons varie de 30 à 50 m. La plantation est par la suite effectuée tout au long des billons avec des tubercules découpés en morceaux, recouverts de peau constituant les semenceaux. La taille de semenceaux varie selon la grosseur du tubercule (7 à 10 cm) (photo 3). Les écarts entre les poquets vont de 20 à 30 cm. La fin de la plantation est marquée par une protection des semenceaux contre le rayonnement solaire et la chaleur, à l'aide des vieilles tiges de sorgho ou d'*Andropogon sp*, suivie de tuteurage. Cette technique de paillage permet aussi la conservation de l'humidité du sol avant les premières pluies. Tous les travaux relatifs à la plantation se déroulent pendant la saison sèche froide de l'année (Décembre-Janvier). La production des «yùgà» est quasi pluviale dans toute la province du Passoré.

L'igname est généralement produite en monoculture. Mais elle peut être associée à d'autres cultures telles que le maïs, l'arachide et le riz (polyculture). Les résultats de l'étude montrent que 77,34 % des producteurs pratiquent la monoculture d'ignames (purement des ignames) contre 22,66 % qui pratiquent la polyculture (ignames associées à d'autres cultures)

(figure 3). La polyculture est pratiquée par les paysans qui n'ont pas de grandes superficies de terre cultivables. Cette association avec des cultures de cycle court (2 à 3 mois) est une stratégie pour le producteur de faire face aux risques des chocs climatiques devenus récurrents ces dernières années. En cas d'insuffisance ou d'irrégularités de pluies, ces cultures de cycle court, arrivent à maturité en profitant de l'humidité prolongée entre des billons. Aussi, les tiges de mil, sorgho et maïs servent de tuteurs. A cet effet, les producteurs expérimentés dans la culture d'ignames, font un billonnage encerclant tout le champ. Il s'agit ici de maintenir toute la quantité d'eau tombée, ce qui permet le maintien de l'humidité prolongée lorsque les pluies tardent à tomber.

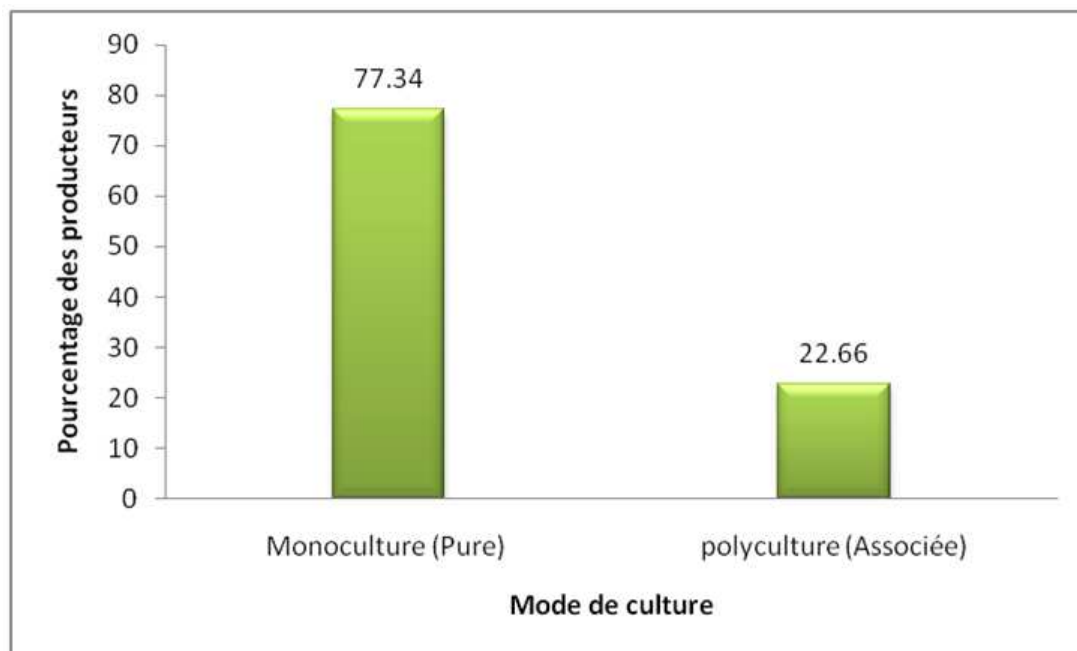


Figure 3 : Répartition des producteurs en fonction du mode de culture

4.4 GESTION ET METHODES DE CONSERVATION DES TUBERCULES

Les tubercules récoltés sont destinés à la consommation, à la vente ou destinés à servir de semenceaux. Dans ce dernier cas, les producteurs utilisent deux principales méthodes de conservation des tubercules. Ces méthodes visent à mettre les tubercules à l'abri de la lumière, de l'humidité, des rongeurs, des produits à effets nocifs pour les tubercules et aussi des vols.

La première méthode consiste à garder les tubercules arrivés à maturité dans les billons au champ sans les récolter. Dans ce cas, le producteur prépare son nouveau terrain et y transfère les tubercules qui servent de semenceaux au fur et à mesure qu'on effectue le billonnage du nouveau champ. Cette technique est la plus pratiquée par les producteurs de tous les villages.

La seconde méthode consiste à creuser un trou rectangulaire pour garder les tubercules récoltés (Photo 2). Les dimensions des trous varient selon la quantité de tubercules disponible pour la conservation. Dans les trous, les tubercules sont disposés les uns sur les autres parallèlement au fond du trou. Cette méthode de conservation est de courte durée, environ un à deux mois. Au-delà de ce temps, les tubercules poussent de nouveaux bourgeons, se vident de leurs substances nutritives et la consommation n'est plus appréciée par les consommateurs, les producteurs et les acheteurs.



Photo 2 : Ignames conservées dans un trou



Photo 3 : Semenceaux d'ignames de 7 à 10 cm de long

4.5 EVOLUTION ET PERCEPTION PAYSANNE DE LA CULTURE DE L'IGNAME DANS LA PROVINCE DU PASSORE

Le « *nyù* », exclusivement cultivé dans la province du Passoré, a porté le nom des villages de fortes productions d'où « *l'igname de Pilimpikou* » ou de « *Bolgo* » ou de « *Arbollé* » (Ouédraogo, com. Pers). En 2009, selon Zongo (com. Pers) le morphotype « *nyù* » était cultivé dans toute la région du Nord, y compris le Centre c'est-à-dire de Ouahigouya jusqu'à Laye. Dans les années 1994; 1995, [9], [3] dans ses études sur la distribution géographique du virus de la mosaïque au Burkina Faso, a nommé ces ignames « *ignames de Pilimpikou* ». Les résultats de l'étude dans les villages, producteurs d'ignames à cette époque, ont permis de montrer les menaces et pressions qui pèsent sur ces plantes. Le village de Pilimpikou, aujourd'hui chef lieu de département qui était une référence pour la culture des ignames « *nyù* » en 1994 et 1995, ne les cultive plus. Le même constat a été fait à Yako (Bouboulou) où les plaines aménagées à l'époque pour la culture d'ignames sont de nos jours occupées par des pieds de mils et de sorgho. A Boussé, Laye, Bolgo, Boura etc., les populations connaissent ces ignames (*nyù*) à travers celles qui se vendent sur l'axe Ouagadougou-Ouahigouya à Arbollé.

Ainsi, on a noté dans ces villages un abandon total de la culture d'ignames, au profit des cultures de rente (mil, sorgho et le maïs). Les raisons avancées sont : la pénibilité des travaux, notamment le labour, que les jeunes rebutent et refusent d'effectuer, les perturbations climatiques, l'appauvrissement des sols, les dégâts des animaux domestiques et surtout le manque d'assistance des autorités locales et nationales de l'agriculture. Cependant, au niveau des cultures céréalières, les paysans constatent le suivi des producteurs par les chefs ZAT (Zone d'appui technique) et la distribution des intrants.

Le morphotype « *nyù* » est la seule culture qu'ils ont comme héritage ancestral. Ces ignames ne se trouvent nulle part ailleurs au Burkina Faso. Elles ont été domestiquées par les parents avant la colonisation (Nana; Ouédraogo; Sa majesté Naba Kom de Arbollé, com. pers). Les producteurs d'ignames, voient leur culture classée au second plan par les autorités de l'agriculture, par rapport aux autres cultures (céréales, cultures de rente). Ils sont sans encadrement, ni soutien en matériels de production et aussi en intrants (dabas, engrais, fumure...) d'où la forte régression de la culture d'ignames dans la province.

4.6 LES USAGES DES «YUYA» AU BURKINA FASO

4.6.1 RÔLE ALIMENTAIRE

Les tubercules des ignames «*nyù*» sont consommés sous plusieurs formes. Ils sont braisés, et appréciés particulièrement pendant les travaux champêtres. Cette forme de consommation est observée avec des tubercules de petite taille. Ils sont également utilisés dans la confection d'autres mets, comme : la robe de champ (Photo 4) le ragoût, les frites (Photo 5), l'igname à vapeur à l'état épluché, le couscous (Photo 6) et le « *gnon* » (pâte d'ignames mélangée aux feuilles de « *benga* » (haricot) passée à la vapeur) (Photo 7).



Photo 4 : Ignames «nyù» bouillies en vente (en robe de champ)



Photo 5 : Frites de «nyù» à la fête des ignames à Arbolé



Photo 6 : Couscous de «nyù» à la fête des ignames à Arbolé



Photo 7 : Le « Gnon » (pâte de «nyù» mélangée aux feuilles de « benga » (haricot))

4.6.2 RÔLE THÉRAPEUTIQUE DE L'IGNAME

Les ignames « nyù » sont utilisées dans le domaine de la pharmacopée traditionnelle. En effet, les tubercules cuits (bouillis ou braisés) sont utilisés dans le traitement de la diarrhée infantile, les malaises de la pré-ménopause et post-ménopause. Il constitue l'aliment de base à l'apparition des maux jusqu'à la fin du traitement. Il est également un régulateur de tension artérielle. Le « nyù » consommé à l'état cru épluché constitue un aphrodisiaque ou stimulant sexuel chez l'homme.

4.6.3 RÔLE SOCIO-ÉCONOMIQUE DE L'IGNAME

Dans les régions du Nord et du Centre du Burkina Faso (Ouahigouya à Laye), les ignames cultivées (nyù) occupaient jadis une place importante dans la vie quotidienne des paysans, surtout des propriétaires terriens et des chefs de villages. Au temps colonial, l'igname (nyù) était la seule culture de valeur pour payer la « moisson » des colons ou « l'impôt de capitation ». Tous les producteurs avaient l'obligation de donner la part du chef de village ou du chef de terre, avant la vente, pour éviter le retrait de ses terres (Nana, Ouédraogo, Sa Majesté Naaba Koom, com. pers). De nos jours, ces pratiques sont remplacées par des dons et la part du chef est estimée à un panier d'ignames (environ 20 à 30 tubercules). Les ignames (nyù) sont les produits agricoles offerts aux amis pendant les périodes de réjouissance (fêtes, baptêmes, mariages etc.). Aujourd'hui, en plus des aspects ancestraux, nous avons les foires des ignames à Arbolé qui se tiennent généralement le troisième samedi du mois de Février, depuis 2010. La fin du mois de Février, marque la fin des travaux de plantation des ignames dans la province. A cette période, tous les producteurs sont libres pour y participer. Cette initiative de ADDA (Association de Développement du Département de Arbolé), tout en permettant les retrouvailles entre les fils et les

producteurs d'ignames du département, vise surtout la promotion de la culture de ces ignames spécifiques à la province du Passoré de plus en plus délaissées, à travers des dons de matériels de travail et des intrants (charrettes, brouettes, babas, engrais chimique (N.P.K et urée)).

La majeure partie de la production actuellement est destinée à la vente (environ les 3/4 de la production). La vente des ignames aux femmes de la localité par les producteurs se fait au champ (Photo 8). Aujourd'hui, les ignames «*yùgà*» font l'objet d'un commerce local, principalement sur l'axe Ouagadougou-Ouahigouya à Arbolle par les femmes. La taille des tubercules est un critère déterminant dans le choix des femmes commerçantes et des consommateurs. Le prix et le nombre de tubercules varient selon la période et la taille. Ainsi, il varie de 500 FCFA pour un gros tubercule à 1000 FCFA pour un lot de 3 ou 4 tubercules de taille moyenne ou de 5 à 6 de petite taille (plus appréciés par les consommateurs locaux) pendant la période de la récolte (Décembre-Janvier). La culture d'ignames est devenue de nos jours rentable pour les producteurs, au regard de ses vertus et de ses avantages financiers. La recette minimale d'un paysan après la récolte est d'environ cent cinquante mille francs FCFA, ce qui permet aux paysans de subvenir à leurs besoins pendant la période de soudure.

Les femmes commerçantes organisées en association, montrent que la vente d'ignames constitue une activité rémunératrice pour l'appui aux hommes dans la vie quotidienne (scolarisation des enfants, besoins familiaux etc.). De ce fait, elles se sont procuré un tricycle pour parcourir les villages pour l'achat en quantités importantes d'ignames dans toute la province du Passoré.



Photo 8 : Des tas d'ignames de « nyù » en vente dans le champ d'un producteur (3- 4 tubercules à 1000 fCFA)

4.7 DISCUSSION

La pluviométrie des zones productrices d'ignames varie généralement entre 1 200 et 1 600 mm par an [10], [11]. Le Nord du pays (Passoré), n'est donc pas reconnu comme zone productrice, mais il produit un groupe d'ignames appelé «*yùgà*». La province reçoit en moyenne une pluviométrie de 400 à 600 mm d'eau/an [9], [12]. Cette gamme pluviométrique ne convient pas à la culture d'ignames de façon générale. Le «*nyù*», un des morphotypes des «*yùgà*», est ancestral et spécifique à la province du Passoré et s'est bien adapté aux conditions inhabituelles de la culture d'ignames. Sa culture est majoritairement pratiquée par les hommes d'un âge supérieur à 53 ans (62,79 % des producteurs). Il ne se rencontre nulle part ailleurs dans le pays [5], [9], [3]. Cette igname s'éloigne clairement des autres ignames du complexe *D. cayenensis* et *D. rotundata* par ses tubercules. [5], [13] ont montré que cette variété de *D. cayenensis*-*D. rotundata* se rapproche par ses caractères morphologiques du complexe savanicole *D. abyssinica* / *D. lecardii* / *D. sagittifolia*. Le «*nyù*», selon [6], serait homologue à d'autres ignames rencontrées au Bénin, en Guinée et au Nord du Togo respectivement «*makpawa* et *ofegui*», «*bamba* et *gban*» et «*kpeyou*». Le «*nyù*» ou «*igname de Pilimpikou*» ou «*de Bolgo*» se distingue des autres ignames du pays par la forme des tubercules minces, longues et fragiles. Les «*yùgà*» sont donc constitués de trois morphotypes. Ces morphotypes sont : le «*nyù*», le «*boussa*» à gros tubercules et trapus et le «*waogo*» à tubercules gros et noirs.

La culture d'ignames «*yùgà*» dans la province du Passoré reste toujours pluviale et la fertilisation est généralement d'origine organique. Quelques paysans utilisent l'engrais chimique pour une partie des champs. Ces parties du champ soumises au traitement d'engrais chimiques sont destinées uniquement à la vente ou à la consommation. La vente et la consommation occupent soit environ 83 % de la production des ignames de façon générale au Burkina Faso [14], [15]. Dans

le Passoré, la production est plus destinée à la vente, et ne se fait seulement que sur l'axe Ouagadougou-Ouahigouya à Arbolle. D'où la dénomination actuelle « igname de Arbolle ».

L'entretien des champs consiste au désherbage et au tuteurage tout au long du cycle de développement des plants. La monoculture était pratiquée au centre (Yako) du pays pour « l'igname de Pilimpikou » [3]. Aujourd'hui, au regard des irrégularités des pluies et des perturbations climatiques, la polyculture est aussi pratiquée de nos jours dans le Passoré. Les résultats de l'étude révèlent une faible implication des femmes (0,7 % des producteurs) dans la production des « yùyà » dans le Passoré. Contrairement à la culture du voandzou au Niger, il est ressorti que 55% des producteurs de voandzou sont des femmes [16]. Le système de rotation des cultures, Maïs-ignames-maïs ou ignames-sorgho-ignames est la principale technique de renouvellement des sols dans toute la province. Le rendement des « yùyà » a été évalué à 16 tonnes/ha [17], [18], [19] 13 à 16 t/ha (Ouédraogo, com. Pers). Les rendements des ignames du Passoré sont similaires à ceux du nord du Bénin, où ils ont été estimés entre 14,4 t/ha et 23,9 t/ha [2].

Après les récoltes, les tubercules ayant subi des traitements aux engrais chimiques, font l'objet des choix par les consommateurs, au regard de la grosseur des tubercules. Cependant ces derniers n'ont pas une longue durée de conservation. Ils constituent donc de mauvaises semences, avec des risques de pourritures très rapides pendant le stockage. Ces risques de pourritures ont été constatés avec d'autres tubercules produits avec l'engrais chimique au Burkina Faso comme le fabirama et le taro [20], [21].

L'utilisation de l'engrais chimique dans la culture d'ignames dans la province est due à la pauvreté des sols et au manque de la fumure organique; elle vise à répondre à la demande accrue de la population urbaine. Les pays producteurs d'ignames comme la Côte d'Ivoire, le Bénin, le Togo etc dont les sols sont riches exploitent de grandes superficies et sans aucun apport d'engrais chimiques. Les tubercules d'ignames sont utilisés dans de nombreux mets comme le ragoût, la bouillie, les frites, et la forme braisée [22]. Ceux du Passoré sont reconnus pour leurs qualités organoleptiques, médicinales et leurs potentialités socio-économiques.

Les producteurs sont réticents à la divulgation des savoirs ancestraux. Cela serait lié à la peur d'une confiscation possible de cet héritage par les chercheurs. Un appui technique des chercheurs dans la recherche de solutions à leur préoccupation majeure relative à l'amélioration de la grosseur du tubercule conformément aux autres ignames du pays (Sud, Sud-Ouest) et de la sous-région tout en conservant leur patrimoine ancestral contribuera sans doute à assainir les relations entre chercheurs et producteurs d'ignames et à renforcer le partenariat pour une meilleure collaboration. Afin de protéger cette igname « spécifique » à la province du Passoré, l'Association pour le Développement du Département de Arbolle (ADDA) constituée des fils intellectuels et des producteurs, a demandé que toute sortie d'échantillons de « nyù » de la province ou d'étude entreprise sur le « nyù » soit signalée auprès des producteurs ou des chefs de village et des autorités locales. De ce fait, elle a initié depuis 2010, la fête des « yùyà » (ignames locales de Arbolle). Les acteurs de l'association prônent le partage juste et équitable des avantages tirés des ressources locales de la province (Nana, com. Pers). En fin le tuteurage des plants a été posé comme un problème à résoudre pour l'amélioration de la culture d'ignames. En effet les producteurs estiment que lorsque les plantes sont tuteurées, le rendement augmente.

On remarque donc ici que la culture des « yùyà » manque de promotion et d'appui en matériels de production.

5 CONCLUSION

Les ignames « yùyà » se rencontrent dans treize (13) villages de la province du Passoré situés dans cinq départements du pays. Elles sont constituées de trois morphotypes reconnus et décrits par les paysans: « boussa », « waogo », et « nyù ». Le morphotype « nyù » constitue l'igname ancestrale spécifique de la province du Passoré au Burkina Faso. Sa domestication a été faite dans la région du Nord du pays, et la culture de ce morphotype a toujours gardé sa valeur socioculturelle. Le système de culture du morphotype « nyù » reste encore traditionnel et basé sur les cultivars hérités de la domestication d'ignames sauvages que seraient *Dioscorea abyssinica*, *D. lecardii* et *D. sagittifolia*. L'étude montre que la culture de « nyù » en général est en forte régression ces dernières années dans la province du Passoré; cette régression est sans doute due à la baisse récurrente de la pluviométrie, à la pression anthropique et à l'abandon de la production de ces tubercules par les jeunes. Malgré leur spécificité, leur adaptation aux perturbations pluviométriques récurrentes, les « yùyà » restent actuellement au second plan dans le système agricole national. La transmission des connaissances endogènes et des pratiques ancestrales relatives à la culture des « yùyà » aux générations actuelles et futures, la conservation et une meilleure valorisation de ces ignames dans l'alimentation locale s'avèrent importantes pour la protection des ressources génétiques, tant au niveau national que régional.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la thèse de Doctorat en Génétique et Amélioration des Plantes de l'Université de Ouagadougou avec le soutien de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF). Nos remerciements vont aux producteurs, aux chefs de villages, aux agents du Ministère chargé de l'agriculture, à l'Association pour le Développement du Département de Arbolle (ADDA) et aux autorités locales qui ont accepté de collaborer avec nous, en partageant leurs connaissances ancestrales avec nous.

REFERENCES

- [1] ZOUNDJIHEKPON J., Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse n° 194. Vol. Université Nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des Sciences et Techniques. Abidjan, Côte d'Ivoire. 306 p, 1993.
- [2] DUMONT R., VERNIER P., ZOUNDJIHEKPON J., Origine et diversité des ignames *Dioscorea rotundata* Poir. Cahiers Agricultures. 19(4) : 255-261, 2010.
- [3] CICA G., La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse de Doctorat, Montpellier : USTL, 147 p, 1995.
- [4] FAOSTAT, Les ignames. Statistiques de production des ignames, 2012.
- [5] DUMONT R. ET HAMON P., Une forme originale parmi les Dioscoreacées cultivées en Afrique d de l'Ouest : l'igname de Pilimpikou, rapport 1986 IRD, 1986.
- [6] DUMONT R, DANSI A, VERNIER P, ZOUNDJIHEKPON J, 2005. Biodiversité et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Pratiques traditionnelles conduisant à *Dioscorea rotundata*. Collection repère. Montpellier: CIRAD, éd., 2005.
- [7] INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie du Burkina Faso, 2013.
- [8] FAO., Création d'un service national des sols en Haute-Volta. Etat des connaissances des sols. Rapport technique 1. AG.DP/UPV/74/007. Rome, 1980.
- [9] CICA G.U., GNISSA K, JEAN-BERNARD Q, et JEAN D., Distribution géographique du virus de la mosaïque de l'igname au Burkina Faso ed. orstom, 1994.
- [10] MIEGE J., Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* ouest africains. Thèse de doctorat, Université de Paris, France, 1952.
- [11] NGUE B. T., MBAIRANODJI A., NJUALEM D., Guide des techniques de production et de conservation d'ignames (*dioscorea spp*). Document de synthèse de l'étude de base sur les racines et tubercules au Cameroun (PNDRT), 2007.
- [12] MAHRH (Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques), Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle. Rapport de la campagne 2010/2011, février 2011.
- [13] HAMON P., Amélioration de la conservation de l'igname en milieu villageois 1ère partie: Etude de l'amélioration du stockage traditionnel Amélioration et valorisation de l'igname Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, présentée le 22 Septembre à l'université de Paris XI, Centre d'Orsay, enregistrée sous le numéro 3395, 1987.
- [14] IRAT., Synthèse des études sur les tubercules de Haute-Volta. IRAT, p. 87, 1980.
- [15] GUENDA W., BERE A, SAOURA J., KONGO J.L, KABRE S. T., Des méthodes traditionnelles de conservation de l'igname en zone soudanienne de HAUTE-VOLTA, 1983.
- [16] AMADOU H ISSA., YACOUBOU B., ZOUBEIROU A M., ALI D, IBRAHIM M., Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger. Univ Abdou Moumouni de Niamey, ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 4 pp. 1915-1925, 2014.
- [17] IRAT., Enquêtes et observations concernant le problème des tubercules en Haute-Volta. IRAT, p. 77, 1977.
- [18] NIKIEMA A., Filière tubercules (igname et patate) proposition de plan d'action. Rapport, Centre National de Développement Agricole, 1988.
- [19] MESSRS (Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique). , Plan stratégique de la recherche scientifique : Recherches agricoles ; productions végétales : cultures maraichères, fruitiers et plantes à tubercules, Janvier 1995.
- [20] NANEMA R K., Etude de variabilité agromorphologique de *Solenestomon rotundifolius* (POIR J.K. MORTON) et des relations phylogénétiques entre ses différents morphotypes cultivés au Burkina Faso. Thèse Université de Ouagadougou, UFR/SVT. 122 p, 2010.
- [21] TIAMA D., Caractérisation agromorphologique et cytogénétique de quelques accessions de taro, « *colocasia esculenta* » du Burkina Faso ». Mémoire de DEA, Univ de Ouagadougou, 63p, 2010.
- [22] INADES-FORMATION., L'igname, Série : productions de l'agriculteur, 1989.

Activité de maraîchage en milieu urbain à Parakou au Nord-Bénin: Caractéristiques et problèmes fonciers

[Market Gardening in urban area of municipality of Parakou (north-Benin): Characteristics and Land Tenure Problems]

Isidore YOLOU

Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin

Copyright © 2016 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 presents land owning constraints which Parakou urban market gardeners are confronted to, and which affect negatively the development of their activity. The methodological approach used here is based on a census of the city market gardening production sites, on an evaluation of the farmed land area, and on exchanges with actors concerned with that activity, in order to apprehend the land owning difficulties and their impact on the activity. A data base has been constituted after analysis of the inquiry files through the SPSS software, 17.0 version. Then, descriptive statistics tools have been used for the analysis of the data. The obtained results have indicated that the legacy donation and the purchase cover 53 % of the means of access to land, the anarchical occupation is 21 % and the loan guarding and small farm by share cropper cover 26 %. None of the census of the market gardening sites offers sustainable investment guarantee for the market gardeners because they possess no secured property title. As such, the producers could be sent away from the lands at any time, from one season to the other, without any warning. That activity, which takes place essentially in the swampy underworld, at the base of slopes, and in the slope basins of the city, is characterized by farming on small land portions by producers (between 365 m² to 5750 m²). The future of the urban farming activity depends in great part on the political will of maintaining farming lands in the city. This will allow reinforcing productivity and will contribute to the improvement of food security.

KEYWORDS: Parakou, market gardening, land tenure problems, threat, suggestions.

