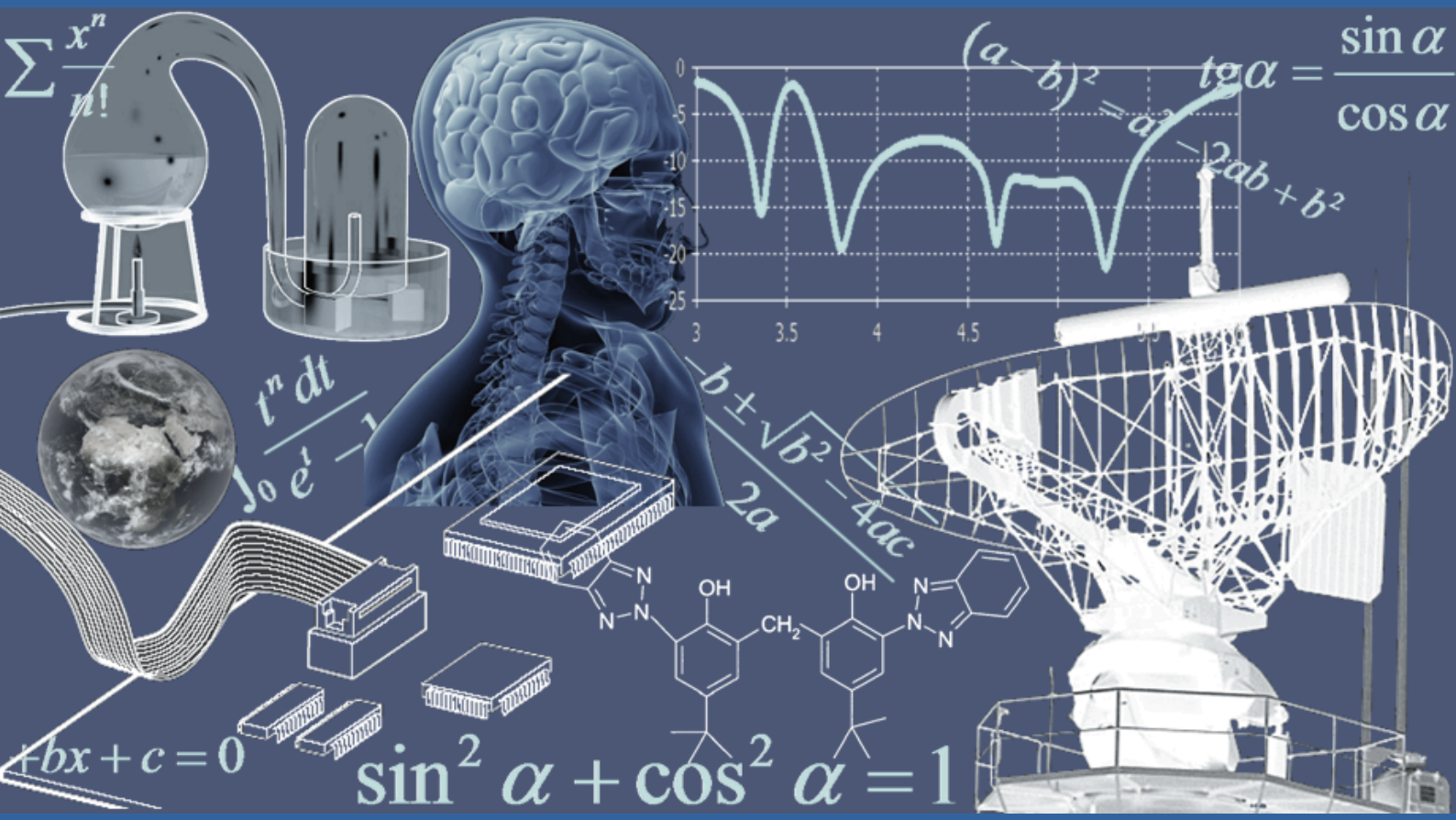
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 3.917

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 18 N. 1 October 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Table of Contents