RESUME: L'étude présente les contraintes foncières auxquelles sont confrontés les maraîchers urbains de Parakou qui affectent négativement le développement de leur activité. La démarche méthodologique utilisée est basée sur un recensement des sites de production maraîchère de la ville, une évaluation des superficies emblavées et sur des entretiens avec les acteurs concernés par cette activité en vue d'apprécier les difficultés foncières et leurs effets sur l'activité. Une base de données a été constituée après le dépouillement des fiches d'enquête à l'aide du logiciel SPSS version 17.0. Ensuite des outils de la statistique descriptive ont été mis à contribution pour l'analyse des données. Les résultats obtenus ont montré que l'héritage, le don et l'achat occupe 53 % des modes d'accès à la terre, l'occupation anarchique (21 %) et le prêt, gardiennage et la métairie (26 %). Aucun des sites maraîchers recensés, n'offre une garantie d'investissements durables pour les maraîchers car ils ne détiennent aucun titre de propriété sécurisée. En conséquence, les producteurs peuvent être expulsés des sites du jour au lendemain ou d'une saison à une autre sans préavis. Cette activité, pratiquée essentiellement dans les bas-fonds, les bas de pente et dans les bassins versants de la ville, est caractérisée par l'exploitation de petites portions de terre par producteur (entre 365 m² et 5750 m²). L'avenir de l'activité agricole urbaine dépend en grande partie de la volonté politique de maintenir des zones cultivables en ville. Ceci permettra de renforcer la productivité et contribuera à améliorer la sécurité alimentaire.

MOTS-CLEFS: Parakou, maraîchage, problèmes fonciers, menaces, suggestions.

1 INTRODUCTION

Depuis plus de deux décennies, les gouvernements d'Afrique francophone sont confrontés au phénomène de migration des populations vers les centres urbains [1]. Les grandes villes connaissent des taux de croissance de l'ordre de 7 % en moyenne par an, ce qui signifie qu'en 2020 la population urbaine pourrait représenter environ 60 % de la population totale [2]. Le taux d'urbanisation du Bénin connaît une évolution assez remarquable et a atteint 45,8 % en 2012 [3]. Cette accélération rapide de l'urbanisation entraîne une insécurité alimentaire croissante ainsi qu'une détérioration de la qualité de l'environnement dans les grandes villes du Bénin. Ainsi, au cours de ces dix (10) dernières années, l'on assiste à l'expansion de nombreux espaces maraîchers au niveau des bas-fonds et des zones péri-urbaines [4]. Les usages des terres s'intensifient et les concurrences s'exacerbent, interrogeant plus que jamais les publiques qui, bien souvent, sont dépassées par l'ampleur et la rapidité des phénomènes [5]. Ce qui fait que les maraîchers se retrouvent majoritairement au sein des couches sociales les plus vulnérables et l'activité se pratique de façon informelle dans une insécurité foncière [6]. La présente étude a pour objectif global d'étudier les effets des contraintes foncières sur le maraîchage en vue de contribuer à la durabilité de l'agriculture urbaine dans la ville de Parakou (Nord-Bénin). Située entre 9°15' et 9°25' de latitude nord et entre 2°30' et 2°45' de longitude est, la ville de Parakou s'étend sur une superficie d'environ 441 km². Elle est limitée au nord par la commune de N'dali, au sud, à l'est et à l'ouest par la commune de Tchaourou (*Figure 1*).

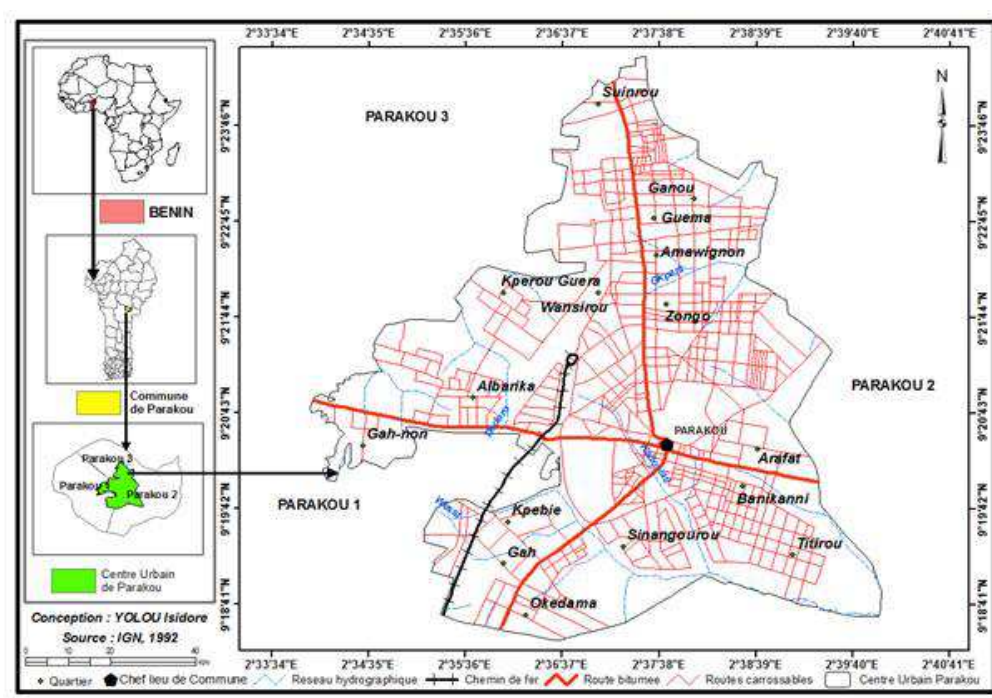


Figure 1 : Situation géographique de la ville de Parakou

2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les variables d'étude prennent en compte des données brutes (climatologiques, topographiques) et les données élaborées (moyennes de pluie sur la ville de Parakou ; cartes de répartition des sites maraîchers). De plus quelques informations sur les types de producteurs, les modes d'accès à la terre cultivée de même que les superficies emblavées. Les données brutes collectées concernent les statistiques agricoles à savoir les productions, les rendements et les superficies. Ces informations sont obtenues au Centre d'Action Régionale pour le développement Rural des départements du Borgou et de l'Alibori, au Ministère du Développement, de l'Analyse Economique et de la Prospective.

Les producteurs choisis sont répartis en trois (3) catégories selon les définitions de [1, 7] :

- ✓ **les producteurs permanents** sont des chômeurs, des artisans, des ouvriers et des jeunes déscolarisés hommes ou femmes. Ils travaillent à temps plein et occupent des domaines d'exploitation qu'ils ont.

- ✓ **les producteurs à temps partiel** sont des fonctionnaires, des artisans ou des salariés du secteur privé recherchant un complément de revenus à travers la production maraîchère. Les producteurs à temps partiel ont presque toutes, une activité commerciale (petit commerce de produits locaux transformés, ou manufacturés importés) qui est la principale source de revenus pour les unes, et secondaire pour les autres.
- ✓ **les producteurs temporaires ou occasionnels** sont constitués de chômeurs (personnes sans emploi fixe) ou des travailleurs d'autres secteurs économiques. On compte aussi parmi eux certains agriculteurs qui font le maraîchage comme culture de contre-saison. En général, ils s'engagent d'abord comme ouvriers agricoles chez des producteurs établis. Formés rapidement sur le tas, ils s'établissent par la suite à leur propre compte.

La population mère est constituée principalement des maraîchers. L'échantillonnage est déterminé par la méthode raisonnée suivant les critères de zone de production ou de de la localisation géographique, de l'importance du maraîchage des sites, du genre des exploitants, de l'appartenance socioculturelle des maraîchers, et de l'ancienneté. La taille de l'échantillon est de 105 maraîchers, soit 17,5 % des 600 maraîchers environ que compte de la ville. Ainsi, les enquêtes ont été menées sur les sites de Banikani, de Titirou, d'Arafat et de Wansirou, de Zongo, de Sokounon, d'Alibarika, de Bawera, d'Abattoir et de Sinangourou.

Les outils utilisés pour la collecte des données sur le terrain sont un guide d'entretien, une grille d'observation, un questionnaire semi-structuré, un GPS et un appareil photo numérique. Ces outils ont permis respectivement à réaliser les enquêtes sur les sites maraîchers, à la prise des coordonnées géographiques des périmètres maraîchers et à la prise des images d'illustration sur le terrain.

L'enquête proprement dite s'est appuyée sur l'interview de 125 exploitants et agents spécialisés dans l'activité agricole urbaine (soit 105 maraîchers et 20 agents de la Mairie et du Centre d'Appui Régional pour le Développement Rural). Les enquêtes ont été réalisées sur les sites maraîchers dans les trois arrondissements. Le mode d'interview privilégié est l'interview par enquêteur et spécifiquement le face-à-face car il permet d'atteindre le plus fort taux de réponses au plus grand nombre de questions [8, 9].

Après le dépouillement des fiches d'enquête et la codification des données, une base de données a été constituée avec le logiciel SPSS version 17.0. Ensuite les outils de la statistique descriptive ont été mis à contribution. Il s'agit essentiellement de la moyenne arithmétique, le pourcentage, la fréquence (relative et absolue), les tableaux et autres illustrations graphiques. De même le test du Khi-deux (χ^2) de Pearson a été utilisé pour tester l'écart entre les fréquences observées et les fréquences théoriques.

3 RÉSULTATS

3.1 DETERMINANTS NATUREL ET HUMAIN DE LA PRODUCTION MARAICHÈRE

La ville de Parakou bénéficie d'un climat tropical humide de type soudanien caractérisé par une succession annuelle de deux saisons : une saison sèche qui dure cinq mois, de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse qui occupe le reste de l'année [7, 10]. Le cumul moyen des précipitations des cinq (5) mois (mai à septembre) les plus pluvieux est 948 mm et représente plus de 79 % des précipitations annuelles dont la valeur moyenne est 1200 mm. La température moyenne annuelle quant à elle tourne autour de 28 °C avec des valeurs maximales de 33 °C et des valeurs minimales de 22 °C selon les données de la station synoptique de Parakou. La moyenne sur la normale est de 1200 mm. Avec les hauteurs de pluies enregistrées, les réserves d'eau dans le sol en période de basses précipitations constituent la principale ressource en eau pour les cultures et de ce fait, restent favorables à l'agriculture urbaine à Parakou. Il existe trois (3) composantes géomorphologiques dans la ville de Parakou. Il s'agit du modelé de la partie d'altitude élevée (entre 360 et 400 m) correspond à une série de plateaux couronnés de cuirasses qui prennent de plus en plus d'importance à mesure qu'on se déplace vers l'est ; du modelé de la zone de talus, moins haute d'altitude variant autour de 350 m, se caractérise par une succession de bombements à versants convexes et du modelé de la zone de plaine d'altitude basse (260 m). Les sols ferrugineux qui couvrent des étendues importantes de la ville de Parakou, sont intéressants sur le plan agronomique. Ils conviennent à toutes les cultures annuelles. Les sols les mieux drainés des moitiés supérieures des versants pourraient également supporter des cultures sensibles à l'engorgement. Cependant, des apports fractionnés d'engrais phospho-azotés devraient suffire pour obtenir des rendements corrects pour certains de ce type de sols fragiles et sensibles à l'érosion. Parakou est située sur un interfluve caractérisé par un réseau hydrographique dendritique avec douze principaux affluents qui coulent à l'intérieur de la ville. L'expansion urbaine et la densification des zones urbanisées des dix dernières années, ont augmenté la quantité de ruissellement dans les bas-fonds de Parakou [11]. Cela permet l'existence de nombreux sites maraîchers de surface de 214 hectares situés le long des rivières (notamment dans le bassin versant de l'Okpara). Les bassins

de la ville de Parakou présentent donc des atouts pour des productions agricoles globalement positives. Ces bassins permettent d'obtenir des cycles culturaux réduits, ce qui facilite la maturité complète des cultures et l'augmentation du rendement des cultures. La Population de Parakou est passée de 60 915 en 1979 à 254 254 habitants en 2013 soit une augmentation de 76,04 % en 34 ans. La commune de Parakou enregistre aussi les plus forts taux de croissance avec 3,86 % entre 1979 et 1992 ; 3,76 % entre 1992 et 2002 ; 4,81 % entre 2002 et 2013. Les trois quarts de cette population sont installés dans la zone véritablement urbanisée. Cette poussée démographique induit les besoins alimentaires considérables pour la population urbaine ; donc élargit le marché de consommation et constitue une main d'œuvre abondante pour le maraîchage.

3.2 SITUATION DES SITES MARAÎCHERS

Le maraîchage se pratique dans les bas-fonds et sur versants. Les zones de maraîchage se situent soit au bord des plans d'eau ou au niveau des drains naturels d'eaux pluviales [7]. Ce positionnement topographique fait que presque tous les sites sont souvent inondés pendant les saisons pluvieuses. Dix (10) sites de maraîchage ont été identifiés dans la ville de Parakou au cours de l'étude. Il s'agit des sites de Zongo, de Wansirou, de Sokounon, d'Albarika, de Banikani, d'Arafat, de Bawera, d'Abattoir, de Sinangourou et de Titirou (*Figure 2*).

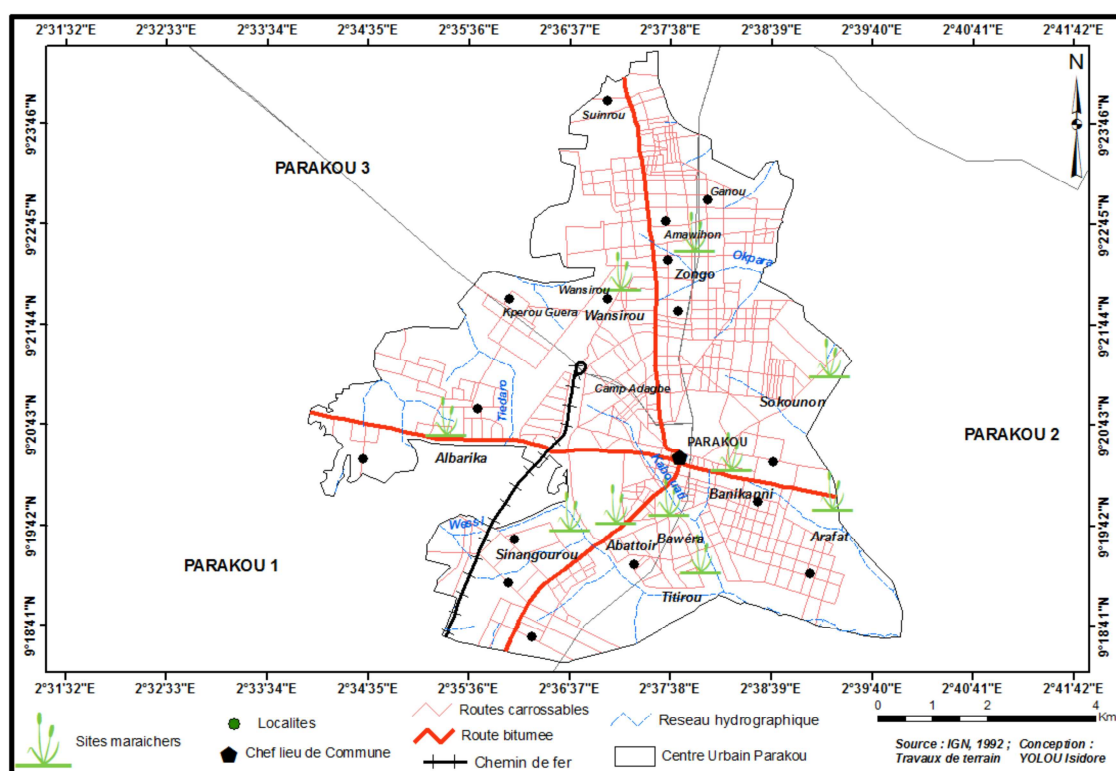


Figure 2 : Distribution des principaux sites maraîchers de la ville de Parakou

Source : [7]

La figure 3 présente les superficies des sites maraîchers de la ville de Parakou.

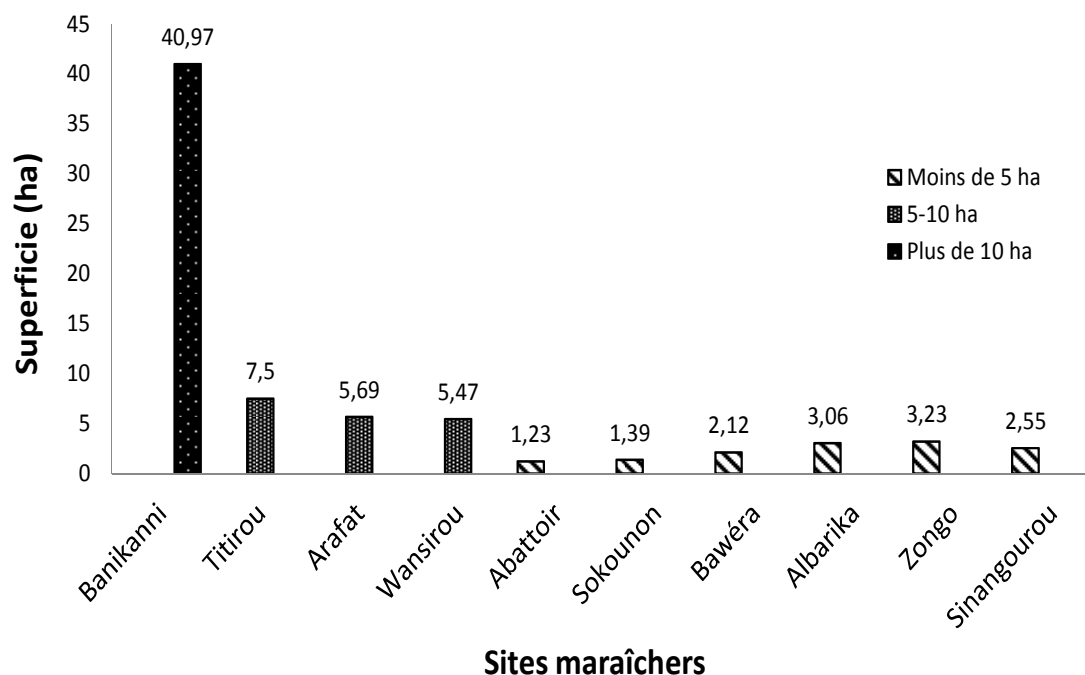


Figure 3 : Superficie des sites maraîchers de la ville de Parakou

Source : Travaux de terrains, juillet 2014

Le site de Banikani est le plus grand site avec une superficie de plus de 40 ha suivi des sites de Titirou, d'Arafat et de Wansirou dont la superficie de chacun d'eux est comprise entre 5 et 10 ha (figure 2). Les superficies de moins de 5 ha concernent les sites de Zongo, de Sokounon, d'Albarika, de Bawera, d'Abattoir et de Sinangourou.

Les personnes-répondants, ont affirmé que la mise en œuvre du Plan Directeur d'Urbanisme, est concrétisée entre autres par plusieurs programmes de lotissement et l'installation des équipements et infrastructures de base. C'est en fait, un outil d'organisation et de planification spatiale dont, le triple objectif est le renforcement des fonctions urbaines, la planification de la croissance spatiale et la programmation des infrastructures et équipements. Il s'agit à travers ces plans d'améliorer les conditions de vie des populations urbaines. Cette mise en œuvre du plan directeur de la ville, surtout dans son volet lotissement, débouche de plus en plus sur la transformation des espaces maraichers en zones constructibles ou d'implantation d'infrastructures de canalisation d'eau de ruissellement. C'est le cas des sites de Sinagourou et d'abattoir (respectivement 2,55 et 1,23 ha) qui sont considérablement réduits, du fait du grand collecteur d'eau construit. Le plus important site en espace actuellement, avec plus de 10 ha, est le site de Banikanni. Ceci est dû au facteur érosif très avancé empêchant, des constructions habitables et également des collecteurs d'eau non encore construits.

Selon les enquêtes de terrain, la production maraîchère se fait suivant deux types de sites principalement. Il s'agit des sites de bas-fonds et les sites de versants (Figure 4).

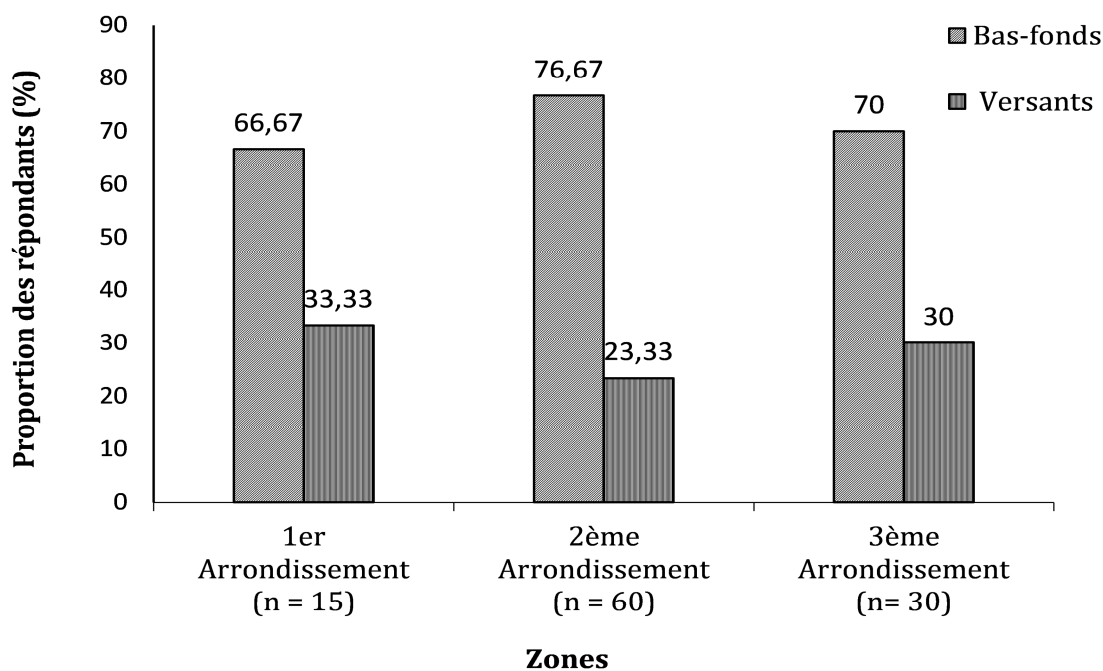


Figure 4 : Importance des types sites maraichers par arrondissement

Source : Enquête de terrain, juillet 2014

La figure 4 montre que les producteurs maraîchers concernés par les bas-fonds sont nettement supérieurs à ceux qui produisent sur les autres types d'agrosystèmes. Ainsi, quel que soit l'arrondissement, la proportion des exploitants dans les bas-fonds est supérieure à celle de ceux qui travaillent sur les versants (66,67 ; 76,67 et 70 % respectivement). Ceci peut s'expliquer par la disponibilité de la ressource en eau dans les bas-fonds pour la pratique d'activités de l'agriculture dans la ville de Parakou.

Il n'y a pas de préférence particulière du lieu de production par rapport trois (3) arrondissements (test du khi-deux ; $p > 0,05$). Les exploitants agricoles urbains ont les mêmes préférences dans le choix de l'arrondissement pour l'exploitation, soit sur les versants ou dans les bas-fonds. Le même exploitant peut avoir plusieurs parcelles sur tous les différents types d'agrosystèmes.

3.3 MODE D'ACCES A LA TERRE CULTIVEE

Dans la ville de Parakou, les producteurs maraichers accèdent à la terre suivant plusieurs modes d'inégale importance (**Figure 5**).

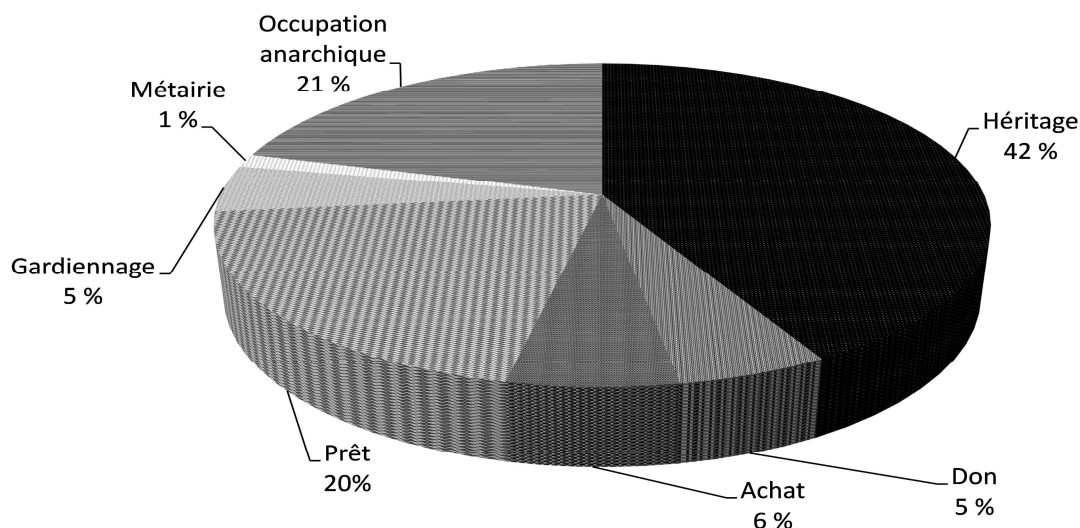


Figure 5 : Modes d'accès à la terre

Source : Enquête de terrain, Juillet 2014

A Parakou, trois (3) catégories de modes d'accès à la terre par les producteurs ont été identifiées. Il s'agit de :

- ✓ La première catégorie concerne le mode d'accès par héritage, par don ou par achat. L'héritage (42 %) est un mode d'acquisition de père en fils. Les premiers installés se considèrent comme les propriétaires des lieux. Ce sont les enfants de ces personnes qui affirment avoir hérité ces domaines de leurs parents. 6 % des enquêtés cultivent des parcelles qu'ils achètent alors que 5 % d'entre eux exploitent les parcelles reçues comme don par des connaissances. Concernant l'acquisition par don, il faut noter que les propriétaires des lots non bâtis pour une raison ou une autre, cèdent à leurs connaissances pour les mettre en valeur. La forme que prend le don chez la plupart de ces acteurs enquêtés est en fait une cession à durée indéterminée. Les bénéficiaires sont souvent soit des enfants des propriétaires qui veulent travailler pour leur propre compte, soit de nouveaux migrants à la recherche de jobs dans la ville, soit des personnes qui pratiquent le maraîchage à temps partiel, c'est-à-dire comme activité secondaire.
- ✓ La deuxième est l'emprunt. Il s'opère souvent sur la base d'une autorisation verbale et à titre temporaire d'un domaine d'autrui sans contrepartie monétaire ou en nature formelle. L'emprunt prend en compte le prêt (20 %), le gardiennage (5 %) et la métairie (1 %). En effet, le prêt est un mode de mise en valeur des terres qui se rencontre sur l'ensemble des sites maraichers. Ici, les propriétaires prêtent les terres soit gratuitement soit contre paiement d'une rente. Il s'agit des sites de Zongo qui a été loti et appartient à des privés, le site de Sokounon qui est la propriété privée de Caritas et le site de Wansirou qui est un domaine de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA). Par ailleurs, certains maraîchers, gardiens des terres, jouissent temporairement d'un droit minimum d'usage en attendant que le propriétaire soit prêt à y investir.
- ✓ La troisième catégorie de mode d'accès à la terre est l'occupation anarchique ou spontanée : L'occupation anarchique (21 %) concerne toute mise en valeur des domaines publics ou privés sans aucune demande ou procédures préalables. Ce mode d'accès est plus développé sur les sites de Yarakinnin, Arafat, Abattoir et Sinangourou. Ces sites sont considérés par la mairie de Parakou comme des exutoires naturels de l'eau et ne sont pas encore pris en compte par un projet de lotissement. C'est donc ce qui a facilité l'installation des maraîchers sur ces sites sans aucune précédente formalité.

Toutes ces trois (3) catégories de modes d'acquisition des parcelles exploitées diffèrent selon les zones de production (Figure 6). Les répondants qui cultivent sur les parcelles qu'ils ont eues par héritage, don et achat (53 %) sont beaucoup plus rencontrés dans le deuxième arrondissement que ceux dans les premier (37 %) et troisième arrondissements (47 %). Par contre, les maraîchers qui cultivent leur champ par emprunt se retrouvent plus dans le premier arrondissement (40 %), contre environ 23 % au niveau de chacun des arrondissements restants.

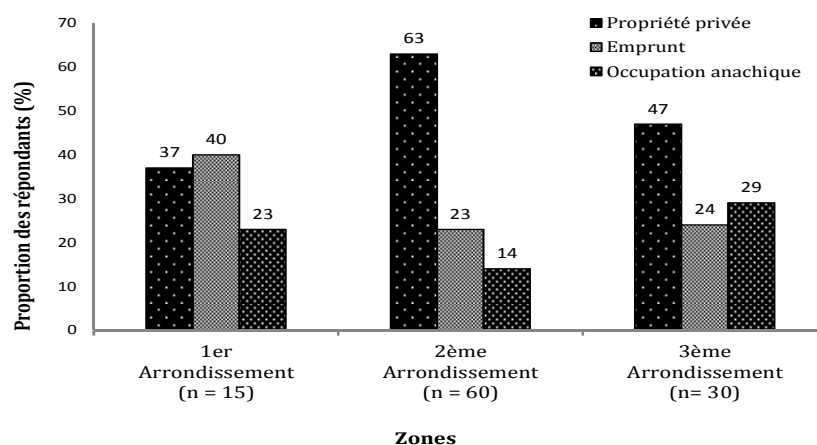


Figure 6 : Mode d'acquisition de la parcelle cultivée dans les zones de production à Parakou

Source : Enquête de terrain, Juillet 2014

Malgré l'engouement des exploitants, le foncier est un facteur de compromission qui pénalise les acteurs. En effet, aucun des maraichers exploitant ne dispose d'aucun document à exhiber comme titre de propriété. Ils ne disposent pas ainsi d'un droit d'usage sécurisé à cause de la situation d'incertitude dans laquelle se trouvent les propriétaires. Ces producteurs ne disposent que d'un droit usage sur ces sites et non un droit de propriété, droit qui disparaît lorsque la mairie ou le propriétaire décide d'y implanter une infrastructure. Les autres cas de mode d'acquisition des terres, qui concernent plus de 52 % des maraichers, ne présentent également aucune sécurité foncière. Les producteurs peuvent être expulsés des sites du jour au lendemain ou d'une saison à une autre sans préavis. Ils sont souvent appelés à libérer les lieux chaque fois que les propriétaires veulent installer un bâtiment sur le terrain ou lorsqu'une offre plus intéressante de mise en valeur leur est faite.

Sur un domaine déclaré d'utilité publique, les maraichers sont priés de prendre les dispositions nécessaires pour le libérer. Le cas du site de Sinagourou, réduit de moitié du fait de la construction du collecteur d'eau, a entraîné le départ de certains maraichers (15,22 %) et leur reconversion dans d'autres secteurs d'activités (**Planche 1**).



Planche 1 : Collecteur d'eau construit sur le site maraîcher de Sinangourou (partie inférieure à gauche et partie supérieure à droite)

Prise de vue : Yolou (juillet, 2014)

3.4 SUPERFICIES EMBLAVEES PAR TYPE D'EXPLOITANT

Le tableau 1 présente la répartition des 105 chefs d'exploitations de l'échantillon selon les types de producteurs (permanents, à temps partiel et temporaires). Il ressort du tableau 1 qu'environ 57 % des maraichers sont des exploitants permanents, 28 % à temps partiel et 15 % sont temporaires.

Tableau 1 : Caractérisation des types d'exploitants et la surface cultivée

Type de maraîchers	Nombre d'exploitants (%)	Surface totale exploitée (%)	Superficie moyenne par exploitant (m ²)
Permanent	57	54	1012
A temps partiel	28	29	1220
Temporaire	15	17	1116
	nombre = 105	Nombre = 105 750	3058
ANOVA	1,044		P = 0,408

Source : [7]

L'examen du tableau 1 montre qu'environ 57 % des maraîchers sont des exploitants permanents, 28 % à temps partiel et 15 % sont temporaires. Les sites maraîchers à 60 % sont proches des marchés de Parakou. Cette proximité des centres commerciaux que sont les marchés influe sur la typologie des exploitants. C'est ce qui explique l'importance des exploitants permanents. La forte densité de la population dans certains quartiers de Parakou justifie la présence des travailleurs d'autres secteurs économiques qui exercent le maraîchage à titre temporaire et à temps partiel (15 et 28 % des exploitants). Le test d'analyse ANOVA n'a pas révélé de différence significative entre les trois (3) types de maraîchers en ce qui concerne la superficie moyenne par exploitant ($p > 0,05$). Dans l'ensemble, les maraîchers exploitent des domaines portant 15 à 1800 planches de dimensions variables (7,5 à 10 m²) et ayant une superficie totale de 105 750 m², avec une moyenne de 3058 m². Il est remarquable que la superficie moyenne (1220 m²) exploitée par les producteurs à temps partiel soit plus élevée que celle des autres types de producteurs. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'ils disposent d'un revenu extra-agricole qui leur aurait permis d'engager de la main-d'œuvre sur une plus grande superficie, d'acheter plus d'équipements et d'utiliser plus d'intrants.

4 DISCUSSIONS

Le maraîchage à Parakou se pratique dans les bas-fonds, les bas de pente et dans les bassins versants. Ces types de sites topographiques s'identifient à ceux sur les lesquels se pratique le maraîchage à Porto-Novo [12]. Il est pratiqué essentiellement dans les bas-fonds situés sur la bordure lagunaire et dans les grandes dépressions de la ville. Par contre, le maraîchage à Lomé se fait essentiellement à la plage, sur du sable fin où apparemment, la production végétale sur des sols sableux proches de la mer n'est pas impossible [1]. A cause du bourrelet de berge qui s'est formé au fil des années, la nappe phréatique est plus douce au bord de la mer que plus loin de la plage. Dans la ville de Niayes au Sénégal, [13] montre que les producteurs sont simplement localisés dans les zones intra urbaine. Au Mali, les périmètres maraîchers dans le district de Bamako sont exploités selon trois modes de faire valoir, modes par lesquels les exploitants gèrent leurs parcelles en tant que « propriétaires » ou en bénéficiant d'un simple prêt ou d'une location [14]. Les exploitations correspondent à deux structures de production : une structure de type traditionnel rencontrée sur les petites surfaces, privilégiant les espèces locales et une structure de type moderne caractéristique des grandes surfaces. Mais très généralement à Bamako, la structure de la production reflète celle de la consommation [15].

De façon globale, le maraîchage assure à un nombre de producteurs une économie manifeste dans l'achat de certains produits et contribue à alléger les charges du budget familial [14]. Mais des actions de développement durable du maraîchage ne peuvent réussir sans la garantie d'une sécurité foncière absolue [16]. En effet, l'indicateur objectif principal d'appréciation, en termes de sécurité foncière, est le poids des propriétés propres par rapport à l'ensemble des domaines [17]. Considérant qu'aucun site ne dispose actuellement de titre foncier au nom de l'exploitant, on pourrait affirmer que la quasi-totalité des maraîchers de la ville de Parakou se retrouve dans une situation d'insécurité foncière permanente par rapport au mode d'acquisition à la terre. De même, le domaine maritime de Lomé est une propriété publique ; toutefois, les maraîchers l'occupent jusqu'à ce que l'Etat en ait besoin ou le cède à une entreprise. Dans ce cas, les occupants sont des « déguerpis » [18]. En comptant avec l'érosion côtière, le maraîchage à Lomé est une activité peu durable malgré sa rentabilité affichée. A Porto-Novo, environ 25 maraîchers ont été définitivement expulsés des sites de la bordure lagunaire destinés à accueillir plusieurs institutions publiques, qu'ils exploitaient depuis toujours [11].

5 CONCLUSION

La présente étude a montré que la production maraîchère, est confrontée à une grande insécurité foncière dans la ville de Parakou. Le maraîchage offre d'excellentes possibilités d'alimentation pour les populations urbaines et procure également

des revenus substantiels aux producteurs. Cependant, l'insécurité foncière permanente amène non seulement les maraîchers à exploiter des superficies relativement petites mais également, elles sont en régression, ce qui risque d'entraîner, à court terme, des problèmes d'approvisionnement pour la ville de Parakou. En somme, l'avenir de l'activité agricole urbaine dépend en grande partie de la volonté politique des autorités locales de maintenir des zones cultivables en ville et d'instaurer une réglementation à son égard.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une bourse du Centre de Recherches pour le Développement International, Ottawa, Canada. Pour obtenir des informations sur le Centre, consulter son site Web à <http://www.crdi.ca>.

REFERENCES

- [1] F. M. KOUVONOU, B. C. HONFOGA et S. K. DEBRAH, "Sécurité alimentaire et gestion intégrée de la fertilité des sols : contribution du maraîchage périurbain à Lomé", Institut International pour la Gestion de la Fertilité des sols — Afrique (1999) 68-83.
- [2] S. SNRECH, "Croissance démographique et développement urbain : impact sur l'offre et la demande alimentaire", Rome, Italie, FAO (1997)
- [3] INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), "Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)", Troisième édition (2002)
- [4] K. E. AGBOSSOU, M. S. SANNY, B. ZOKPODO, B. AHAMIDE et H. J. GUEDEGBE, "Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin", Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (2003)
- [5] ILC et AGTER, "Pressions commerciales sur la terre dans le monde : problématique et cadre conceptuel d'étude pour l'ILC" Rapport (2009)
- [6] A. LACHANCE, in "Cultiver en ville", CRDI, Pays-Bas (1999)
- [7] I. YOLOU, I. YABI, F. KOMBIENI, P. G. TOVIHOUDJI, J. A. YABI, A. A. PARÁISO et F. AFOUDA, "Maraîchage en milieu urbain à Parakou au Nord-Bénin et sa rentabilité économique" International Journal of Innovation and Scientific Research, 19 (2) (2015) 290-302
- [8] R. GHIGLIONE et B. MATALON, "Les enquêtes sociologiques : théories et pratiques", Ed. Armand Colin, Paris, France (1978)
- [9] J. C. COMBESSIE, "La méthode en sociologie", Ed. La Découverte, Paris, France (2001)
- [10] A. R. ABDOULAYE, R. Y. M. A. ABOUDOU et L. M. OYEDE, "Gestion durable des eaux de ruissellement en milieu urbain tropical : cas de la ville de Parakou (République du Bénin)", Annales de l'Université de Parakou, Série : Sciences Naturelles-Agronomie, Vol 2 (2012) 130-160
- [11] R. A. ABDOULAYE, "Un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines en Afrique tropicale : Application à la ville de Parakou", Thèse de Doctorat de Géographie, UAC/FLASH/EDP (2010)
- [12] J. P. DOSSOU, "Sécurité foncière et maraîchage dans la commune de Porto-Novo au Bénin", Rev. Spe. Jour. Sci. FLASH, 02 (5) (2012) 159-172
- [13] A. BA, "Les fonctions reconnues à l'agriculture intra et périurbaines (AIPU) dans le contexte dakarais; caractérisation, analyse et diagnostic de durabilité de cette agriculture en vue de son intégration dans le projet urbain de Dakar (Sénégal)", Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et de l'Environnement, en co-tutelle avec AgroParisTech et Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, ENSP-Versailles (2007)
- [14] P. A. NGUEGANG, "L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé : analyse multifonctionnelle d'une activité montante en économie de survie", Thèse de doctorat, Université libre de Bruxelles (2008)
- [15] D. ZALLE, "Stratégies politiques pour l'agriculture urbaine, rôle et responsabilité des autorités communales : le cas du Mali" (1994), www.idrc.ca/books/focus/890/05azalle.html
- [16] M. R. HOUNKPODOTE et C. TOSSOU, "Profil des interactions entre la problématique foncière et le développement de l'agriculture urbaine dans la ville de Cotonou et environs", Rapport final, Chambre d'Agriculture du Bénin, RFAU/AOC IAGU (2002)
- [17] G. BIAOU et M. J. SOGBOSSI, "Sécurité foncière et production maraîchère dans les zones urbaines et péri-urbaines : étude de cas des communes de Cotonou Sèmè-Kpodji et Abomey-Calavi au Bénin", Cartographie censitaire : Manuel de l'opérateur du cartographe (programme de Recensement National de l'Agriculture) Cotonou, Bénin (2008) 15-30
- [18] J. ADOTEVI, "Les maraîchers sont sur le sable", Revue Grain de sel, (1997)

CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES PRESTATAIRES DE SOINS SUR LA LUTTE ANTIPALUDIQUE DANS LA VILLE-PROVINCE DE KINSHASA / REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

[KNOWLEDGE, ATTITUDES AND PRACTICES OF CARE PROVIDERS ON MALARIA CONTROL IN THE CITY OF-PROVINCE KINSHASA / DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO]

N. Mandoko¹, V. Sinou³, L.T. Bobanga⁴, D. Mbuyi², L.A. Landela¹, D. Mbongi², S.B. Kunyu¹, K. Matendo¹, N.D. Mumba¹⁻⁴,
S. Karhemere¹, L.T. Tshilolo², D. Parzy³, and T.J.J. Muyembe¹⁻⁴

¹Institut National de Recherche Biomédicale, RD Congo

²Cefa-Monkole et Université de Kinshasa, RD Congo

³UMR-MD3 Marseille, France

⁴Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2016 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: Malaria due by *Plasmodium falciparum* is the cause of 39.3% of deaths among hospitalized children under 5 in the Democratic Republic of Congo. Today, in addition under five die by malaria as victim of fake drugs or even of auto medication, with the major risk of inducing selection of Plasmodium resistant strains to conventional antimalarial drugs. This study was conducted to determine the knowledge, attitudes and practices on malaria by care providers. A transversal and descriptive survey was conducted in 43. The following results were obtained: 50% of nurses and 50% of physicians were interviewed, 61.1% did not retrained, 38.8% know more than five signs of severe malaria; 84.1% versus 15.9% require laboratory confirmation before treatment; 51% recommend intermittent preventive treatment of pregnant women; 1.7% prescribe chloroquine; 12% prescribe quinine, 8.5% prescribe amodiaquine monotherapy and 20.5% tablet artesunate monotherapy for uncomplicated malaria; quinine is prescribed to 99.2% and 1.7% intra venous artesunate for complicated malaria treatment of and 78.5% did not refere cases beyond their competence. Recycling remains a key concern, anarchy prescribers and non-adherence to national policy providers are barriers to malaria control efforts, we must emphasize the campaigns on education, information and communication for health providers behavior change on case management in the health structures .

KEYWORDS: knowledge, attitude, practice, healthcare providers, fight against malaria Kinshasa, Democratic Republic of Congo.

RESUME: En République Démocratique du Congo, le paludisme à *Plasmodium falciparum* est la cause de 39,3% des décès parmi les enfants de moins de 5 ans hospitalisés. On meurt aujourd'hui de paludisme en étant victime de faux médicaments ou même de l'automédication avec le risque majeur d'induire la sélection des souches plasmodiales résistantes aux antipaludiques usuels. La présente étude a été menée en vue de déterminer des connaissances, attitudes et des pratiques relatives à la lutte antipaludique des prestataires de soins. Une enquête transversale et descriptive était conduite dans 43 structures. Les résultats suivants ont été obtenus : 50% d'infirmiers et 50% de médecins ont été interviewés ; 61,1% n'ont pas bénéficié d'un recyclage ; 38,8% connaissent plus de cinq signes du paludisme grave ; 84,1% versus 15,9% exigent la

confirmation biologique avant le traitement ; 51% recommandent le traitement préventif intermittent de la femme enceinte ; 1,7% prescrivent la chloroquine ; 12% prescrivent la quinine ; 8,5% amodiaquine monothérapie et 20,5 artesunate comprimé monothérapie pour le paludisme simple ; la quinine est prescrite à 99,2% et artesunate intra veineux 1,7% pour le traitement des accès perniciose et 78,5% ne réfèrent pas les cas qui dépassent leur compétence. Le recyclage reste une préoccupation fondamentale, l'anarchie des prescripteurs et la non-adhérence des prestataires à la politique nationale sont des entraves aux efforts de lutte antipaludique, il faut accentuer les campagnes sur l'éducation, l'information et la communication en vue du changement des comportements des prestataires de soins dans les structures de prise en charge des cas.

MOTS-CLEFS: Connaissances, attitudes, pratiques, Prestataires de soins, lutte antipaludique, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Le paludisme à *Plasmodium falciparum*, première cause de morbidité et de mortalité en République Démocratique du Congo (RDC), est responsable de 39,3 % de motif de consultations externes chez les enfants de moins de 5 ans et 39% pour tous les âges confondus, 39,1 % des décès survenus chez les < 5 ans en hospitalisations et 27,2% pour tous les âges confondus;36,6 % des hospitalisations chez les enfants < 5ans ;6 % de létalité hospitalière du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans 39,3% des consultations externes des enfants de moins de 5 ans(1). On meurt aujourd'hui de paludisme en étant victime de faux médicaments dépourvus de principe actif ou contenant une dose substandard de principe actif ou même de l'automédication sans preuve biologique avec le risque majeur d'induire la sélection des souches plasmodiales résistantes aux antipaludiques usuels(2) De fait, la multirésistance de Plasmodium falciparum qui a émergé il y a plus d'une vingtaine d'années et s'étend aujourd'hui aux dérivés de l'artémisinine, derniers médicaments actifs dans certains pays et dernière chance de contrôle du paludisme à moyen terme. (3). Les connaissances, attitudes et pratiques prestataires constituent des moyens renforcer la lutte contre cette maladie. L'objectif de l'étude était de déterminer des connaissances, attitudes et des pratiques relatives au paludisme, à la stratégie de lutte (préventive et curative) et à la circulation des antipaludiques afin d'établir une base comportementale et leurs implications pour le contrôle du paludisme, fléau qui décime nos populations.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITES , TYPE ET PÉRIODE D'ÉTUDE

La cadre de cette étude est la Ville-Province de Kinshasa. C'est une ville immense (9965 km² de superficie) et très peuplée (population estimée à 6 743 623 habitants, avec une densité de 677 habitants au km²) (3). C'est également le siège des institutions où l'accessibilité à l'information est facilitée grâce à la communication audiovisuelle ainsi qu'un important développement de la téléphonie cellulaire. L'offre des soins de santé y est très diversifiée comprenant la médecine moderne (de type occidentale), la médecine traditionnelle africaine et la médecine chinoise(4). Par ailleurs, c'est une ville où sont représentées les plus grandes institutions sanitaires du pays et qui regorge un nombre important des cliniques, dispensaires et centres de santé tant publics que privés. On observe un accroissement des importations des médicaments génériques et l'existence d'un marché parallèle d'importation des médicaments en RDC, favorisant l'inondation du marché kinoise avec des médicaments vendus à un prix abordable par rapport aux spécialités (5). L'enquête a été conduite dans les structures suivantes: Hôpital Général de Référence de Kinshasa(HGRK), Hôpital Général de Kinkole(HGR Kinkole), Cliniques Universitaires de Kinshasa(CUK), Hôpital Général de Référence de N'djili (HGRN), Hôpital de l'Amitié Sino-congolaise (HASC), Clinique Ngaliema (CN), Hôpital de la Rive, Centre Hospitalier Mère et Enfant Monkole (CHME), Centre de santé Tembo, Centre de santé Saint Paul de Kimbanseke, Centre de santé Elikya, Centre de santé Christ-vie, Centre de santé Yolo Med, Centre de santé Donamed, Centre de santé Dieu est amour, Centre de santé Movenda, Centre de santé Exode, Centre de santé la Gloire, Centre de santé L'amour, Centre de santé Siloe, Centre de santé La Guérison, Centre de santé Saint Luc, Centre de santé Jesus sauve, Centre de santé Priorité santé, Centre de santé Fraternité, Centre de santé Romeo traite, Centre de santé OMECO de Kasa-vubu, Centre de santé La Charité, Centre de santé Chrisco, Centre de santé La Foi, Centre de santé Omelia, Centre de santé Saint Gabriel, Centre de santé La Délivrance, Centre de santé Lilas, Centre de santé Saint Noe, Centre de santé Mère et enfant de Mont Ngafula, Centre de santé Saint Paul de Ngaliema, Hôpital Kimbanguiste de Kimbanseke, CMMASS, Centre de santé CRPS, OPC center.

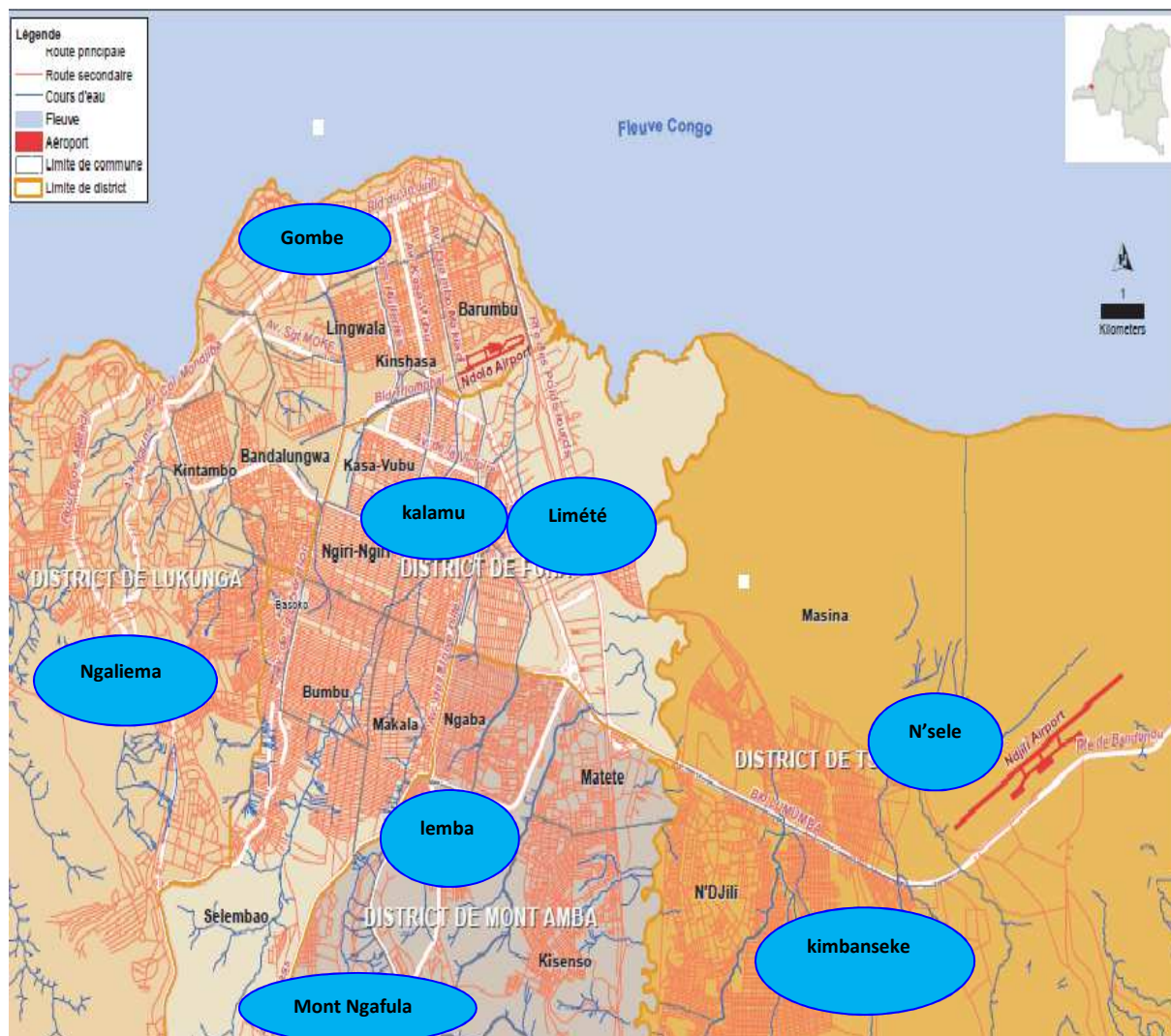


Fig 1 : Carte administrative de la ville-province de Kinshasa indiquant les 8 communes sélectionnées pour l'enquête

C'est une étude transversale et descriptive conduite du 21 mai au 15 août 2013 dans la ville province de Kinshasa. Les données de la présente étude étaient collectées auprès de 43 structures de prise en charge des cas palustres de Kinshasa auxquelles nous nous sommes adressés et dont les prestataires ont accepté volontairement de répondre à nos questions. Un questionnaire préétabli était préparé en français et en lingala et pré-testé dans 5 structures non retenues au mois de mars 2013. Quatre enquêteurs, tous étudiants en Médecine, ont été formés au recueil des données de cette étude. L'analyse des résultats de pré-test a permis d'affiner le questionnaire pour la présente étude réalisée à plus large échelle par la même équipe. Le questionnaire a été soumis en français aux prestataires.

2.2 CRITERES D'INCLUSION ET DE NON INCLUSION

Etait inclus dans l'étude, tout prestataire de soins œuvrant dans la structure retenue et qui accepte de répondre volontairement au questionnaire. Etait non inclus, tout personnel qui ne répondait pas aux critères d'inclusion précités.

2.3 ECHANTILLONNAGE

La collecte des données relatives aux connaissances, attitudes et pratiques des prestataires de soins a été effectuée dans les grandes structures de prise en charge des cas palustres de la ville de Kinshasa auxquelles nous nous sommes adressées et qui ont répondu favorablement.

2.4 BASE DE DONNÉES

Les renseignements suivants ont été collectés auprès des prestataires de soins : Adresse, niveau d'étude, recyclage, connaissances sur la lutte antipaludique, leurs attitudes face à la lutte antipaludique et leurs pratiques face au paludisme. Les données recueillies ont été enregistrées dans une base de données 2007.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

La description de données et les tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel d'analyse statistique SPSS, version 16. Un seuil de 5% de signification a été utilisé pour tous les tests. Le test binomial a été utilisé pour la comparaison de deux proportions d'une variable binaire.

2.6 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Le protocole de l'étude a été approuvé par la Commission d'éthique du CEFA/Monkole. L'anonymat et la confidentialité des enquêtés ont été garantis.

3 RESULTATS

Tableau I. Caractéristiques générales des prestataires de soins interviewés dans les structures de prise en charge du paludisme.

Questions	Niveaux d'études				Total (n=396) n(%)
	A1 (n=92) n(%)	A2 (n=89) n(%)	A3 (n=17) n(%)	Médecins (n=198) n(%)	
Effectifs	92(23,2)	89(22,5)	17(4,3)	198(50)	396(100)
Temps d'exercice du métier					
≤ 5ans	46(11,6)	21(5,3)	7(1,7)	102(25,7)	177(44,6)
>5 ans	46(11,6)	68(17,1)	10(2,5)	96(24,2)	219(55,4)
Recyclage					
oui	2(0,5)	35(8,8)	7(1,7)	110(27,7)	154(38,9)
non	90(22,7)	54(13,6)	10(2,5)	88(22,2)	242(61,1)

A1: infirmier licencié, A2: infirmier gradué, A3: infirmier du niveau secondaire et Docteur: docteur en Médecine, chirurgie et accouchement

Tableau II. Principales connaissances des prestataires de soins sur le paludisme

Connaissances	Infirmiers (N=198) n(%)	Médecins (N=198) n(%)	Total (N=396) n(%)	p
Paludisme	197(49,7)	197(49,7)	394(99,4)	1
Plasmodium, agent causal	54(13,6)	41(10,3)	95(23,9)	0,158
Signes de gravité (≥5)	69(17,4)	85(21,4)	154(38,8)	0,227
Traitement du paludisme selon les directives nationales	112(28,2)	177(44,6)	289(72,8)	<0,001
Resistance palustre	176(44,4)	195(49,2)	371(93,6)	<0,001

Tableau III. Attitudes et Pratiques des prestataires de soins face au paludisme

Variabes	Infirmiers (N=198) n(%)	Médecins (N=198) n(%)	Total (N=396) n(%)	p
Attitude devant la fièvre				
Laboratoire avant le traitement	162(41)	171(43,2)	333(84,1)	0,386
Traitement sans laboratoire	36(9)	27(6,8)	63(15,9)	0,030
Pratiques				
Conseils pour les patients				
Moustiquaire imprégnée d'insecticide	193(48,7)	189(47,7)	381(96,4)	0,97
Assainissement	0(0)	0(0)	0(0)	-
Pulvérisation intradomiciliaire	0(0)	0(0)	0(0)	-
Traitement préventif intermittent(TPI)	85(21,5)	141(35,6)	226(57)	<0,001
Antipaludiques prescrits aux patients				
Paludisme simple				
-Chloroquine	7(1,7)	0(0)	7(1,7)	-
-Amodiaquine monothérapie	30(7,5)	4(1)	34(8,5)	<0,001
-Artesunate monothérapie	51(12,8)	32(8)	83(20,8)	<0,001
-ACT	119(30)	169(42,6)	288(72,6)	<0,001
-Quinine	39(9,8)	9(2,2)	48(12)	<0,001
Paludisme grave				
-ACT	26(6,5)	7(1,7)	33(8,2)	<0,001
-Artesunate iv	1(0,2)	6(1,5)	7(1,7)	<0,001
-Amodiaquine	0(0)	1(0,2)	1(0,2)	-
-Quinine	195(49,2)	198(50)	393(99,2)	0,98

Tableau IV. Notification et référence des cas par les prestataires de soins

Variabes	Infirmiers (N=198) n(%)	Médecins (N=198) n(%)	Total (N=396) n(%)	p
Notification des cas				
-Oui	191(48,2)	184(46,4)	375(94,6)	0,95
-Non	7(1,7)	14(3,5)	21(5,3)	<0,001
Référence des cas compliqués				
-Oui	66(16,6)	19(4,7)	85(21,5)	<0,001
-Non	132(33,3)	179(45,2)	311(78,5)	<0,001

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PRESTATAIRES DE SOINS INTERVIEWÉS DANS LES STRUCTURES DE PRISE EN CHARGE DU PALUDISME

Il ressort de cette enquête que 396 prestataires de soins ont été interviewés dans plusieurs structures de prise en charge des cas. Parmi les prestataires interviewés, il y avait 92 infirmiers licenciés (A1), 89 infirmiers gradués (A2), 17 infirmiers du niveau secondaire (A3) et 198 docteurs en Médecine, chirurgie et accouchement. 44,6% des prestataires de soins exercent le métier depuis moins de 5 ans contre 55,4% qui l'exercent depuis plus de 5 ans. Seulement, 38,9% de prestataires de soins versus 61,1% ont bénéficié d'un recyclage. Cette situation a également été évoqué par **Mulumba et al en 2001(6)** car le recyclage du personnel soignant constitue un objectif du Programme National de Lutte contre le Paludisme mais loin d'être atteint. Le pourcentage des prestataires recyclés reste faible et cela pourrait justifier une prise en charge erronée des cas car non conforme aux normes et directives du programme national de lutte contre le paludisme. Il faut noter que la prise en charge correcte des cas de paludisme au niveau national ne commencera à être assurée de façon satisfaisante que si l'effet de masse est réalisée, c'est-à-dire, si une proportion toujours plus importante du personnel soignant est régulièrement recyclés(**PEV(7)**) et l'anarchie dans la prise en charge des cas pourrait être évitée. Il est important que les prestataires de soins soient pointus dans la reconnaissance des signes de gravité pour permettre une référence précoce

4.2 PRINCIPALES CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES PRESTATAIRES DE SOINS SUR LE PALUDISME

Plus de 98% de prestataires de soins connaissent le paludisme mais malheureusement 23,9% seulement citent le plasmodium comme agent causal de cette affection mortelle ; 38,8% connaissent au moins 5 signes ou critères de gravité du paludisme tels que répertoriés par l'OMS. Ceci est une situation alarmante qui pourrait retarder la référence des cas graves et augmentera ainsi la mortalité. Au Madagascar, par exemple, Raobijaona *et al* (8) ont montré que la mortalité était de 45% plus élevée si le délai de référence était supérieur à 3 jours, contre 8,5% s'il était inférieur à 24 heures, Koueta *et al* (9) ont montré que tout retard dans la référence des cas a multiplié le risque léthal par 15,5 en terme de rapport de chances. 72% des prestataires de soins connaissent le traitement du paludisme recommandé par le PNLP . Et nous savons bien qu'il ya un grand fossé entre les connaissances et les pratiques comme les démontrent les travaux de Essé 2008(10) et Mwenesi 2005(11). Dans notre série, 84,1% de prestataires de soins demandent la confirmation biologique avant la mise sous traitement. En matière de diagnostic biologique du paludisme, il y a beaucoup de controverses mais le PNLP dans ces directives, stipule que le diagnostic biologique (soit la microscopie ou le test de diagnostic rapide) doit être posé avant la mise des malades sous traitement antipaludique(12). En l'absence de laboratoire, il est pourtant recommandé de porter un diagnostic présomptif d'accès palustre en cas de fièvre sans autre cause évidente et de donner un traitement antipaludique(30). Cette attitude a été et reste souvent la plus appliquée pour certains cliniciens qui n'adhèrent pas à la politique nationale. Ce constat a également été fait par plusieurs auteurs comme le montrent les travaux de Vialle-Valentin CE et al 2015(13). Mulumba MP et al(6) ont souligné l'impact des modes socio-culturelles qui forceraient la main des praticiens en leur imposant leur diagnostic et malheur au laboratoire qui oserait dire le contraire. Cette attitude ne serait-elle pas une des causes justifiant l'attitude inappropriée de 15,9% de nos enquêtés ? Ou le coût des analyses de laboratoire qui soustrait aux ménages le peu de son revenu mensuel presque inexistant (14)? Car le changement de directives est une entreprise délicate et complexe qui nécessite la prise en compte de plusieurs paramètres critiques, en particulier, le standing social, le comportement aussi bien des prestataires de soins que de la population qu'il faut modifier par des campagnes de sensibilisation et l'amélioration de conditions de vie (6).

96,4% de prestataires recommandent l'usage de la moustiquaire imprégnée d'insecticide pour la lutte contre le paludisme mais malheureusement aucun prestataire de soins ne recommande l'assainissement et pulvérisation. Cette situation nous semble quand même décevante car les prestataires de soins reçoivent les cas et prodiguent les conseils, doivent être pointus dans l'exercice de leur métier. 57% de prestataires recommandent traitement préventif intermittent de la femme enceinte. Cette pratique semble moyenne et encourageante surtout quand on sait cette stratégie qui patauge dans d'autres pays comme le relèvent Lele Koauawa et al au Cameroun (16).Ce qui revient à dire comme Mwenesi et Kokwaro que nous avons un gap important à couvrir en matière de formation du personnel et de la sensibilisation de nos communautés de base (11,15,16).

Concernant les ACT, nous pouvons dire que les prestataires de soins adhérents à 72,6% à la politique nationale de prise en charge des cas palustres simples a relativement mieux adhéré à la politique nationale. Cette pratique est encourageante quand nous pensons que dans un passé proche la quinine était l'antipaludique le plus prescrit (17,18). Mais malgré cette pratique encourageante sur les ACT, des problèmes majeurs demeurent dont ceux de l'accessibilité financière à ces combinaisons à base d'artémisinine qui ne sont pas à la portée des toutes les bourses car dans structures appuyées par le

Fond mondial, le traitement est gratuit et celles qui ne le sont pas y compris le secteur privé ? A côté de l'accessibilité financière, il y a également l'adhésion des ménages car on sait également que les malades ont leur traitement préféré quel que soit la prescription du médecin. L'autorité sanitaire doit s'investir pour approvisionner tout le pays en ACT. Malheureusement l'anarchie existant dans les domaines de la prescription pourrait-elle s'arrêter si l'autorité sanitaire ne prend ses responsabilités en mains ? Curieusement 8,2% prestataires (6,5% d'infirmiers versus 1,7% de médecins ; $p < 0,001$) prescrivent les ACT pour le paludisme grave. Ce constat nous permet de poser la problématique de la connaissance des critères ou signes de gravité du paludisme par les prestataires. Ceci montre une fois de plus qu'il faut le recyclage pour éviter l'anarchie des prescripteurs. Toutefois, l'usage des ACT devrait rapidement être encadré, d'autant plus que des soupçons sur l'émergence éventuelle de souches plasmodiales résistantes ont déjà été émis, notamment, en Ouganda et RDC [19,3]. La circulation des ACT sous plusieurs noms (source de confusion terrible) et certaines ACT non recommandées ou de mauvaise qualité. Ces facteurs sont également évoqués dans d'autres pays endémiques qui ont adopté les ACT comme traitement de première ligne (20,21,22). D'où l'application stricte de la réglementation s'avère urgente.

La quinine est prescrite par 12% de prestataires de soins dans notre série pour les cas palustres simples. Nos résultats plus faibles par rapport ceux de Muhindo MH et al qui ont trouvé que la quinine était prescrite dans 26,7% de cas palustres simples dans la ville de Kinshasa(23). Même si la quinine tend de moins en moins à être prescrite par rapport au passé proche(17,18), cette pratique est et reste contraire aux directives de l'autorité sanitaire qui recommande l'utilisation des combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine dans le paludisme simple (12). Cette situation cacherait soit l'insatisfaction des prestataires ou celle des malades bénéficiant du traitement conventionnel. Müller et al au Burkina Faso l'ont aussi rapporté dans leur étude publiée en 2003(24). Il est intéressant et juste de reconnaître que 99,2% de prestataires de soins prescrivent la quinine pour le paludisme grave. Cette pratique est à encourager. Quant à l'artesunate en intra veineuse pour les cas palustres graves, sa prescription reste encore très faible (1,7%) car c'est une nouvelle stratégie à laquelle les prestataires ne sont pas encore habitués d'où il faudrait que le PNLP puisse accentuer les séances de formation.

Curieusement 1,7% des prestataires de soins prescrivent la chloroquine (infirmiers 1,7% versus 0% de médecins), 8,5% prescrivent l'amodiaquine monothérapie (Infirmiers 7,5% versus 1% de médecins ; $p < 0,001$) et 20,8% prescrivent artesunate comprimés en monothérapie(infirmiers 12,8% versus 8 % médecins ; $p < 0,001$) . La circulation des antipaludiques en monothérapie est similaire à celle démontrée à Jinawa au Nigeria où il y avait des antipaludiques non recommandés car les postes de vente, ménages et les prestataires ignoraient et manquaient de formation sur les nouvelles directives de traitement qui avait approuvé les CTA comme traitement de première ligne du paludisme simple(25). La chloroquine pendant longtemps constituait la base du traitement des accès simple. Elle a montré ses limites par l'apparition de la résistance du parasite face à ce produit (26, 27, 28) et l'autorité sanitaire l'a retirée du marché. L'usage de ce produit à l'heure actuelle peut également favoriser la hausse de la mortalité palustre comme l'a démontré une étude menée au Kenya par Zucker et al 2003(29). Donc, nous tous sommes conscients qu'il y a encore des défis à relever (Kokwaro 2009)(16).

94,6% de prestataires de soins notifient les cas palustres, cette pratique est positive mais le grand problème reste de savoir si il ya surestimation ou sous –estimation des cas notifiés des cas palustres car l'hippopotame de Breman nous renseigne que 80% de cas sont soignés à domicile, 15% dans les dispensaires et enfin 5% dans les hôpitaux de référence(31) .D'où il est intéressant de mener une étude pour voir si la théorie de l'hippopotame demeure d'actualité. Dans notre série, 78,5% de prestataires de soins ne réfèrent pas même si ces derniers dépassent leur compétence. C'est une pratique dangereuse car elle risque d'accroître la mortalité palustre(8,9).

5 CONCLUSION

Le recyclage reste une préoccupation fondamentale, l'anarchie des prescripteurs et la non-adhérence des prestataires à la politique nationale sont des entraves aux efforts de lutte antipaludique, il faut accentuer les campagnes sur l'éducation, l'information et la communication en vue du changement des comportements des prestataires de soins dans les structures de prise en charge des cas.

REFERENCES

- [1] Ecole de Santé Publique. Rapport d'enquête sur l'évaluation pré intervention de la 2^{ème} phase du niveau actuel des indicateurs de base de « Faire Reculer le Paludisme » dans 71 zones de santé d'intervention du Projet Fonds Mondial en République Démocratique du Congo. *ESP, Université de Kinshasa, 2007.*
- [2] Strobel M, Thammabavong V, Keoulangkhot V, Barennes H, Buisson Y et Newton P, Faux médicaments : Le problème des faux antipaludiques en Asie du Sud-Est. 8^{ème} congrès international de la Société de Pathologie Exotique Vientiane, Laos 2010.
- [3] E.A. Ashley, M. Dhorda, R.M. Fairhurst, C. Amaratunga et al. Spread of Artemisinin Resistance in *Plasmodium falciparum* Malaria. *n engl j med* 371;5,2014.
- [4] Ministère de la Santé Publique de la République Démocratique du Congo. Plan Provincial de Développement Sanitaire (PPDS) 2011-2015, Ville de Kinshasa. Février 2010. http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_84.pdf [Consulté le 24/04/2015].
- [5] Mbutiwi Ikwa Ndol Fiston, François Lepira Bompeka, Michèle Dramaix-Wilmet, Philippe Meert, Myriam Malengreau, Nazaire Nseka Mangani, Flory Muanda Tsobo, Dramane Koné *et al.*, « L'automédication chez des patients reçus aux urgences médicales des Cliniques Universitaires de Kinshasa », *Santé Publique*, 2013/2 Vol. 25, p. 233-240.
- [6] Mulumba MP, Bobanga LT, Nzanzu V. Traitement du paludisme présumé à Kinshasa (4^{ème} partie) : étude de la conformité des prescriptions, *Congo Médical* 2001, vol 3, n°4.
- [7] Programme élargi de vaccination/lutte antipaludique. Atelier de formation du personnel médical pour la prise en charge correcte des cas de paludisme. Kinshasa, 1997.
- [8] Raobijaona H, Randrianotahina CH, Razanamparany M. Le paludisme grave de l'enfant observé au Service de Pédiatrie du Centre hospitalier de Befalatanana à Antananarivo (Madagascar) en 1996-1998. *Arch Inst Pasteur Madagascar*. 2000; **66** (1&2) :23-25.
- [9] Koueta F, Dao L, Ye D, Zoungrana A, Kabore A, Sawadogo A. Risk factors for death from severe malaria in children at the Charles de Gaulle pediatric hospital of Ouagadougou (Burkina Faso). *Santé* 2007;17(4):195-199.
- [10] Essé C, Utzinger J, Tschannen B et al: Social and cultural aspects of malaria and its control in Central Cote d'Ivoire. *Malaria J* 2008; 7: 224.
- [11] Mwenesi AH: Social science research in malaria prevention, management and control in the last two decades: an overview. *Acta Trop* 2005;95:292-7.
- [12] Programme National de Lutte contre le Paludisme. « Faire reculer le paludisme » Plan stratégique 2009-2013, Ministère de Santé Publique 2009.
- [13] Vialle-Valentin CE, LeCates RF, Zhang F, Ross-Degnan D. Treatment of Febrile illness with artemisinin combination therapy: prevalence and predictors in five African household surveys. *J Pharm Policy Pract*. 2015 Jan 31;8(1):1. doi: 10.1186/s40545-014-0024-0. eCollection 2015.
- [14] Mulumba M.P. et Ilunga L. Le coût de traitement du paludisme sévère dans les hôpitaux de référence de Kinshasa est inaccessible à la majorité de la population. *Congo Médical* vol. IV-N°8
- [15] Lele Kouawa A, Fotso Fokam Z, Takougang I, Ngassa P: Connaissances, attitude et pratiques des prestataires et utilisatrices des services de traitement préventif intermittent du paludisme. In Cinquième Conférence Panafricaine de la MIM sur le paludisme, Nairobi, 2-6 novembre 2009.
- [16] Kokwaro G: Ongoing challenges in the management of malaria. *Malaria J* 2009;8 (Suppl 1):S2.
- [17] Ecole de Santé Publique : Rapport de l'enquête sur l'évaluation du niveau actuel des indicateurs de base de « faire reculer le paludisme » dans les zones de santé d'intervention de la première année du projet Fonds Mondial. *ESP, Université de Kinshasa, 2006.*
- [18] Enquête Démographique et de Santé : Paludisme. Ministère du Plan & Ministère de la Santé, République Démocratique du Congo, EDS 2007 ; 163-177.
- [19] Baliraine FN, Rosenthal PJ. Prolonged selection of pfmdr1 polymorphisms after treatment of falciparum malaria with artemether lumefantrine in Uganda. *J Infect Dis*. 2011;204(7):1120-4.
- [20] Wasunna B, Zurovac D, Goodman CA, Snow RW. Why don't health workers prescribe ACT? A qualitative study of factors affecting the prescription of artemether-lumefantrine. *Malar J* 2008;7:29.
- [21] Eriksen J, Nsimba SE, Minzi OMS, Sanga AJ, Petzold M, Gustafson LL et al. Adoption of the new antimalarial drug policy in Tanzania – a cross-sectional study in the community. *Trop Med Int Health* 2005;10(10):1038-46.
- [22] Gomes M, Wayling S, Pang L. Interventions to improve the use of antimalarials in South-East Asia: an overview. *Bull World Health Organ* 1998;76(1):9-19.
- [23] Muhindo MH, Ilombe G, Raquel Inocencio da Luz et al. Malaria policies versus practices, a reality check from Kinshasa, the capital of the Democratic Republic of Congo. *BMC public Health*;2015.

- [24] Müller O, Traoré C, Becher H, Kouyate B: Malaria morbidity, treatment- seeking behavior, and mortality in a cohort of young children in a rural Burkina Faso. *Trop Med Intern Health* 2003; 8: 290-6.
- [25] Berendes S1 , Adeyemi O , Oladele EA , Oresanya OB , Okoh F , Valadez JJ . Are patent medicine vendors effective agents in malaria control? Using lot quality assurance sampling to assess quality of practice in Jigawa, Nigeria. *PLoS One*. 2012;7(9):e44775.
- [26] Delacollette C,Binyingo Embonga,Malengreau M : Response to chloroquine of infections with Plasmodium falciparum in the Kivu region of Zaire.Preliminary observations. *Ann. Soc. Belge Med. Trop.*, 1983,63,171-173.
- [27] Nguyen-Dinh P,Schwartz IK,Sexton JD,Bomboto B,Botomwito B,Kalisa R,Ngimbi NP,Wery M : In vivo and in vitro susceptibility to chloroquine of Plasmodium falciparum in Kinshasa and Mbuji-Mayi,Zaire.Communication at the Annual Meeting of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene (San Antonio, Texas),1983.
- [28] Ngimbi N.P.,Wery M,,Henry M.C. and Mulumba M.P.:Réponse in vivo à la chloroquine au cours du traitement du paludisme à Plasmodium falciparum en région suburbaine de Kinshasa, Zaïre. *Ann.Soc.belge Med .Trop.* 1985,65, suppl. 2,123-135.
- [29] Zucker JR.,Trenton K,Ruebush II.,Obonyo C.,Otieno J,Campbell CC.: The mortality consequences of the continued use of chloroquine in Africa: experience in Siaya, Western Kenya. *Am J. Med. Trop. Hyg* 2003; 68: 386-390.
- [30] WHO.Guidelines for the treatment of malaria.Geneva,World Health Organization;2010.
- [31] Breman.J. : The ears of the hyppopotamus: manifestations, determinants, and estimates of the malaria burden. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 2001; 64: 1-11.

PERFORMANCE AND EFFICIENCY MEASURES OF LAYER PRODUCTION ENTERPRISES IN THE ASHANTI REGION OF GHANA

Stephen Opoku – Mensah

Agropreneurship Department,
Institute of Entrepreneurship and Enterprise Development,
Kumasi Polytechnic,
Kumasi, Ghana

Copyright © 2016 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: Poultry production in Ghana has been constrained by several factors including high production cost and competition from imports. To be competitive and remain viable over the long haul, poultry agribusinesses would have to be efficient and profitable. The scale and size of agribusinesses play a role in their overall performance and sustainability. Given that the fact that commercial layer bird production in Ghana is dominated by small and medium scale enterprises, this paper sought to evaluate the financial viability and efficiency levels of these enterprises through a comparative analysis.

The study was conducted in five districts of the Ashanti Region of Ghana, which has a large share of commercial layer bird production. A multi-stage technique was used to sample data from 100 layer bird farmers. The farm budgetary technique was used to ascertain the profitability of enterprise while a t-test was conducted to compare the efficiency measures of the categories of layer enterprises.

Findings from the study revealed that commercial layer bird production is a viable agribusiness venture with positive gross margins and net farm income. The major drivers of production cost were the variable cost (feed, day-old-chicks, medication, and hired-labor). A comparative analysis of selected economic parameters indicates that medium scale farms are more efficient and have favorable gross margins, net farm income, rate of return on investment, profitability index, and benefit cost ratio. Similarly, the medium farms performed better on the production efficiency measures such as egg-lay rate, egg-to-feed ratio, income over feed cost and mortality rates, than the small scale farm enterprises.

The study concludes that layer bird production is still viable and can be sustained given the scale of operation. Medium scale farms are able to employ resources more efficiently and they benefit from economies of scale, hence their overall better performance compared to the small scale enterprises. Small scale poultry farmers should be supported to improve on their management skills, operational efficiency and expand operations in order to benefit from higher performance through economies of scale and efficiency.

KEYWORDS: Layer production, production efficiency, financial performance, medium and small enterprises.

1 INTRODUCTION

Poultry production has emerged as one of the most vibrant sub-sectors of global livestock production, given the surging demand from consumers, particularly in the peri-urban, urban and cosmopolitan areas. For example, [1] and [2], have indicated that global chicken consumption is expected to grow in tandem with population growth. Poultry production stands out amongst the major livestock due to the several merits it holds. First, poultry products are generally widely acceptable as it is free of the religious and social taboos occasionally associated with pigs and cattle. Apart from serving as a good source of quality protein, vitamins and minerals from eggs and meat, with less fat than pig and cattle [3] and [4], poultry production also generates employment [5], provides income for actors within the value chain and a major contributor to economic growth [6]. Again chicken, for example, has a comparatively higher feed conversion efficiency rate than other livestock and returns to investment can be very quick [7].

Ghana's commercial poultry industry, and chicken sub-sector in particular, which is the focus of this study, is dominated by layer and broiler bird production raised mostly by profit-motivated entrepreneurs as commercial ventures, on intensive and semi-intensive systems of production [8]. And like most agribusinesses, the sub-sector is dominated by small and medium scale enterprises. According to [8] and [9], Ghana's commercial poultry sector is categorized into three, namely: large-scale (over 10,000 birds), medium-scale (5,000–10,000 birds) and small-scale (50–5,000 birds) enterprises. It is estimated that over 80% of commercial poultry production enterprises are found in the small and medium scale category [9] while the large scale category make up the remaining 20%. The bulk of commercial chicken (including layer birds) emanates from the Ashanti, Brong-Ahafo and Greater Accra regions of Ghana with production concentrated particularly in the urban and sub-urban areas where a market for their products exist.

The capacity of the poultry sub-sector to serve as a major source of food security and economic growth within the agricultural sector was given a major boost during the 1970-1990's with the Government of Ghana providing infrastructural facilities and services such as the establishment of state owned poultry feed mills, hatcheries, highly subsidized veterinary services [10]. However, a change in policy direction which culminated in a gradual withdrawal of government support to the agricultural sector has been cited as the source or reason for the decline in the performance of the poultry sub-sector [8]. More significantly however, it is believed that poor technical know-how of farmers, the use of outdated production technology and poor managerial capacity of agri-entrepreneurs have all contributed to a systematic decline of the performance of the once vibrant poultry industry. Specific production and market related factors that have hampered growth include high cost of feed inputs and medication [11], [12], [13]; disease outbreaks and high mortalities [11], [14], [15]; poor market access [9], [14], [16]; inadequate access to credit facilities [9], [17]; and the absence of processing facilities for value-added poultry products that meet the preference of consumers. In addition, it appears Ghana's poultry sector reels under a weak value chain system, with poor backward and forward linkages. All these have culminated in the sharp decline of domestic output and the dominance of a more competitive and cheaper imported poultry products (especially meat) from the E.U, America, and lately Brazil [8], [11] and [9]. This unfortunate trend of affairs over the period has resulted in an almost 'dead' broiler sub-sector and a 'struggling' layer sub-sector [8] and [18]. Indeed Ghana's domestic chicken meat supply from commercial sources had declined from about 80-90% of total national demand in the 1990's to about 10% share of chicken consumed by the year 2010 [9] and [19]. Currently it is only the layer bird production which appears to be thriving somewhat, because of the absence of competition from imported eggs. The profitability, financial and economic sustainability of poultry enterprises in Ghana has been questioned in view of the current industry trends. Evidence suggests that Ghana's commercial poultry industry is not competitive enough and can potentially be endangered if this trend continues.

According to the Institute of Statistical Social and Economic Research [20], 2011 report, while the livestock industry grew by 5.1% in 2010, the poultry subsector declined by 12.81%, confirming the overwhelming assertion of the weakening fortunes of the domestic poultry industry. The capacity of commercially-oriented agri-entrepreneurs to operate poultry enterprises on a profitable and sustainable basis remains a daunting challenge. In the midst of changing consumer demand and preference, the rising cost of production (inputs) and stiff competition from the unbridled chicken imports, the question that arises is whether the domestic poultry industry can survive, stay in business and continue to be sustainable over the long haul. This challenge brings to the fore again the position and significance of smallholder farmers who dominate most agri-enterprises in Ghana and to what extent farm enterprise capacity, size and scale of operation impacts on output, productivity and profitability. Does scale and size of operations matter in the economic performance of agri-enterprises? For most agribusiness production establishments, the major determinant of financial or economic viability of the enterprise depends on the gap between the values of outputs generated and the cost of inputs consumed in a production cycle, which is also influenced by the scale and efficiency of operation.

Agribusiness in general is recognized as one of the most challenging and the riskiest economic activities [21]. The long-term performance of agribusinesses is largely dependent on profitability. Hence, maximizing profitability of farms is of utmost importance to the competitiveness and well being of farmers' as well as other actors within the poultry-value chain. The capacities of commercial layer enterprises (whether small or medium) to deplore and manage production inputs efficiently can to a large extent determine or influence the profitability of the business. Rising cost of production without corresponding output values ultimately erodes the margins of farm enterprises, which can ultimately lead to losses and shutdowns. The foregoing issues present an opportunity to delve into the financial viability and management efficiency of layer production enterprises with respect to scale of operation in the light of the growing campaign to support domestic poultry production against competition from imports. The key questions to be addressed in this study are whether commercial layer bird production (small or medium) in Ghana is still profitable? If it is, what is the extent and degree of profitability? What do the financial, and production efficiency parameters indicate for various farm sizes? Does the scale and size of operation have an impact on performance? The objective of this study was to determine the performance of

commercial layer bird enterprises by measuring and comparing the production efficiency levels and the financial profitability of the categories of layer enterprises.

The paper provides detailed analysis of the relative cost and returns that accrue to layer production enterprises, according to scale of operation and overall profitability. Profitability and financial analysis of capital intensive agribusiness enterprises like poultry production constitutes a relevant aspect of Ghana's socioeconomic development, especially within the context of ever rising production cost, competition from imported product and a strong advocacy, in recent times, to support and protect the domestic poultry industry. Thus, an empirical study of the financial prospects and production efficiency of domestic layer bird enterprises would be prudent at this stage as it has implications for the sustainability of the industry and the livelihoods of many people who depend on it. Finally, it has implications for policy within the poultry industry in particular and agribusiness as a whole.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 DESCRIPTION OF THE STUDY AREA

The survey was conducted in selected towns and districts in and around the Ashanti Region of Ghana. The five locations selected for the survey included the Kumasi Metropolis, Atwima Nwabiagya district, Bosomtwi district, Ejisu-Juaben Municipal, and Asante Akim North District. The region lies between longitudes 0.15W and 2.25W, and latitudes 5.50N and 7.46N. It shares boundaries with four other regions, namely, Brong-Ahafo to the north, Eastern Region to the east, Central Region to the south and the Western Region to the south west. According to the National Housing and Population Census Report of 2010 the region has an estimated population of 2.6 million inhabitants with about fifty percent located in the capital city, Kumasi. The major economic activity is spread between agriculture, timber and logging, manufacturing, and an informal sector dominated by trade and commerce. The region has a vibrant commercial poultry sector (the largest in terms of number of enterprises and stock size) with several small and medium scale enterprises dotted across the various districts and towns. The prevalence of commercial poultry enterprises within the peri-urban and urban areas is justified in the fact that there is a ready market and consumer population.

2.2 SAMPLING TECHNIQUE AND DATA COLLECTION METHODS

The study was conducted through a survey of 100 poultry farmers comprising 60 small scale operators and 40 medium scale operators. A multistage sampling technique was used to collect data from poultry farmers in the Ashanti Region. First upon consultations with MoFA, Veterinary Services Division of MoFA, and the Ghana National Association of Poultry Farmers GNAPF officials, a purposive sampling was used to select five districts in the region with a high concentration of poultry farmers. Secondly the farmers in each selected district were stratified into two, namely small scale and medium scale farmers based on a list provided by the veterinary services division of MoFA in the Ashanti region. Thirdly a random sampling technique was used to select the small and medium scale layer farmers with at least 15 farmers selected from each district. The data collection instrument employed was a well-structured, mostly close-ended questionnaire. Data were collected from individual farm enterprises on four major variables, namely; the socioeconomic characteristics of farmers, cost and returns, management practices, and the constraints in layer production. Data were analyzed using descriptive statistics and a budgetary technique. The t-test statistics was used to test for significance of differences in management and production efficiency parameters between small and medium scale farm sizes.

2.3 ANALYTICAL FRAMEWORK AND METHOD OF ANALYSIS

2.3.1 PROFITABILITY ANALYSIS – GROSS MARGIN AND NET FARM INCOME ANALYSIS

The underlying analytical framework employed in this study was the use of profitability analysis (gross margins and net returns). Profitability is a measure of the ability of an enterprise to generate enough revenue above the cost incurred in production over a period of time. Gross margins and net returns can be used as proxies for profitability. To evaluate the production cost and return for the various farm enterprises, the budgetary technique was employed. This technique can be appropriately used to compare profitability of different farm enterprises or among farms irrespective of the farm's size [22]. Mathematically, gross margin, which is a function of production cost and output is expressed as the difference between the total value of output (gross returns) and the sum of the variable cost of production.

Gross Margins or Gross Profits were computed as:

$$\text{Gross Margin (GMi)} = \sum_{i=1}^n P_i Q_i - \sum_{i=1}^n TVC_i \dots \dots \dots (1)$$

The Net Farm Income (NFI) or Net Return (NR) is estimated by adjusting for fixed cost items such as interest charges (excluded in this study), depreciation allocated to equipments, buildings and maintenance cost. The Net Farm Income or Net Return can be estimated as follows:

$$\text{Net Farm Income (NFIi)} = GM_i - \sum_{i=1}^n TFC_i \dots \dots \dots (2)$$

Net Farm Income is the profit earned over a production period showing the returns to entrepreneurs’ labor, management, equity capital, etc. The significance of NFI in such analysis is more pronounced, particularly when fixed costs and overheads are large as the case may be for some medium to large scale agribusiness enterprises [23] and it gives a true value of profit over the accounting period. Otherwise for most agribusiness ventures (which are small scale) NFI is approximately close to the GM, since overheads are small and constitute a small fraction of total production cost.

The variables used in the expression in equations (1) and (2) can be defined as:

GM_i = the gross margin earned per unit by the *i*th farm enterprise (in GH¢)

NFI_i = net farm income earned per unit by the *i*th farm enterprise (in GH¢)

$\sum_{i=1}^n P_i Q_i$ = summation of value generated from the sale of outputs (eggs and spent layers) by the *i*th farm enterprise (in GH¢)

$\sum_{i=1}^n TVC_i$ = summation of total variable cost items consumed in raising birds for the 80 week cycle per *i*th farm enterprise (in GH¢)

$\sum_{i=1}^n TFC_i$ = summation of estimated fixed cost items (depreciation of buildings and equipments) per *i*th farm enterprise (in GH¢)

2.3.2 MEASURE OF PRODUCTION EFFICIENCY IN LAYER BIRD ENTERPRISES

Efficiency of farm agribusinesses refers to the relationship between inputs used and the outputs generated per farm unit enterprise and this is dependent largely on the managerial and technical skills of the operator [24]. Performance analysis of agri-enterprises can indeed be conducted through an analysis of physical, economic and financial efficiency. Physical efficiency measures the variables like crop yield, mortality rates, weaners per litter, egg-lay rate, egg-feed ratio, feed conversion efficiency, etc. For example, key industry players report that a layer bird can produce between 240 and 285 eggs per complete 72–week to 80 – week cycle [25]. Economic measures of efficiency include variable cost of production per livestock, return per Ghana Cedi of feed, return per Ghana Cedi on hired labor, etc. Financial measures of efficiency include the concentration with which agri-enterprise unit deploys assets to gross revenues, value of farm production, financing and marketing decisions. These three measures of efficiency have an impact on overall productivity, profitability and ultimately the performance of agri-enterprises.

Assumptions: The analysis in this study made a number of assumptions including the following:

- The cost of family labor was left out since almost all farmers used hired labor. The other few who used family labor could not readily assign any value to wages or salaries paid to family members who were deemed to be assisting.
- Similarly, the cost of litter used was ignored since it was very insignificant and in most cases was obtained for free
- The fixed cost of production was estimated by taking the historical cost and useful life span of fixed assets to arrive at the depreciation of assets per production season per farm enterprise. The interest charges of working capital were excluded from the analysis because many farmers did not take any commercial loans, while the handful that accessed credit was reluctant to provide details of terms and conditions for any further analysis.

- Products from the farm (eggs and birds) that were consumed or given as gifts were also ignored in the analysis, since only a handful of farmers indicated that gifts were given but they could not provide any accurate data.
- The gross production output value was calculated as the product of the volumes of eggs and spent layers and prices received by farmers.

Finally a comparative analysis of scale economies was measured using the t–test to test for the statistical significance of the differences in the profitability, economic returns and production efficiency between small and medium scale layer enterprises.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PROFITABILITY AND RETURNS OF LAYER ENTERPRISE (PER BIRD ANALYSIS)

An analysis of the cost and returns on a per bird basis (as this gives a detailed and better understanding of enterprise performance) is presented. A summary of the various components of the variable cost, fixed costs and revenue are presented in Table 1, while Table 2 shows the profitability indicators across farms.

3.1.1 COST OF PRODUCTION FOR THE FARM ENTERPRISE CATEGORIES

A detailed analysis of the variable cost components revealed that feed, day-old-chicks, hired labor and medication were the major cost centers in the layer production enterprises. The analysis compares the two sets of farm enterprises and also the overall average. The feed cost per bird was higher on small farms (GH¢44.04) which represents 80% of total variable cost while medium size farms was GH¢39.84 representing 75% of variable cost and an overall average cost of GH¢40.85 representing 77%. This compares similarly with the findings of [26] (Olaadebo and Ojo, 2102) who found that small farms had higher feed cost than medium sized farms. Feed cost per bird for medium size farms was 5% lower than small scale farms, suggesting that medium farms are able to manage feed cost more efficiently. The generally high feed cost of layer enterprises corroborates the findings of several empirical studies across as indicated by [26], [27], [28], [29], [10]. The unit cost of day-old-chick was higher for medium farms (GH¢2.65) compared to the small farms (GH¢2.52). Majority of the medium farms used imported breed of D.O.C which makes it more expensive than the locally bred D.O.C which was patronized by many small scale operators. The percentage cost of both small and medium farm sizes was however the same and represented 5% of the total variable cost. The cost for hired labor per bird was also relatively higher for medium scale farms (GH¢2.60) representing 5% than the small farms (GH¢1.52) which was 3% of variable cost. Medium scale farmers are more commercially oriented and thus tend to hire more labor, hence the high percentage cost incurred on this variable. On the other hand small scale operators usually depend on family labor and this accounts for the relatively lower cost expended. Similarly, medium scale farmers spent much higher on medication and veterinary services than small scale farmers, suggesting that medium scale producers took health issues more seriously as a means to enhance growth and reduce mortalities. More importantly the economic impact of mortalities or losses from disease outbreak can be more severe for medium scale operators than small scale farmers, hence the extra devotion by medium scale operators to good health care of the chickens.

The total variable cost per bird was much higher for small scale farms (GH¢54.78) than the medium scale farms (GH¢52.87). Similarly fixed cost per bird was found to be higher on small farm size (GH¢55.33) than medium size farms (GH¢53.31). The total production cost on a per bird basis was therefore higher on the small farms than the medium farms. These findings are similar to that obtained by [28] who showed that both variable cost and fixed cost were higher for small scale farms than medium and large scale types.

3.1.2 REVENUE GENERATED FROM FARM ENTERPRISES CATEGORIES

Revenue from poultry enterprise was generated from the sale of fresh eggs and spent-layers. On the average the layer enterprise earned GH¢77.99 (88%) per bird from the sale of eggs. The revenue earned from the sale of eggs was found to be slightly higher in medium sized farms (GH¢78.63) per bird representing 88% than the small farm sized farms (GH¢75.85) also representing 87%. On the other hand, sales revenue from spent–layers was slightly higher for small farms (GH¢11.22) than medium scale farms (GH¢10.87). The total revenue earned was however found to be higher for medium farms (GH¢89.50) than small farm sizes (GH¢87.06). Again, this finding was found to be in line with the results obtained by [28] and [30] who showed that small scale operators do not earn as much returns as do medium or large scale operators.

Table 1: Profitability Analysis (Cost, Revenue and Net Farm Income) for Small Scale and Medium Scale Layer Enterprise – per bird analysis

Parameters	Farm Category		
	Small (GH¢)	Medium (GH¢)	Overall average (GH¢)
REVENUES:			
SALES FROM EGGS	75.85 (87)	78.63 (88)	77.99 (88)
SALES FROM BIRDS	11.22 (87)	10.87 (12)	10.96 (12)
SALES FROM MAURE			
TOTAL REVENUE	87.06 (100)	89.50 (100)	88.95 (100)
VARIABLE COST:			
DOC	2.52 (5)	2.65 (5)	2.62 (5)
FEED	44.04 (80)	39.84 (75)	40.85 (77)
UTILITY	0.65 (1)	1.14 (2)	1.02 (2)
MEDICATION	2.53 (5)	3.52 (7)	3.28 (6)
TRANSPORT	1.51 (3)	1.16 (2)	1.25 (2)
HIRED LABOUR	1.52 (3)	2.60 (7)	2.34 (4)
EGG TRAYS	1.64 (3)	1.51 (3)	1.54 (3)
MISCELLANENOUS COST	0.38 (1)	0.44 (1)	0.43 (1)
TOTAL VARIABLE COST	54.78 (100)	52.87 (100)	53.33 (100)
BUILDINGS	0.44 (80)	0.33 (75)	0.35 (76)
EQUIPMENT	0.11 (20)	0.11 (25)	0.11 (24)
TOTAL FIXED COST	0.55 (100)	0.44 (100)	0.47 (100)
TOTAL COST	55.33	53.31	53.62
GROSS PROFIT	32.29	36.63	35.62
NET RETURNS	31.73	36.19	35.16

Source: Field data analysis, 2013. The percentages of cost and revenues are in parenthesis ().

3.1.3 PROFITABILITY ANALYSIS AND INDICATORS OF LAYER PRODUCTION ENTERPRISES

In determining the profitability levels of the various farm enterprises seven key parameters or indicators were analyzed, a summary of which is posted in Table 2. Profitability of layer enterprise is measured in terms of gross margin and net farm income. The gross margins and net farm incomes per bird were estimated to be higher for the medium scale farms (GH¢36.63) and (GH¢32.29) than the small scale farms (GH¢36.19) and (GH¢31.37) respectively. The overall gross margin and net farm income for the enterprises was GH¢35.62 and GH¢35.16 respectively. The overall gross profit margin was approximately 40% indicating that for every GH¢100 spent on layer bird production, a gross return of GH¢40 was realized as profit. The analysis also showed that on the whole the profitability index PI was 0.40 indicating that for every GH¢1 invested in layer production a net return of GH¢0.40 was realized. Similarly, an overall return on investment, ROI of 65.36 was obtained indicating that approximately 65% of net return is realized for every GH¢1 invested in layer production. The benefit cost ratio (BCR) was also estimated at 1.66 which is greater than 1, and thus indicate a favorable measure of performance. A comparative analysis of the two categories of layer enterprises on the basis of the selected profitability parameters show that medium farm sizes performed better on the key parameters than the small scale farms. This suggests that medium farm operators tend to be more prudent with better production operations, management skills and above all enjoyed some economies of scale compared to the smaller scale operators.

Table 2: Measures of Profitability Indicators Layer Enterprise Categories

Parameters	Small	Medium	Overall average
GROSS MARGINS (GH¢)	32.29	36.63	35.62
Net Returns Turn (GH¢)	31.73	36.19	35.16
Gross Profit Margin (%)	37.08	40.93	40.05
Profitability Index - PI	0.36	0.40	0.40
Return on Investment - ROI (%)	57.36	67.90	65.36
Benefit Cost Ratio – BCR	1.59	1.69	1.67
Rate of Return on Variable Cost- RRVC	1.58	1.68	1.66
Operating Ratio – OR	0.63	0.59	0.60

Source: Survey data analysis

3.2 PERFORMANCE OF FINANCIAL, ECONOMIC AND PRODUCTION EFFICIENCY (COMPARATIVE ANALYSIS OF SMALL AND MEDIUM SCALE LAYER ENTERPRISES)

Although the results and discussion of the first two objectives involved a comparison of the two sets of layer enterprise, this section delves further to measure and ascertain the extent to which medium and small scale layer enterprises differed or performed on a number of selected criteria or indicators. The major performance indicators to be measured under the comparative analysis include producer and management characteristics, scale and size of operation, measures of production cost and returns, measures of profitability, and farm production efficiency measures. Differences in means tests are then used to measure the variables that are statistically different between the two categories of farm enterprises. This is to provide further evidence of the degree or extent of variability in the factors of economic performance and efficiency between the two sets of layer enterprises in the study area.

3.2.1 COMPARISON OF PRODUCER AND MANAGEMENT CHARACTERISTICS

A summary statistic of the producer and management characteristics of small and medium scale layer farmers is presented in Table 3. The results show that the mean age of medium scale farmers (51.13 years) is significantly higher than that of small scale operators (45.32 years) at the 1% level. The number of years of schooling of medium scale farmers is also higher and significantly different at 5% from that of small scale farmers. The medium scale farm owners also had more years of experience (17.20 years) than small scale operators (8.12 years) and the difference is significant at the 1% level. Again, the medium farmers again hired more labor (11.38) than the small operators (2.55) and the difference is significant at 1%. The use of more hired labor by medium scale operators again reflects the scale and degree of commercialization of operations which has a bearing on profitability. In summary medium scale farmers who happen to be much older, better educated, with much longer years of business experience and also hired more labor were more commercially-oriented compared to the small scale farmers. These personal and management characteristics have an impact on the overall performance of the enterprise, as has been demonstrated in this study.

Table 3: Measures of Producer and Management Characteristics

Characteristics	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Age of Producer (yrs)	47.64	45.32	51.13	-5.808	-2.712	0.008
Education of producer (yrs)	11.60	3.27	3.78	-0.508	-2.117	0.038
Years of Experience (yrs)	11.75	8.12	17.20	-9.083	-6.507	0.000
Formal Training in poultry	0.87	0.77	0.93	-0.158	-2.283	0.025
Number of hired labor	6.08	2.55	11.38	-9.083	-6.507	0.000
Other source of income	0.36	0.35	0.37	-0.025	-0.253	0.081

Source: Survey data

3.2.2 MEASURE OF SCALE AND SIZE OF LAYER ENTERPRISES

A comparison of the scale and size of operation of the two categories of layer enterprise was done using four indicators, namely flock size, laying population, egg lay rate and egg volume. The results show that there were significant relationships between all the selected parameters or characteristics. Medium scale farmers obviously had much larger stock size, more

bird-laying population density, higher volume of egg production and higher egg-lay-rate per farm compared to the small scale operators and these were significantly different at 1% (Table 4). The apparent superior performance and dominance of the medium scale operators in layer production confirms the fact that scale and size matters in typical agribusiness ventures.

Table 4: Measures of Scale and Size of Different Farm Enterprises

Parameters	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Flock size	3,924	1,570	7,455	-5,885	-18.81	0.000
Laying population	3,336	1,275	6,426	-5,151	-16.59	0.000
Percentage egg-lay	82.11%	80%	85%	-0.548	-3.618	0.000
Egg lay rate	9.34	9.06	9.76	-0.700	-4.535	0.000

Source: Survey data analysis

3.2.3 COMPARISON OF PRODUCTION COST PARAMETERS FOR DIFFERENT LAYER ENTERPRISES

A detailed production cost analysis on different categories of layer enterprises revealed that there were significant differences in almost all the cost variables or elements measured except utility cost (Table 5). The D.O.C cost, medication, and hired labor of medium farms is higher and significantly different at 1% from that of small farms. On the other hand small farm operators tend to have high production cost influenced mainly by feed, transport and egg tray cost which is found to be significantly different at 1% from that of medium the scale operators. On the whole the small scale farmers incurred higher variable production cost (GH¢71.09) than the medium farms (GH¢62.42) and this difference is statistically significant at 1% level. The higher feed cost borne by small farms is the main item driving the production cost and relative inefficiency compared to the medium farms. The relatively higher variable cost and fixed cost incurred by small farms invariably affected the total cost of production per bird (GH¢67.06) compared to the total cost for medium farms sized (GH¢62.84). There is a statistically significant difference in the overall production cost between the two farm enterprises. This suggests that the various cost components make a key difference and can impact profitability across farm categories.

Table 5: Measures of Production Cost and Expenditure across Farms – a comparative analysis (in GH¢)

Parameters	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Cost of D.O.C	2.56	2.51	2.64	-0.135	-4.504	0.000
Cost of feed	42.71	44.44	40.12	4.320	6.252	0.000
Cost of Medication	1.98	1.61	2.54	-0.930	-10.17	0.000
Cost of Hired Labor	2.89	2.48	3.50	-1.012	-5.90	0.000
Transport cost	1.56	1.85	1.12	0.732	5.571	0.000
Utility cost	1.02	0.99	1.05	-0.063	-0.485	0.629
Egg tray cost	1.62	1.68	1.52	0.159	5.709	0.000
Total variable cost	67.32	71.09	62.42	8.676	5.130	0.000
Total fixed cost	0.75	0.96	0.42	0.541	5.229	0.000
Total cost	68.37	72.06	62.84	9.218	5.352	0.000

Source: Survey data analysis

3.2.4 COMPARISON OF REVENUE AND CASH INFLOWS FOR LAYER BIRD ENTERPRISES

An analysis of revenue generated for the two farms category constitutes an important variable of interest in this study as it has implications for determining efficiency, productivity and profitability of different farm categories. First, the volume of eggs produced per bird was higher for medium size farms (9.76 crates) than small farms (9.06 crates) and this difference was statistically different at 1% (Table 6). Secondly, the revenue generated from the sale of eggs and spent-layers, though slightly higher on medium farms than small farms, there is no statistically significant difference in revenue generated between the two categories of farm enterprises. However, the sum total value earned from the sale of eggs and spent layers was higher for medium farms (GH¢89.75) than small farms (GH¢86.46). This difference is statistically significant at 1% level. The analysis indicates that both small and medium farms received almost the same unit price from the sale of poultry products indicating that none of the farm types enjoyed the advantage of a niche market or product differentiation. However the medium farms took advantage of or benefitted significantly from the volumes of output (eggs and spent layer) and this resulted in the statistical difference in overall revenue earnings for the two farm categories.

Table 6: Per bird Revenue and Cash Inflows (in GH¢)

Parameters	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Volume of egg	9.34	9.06	9.76	0.700	-4.535	0.000
Value of Egg sale	76.93	75.69	78.80	-3.118	-2.350	0.220
Value of Spent layer	10.84	10.77	10.95	-0.183	-0.916	0.362
Total Revenue earned	87.78	86.46	89.75	-3.295	-2.432	0.018

Source: Survey data analysis

3.2.5 COMPARISON OF PROFITABILITY INDICATORS OF LAYER BIRD ENTERPRISES

A comparative analysis of a number of selected profitability indicators is presented to provide additional insight into the degree of productivity, efficiency and performance level of the various farm enterprises and to ascertain whether farm size has an impact on profitability.

Table 7: Measures of Profitability Indicators across Farm Enterprises

Parameters	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Gross Margin (GH¢)	20.15	15.36	27.34	-11.97	-5.787	0.000
Net farm returns (GH¢)	19.41	14.40	26.91	-12.513	-5.894	0.000
Benefit – cost ratio	1.31	1.22	1.44	- 0.218	-6.294	0.000
Profitability Index	0.22	0.16	0.30	-0.1322	-6.329	0.000
Gross Ratio	0.78	0.84	0.70	-0.1322	6.329	0.000
Operating Ratio	0.77	0.82	0.70	0.1261	6.219	0.000
Return on Investment	30.93	22.21	44.02	-21.8045	-6.284	0.000

Source: Survey data analysis

All the eight selected parameters of profitability indicators were found to be different between small and medium enterprises. The analysis show that medium scale farms performed superior on all the profitability indicators and this is significantly different at 1% from the small scale farms. The superior performance of medium farm types of the key profitability indicators can be attributed to a combination of factors, including the effect of scale and size, the relatively high degree of efficiency in the use of production resources, better management practices and economies of scale all of which culminated in the lower cost and higher returns.

3.2.6 MEASURES OF PRODUCTION EFFICIENCY IN LAYER ENTERPRISES

Efficiency measures across the categories of farms in terms of physical and financial output levels were considered as it has an impact on the overall performance of agribusiness enterprises. A number key variables and parameters of efficiency were selected for comparison among the two farms categories. Egg production, for example, is a major index of performance for layer enterprises, as it constitutes close to 80% of total revenue generated by layer bird production enterprises, hence its inclusion as an efficiency parameter. The volume of egg produced as well as egg–lay rate per bird for medium farms is higher and significantly different at 1% from that of small farm operators. A rather disturbing observation was the high mortalities (exceeding 10%) reported by both medium and small scale operators. Mortality, which is a critical indicator of efficiency measure and influenced by bio-safety and management practices, was relatively lower for medium farms (15%) than small scale operators (20%). The relatively high mortality rates, thus affected the percentage reproductive flock population for both enterprises. Thus, the percentage of laying birds for medium farms was (85%) and this is significantly different at 1% from that of small farms (80%). Another important parameter of efficiency is egg–feed price ratio, EFPR which is used to measure the ratio between receipts from egg and expenditure on feed. Medium scale farms realized higher EFPR (1.64) compared to small farms (1.37) and this difference is statistically significant at 1%. Conventionally an EFPR of 1.4 and above is the desirable, indicating that small farmers were not efficient egg producers obviously due to high feed cost. However, the meat–feed price ratio for both medium farms (0.24) and small farms (0.19) is less than one, indicating that meat output from the farms does contribute markedly to the economic viability and efficiency of layer enterprises. This finding is not surprising given the fact that layer enterprises derive 70-90% of their returns from eggs as opposed to meat. This probably suggests that meat–feed price ratio would not be a good performance indicator of economic efficiency in layer production compared to broiler birds which are produced purposely for meat.

Additionally, some financial indicators related to efficiency, namely income over feed cost IOFC, net farm income, benefit–cost ratio, and returns to labor were analyzed. Medium farms enjoyed higher net farm income per bird (GH¢26.91) than small farms (GH¢14.40) and the difference is significant at 1%. The benefit cost ratio increased with increase in size of the layer farm enterprise. It was greater and thus more efficient on medium farms (1.44) compared to small farms (1.22). Returns to hired labor per bird for medium scale farms was GH¢73.14 and GH¢66.52 for small scale farms, and this difference was significant at 1% level. This indicates that although medium farms used more hired labor and incurred higher cost, the investment was worthwhile as it translated into better output levels (revenue) compared to that of small farms. The analysis also indicated that the medium farms had higher superior egg-lay rate (9.78 crates per bird) compared to smaller scale farms (9.07 crates per bird) and this difference was statistically significant at 1% level. It must be stated, though, that overall both farms tend to be competitive in terms of egg-lay rate as they fall within the acceptable measures of production. The foregoing amply demonstrates that there is a positive and significant relationship between the scale and size of layer bird agribusiness enterprises and production efficiency measures. This assertion is in consonance with the findings of [28] and [31].

Table 8: Measures of Production Efficiency

Parameters	Average	Small	Medium	Difference	T-statistic	P-value
Laying population	3,336	1,275	6,426	-5151	-16.59	0.000
Egg volume	9.34	9.06	9.76	0.700	-4.535	0.000
Laying Percent Rate (%)	82.11	80	85	-0.548	-3.618	0.000
Egg Lay rate	9.34	9.06	9.76	-0.700	-4.535	0.000
Mortality rate (%)	17.95	20	14	0.055	3.642	0.000
IOFC per bird (GH¢)	29.34	24.56	36.51	-11.94	-6.937	0.000
Meat-feed price ratio	0.21	0.19	0.23	-0.040	-5.941	0.000
Egg-feed price ratio	1.49	1.37	1.68	-0.317	-7.89	0.000
Egg price ratio	1.49	1.08	1.27	-0.190	-6.172	0.000
Net farm income (GH¢)	19.41	14.40	26.91	-12.51	-5.894	0.000
Returns to labor (GH¢)	69.16	65.52	73.14	-6.613	-3.977	0.000
Benefit – cost ratio	1.31	1.22	1.44	-0.218	-6.294	0.000

Source: Survey data analysis

4 CONCLUSION AND RECOMMENDATION

The study was undertaken to analyze the economic performance of small and medium scale layer bird enterprises for agri-entrepreneurs in the Ashanti region of Ghana. The budgetary technique was used to determine the profitability and a t–test was used to measure the comparative performance across the different categories of farms. The study revealed that layer production is generally financially viable. Key profitability indicators, namely gross margin, net farm income, benefit cost ratio, rate of return on investment and profitability index were all favorable. A comparative analysis of the layer enterprises suggests that, on a per bird basis, medium farms performed better and differed significantly from the small scale farms by having a lower production cost (feed, transport and egg tray cost); lower fixed costs and lower total cost of production. Similarly, the revenue, gross margins and net farm income for medium farms were higher and significantly different from that of small farms. Finally, medium scale farms have better or favorable production efficiency indices (egg lay rate, egg–feed price ratio, egg–price ratio, returns to labor, mortality rates) than small farms and these differences are statistically significant. This study has demonstrated that the relatively higher and better performance of medium farms can be attributed invariably to a combination of factors, including better producer management capacity, the sheer size and scale of operations which enable enterprises to enjoy economies of scale and efficient utilization of production resources. Therefore, the size and scale of operation play an important role as far as layer production agribusinesses are concerned.

REFERENCES

- [1] Mark Pattison, Paul F. McMullin, Janet M. Bradbury and Dennis J. Alexander. Poultry Diseases, 6ed. Elsevier Limited ISBN: 978-0-7020-2862-5: 2008
- [2] M. Mengesha. The Issue of Feed-Food Competition and Chicken Production for the Demands of Food of Animal Origin, *Asian Journal of Poultry Science* 6(3), 31-43, 2012

- [3] S.S. Dana. Animal Husbandry Practices Among Santal and Lodha Tribes of Medinipur District of West Bengal. Ph.D. Thesis, Division of Extension Education, IVRI, Izatnagar. 1998
- [4] D. Saha. Status of Rural Poultry Production in North 24 Parganas District of West Bengal. M.V.Sc. Thesis. Division of Extension Education, IVRI, Izatnagar. 2003
- [5] B. Weaver. Scope for Backyard Poultry (BYP). Development Under the Special Training Program of the Madhya Pradesh women in Agriculture (MAPWA) Project. 2009
- [6] P.A. Ekunwe and O.O.Soniregun. Profitability and Constraints of Median Scale Battery Cage System of Poultry Egg Production in Edo State, Nigeria. *International Journal of Poultry Science*. 6(2): 118-121. 2007
- [7] K. Rajendran and S. Mohanty. Comparative Economic Analysis and Constraints in Egg Production Under Cage vs. Deep Litter System of Rearing in India. *International Journal of Poultry Science*. 2(2): 153- 158: 2003
- [8] K. Aning. The structure and importance of the Commercial and village based poultry in Ghana, Fin. Rev. Rep., Rome. FAO of UNO, 2006
- [9] G.Radon and E. Ashitey: *Ghana Poultry and Products*, Annual GAIN Report No. GH8006. USDA Foreign Agricultural Service. 2013
- [10] K. Killebrew and R. Plotnick. *Poultry Market in West Africa: Ghana*, EPAR Brief No. 83: Seattle: Evans School Policy Analysis and Research, University of Washington, 2010
- [11] B. Dupaigne, P. Baris, L. Liagre. Étude sur la compétitivité des filières agricoles dans l'espace. In Elaboration d'un argumentaire de choix de filières. Ouagadougou: West African Economic and Monetary Union (UEMOA). 2004
- [12] I. Mosinyi. Factors affecting the development of poultry and poultry products in Botswana. National Workshop on Food Industry in Botswana, (pp. 28-31). 1999. Gaborone., Sun Hotel.18th to 19th August, 1998.
- [13] J. Moreki. Poultry meat production in Botswana. *Livest. Res. Rur., Livest. Res. Dev.*, 23(163), 2011.
- [14] S.A. Okantah, P.A.T Aboe, K. Boa-Amponsem, P.T. Dorward, and M.J. Bryant. Smallscale chicken keeping in peri-urban Accra and Kumasi.. Final Technical Report of DFID-funded Project.pp74. Dep. Int. Dev., (DFID), Accra. 2003
- [15] S.S. Badubi, V. Ravindran, and J. Reid. A Survey of small-scale broiler production system in Botswana. *Trop. Anim. Health Product.*, 36 (8), 823-834: 2004
- [16] F.A.K. Nimoh, K. Addo, E.K. Tham-Agyekum. Effect of formal credit on the performance of the poultry industry: The case of urban and peri-urban Kumasi in the Ashanti Region. *J. Dev. Agr. Econ.*, 3(6), 236-240. 2011
- [17] G.T.M. Kwadzo, F. Dadzie, Y.B. Osei – Asare, Y.B. & J.K.M. Kuwornu. Consumer Preference for Broiler Meat in Ghana: A Conjoint Analysis Approach. *International Journal of Marketing Studies*, 5 (2). 2013
- [18] Ministry of Food and Agriculture (MoFA). *Agriculture in Ghana: Facts and Figures 2012*. Accra: Government of Ghana.
- [19] Institute of Statistics Social and Economic Research (ISSER). (2011). *The state of the Ghanaian Economy, 2010*. Legon, Accra: ISSER, University of Ghana. 2011
- [20] A Behjat, and A. Ostry. Investigating Regional Farms Profitability in British Colomba Local Health Areas Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences. August Vol.1(18): 135-139:2013
- [21] R.D Crawford. A Global Review of Genetic Resources of Poultry. The Management of Global Animal Genetic Resources (Hodges Eds). Proc. FAO Expert Consultation, April 1992, Rome
- [22] R.D. Kay. *Farm Management, Planning, Control and Implementation*. London: McGraw Hill. pp 65-126. 1986
- [23] F.L. Barnard, and M Boehlje. The Financial Trouble Shooting of Businesses: A Diagnostic and Evaluation System (DES). *Journal of the ASFMRA* . 1999
- [24] A. Mensah Bonsu, and K. M. Rich: Ghana's Poultry Sector Value Chains and the Impacts of HPAI. Africa/Indonesia Team Working Paper 26 October, 2010
- [25] J. O. Oladeebo and S. O. Ojo Economic appraisal of small and medium scale performance in poultry egg production in Ogun State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(37), pp. 5170-5174, 25 September, 2012
- [26] Benjamin Tetteh Anang, Cosmos Yeboah and Anthony Amison Agbolosu. Profitability of Broiler and Layer Production in the Brong Ahafo Region of Ghana *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* VOL. 8, NO. 5, MAY 2013
- [27] V.P. Singh, V.K. Sharma, M.S. Sidhu, & H.S. Kingra. Broiler Production in Punjab — An Economic Analysis. *Agricultural Economics Research Review*, 23 (July-December), 315–324. 2010
- [28] O.I. Afolabi, D.A Adegbite, O.F. Ashaolu and S.O. Akinbode. Afolabi Profitability and resource use efficiency in poultry egg production in the Ogun State of Nigeria. *African Journal of Business Management*. Vol.7 (16), pp. 1536-1540, 28 April, 2011.

GAMME D'ÉNERGIES DIVERSIFIÉES EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

*KWENTUENDA MENGA¹, WAFULA MIFUNDU¹⁻², MATADI NDOMBASI¹, ISSA NDEKE¹, MUKALA KALAMBAIE¹,
and KELANI NSASA¹*

¹Centre de recherche en Géophysique (C.R.G), Kinshasa, RD Congo

²Faculté des Sciences, Département de Physique, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2016 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 is showing different types of energy in D.R. Congo where hydraulic is most exploited followed timidly by solar energy. According from many power cut of energy in our country, others types of energy cannot be neglected. For each energy we have presented: the definitions, uses, inconvenient and environmental impacts. The cartography of these energies represented in a map for each province was very useful to their distribution. It was found a big disparity in the energies distribution, because of environmental factors in each provinces.

KEYWORDS: Energy, Renewables energy, Fossils energy, Disparity.

RÉSUMÉ: Cette étude présente une diversité d'énergies que possède la R.D. Congo dont la plus exploitée reste l'énergie hydraulique suivie de l'énergie solaire. Eu égard aux fréquents délestages dont fait l'objet le pays, les autres formes d'énergies fossiles et renouvelables méritent également que nous y prêtions attention. Pour chacune des énergies nous avons présenté: les définitions, les usages, les inconvénients pour voir leurs impacts sur l'environnement. La représentation cartographique de ces différentes énergies dans les différentes provinces a été très utile pour montrer leur distribution. Il est à noter qu'il existe une grande disparité dans la distribution de ces énergies, cela est dû aux facteurs environnementaux présents dans chaque province.

MOTS-CLEFS: Energie, Energie renouvelable, Energies fossiles, Disparité.

1 INTRODUCTION

La R.D. Congo n'est pas seulement un scandale géologique, mais il l'est aussi sur le plan énergétique. Pour preuve, nous allons inventorier ces différentes sources d'énergie, à l'occurrence nous citerons d'une part les énergies renouvelables, à savoir: l'Energie Solaire, l'Energie Eolienne, l'Energie Hydraulique, l'Energie Géothermique, l'Energie gazeuse, la Biomasse, l'Hydrogène, l'Energie du Courant Marin, la Foudre. D'autre part nous pouvons également inventorier : les énergies fossiles, telles que: l'énergie nucléaire, le Pétrole, le charbon et ses dérivées.

Présentement, la R.D.C est tributaire principalement de l'énergie hydraulique, tandis que les autres restent encore en veilleuse. Celles-ci constituent également un supplément non négligeable à cette énergie. Une exploitation judicieuse des toutes ces énergies pourraient résoudre le déficit énergétique observé actuellement. Ainsi, on pallierait au phénomène récurrent de délestage intempestive observé de nos jours avec des conséquences fâcheuses sur notre métabolisme (rupture des chaînes de froid pour nos produits alimentaires, obscurité entraînant le vandalisme dans les quartiers, ralentissement des activités des petites et moyennes entreprises et diverses activités industrielles).

Pour une meilleure intelligence de la suite, il sied en pareille circonstance de définir succinctement chacune de ces formes d'énergie.

2 ENERGIES

2.1 ENERGIES RENOUVELABLES

2.1.1 ENERGIE SOLAIRE

L'**énergie solaire** est la fraction de l'énergie du rayonnement solaire qui apporte l'énergie thermique et la lumière parvenant sur la surface de la Terre, après filtrage par l'atmosphère terrestre de rayonnements tel que les Ultraviolets (UV).

Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires.

Le **rayonnement solaire** est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il est composé de toute gamme des rayonnements, de l'ultraviolet lointain comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible.

Une faible partie du rayonnement solaire parvient jusqu'à la surface de la Terre, des ondes radio décamétriques aux rayons ultraviolets les plus mous, le reste étant réfléchi ou absorbé par l'atmosphère et l'ionosphère.

Lorsqu'il atteint la surface de la Terre, en fonction de l'albédo (la lumière réfléchie par un corps non lumineux) de la surface frappée, une partie plus ou moins importante du rayonnement est réfléchi. L'autre partie de ce rayonnement est absorbée par la surface de la Terre (convertie en chaleur) ou par les êtres vivants qui y vivent, en particulier les végétaux (photosynthèse). Cette source d'énergie, appelée énergie solaire, est à la base de toute vie sur Terre.

Le **Soleil** a un diamètre de **1.392.000 km**, soit plus de 100 fois notre planète.

La Terre se trouve entre 152.100.000 et 147.100.000 kilomètres du **Soleil**, soit une moyenne de **149,6 millions de kilomètres**, soit **1 U.A.** (une **Unité Astronomique**).

2.1.2 ENERGIE EOLIENNE

L'**énergie éolienne** est l'énergie générée par le vent dont la force motrice est utilisée dans le déplacement de voiliers et autres véhicules. Elle est transformable au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou dans un moulin à vent en une énergie diversement utilisable.

Elle tire son nom d'Éole (en grec ancien Αἰολός, Aiolos), le maître des Vents dans la Grèce antique.

2.1.3 ENERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes (chute, cours d'eau, courant marin, marée, vagues). Les courants marins consistent à la transformation de la force de l'eau en énergie électrique ou encore, les courants marins fournissent la puissance théoriquement colossale de masses d'eau en mouvement pour générer l'énergie électrique.

2.1.4 BIOMASSE

Le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale (algues incluses), animale ou fongique. Elle peut devenir source d'énergie par combustion (bois énergie), après méthanisation (biogaz) ou après de nouvelles transformations chimiques (agro carburant).

Le Biogaz est un gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène ou en milieu anaérobique.

Autres variantes de la biomasse sont: Jatropha, charbon, briquelette, etc.

2.1.5 TRACTION ANIMALE

La traction animale exercée par le déplacement des gros animaux tels que vaches, buffles, zebu... peut servir à la production de l'énergie électrique.

2.1.6 ÉNERGIE GEOTHERMIQUE

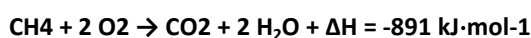
L'énergie géothermique est celle contenue sous la terre à des niveaux différents. Elle provoque la chaleur dégagée par notre globe et la désintégration de la radioactivité de ces roches (90%) et, dans une moindre mesure, le refroidissement du noyau.

Il existe 4 types de géothermie:

- la géothermie de surface à basse température: 5-10°C,
- la géothermie profonde 50-95° C, jusqu'à 2.000 m de profondeur,
- la géothermie très profonde à haute température et très haute température, jusqu'à 10.000 m,
- la géothermie volcanique de type geyser.

2.1.7 GAZ MÉTHANE

Le méthane est un composé chimique de formule chimique CH₄. La combustion du méthane dans le dioxygène pur produit du dioxyde de carbone CO₂ et de l'eau H₂O avec une importante libération d'énergie (Tietze, 1974 ; 1975).



Le méthane est ainsi le seul hydrocarbure classique qui peut être obtenu rapidement et facilement grâce à un processus biologique naturel (Nakao et al., 1988). Ce processus est la fermentation de matières organiques animales ou végétales (milieu anaérobique). L'utilisation du méthane renouvelable est aussi appelé biogaz.

2.1.8 ÉNERGIE THERMONUCLÉAIRE

L'énergie nucléaire est celle libérée lors des transformations des certains noyaux atomiques radioactifs à des noyaux stables par la relation d'Albert Einstein :

$$E=mc^2$$

Avec m : la masse et C = 3.10⁸ m/s ,la vitesse de la lumière dans le vide.

Nous citerons par exemple, la désintégration radioactive de l'Uranium.

2.1.9 Foudre

La foudre est un phénomène naturel de décharge électrostatique disruptive qui se produit lorsque l'électricité statique s'accumule entre des nuages d'orage, entre un tel nuage et la terre ou vice versa. La différence de potentiel électrique entre les deux points peut aller jusqu'à 100 millions de volts et produit un plasma dans l'atmosphère terrestre lors de la décharge, cette dernière peut causer une expansion explosive de l'air par dégagement de chaleur. En se dissipant, ce plasma crée un éclair de lumière et de tonnerre.

2.1.10 HYDROGÈNE

L'hydrogène est un gaz simple extrêmement léger de numéro atomique 1 et de symbole (H) de densité 0,071. Il se solidifie à 14,01K (-258,99°C) et se liquéfie à 20,13 K (-252,87°C).

L'hydrogène métallique est une phase de l'hydrogène survenant lorsqu'il est soumis à très forte pression et à de très basses températures.

Dans les applications de l'hydrogène, nous citerons entre autre :

- la voiture à hydrogène (H₂) qui est un type de voiture propre dont la source d'énergie est un carburant alternatif : l'hydrogène.

En effet, ces voitures ne consomment pas directement d'énergie fossile et n'émettent localement ni dioxyde de carbone (CO₂) ni polluants atmosphériques. Leurs tuyaux d'échappement ne dégagent que de la vapeur d'eau. Le rendement du couplage moteur électrique et pile à combustible à hydrogène est à peu près le double de celui d'un moteur thermique conventionnel (20-25 %).

- La fusion nucléaire réalisée dans les bombes à hydrogène ou bombes H concerne des isotopes intermédiaires de la fusion (de l'hydrogène en hélium) en cours dans les étoiles : isotopes lourds de l'hydrogène, deutérium, tritium...

2.2 ENERGIE FOSSILE COMME ENERGIE NON RENOUVELABLE

2.2.1 DÉFINITIONS

On appelle combustible fossile tous les combustibles riches en carbone essentiellement des hydrocarbures issus de la méthanisation d'êtres vivants morts et enfouis dans le sol depuis plusieurs millions d'années, jusqu'à parfois 650 millions d'années. Il s'agit du pétrole, du charbon, de la tourbe et du gaz naturel. Parmi ces derniers, les schistes bitumineux, l'antracite et certaines houilles sont composés de carbone presque pur. Ces sources d'énergie ne sont pas renouvelables car elles demandent des millions d'années pour se constituer et parce qu'elles sont utilisées beaucoup plus vite que le temps nécessaire pour recréer des réserves.

2.2.2 DIFFERENTS TYPES D'ENERGIES NON RENOUVELABLES

Le Pétrole: est le résultat de la lente dégradation bactériologique des organismes aquatiques, végétaux et animaux, qu'il y a des dizaines, centaines, des millions d'années, ont proliféré dans les mers et se sont accumulés en couches sédimentaires.

Le Charbon: Matière combustible solide de couleur noire d'origine végétale, qui renferme une forte proportion de carbone.

La tourbe: Charbon de qualité médiocre formé par décomposition partielle des végétaux.

Les Schistes bitumineux: Schiste à forte concentration en Kérogène, dont on peut extraire, par traitement thermique une huile semblable au pétrole.

L'Anthracite: Charbon de très faible teneur en matière volatile (moins de 6-8 %) qui brûle sans fumée en dégageant beaucoup de chaleur.

La Houille: Combustible minérale fossile solide provenant des végétaux ayant subi, au cours des temps géologiques, une transformation lui conférant un grand pouvoir calorifique.

3 ANALYSE DE DIFFERENTS TYPES D'ENERGIES

3.1 METHODE ET PROCEDE

Nous avons procédé par des recherches à travers l'Internet (Google) et à des consultations de différents rapports rédigés sur la production de l'énergie électrique en R.D. Congo (Rapport SENAT, 2011). Nous avons analysé les différentes méthodes et procédés de transformation de ces différents types d'énergie en énergie électrique consommable par la population, industrie,...

Pour ce travail, nous tenons à remercier le Centre de Recherche Géologique et Minière (CRGM), le service qui traite le Jatropa au Stade des Martyrs, Radio rurale de Mbakana et la station météorologique de Mbinza pour certains renseignements utiles nous fournis pour étoffer cette étude.

Toutes ces sources d'énergie disponibles en R.D. Congo seront cartographiées avec leurs symboles, étant donné qu'elles ne se manifestent pas avec la même envergure à travers toutes les provinces.

Les descentes sur terrain ont été organisées sur l'usage de quelques-unes de ces énergies au Ministère des Hydrocarbures, à la SNEL, à Mbakana-Maluku pour la traction animale, à la maison exploitant la plante Jatropa, chez Congo Energie, ...

3.2 ANALYSES

3.2.1 ENERGIE SOLAIRE

3.2.1.1 SPECTRE DU RAYONNEMENT SOLAIRE

Le spectre de rayonnement solaire est représenté à la figure (1).

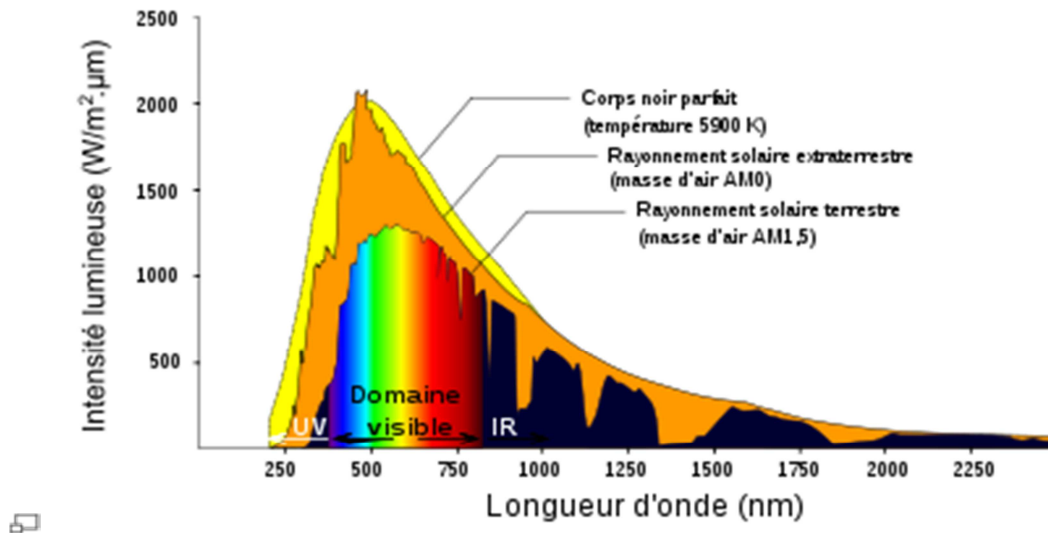


Fig.1: Spectre du rayonnement solaire

L'émission d'ondes électromagnétiques par le Soleil est convenablement modélisée par un corps noir à 5800 Kelvin, et peut donc être décrit par la loi de Planck. Le maximum d'émission est dans le jaune ($\lambda=570$ nm), et la répartition du rayonnement est à peu près pour moitié dans la lumière visible, pour moitié dans l'infrarouge, avec 1% d'ultraviolets.

Le rayonnement au niveau de la mer, c'est-à-dire ayant traversé toute l'atmosphère terrestre, une partie de ce rayonnement solaire est absorbée. On peut repérer notamment sur le spectre ci-contre les bandes d'absorption de l'ozone (qui absorbe une partie importante des ultraviolets), du dioxygène, du dioxyde de carbone et de l'eau (Pira, 1973).

3.2.1.2 EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Les techniques pour capter directement une partie de cette énergie sont disponibles et sont constamment améliorées. On peut distinguer le *solaire passif*, le *solaire photovoltaïque* et le *solaire thermique*.

Actuellement en République Démocratique du Congo, c'est le solaire Photovoltaïque qui est en vogue.

Le terme « photovoltaïque » peut désigner le phénomène physique ou la technique associée. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire par une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre elles dans un module solaire photovoltaïque. Ces modules sont regroupés pour former une installation solaire chez un particulier ou dans une centrale solaire photovoltaïque. L'installation solaire peut satisfaire, après transformation en courant alternatif, un besoin sur place (en association avec un moyen de stockage) ou l'électricité peut être injectée dans un réseau de distribution électrique (le stockage n'étant alors pas nécessaire).

Cette forme d'énergie reste encore quantitativement assez faible mais les progrès (le coût devrait fortement baisser dans les années à venir), sa simplicité et sa polyvalence devrait pouvoir répondre aux besoins en énergie électrique d'une maison capteurs sur le toit (Fig. 2) ou d'une industrie, contrairement aux autres formes d'énergie solaire qui ne produisent que de la chaleur.



Fig.2 : Panneau solaire

Il présente un avantage certain parce que constituant une source d'énergie inépuisable par rapport aux autres énergies fossiles.

En R.D.Congo, le soleil brille pratiquement avec la même intensité sauf par endroit au Nord et Sud Kivu, et Katanga. Actuellement l'énergie solaire est à expérimentation dans l'aviation pour limiter les émanations de gaz à effet de serre. Pour preuve l'Europe à préconiser des taxes pour les avions utilisant les kérogènes au survole de leur territoire.

Toujours dans les soucis de limiter le gaz à effet de serre l'émanation dans les charrois automobile surtout à gazouille, ils sont allés jusqu'en instaurer l'usage de véhicule d'immatriculation de nombre paire ou nombre impaire doivent s'alterner à des jours préalablement fixée.

3.2.2 ENERGIE ÉOLIENNE

L'énergie éolienne étant déjà définie précédemment. Dans ce paragraphe, nous allons nous contenter de différents usages de cette énergie, qui sont de 3 sortes:

- Conservation de l'énergie mécanique: le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile), pour pomper de l'eau (éoliennes de pompage pour irriguer ou abreuver le bétail) ou pour faire tourner la meule d'un moulin;
- Transformation en force motrice (pompage de liquides, compression de fluides...);
- Production d'énergie électrique; l'éolienne est alors couplée à un générateur électrique pour fabriquer du courant continu ou alternatif. Le générateur est relié à un réseau électrique ou bien fonctionne au sein d'un système «autonome» avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie.

Le rendement de l'énergie éolienne est tributaire de la vitesse du vent (14 et 90 km/h).

En fin de démontrer la relation qui existe entre le soleil, les connaissances actuelles nous prouvent que de 1 à 2% de cette énergie provenant du soleil est convertie en vent, soit 50 à 100 fois plus que l'énergie convertie en biomasse par la photosynthèse.

Le vent se localise partout en R.D.Congo mais avec des fortes intensités dans les régions qui avoisinent les mers, les fleuves, les lacs et les régions d'altitude.

3.2.3 ENERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydroélectrique, ou hydroélectricité, est une énergie électrique renouvelable obtenue par conversion de l'énergie hydraulique, des différents flux d'eau naturels, en électricité. L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

C'est l'énergie la plus exploitée dans la plupart des provinces de la République Démocratique du Congo, nous citerons (Tab.1):

- **Kinshasa**

La ville de Kinshasa dépend exclusivement de l'énergie déployée par la province de Bas-Congo.

- **Bas-Congo**

Site d'Inga: Deux centrales Hydrauliques en activité Inga I (351 MW) , Inga II (1424 MW) et Inga III en projet. Il est à noter, nous avons en plus une station de conversion (elle convertit le courant alternatif en courant continu).

Site de Zongo I: Il comprend les ouvrages en Amont et la centrale Zongo. Sa puissance est de 150MW.

Site de Zongo II: En projet.

Site de Nsanga: Avec une puissance de 2 MW/Jour.

La province du Bas Congo à elle seule, déploie 1927 MW.

- **Bandundu**

La centrale Hydraulique KAKOBOLA en projet d'exécution pouvant produire 9MW.

- **Equateur**

La centrale MOBAYI MBONGO pouvant produire 10,5MW, en état de dégradation très avancée.

- **Province de Katanga**

Site de Bendera : 8MW

Site de Nseke : 260MW

Site de Nzilo : 100MW

Site de Mwandishingwisha : 33 MW

Cette province déploie 401 MW sans y ajouter l'énergie hydraulique provenant du barrage d'Inga.

- **Province Orientale**

Site de Tshopo :18 à 19 MW.

- **Sud- Kivu**

Ruzizi I : 29MW

Ruzizi II : 43,5 MW

Ruzizi III : En projet.

Elle totalise jusqu'à ce jour 72,5 MW.

- **Nord- Kivu**

Source d'énergie exploitable dans un avenir proche c'est le gaz méthane.

- **Kasai –Occidental et Kasai-Oriental :** En projet.

- **Maniema :** En projet.

Les différents résultats obtenus par province sont consignés dans le tableau (1) et représentés dans la figure (3).

Table 1. Répartition de la production de l'énergie hydraulique par province (Rapport de la mission effectuée par la Commission d'Enquête Sénatorial de la RDC à la Société Nationale d'Electricité, Doc. 44/1, Juin 2011)

PROVINCE	SITE DE BARRAGE	PUISSANCE DEPLOYEE(MW)	TOTAL(MW)
Kinshasa	-	-	-
Bas-Congo	Inga I	351	1927
	Inga II	1424	
	Inga III	En projet	
	Zongo I	150	
	Zongo II	En projet	
	Nsanga	2	
Bandundu	Kakobola	En projet	
Equateur	Mobayi mbongo	10.5	10.5
ÇKatanga	Bendera	8	401
	Nseke	260	
	Nzilo	100	
	Mwandingwisha	33	
Province –Orientale	Tshopo	18.5	18.5
Sud-Kivu	Ruzizi I	29	72.5
	Ruzizi II	43.5	
	Ruzizi III	En projet	
Nord-Kivu	-	-	-
Kasai-Occidental	-	En Projet	-
Kasai-Oriental	-	En projet	-
Maniema	-	En Projet	-
Total Général			2438.5

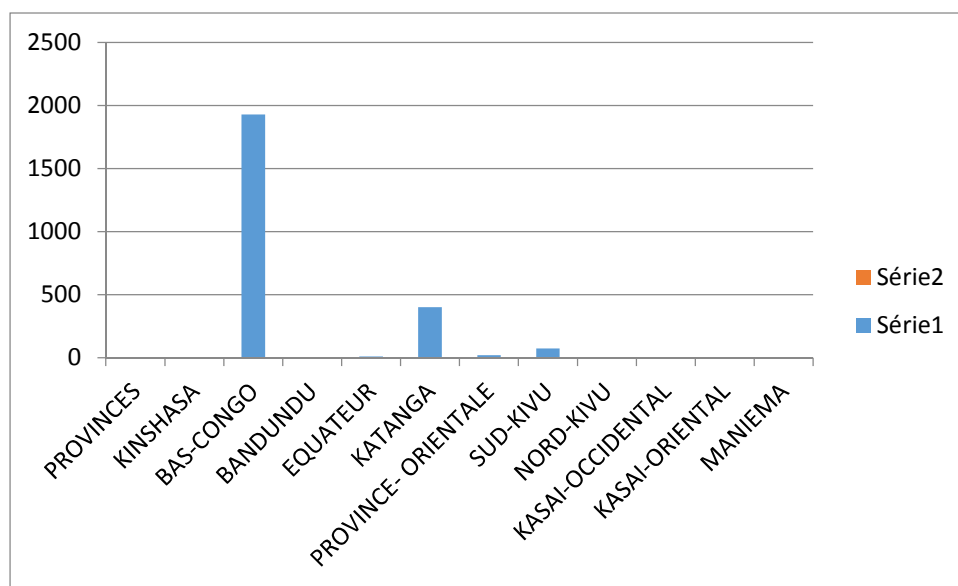


Fig.3 : Répartition de la production de l'énergie hydraulique par province.

Il est à noter qu'il est intéressant que l'état congolais envisage aussi la construction des muni centrales hydrauliques, pour éviter les pertes d'énergies lors du transport d'un point donné à un autre.

3.2.4 LA Foudre

USAGE

Ce type d'énergie existe partout en R.D. Congo durant la saison pluvieuse. C'est une énergie d'avenir jusque-là inexploitée.

INCONVÉNIENT SUR L'ENVIRONNEMENT

Il présente un danger mortel pour les gens qui ne sont pas sous abri ainsi que pour la biocénose dans son ensemble, une panne pour les appareils électroniques et les immeubles non protégés. L'usage du paratonnerre est vivement souhaité surtout pour les immeubles et sa vulgarisation s'avère indispensable.

Le Nombre de foudres pour la ville de Kinshasa de 1985 à 2004 (Station météorologique de Kinshasa-Binza) est consigné dans le tableau (2).

Tabl. 2 : Nombre de foudres pour la ville de Kinshasa de 1985 à 2004 (Station météorologique de Kinshasa-Binza).

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Tot
Années													
1985	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	4	4	18
1986	1	0	2	2	4	1	0	0	1	0	0	4	15
1987	0	1	1	2	0	0	0	0	0	3	3	1	11
1988	2	3	5	2	0	0	0	0	1	3	4	4	25
1989	1	9	0	12	11	0	0	0	1	8	10	5	57
1990	7	7	3	5	2	0	0	0	2	0	4	5	35
1991	7	0	2	5	5	0	0	0	3	3	5	1	31
1992	2	4	6	5	9	2	0	0	0	1	3	6	43
1993	3	4	1	10	4	0	0	0	0	0	4	8	34
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	9	14
1995	7	5	8	8	9	0	0	1	2	4	6	9	59
1996	9	3	3	4	10	0	0	0	0	3	4	7	43
1997	6	8	13	5	4	0	0	0	0	8	8	14	66
1998	7	6	13	13	0	0	0	0	0	1	0	8	48
1999	6	4	6	7	7	2	1	0	0	1	12	11	57
2000	7	12	3	13	7	0	0	0	1	4	3	9	59
2001	2	7	9	7	8	1	0	0	0	2	5	6	44
2002	6	9	9	10	11	2	1	1	4	1	7	11	72
2003	7	8	4	7	2	2	0	0	3	5	11	5	54
2004	6	6	6	4	0	0	1	0	1	4	6	5	39
Moyenne mensuelle	4.3	4.8	4.7	6.5	4.25	0.5	0.25	0.2	0.95	2.75	5.2	6.6	

La distribution moyenne mensuelle pour la ville de Kinshasa de 1985 à 2004 est représentée dans la figure (4).

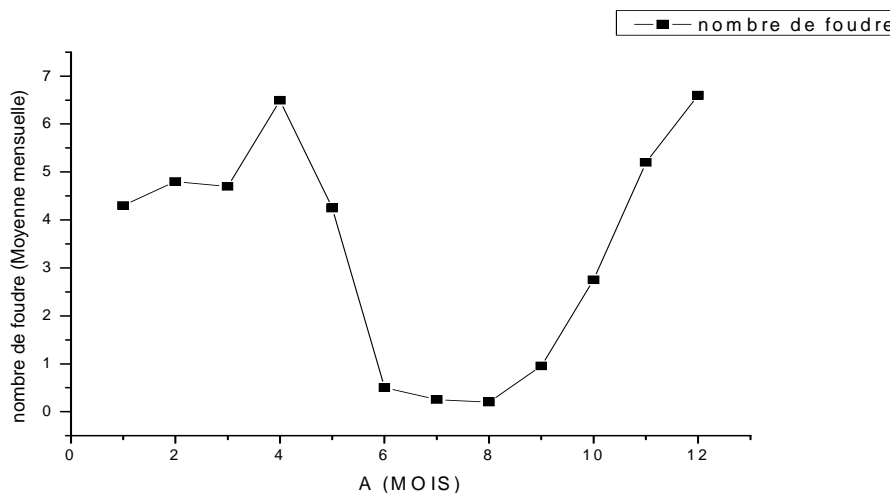


Fig. 4 : Distribution moyenne mensuelle pour la ville de Kinshasa de 1985 à 2004

La foudre étant une énergie exploitable dans le futur, nous ne disposons que de données enregistrées par le service météorologique de Kinshasa. Elle se présente de la manière suivante : Les pics remarquables sont enregistrés au mois d’Avril et Décembre et le plus bas au Mois d’Aout. Ces fréquences sont à mettre en relation avec l’alternance de saisons, ce qui justifie la présence des pics durant la saison de pluie. En opposition les basses fréquences sont repérées durant la saison sèche. Nous avons pris à titre des échantillons les données de Kinshasa parce qu’étant équipé en ce jour pour ces enregistrements, cela connaîtra dans les autres provinces au futur.

3.2.5 L’HYDROGÈNE

Ce type d’énergie existe partout en R.D.Congo en toute saison. La richesse en eau douce en R.D.Congo est indéniable, il n’y a qu’à se référer sur son riche réseau hydrographique.

Ces deux types d’énergies précitées soit la foudre et l’hydrogène peuvent générer de l’énergie électrique à usage multiple non encore exploité en R.D. Congo. Il s’agit là des énergies d’avenir.

3.2.6 L’ATTRACTION ANIMALE

Elle est exploitée dans de milieu où il n’existe aucune autre source d’énergie.

A Kinshasa, elle est précisément exploitée à Mbakana pour une petite station de radio rurale de diffusion, située environ à 150 km par rapport centre-ville.

En outre dans les provinces ci-après : Nord et Sud Kivu, Equateur (Libenge et Gemena),Bandundu et Bas-Congo (Nkolo-Fuma).

Dans cette forme d’énergie, l’usage d’un animal de types vache, buffle, zébu est de mise dans les régions reculées.

Tout être vivant est régi par un anabolisme et catabolisme. Ce dernier peut créer des odeurs nauséabondes dans les environs et peut dégager de gaz à effet de serres tels que gaz carbonique(CO₂), gaz méthane(CH₄) et les autres en quantité négligeable.

Ces gaz peuvent contribuer au réchauffement climatique s’ils sont produits à grande échelle, puisque libérant de gaz à effet de serres.

3.2.7 LE JATROPHA

3.2.7.1 DÉFINITION

C’est un arbuste de la famille des euphorbiacées, appelé aussi pourghère, dont le fruit fournit une huile qui peut servir de carburant.

3.2.7.2 USAGE

Son huile est utilisée comme carburant et engrais, et dans la production de Biogaz. Lors de son usage, il présente certains inconvénients tels que la libération de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O) (Robert et al, 2009). Comme gaz à effet de serre, il peut contribuer par conséquent au changement climatique par le réchauffement et par ricochet à la disparition de certaines espèces végétales, ainsi que de sa biodiversité qui le compose. Il est déjà d'usage à Kinshasa (Centre d'expérimentation au Stade de Martyrs).

3.2.8 LE PÉTROLE

3.2.8.1 DÉFINITION ET USAGE

Le **pétrole** (petroleum, du mot grec *petra*, roche, et du latin *oleum*, huile) est une roche liquide d'origine naturelle, une huile minérale composée d'une multitude de composés organiques.

L'exploitation de cette source d'énergie fossile et d'hydrocarbures est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car le pétrole fournit la quasi-totalité des carburants liquides fioul, gazole, kérosène, essence. Le naphtha (distillat du pétrole, intermédiaire entre l'essence et kérosène) produit par le raffinage est à la base de la pétrochimie, dont sont issus un très grand nombre de matériaux usuels plastiques, textiles synthétiques, caoutchoucs synthétiques (élastomères), détergents, adhésifs, engrais, cosmétiques, etc.

3.2.8.2 FORMATION

Le pétrole est un produit de l'histoire géologique d'une région, et particulièrement de la succession de trois conditions:

- L'accumulation de matière organique, végétale;
- Sa maturation en hydrocarbures;
- Son emprisonnement.

Ensuite, comme un gisement de pétrole est entraîné dans la tectonique des plaques, l'histoire peut se poursuivre. Il peut être enfoui plus profondément et se décomposer chimiquement par la chaleur, donnant un gisement de gaz naturel. On parle alors de gaz thermogénique secondaire, par opposition au gaz thermogénique primaire formé directement par pyrolyse (Décomposition sans flamme d'un corps organique par la chaleur pour obtenir d'autres produits qu'il ne contenait pas) du kérogène. Le gisement peut également fuir, et le pétrole migrer à nouveau, vers la surface ou un autre piège.

3.2.8.3 ACCUMULATION DE MATIÈRE ORGANIQUE

En règle générale, la biosphère recycle la quasi-totalité des sous-produits et débris. Cependant, une petite minorité de la matière morte (sédiments), c'est-à-dire qu'elle s'accumule par gravité et est enfouie au sein de la matière minérale, et dès lors coupée de la biosphère. Ce phénomène concerne des environnements particuliers, tels que les endroits confinés (milieux paraliques: lagunes, deltas...), surtout en milieu tropical et lors de périodes de réchauffement climatique intense (comme le silurien, le jurassique et le crétacé), où le volume de débris organiques excède la capacité de recyclage de l'écosystème local. C'est durant ce période que ces sédiments riches en matières organiques (surtout des lipides) s'accumulent.

3.2.8.4 MATURATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Au fur et à mesure que des couches de sédiments se déposent au-dessus de cette strate riche en matières organiques, la roche-mère ou roche-source, croît en température et en pression. Dans ces conditions, la matière organique se transforme en kérogène. Celui-ci produit du pétrole et/ou du gaz naturel, qui sont des matières plus riches en hydrogène, selon sa composition et les conditions d'enfouissement.

3.2.8.5 PIÉGAGE DES HYDROCARBURES

Quant aux hydrocarbures expulsés, plus légers que l'eau, ils s'échappent en règle générale jusqu'à la surface de la Terre où ils sont oxydés, ou bio dégradés (ce dernier cas donne des sables bitumineux), mais une minime quantité est piégée: elle se retrouve dans une zone perméable (généralement du sable, des carbonates ou des dolomites) qu'on appelle la roche-

réservoir, et ne peut s'échapper à cause d'une couche imperméable (composée d'argile, de schiste et de gypse), la roche piège formant une structure-piège. Les plus grands gisements sont en général logés dans des pièges anticlinaux. On trouve aussi des pièges sur faille ou mixtes *anticlinal-faille*.

3.2.8.6 IMPACTS ÉCONOMIQUES

Le pétrole sert dans tous les domaines énergétiques, mais c'est dans les transports que sa domination est la plus nette, sauf dans le transport ferroviaire qui est en grande partie électrifié. Le développement de l'industrie pétrolière a fourni les carburants liquides qui ont permis la deuxième révolution industrielle et a donc considérablement changé le cours de l'Histoire. En ce sens, le pétrole le successeur du charbon, qui avait rendu possible la première révolution industrielle. De nos jours, certaines provinces en R.D. Congo font encore usage des centrales thermiques utilisant comme source le pétrole. Les groupes électrogènes de toutes les capacités sont également d'usages courant dans les villes de la RDC où le phénomène de délestage est récurrent.

3.2.8.7 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'impact environnemental le plus inquiétant du pétrole est l'émission de dioxyde de carbone (CO₂) et le dioxyde de soufre (SO₂), résultant de sa combustion comme carburant. Ceux-ci peuvent être maîtrisés, notamment par la désulfuration des carburants, ou des suies. Notons que sous certaines formes le pétrole peut être cancérigène.

L'extraction pétrolière elle-même n'est pas sans impact sur les écosystèmes locaux même si, comme dans toute industrie, les risques peuvent être réduits par des pratiques vigilantes. Néanmoins, certaines régions fragiles sont fermées à l'exploitation du pétrole, en raison des craintes pour les écosystèmes et la biodiversité. C'est le cas du Parc National des Virunga considéré comme patrimoine mondial par l'UNESCO où l'exploitation du pétrole fait objet de beaucoup de controverses entre les entreprises d'exploitation pétrolière et les organisations de protection de l'environnement, suite à la protection de sa biodiversité.

Enfin, les fuites de pétrole et de production peuvent être par fois désastreuses, l'exemple le plus spectaculaire étant celui des marées noires. Les effets des dégazages ou même ceux plus cachés comme l'abandon des huiles usagées ne sont pas à négliger.

3.2.8.8 GISEMENT

En R.D.Congo, le gisement du pétrole déjà exploité au Bas Congo précisément à Moanda. Il existe potentiellement au Nord Kivu à l'occurrence au Parc Virunga, lac Albert et également au Sud Kivu au lac Tanganyika vers la près-île Ubwari.

Néanmoins, il se trouve également à la cuvette centrale en Equateur.

3.2.9 CHARBON

3.2.9.1 ORIGINE ET TYPES DE CHARBON

Le charbon provient de la transformation des matières organiques lors de son dépôt et de son enfouissement dans les couches sédimentaires.

Il existe plusieurs types de charbons différents par leur valeur énergétique: Les lignites de faible pouvoir calorifique 5,5 à 14,3 MJ/Kg, le charbon schiste bitumineux de 8,3 à 25 MJ/Kg et l'anhracite à forte pouvoir calorifique, soit 30 MJ/Kg. Notons que cette valeur énergétique dépend essentiellement du degré de maturation.

D'autres paramètres ayant un impact sur son utilisation ont également pris en compte dans la classification des charbons: La teneur en cendre, la présence des souffres ou seule d'éléments en trace.

3.2.9.2 USAGE DES DIFFERENTS TYPES DE CHARBON

Les lignites sont uniquement utilisés pour la production de l'électricité, le charbon schiste bitumineux qui sont tous adaptés à la production de l'électricité et des cokes pour haut fourneaux ainsi qu'à la filière CTL (Coal To Liquides) représentant 80% de la réserve mondiale. Les anhracites eux sont utilisés à des fins domestiques et industrielles.

La consommation du charbon a augmenté de 37% entre 2000 et 2008. Une consommation tirée par la croissance de la demande des pays asiatiques; Chine et Inde en particulier, ainsi que par la forte hausse de la demande mondiale de l'électricité. Le charbon assure le 40% de l'électricité mondiale. Le taux de la demande mondiale est largement supérieur en Chine 80% et en Inde 68 %. La croissance de la demande mondiale et du commerce international du charbon vont de pair. Il reste néanmoins des incertitudes de la part du charbon dans le bilan énergétique de demain face à des contraintes environnementales de plus en plus sévères et suite à la réduction de l'écart des prix avec le gaz.

3.2.9.3 PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX

Malgré la demande sans cesse croissante, le charbon risque de devenir moins compétitive sur le marché mondial suite aux nuisances environnementales, même sur les humains qui peuvent contracter des maladies telle que: la fièvre carbonéuse, silicose, tuberculose, cancer de poumon et aux inhalations de gaz comme CH₄, H₂S et les autres asphyxiants. De même dans les incendies de mines, on assiste à la production de CO, gaz toxique et mortel. Il existe aussi des accidents souvent mortels dus à des éboulements, des explosions et des inondations.

Entre autre l'extraction du charbon peut entraîner l'érosion du sol ou la pollution des nappes phréatiques .L'extraction minière provoque aussi des émissions des gaz dans l'atmosphère: Soufre (S) et l'oxyde de soufre (SO₂), responsables de pluies acides ainsi que de gaz à effet de serre.

3.2.9.4 GISEMENT

En R.D.Congo, le gisement du charbon et certains de ces dérivées (tourbe et anthracite) sont exploités au Katanga précisément à Luena, Tenke et Bukama.(Duyck, 2004).

3.2.9.5 DÉRIVÉES DE CHARBON

De divers types de charbon cités ci-haut, nous allons en expliciter divers usages:

i. Schistes bitumineux

Les schistes bitumineux (également appelés pyroschistes ou schistes kérobitumeux) sont des roches sédimentaires à grain fin, contenant des substances organiques, les kérogènes, en quantité suffisante pour fournir du pétrole et du gaz combustible.

- Usages et applications

- Les schistes bitumineux peuvent être transformé en pétrole;
- Ils connaissent usages dans l'industrie chimique dont la production de ciment à l'occurrence en Chine et Estonie;
- Carburant dans les centrales thermiques;
- Alimentation des centrales énergétiques pour la production d'électricité.

- Impact environnemental

L'exploitation des schistes bitumineux peut provoquer des nuisances sur l'environnement, la dangerosité est plus élevée lorsqu'il est exploité ex situ plutôt qu'in situ. Les écologistes stigmatisent les dommages que peuvent causer exploitation des schistes bitumineux ex situ en générant de gaz à effet de serre. Même in situ, le danger persiste car la pollution des nappes phréatiques restent de mise.

- Localisation des gisements en R.D.Congo

En R.D.Congo, actuellement il n'est exploité que dans deux provinces notamment Province orientale (Olia sanga, Ubundu, wanie-rukula, Usengwa et Yambasa) et au Maniema (Lando).

ii. La tourbe

- Définition

La tourbe se définit comme produit de la fossilisation de débris végétaux dits «turfigènes», par des micro organismes (bactéries, arthropodes, champignons, microfaune) dans des milieux humides et pauvres en oxygène que l'on appelle tourbières sur un intervalle de temps variant de 1.000 à 7.000 ans.

- Usages

Elle est exploitée en:

- agriculture en particulier Horticulture ;
- Comme combustible ;

- Comme matériaux de construction.

Impact environnemental

L'exploitation de la tourbe présente certains inconvénients sur l'environnement tel que:

- Emanation de poussières du à sa combustion;
- Dégagement du gaz polluant lors de sa transformation en pyrolyse.

iii. Anthracite

- Définition

Anthracite (du grec anthrax, ἄνθραξ, charbon) est une roche sédimentaire d'origine organique; il contient 92 à 95% de carbone, ce qui en fait un des charbons les plus riches en calorifique.

Gisement en R.D.Congo

Il se localise dans la province de Katanga.

- Usages

Il est utilisé comme:

- combustible;
- Dans la fabrication d'électrode;
- colorant;
- A la production de caoutchouc synthétique;
- pour la préparation de charbon activé notamment utilisé pour le traitement primaire de l'eau;
- En haut fourneau pour la sidérurgie.

- Impact sur l'environnement

A l'instar d'autres variétés, celle-ci est aussi polluante et libère le gaz à effet de serre contribuant aussi au réchauffement climatique et à ces effets néfastes.

3.2.10 BOIS ET SON CHARBON DE BOIS

Nous souhaiterons qu'on exploite des branches mortes, enfin d'éviter la déforestation et la perturbation des écosystèmes forestiers ainsi que la biodiversité qui le compose.

a. Usage

Le bois comme son charbon sont exploités pour l'énergie calorifique pour la cuisson de repas, Construction, papeterie, l'isolation et chauffage.

b. Gisement

Il y en a partout là où il existe des écosystèmes forestiers sauf en Mayombe.

c. Impact environnemental

L'exploitation du bois n'est pas souhaitable car il contribue à la dégradation de l'environnement et de sa biodiversité dans son ensemble et la perturbation de l'habitat (pygmées) et de cette lisière protégée et non protégée.

3.2.11 BRIQUETTE

a. Définition

Une brique est un conditionnement d'un matériau de combustion, obtenu par moulage sous haute pression d'une ressource naturelle préalablement broyée. Elle a la forme d'une brique de construction en terre cuite et produite sans matériau de liaison mais par simple compression.

b. Usage

La brique est utilisée pour l'usage domestique entre autre cuisson des aliments et barbecue.

On l'utilise souvent dans les milieux reculés.

c. Impact environnemental

La fumée qu'elle dégage contient du CO₂.

3.3 CARTOGRAPHIE DES ÉNERGIES EN R.D. CONGO

Les différentes énergies inventoriées sont représentées sur la carte de la R.D. Congo (Figure 4)

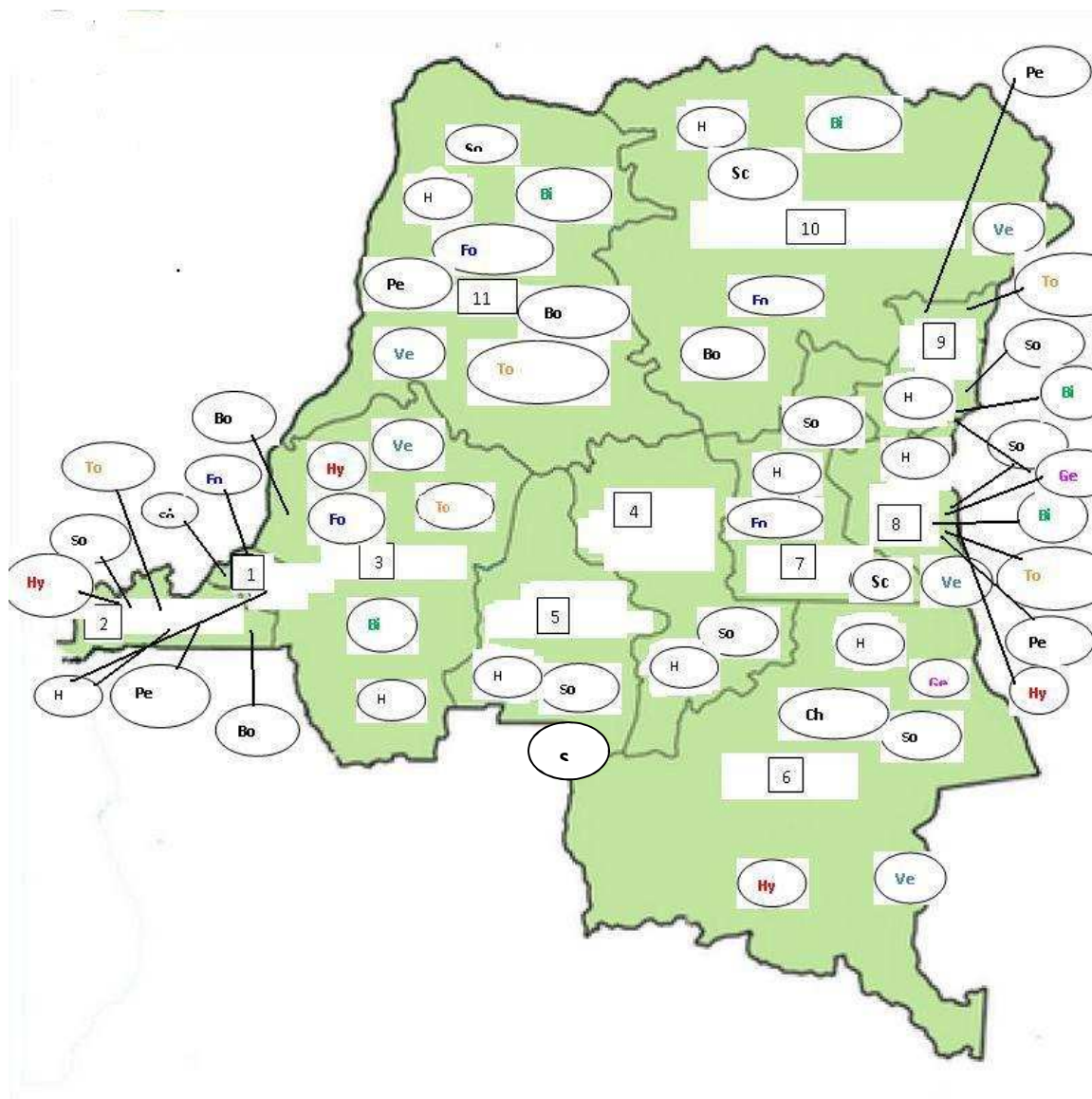


Fig.4: Carte de la R.D. Congo représentant la distribution de différentes énergies.

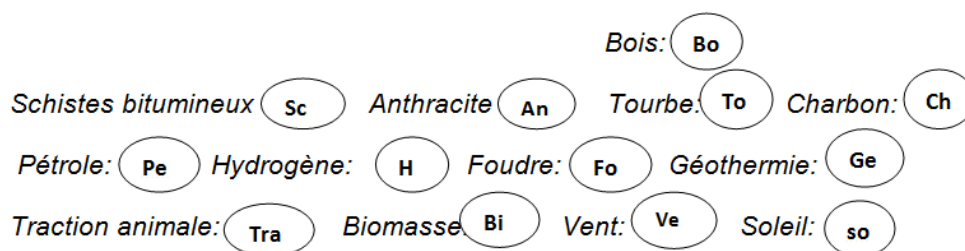
Légende

A. Les symboles représentant les provinces.

- 1 Province de Kinshasa
- 2 Province de Bas-Congo
- 3 Province de Bandundu
- 4 Province de Kasai-Oriental
- 5 Province de Kasai-Occidental
- 6 Province de Katanga
- 7 Province de Maniema

8	Province d Sud Kivu
9	Province de Nord Kivu
100	Province Orientale
110	Province de l'Equateur

B le symbole et initial figurant sur la carte :



4 DISCUSSION

L'énergie hydraulique reste la plus exploitée en R.D.Congo jusqu'à preuve du contraire, la production de cette énergie n'est point répartie d'une manière équitable d'une province à l'autre.

Jusqu'à ce jour, la province qui a une forte production de l'énergie hydraulique reste la province du Bas-Congo comme cela a été représenté au Tableau (1). Cela constitue un handicap sérieux pour le développement du pays. Étant donné que lors de leur transport à de longues distances se produisent de pertes énormes d'énergie en plus de problèmes de sécurité et d'entretien de lignes. Nous citerons à titre d'illustration le cas de la ligne haute tension Inga-Katanga. Nous pouvons classer la production de cette énergie hydraulique suivant les différentes provinces et en ordre décroissant: Bas-Congo, Katanga, Sud-Kivu, Province Orientale, Equateur. Quant aux autres provinces qui ne possèdent de central hydraulique, l'autorité ne les a prévues qu'en projet. Quant à l'usage de l'énergie solaire, elle pointe à peine à l'horizon, les autres énergies ne peuvent être considérées comme des énergies d'avenir en R.D.Congo. Il est souhaitable que le pays envisage l'exploitation de ces autres énergies étant donné qu'elles sont pour la plupart des énergies renouvelables. Conformément aux vœux exprimés par la conférence de LAMAS de 2015 sur le changement et l'usage fréquent des énergies renouvelables.

5 CONCLUSION

Au cours de ce travail, nous avons dû inventorier les différents types d'énergies fossiles et renouvelables. Il s'avère que l'énergie hydraulique est la plus dominante source d'énergies dans notre pays. Il serait souhaitable que les autres énergies soient également vulgarisées et exploitées. Les énergies fossiles qui se retrouvent encore en R.D. Congo en réserve importante, mais encore en veilleuse devrait également faire l'objet d'une exploitation rationnelle. Cette exploitation peut booster l'économie et le développement du pays. Il va s'en dire qu'un pays est émergent lorsqu'il exploite et maîtrise son potentiel énergétique, En ne prenant que son énergie hydraulique dans sa totalité (45 à 50 %), il est donc capable de fournir cette énergie à toute l'Afrique et à une partie du Sud de l'Europe (le Portugal, l'Espagne, l'Italie...).

REFERENCES

[1] Duyck J., 2004. Géographie du monde contemporain et problèmes de développement, éditions Loyola, R.D.Congo.
 [2] Nakao, K., Kwetuenda, M.K., Kakogozo, B. Mbwebwa, D., 1988. Stability in the Hypolimnion of lake Kivu. Ecology and Limnological on lake Tanganyika and its adjacent regions, Tokyo, Japan, Vol. V, 73-79.
 [3] Pira E., 1973. Energie, édition Centre de Recherches Pédagogiques, R.D.Congo.
 [4] Robert et al., 2009. Life cycle assessment of biofuels from jatropha cuncas, Open archive Toulouse Archive Ouverte(OATAO).

- [5] Tietze, K. 1974. The lake Kivu methane – Problems of Extraction and their Mathematical – Physical study. Conference paper, Regional Conference on Petroleum Industry and Manpower Requirements in the field of Hydrocarbons, United Nations Economic and Social Council, United Nations Economic Commission for Africa, E/CN.14/EP/INP.13, Tripoli, 7P.
- [6] Tietze, K., Schröder, L., 1975. Rapport Intermédiaire sur le Projet Gaz Methane du lac Kivu (Zaire, Rwanda). Report No. 68414, Bundesanstalt für Geowissen - Schaften und Rohstoffe, Hnover, 25p.
- [7] SNEL, 2011. Rapport de la mission effectuée par la Commission d'Enquête Sénatorial de la RDC à la Société Nationale d'Electricité (SNEL), Doc. 44/1, Juin 2011.

Oral cavity candidiasis as a complication of fungal diseases in diabetic patients in south-East of Iran

Ebrahimzadeh Adel¹, Saryazdi-pour Khadijed², and Mosavi Mohammad³

¹PhD, associated Professor, Department of Mycology and Parasitology and Membership of Infectious Disease and Tropical Medicine Reseach Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

²MSc Student, Faculty of Medicine, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

³BS.c in Nursing, Department of Medical Parasitology and Mycology, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

Copyright © 2016 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: Oral candidiasis is a common opportunistic infection in diabetic patients. *Candida albicans* is colonized on different oral surfaces such as tongue, palate, dental caries and plaques. Different factors like age, sex, denture wears and smoking play role in amount and severity of colonization of this microorganism. Our goal was to determine the relationship between the existences of *Candida Albicans* in oral diabetic patient. This cross - sectional study was performed on 120 diabetic patients. After completing the questionnaire and collect saliva samples and smears from the mouth were cultured directly on sabouraud agar medium containing 0.005% chloramphenicol and for identified use of specific tests. Data were statistically analyzed using Chi-Square, Mann-Whitney, t-test and correlation tests. Overall, in this study from 120 patients, 61 cases (50.8%) had a positive culture for *Candida*. In this study, Based on observations *Candida* infection rates were relatively higher in older patients and in women. Infections among participants who used dentures ($0.001P <$) and have smoking ($P < 0.038$) had significant relationship. The infection in people with type II diabetes is more than subjects with Type I diabetes. *C. Albicans* was the most common isolated *Candida* species in both groups. This study showed a high prevalence of Candidiasis and *Candida* colonization in oral samples of diabetic patients. Our goal was to determine the relationship between the existences of *Candida Albicans* in oral diabetic patient.

KEYWORDS: Candidiasis, Diabetic, Oral Infection, South-East, Iran

1 INTRODUCTION

Oral infections are caused due to the invasion of different microorganisms. One of these microorganisms is *Candida* yeasts fungus, especially *Candida Albicans*. These organisms are found in the normal flora of the mouth, vagina and intestines and through the budding, yeast forms can be proliferated but the main gathering of them is the place in the posterior region of the tongue in place of cup-shaped papilla. In normal conditions, these fungi are not pathogenic but the local or systemic predisposing factors such as poor oral hygiene, diabetes mellitus, acquired immune deficiency syndrome, using pacifiers in infants, blood group, Shogron's syndrome, use of dentures, smoking, hormonal factors, impairment of PH and those treated with rays are causing the fungus to become pathogenic [1-3]. Mouth fungal infections are the most common opportunistic infections in patients with diabetes [4-6]. Diabetes is a chronic disease due to a disorder in glucose metabolism. The World Health Organization (WHO) referred the diabetes as a hidden epidemic and since 1993 all the world countries is calling to confront this epidemic [7-9]. There are two main forms of diabetes which have been identified as type I diabetes, and type II diabetes. Type I diabetes is usually seen in younger people and caused by an abnormal immune system reactions that damage cells that are insulin-secreting in the pancreas, factors such as viral infections and genetic and also inheritance are involved in this disease. Most of these patients suddenly and during a severe diabetic ketoacidosis syndrome become aware of their disease; these patients are dependent on insulin injections [10-12]. Type II diabetes can be seen over the age of 40

years. The cause of type II has not been determined, but genetic factors and obesity are important in causing this disease. One-third of affected people, have some diabetic dependents. This form of diabetes is characterized by reduced insulin secretion and peripheral resistance than it. Genetic factors predisposing play a stronger role in this type of diabetes [13, 14]. Despite the high concentration of salivary glucose combined with low salivary secretion could be a reason for diabetics that are susceptible to candidiasis [1-3, 14]. Neutrophil function is impaired in this disease, and can help to develop oral candidiasis in diabetic patients [15-16]. The aim of the present study is investigation of the prevalence of oral candidiasis in patients with diabetes admitted to Ali Asghar hospital Diabetes Center in zahedan.

2 MATERIALS AND METHOD

This study was a cross-sectional descriptive study. This research was done in hospitals Ali Asghar (AS) Zahedan on 120 patients who were diagnosed with diabetes with blood glucose test. After completing the questionnaire, which included the factors such as: gender, age, cigarette smoking, having or not having dentures, weight, PH saliva, blood group, type of diabetes, history of fungal infection and antibiotics, the oral examination performed on all patients, were asked the patients in fasting situation and without washing the mouth, discarded the primary part of their saliva and then shed the rest of saliva into sterile container with lid. Samples were taken with a sterile swab from the lining of the palate, tongue, gums and saliva, And on Sabouraud agar medium (Sabouraud's agar) containing 0.005 percent chloram-phenicol were cultured, after 6 days of incubation, colony counts were performed on the medium, then colony color, texture, shape and size were examined. Positive cultures samples, direct test of KOH 10% presence of yeast cells was performed. Finally, examples of culture yeast cells in terms of *Candida Albicans* and other species with germ tube testing method (Germ tube) and the ability to produce chlamydo spores on corn meal agar medium Tween 80 (Corn Meal Agar, tween 80) and assimilation test kit by API 120 were detected and identified, and the results were recorded in the form. In addition, to determine the pH, acid paper meter with forceps from sampling areas will be sampled. Data analysis was performed using spss software version 18. And the chi-square test, Mann – Whitney, t test and correlation test was used to evaluate the relationships among the data. Significance level was considered as $p < 0.05$.

3 RESULTS

The study was included 120 diabetic patients that are attending to diabetes center of Zahedan Ali Asghar hospital(AS), including 38 (31.7%) male and 82 (68.3%) were female. These patients had a between the age of 25 years to 75 years, that the most frequent age group were 46-55 comprised 42 patients (35%) and the lowest rate of 25-35 age group, 4 patients (3/3%). Two groups of patients, according to the type diabetes, were divided into type I diabetes, type II diabetes, that 30 patients (25%) had type I and 90 patients (75%) had type II diabetes. Patients in terms of blood group: O, 40 patients (3/33%), blood group A, 33 patients (5/27%), blood group AB 33 patients (5/27%) and blood group B, 14 patients (7 / 11%). 14 patients (11.7%) had a history of fungal disease. All cultures include *Candida*, were 61 patients (50.8%), of which 54 (88.52%), related to *Candida Albicans* and 5 cases (8.19%), to *Candida Glabrata* and 2 patients (27.3%) were related to other types of *Candida*. The observations were carried out in 61 patients with positive cultures, 20 cases (32.8%), with diabetes mellitus type I and 41 (67.2%) were diagnosed with type II diabetes. From samples taken from 46 patients (3/38%) had antibiotics that the 26 patients (6/42%) of them had positive fungal cultures. Among the subjects studied, 79 subjects with acidic PH, 13 persons with Alkaline pH and 28 patients (23.3%) had PH neutral pH. On whether the from samples taken that used artificial teeth, the results indicate that 40 patients (33.3%) were using dentures. 23 persons (19.2%) were smokers. As can be seen in Table 1 there is a significant relationship between the diabetes, cigarette smoking and use of dentures and oral *Candida* infection (Table 1).

Table 1. Distribution of candidates in terms of the level variables in patients

The variable name		negative culture	Positive culture	p-value
Gender	Male, number (%)	21(35.6)	17(27.9)	0.363
	Female, number (%)	38(64.4)	44(72.1)	
Age	25-35	3(5.1)	1(16)	0.793
	36-45	9(15.3)	10(16.4)	
	46-55	22(37.3)	20(32.8)	
	56-65	13(22)	17(27.3)	
	66-75	12(20.3)	13(21.3)	
Smoking	+	16(11.9)	16(26.2)	0.038
	-	52(88.1)	45(73.8)	
PH saliva	acidic	34(57.6)	45(73.8)	0.067
	monoecism	15(25.4)	13(21.3)	
	alkaline	10(16.9)	3(4.9)	
Diabetes	I	10(16.9)	20(32.8)	0.036
	II	49(83.1)	41(67.2)	
Weight	50-60	11(18.6)	13(21.3)	0.991
	61-70	21(31.6)	21(34.4)	
	71-80	13(22)	12(19.7)	
	81-90	10(16.9)	10(16.4)	
	91-100	4(6.8)	5(8.2)	
Antibiotic usage	+	20(33.9)	26(42.6)	0.326
	-	39(66.1)	35(57.4)	
Fungal disease	+	6(10.2)6	8(13.1)	0.615
	-	53(89.8)53	53(86.9)	
Blood group	O	13(22)	27(44.3)	0.068
	A	20(33.9)	13(21.3)	
	AB	19(22.2)	14(23)	
	B	7(11.9)	7(11.5)	
Teeth	Denture wears	8(13.6)	32(52.5)	0.001
	natural	51(86.4)	29(47.5)	

4 DISCUSSION

According to the findings of this study Out of the 120 diabetic patients, 61 cases (50.8%) had a candidate in his mouth. Disturbances such as decreased neutrophil function in diabetic patients, increased epithelial cell receptivity to Candida species, increasing the glucose concentration in saliva and salivary flow decreases with increasing adherence of Candida to epithelial cells, provides the premises of candidates. As a result, people with diabetes are more prone to fungal infections of the mouth [17]. Similar studies by Belazi M and colleagues conducted on 128 patients with diabetes indicate that more than 64% of patients were with Candida. In another study by Martinez, RF took place from 141 patients over a 7/82% were infected with Candida, this is indicative of the high incidence of candidiasis in patients with diabetes. [18,19]. Strains of Candida Albicans and Candida dubliniensis are components of saprophyte gastrointestinal mucosal surfaces, and create conditions for opportunistic infection in people with diabetes are provided. The observations conducted in this study, showed that the most common pathogenic Candida Albicans is the predominant species. And in other studies well as to other species Candida Albicans is the most common [19, 20-22]. It appears that the fungal infection increases with aging. In these research candidates in the age group 46-55 were the most common (32.8%), but there is no significant relationship between them. In other studies which are done by paula.V and Al Mubarak.S and Maria Belazi on diabetes there is not a significant relationship between age group and there candidate. But prevalent in people over 60 years reported more than other groups [20, 23, 18].

In old age due to reduced excitability and plasticity of T lymphocyte proliferation and thus reduce their number and cell-dependent immune mechanism CMI (Cell Mediated Immunity) an increase in oral candidiasis were seen (19). In the present study, women (aged 66-75) are more exposed to infection than men (84.6%) and according to the results obtained using the T-test there was a significant correlation between sex and age (P = 0.001). In a study conducted in 2011 by Arjuna NB Ellepola indicated that the risk of candidiasis in women is more than men [22]. Moalic and colleagues have been reported that

Candida outbreaks in men more frequently than women [24]. And study by the doctor Shahin Yar Mohammad was reported that there is not a significant correlation between age and sex [25]. Several evidence showed that type I diabetic patient are more prone to candida infections than type II, and according to chi-square test, there is a significant relationship ($P = 0.036$). This result is similar to some recently conducted studies [23, 27, 26]. In the study of Dr. T. Rashidi and colleagues infection in people with type I diabetes, most have reported [28]. The prevalence of candidates in diabetic patients depend on several factors including tobacco use, antibiotic use, use of dentures, PH mouth, weight, age, blood group, gender, history of fungal disease and may depend on , And in its prevalence rate [17]. Mouth environment of diabetic patients is acidic. A study by Karaev and colleagues showed that the activity of candidates between 7 to 6.2 to 7 PH is their maximum activities and findings of this study correspond with the results [29]. Patients who had blood group O compared with other blood groups were more sensitive to fungal infection , although there was no statistically significant difference between the candidates, but studies have shown that blood group O than other blood groups is critical to the colonization of Candida in the mouth. [30,31,32]. Factors such as smoking that plays an important role in the increased susceptibility of Candida in the mouth, the quality and how to implement of health behaviors such as brushing and using mouthwash are involved in this association. In this study, the number of people who smoking and had fungal infection were also lower than those who were none smoking , But according to the chi-square test showed a significant relationship between smoking and Candida infection ($P = 0.038$). Studies conducted by Ramon Felip and Arjuna NB Ellepola showed the candidate prevalence in tobacco consumers more than 60% [22, 19]. Also significant associations between antibiotic use and experience with Candida fungal disease and weight have been reported.

CONCLUSION

Family fungus Candida is part of the normal oral flora form and causes opportunistic infections. It is clear that diabetics are more susceptible to oral candidiasis than non-diabetics. Furthermore, smoking and denture wears are at high risk of being infected. *C. albicans* is by far the most prevalent among all Candida spp. as the cause of oral candidiasis in Iran.

ACKNOWLEDGEMENTS

Hereby from efforts of Mr. Dr.Ramin Saravani and Mrs. S. Karimi, Seyyed Mohammad Mir Abedini, Research and Cooperation Deputy, due to their lot of work to do in this regard would be thanked.

REFERENCES

- [1] Krogh P, Hald B, Holmstrup P. Possible mycological etiology of oral mucosal cancer: catalytic potential of infecting *Candida albicans* and other yeasts in production of N-nitrosobenzyl-methylamine. *Carcinogenesis* 1987;8:1543.
- [2] Krogh P, Holmstrup P, Vedtofte P, Pindborg JJ. Yeast organisms associated with human oral leukoplakia. *Acta Derm Venerol Suppl (Stockh)* 1986;121:51–5.
- [3] Barrett AW, Kingsmill UT, Speight PM. The frequency of fungal infection of oral mucosal lesions. *Oral Dis* 1998;4(1):26–31.
- [4] Soysa NS, Samaranayake LP, Ellepola AN. Diabetes mellitus as a contributory factor in oral candidosis. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*. 2006 May;23(5):455-9.
- [5] Kadir T, Pisiriciler R, Akyuz S, Yarat A, Emekli N, Ipbuker A. Mycological and cytological examination of oral candidal carriage in diabetic patients and non-diabetic control subjects: thorough analysis of local aetiological and systemic factors. *Journal of oral rehabilitation*. 2002 May;29(5):452-7.
- [6] Lotfi-Kamran MH, Jafari AA, Falah-Tafti A, Tavakoli E, Falahzadeh MH. Candida Colonization on the Denture of Diabetic and Non-diabetic Patients. *Dental research journal*. 2009 Spring;6(1):23-7. PubMed PMID: 21528026.
- [7] WHO. The Epidemiology of Diabetes Intervention & complication jamma. 2003;2900(16):2159-2197.
- [8] Behrman R, Kliegman R, Jenson H, Nelson Textbook of pediatrics 17th edition, 2004;2:1793-1803.
- [9] What care to expect. British diabetic association website: www.Diabetes.org.uk. June 1998.
- [10] DCCT/EDIC Research Group, Intensive diabetes therapy and carotid intima-Media Thickness in Type I Diabetes Mellitus. *New England Journal of Medicine*. 2003;348(23):2294-2303.
- [11] Lindberg U, Bergstrom AL, Carlsson E, Dahlquist G, Sjoblad S, Thalme B: urinary tract infection in children with type I diabetes. *Acta Paediatr Scand* 1985;74:85-88.
- [12] Dunstan DW, Zimmet PZ, Welborn TA, et al. The rising prevalence of diabetes and impaired glucose tolerance: The Australian Diabetes, Obesity and lifestyle study. *Diabetes care* 2002;25:829-834.
- [13] Dorocka-Bobkowska B, Zozulinska-Ziolkiewicz D, Wierusz-Wysocka B, Hedzelek W, Szumala-Kakol A, Budtz-Jorgensen E.

- Candida-associated denture stomatitis in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes research and clinical practice*. 2010 Oct;90(1):81-6.
- [14] Ko SH, Song KH, Ahn YB, Yoo SJ, Son HS, Yoon KH, et al. The effect of rosiglitazone on serum lipoprotein(a) levels in Korean patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism: clinical and experimental*. 2003 Jun;52(6):7314.
- [15] Aly FZ, Blackwell CC, Mackenzie DA, Weir DM, Clarke BF. Factors influencing oral carriage of yeasts among individuals with diabetes mellitus. *Epidemiol Infect*. 1992; 109:507-18.
- [16] Borg Andersson A, Birkhed D, Berntorp K, Lindgarde F, Matsson L. Glucose concentration in parotid saliva after glucose/food intake in individuals with glucose intolerance and diabetes mellitus. *Eur J Oral Sci*. 1998;106:931-7
- [17] Zegarelli DJ. Fungal infections of the oral cavity. *Otolaryngol Clin North Am*. 1993 Dec;26(6):1069-89.
- [18] Belazi M, Velegraki A, Fleva A, Gidarakou I, Papanau L, Baka D, et al. Candidal overgrowth in diabetic patients: potential predisposing factors. *Mycoses*. 2005 May;48(3):192-6.
- [19] Martinez RF, Jaimes-Aveldanez A, Hernandez-Perez F, Arenas R, Miguel GF. Oral Candida spp carriers: its prevalence in patients with type 2 diabetes mellitus. *Anais brasileiros de dermatologia*. 2013 Mar-Apr;88(2):222-5.
- [20] Sanita PV, Pavarina AC, Giampaolo ET, Silva MM, Mima EG, Ribeiro DG, et al. Candida spp. prevalence in well controlled type 2 diabetic patients with denture stomatitis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2011 Jun;111(6):726-33.
- [21] Muir A, Forrest G, Clarkson J, Wheals A. Detection of Candida albicans DNA from blood samples using a novel electrochemical assay. *Journal of medical microbiology*. 2011 Apr;60(Pt 4):467-71.
- [22] Ellepola AN, Khan ZU, Joseph B, Chandy R, Philip L. Prevalence of Candida dubliniensis among oral Candida isolates in patients attending the Kuwait University Dental Clinic. *Medical principles and practice : international journal of the Kuwait University, Health Science Centre*. 2011;20(3):271-6.
- [23] Al Mubarak S, Robert AA, Baskaradoss JK, Al-Zoman K, Al Sohail A, Alsuwyed A, et al. The prevalence of oral Candida infections in periodontitis patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of infection and public health*. 2013 Aug;6(4):296-301.
- [24] Moalic E, Gestalin A, Quinio D, Gest PE, Zerilli A, Leflohic AM. The extent of oral fungal flora in 273 students and possible relationships with dental caries. *Caries Res* 2001; 13: 125-31.
- [25] Ahmadi sy. Evaluation of oral fungal flora and the prevalence of fungal infections in diabetic patients. *Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2002;2:109-5.
- [26] Dorocka-Bobkowska B, Zozulinska-Ziolkiewicz D, Wierusz-Wysocka B, Hedzelek W, Szumala-Kakol A, Budtz-Jorgensen E. Candida-associated denture stomatitis in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes research and clinical practice*. 2010 Oct;90(1)
- [27] Soysa NS, Samaranyake LP, Ellepola AN. Diabetes mellitus as a contributory factor in oral candidosis. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*. 2006 May;23(5):455-9.
- [28] Rashidi t. Skin Infection Candida albicans in patients with diabetes. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2008;3:255-0.
- [29] Karaev ZO, Velichko EV, Bykov VL. Basic characteristics of the process of Candida adhesion to human epitheliocytes. *Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol* 1986; (7): 59-61.
- [30] Odds. FC. *Candida and Candidosis*, 2nd ed. Bailliere Tindall; 1988; pp.93-104.
- [31] Burford-Mason AP, Weber JC, Willoughby JM. Oral carriage of candida albicans, ABO blood group and secretor status in healthy subjects. *J Med Vet Mycol* 1988 Feb;26(1):49-56.
- [32] Ben-Aryeh H, Blumfield E, Szargel R, Laufer D, Berdicevsky I. Oral candida carriage and blood group antigen secretor status. *Mycoses* 1995 Sep-Oct;38(9-10):355-8.