Aproximación de un algoritmo clasificador de edad basado en el análisis de arrugas	1-11
Utilisation d'une image RBV (VHR) pour la discrimination des habitats de la zone humide de Oualidia (Maroc) à partir d'une méthodologie hybride basée sur la classification orientée objet avec l'algorithme K-means	12-25
Les engrais et les pesticides dans la riziculture périurbaine de la ville de Garoua, au Nord-Cameroun: cas de Nassarao et Boklé	26-35
Les légumineuses arborescentes dans les systèmes de production des zones sèches de Côte d'Ivoire	36-49
Relationship between physicochemical parameters of the sediments and the geological nature of the watershed of the dam Sidi Chahed (Morocco)	50-57
Facteurs affectant le choix des pratiques et stratégies paysannes face au flétrissement bactérien du bananier dans la région du Bushi, à l'Est de la République Démocratique du Congo	58-65
Analyse de l'impact socioéconomique du flétrissement bactérien du bananier et réponses paysannes dans la région du Bushi Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo	66-75
L'implication d'Helicobacter pylori dans la genèse des Lymphomes gastrique de MALT	76-82
Factors affecting management of safety and health in the building construction industry in Nakuru County, Kenya	83-89
Diagnosis of the state of Jessours in the Matmata mountain chain (South-Eastern of Tunisia) and their landscape integration	90-96
Effect of Noise Pollution on Patients in Hospitals and Health Clinics of Mymensingh Sadar Upazila	97-106
Architectural elements in Krak des Chevaliers in Homs - Syria (Analytical study)	107-130
Dissipation behavior of Chlorfenapyr on Citrus and Tomato in Egypt	131-139
Imparting Multi-functional Performance on Cellulosic Fabrics via Nanotechnology	140-153
Effet à court terme du non labour avec paillage sur le rendement du haricot nain à Mulungu, à l'Est de la RD Congo	154-159
L'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE DANS LE SUIVI EVOLUTIF ET THERAPEUTIQUE DE LA THROMBOSE VEINEUSE CEREBRALE: A PROPOS D'UN CAS	160-165
APERÇU GENERAL SUR LES EQUATIONS AUX DERIVEES PARTIELLES NON LINEAIRES	166-190
RESOLUTION DES SYSTEMES D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES LINAIRES A COEFFICIENTS CONSTANTS	191-214
Quantification de la production de déchets médicaux solides de l'hôpital Mohamed V de Meknès (Maroc)	215-227
Incidence de la Leishmaniose cutanée dans la préfecture de Meknès au centre du Maroc: Etude rétrospective de 56 cas colligés entre 2009 et 2013	228-236
QUALITY STAFF RECRUITMENT AND SUSTAINANCE OF LIS EDUCATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGERIA	237-243
APPLICATION OF HUMAN RESOURCE PLANNING IN ACADEMIC LIBRARIES IN OGUN STATE: PROSPECTS AND CHALLENGE	244-251
An Evaluation of Saving Culture among Street Food Vendors in Informal Sector of Kogi State, Nigeria	252-261
Sumudu Transform Series Decomposition Method for Solving Nonlinear Volterra Integro-Differential Equations	262-267
Impact of ICT and innovation on higher education in developed economies	268-277
Datation des changements structurels au sein d'une chronique: Le cas des séries macroéconomiques marocaines	278-296
Metal Traces Elements contents in cultivated and uncultivated soils of Constantine region (Algeria) dosed by x-ray fluorescence	297-306
Federal Budgets in Iraq for Achieving the Economic and Social Goals: An Analytical Study	307-317
The antimicrobial effects of green tea and lemon juice on Escherichia coli isolated from patients with urinary tract infection in holy Karbala city	318-330
BIODIVERSITY CONSERVATION IN NIGERIA: CONTEMPORARY CHALLENGES FOR ECOLOGIST	331-340

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 1-11
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Aproximación de un algoritmo clasificador de edad basado en el análisis de arrugas

[Algorithm approach of a classifier based on aging wrinkle analysis]

Luis Enrique Colmenares Guillen[1-2], Antonio Esteban Martínez Cruz[1], Francisco Javier Albores Velasco[2], and Maria Concepcion Perez de Celis Herrero[1]

[1]Facultad de Ciencias de la Computación,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Puebla, Puebla, México

[2]Facultad de Ingeniería y Tecnología,
Universidad Autónoma de Tlaxcala,
Tlaxcala, Tlaxcala, 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: In the present investigation, the performance of a classifier based on facial analysis and detection of wrinkles is analyzed. The experimental part has been divided in two phases. The first, analyzed the proposed features, and the second, evaluated its performance on a database of faces. During the first phase, a statistical analysis of the sets analyzed has been carried out, and therefore, the correlation between the characteristics proposed for the project, have been studied and discussed. In the second phase, several tests -under different conditions- have been performed in order to determine the capability and efficiency of the system in relation to recognition tasks. In particular, the optimal size of the training set, and the performance of various measures of similarity of the two sets of proposed characteristics have been studied, also the subsets of discriminating characteristics have been evaluated.

KEYWORDS: processing, anthropometry, filter, pattern, face.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de la historia humana, los rostros han desempeñado una importante fuente de información en las comunicaciones sociales, ya sea que entreguen información inmediata con cierta carga emocional, o en un sentido más personalizado, con información propia sobre el individuo. Específicamente, además de expresar emociones, el rostro puede comunicar el género, etnia de origen, edad e incluso a veces experiencias de vida [1]. Es así, que el rostro, representa una invaluable fuente de información y punto común para establecer una comunicación en base a un contexto determinado, entregando una referencia entre los individuos en cuanto a su situación y cómo deben reaccionar frente a su interlocutor.

En este enfoque, cuando se tiene una persona de edad avanzada se sabe de antemano, que sus reacciones y necesidades serán diametralmente distintas, a las que podría tener un niño.

Un reto que se presenta al realizar un clasificador de edad, es que la edad de una persona resulta difícil de predecir exactamente, porque los cambios faciales son lentos y estos cambios de apariencia son dependientes de las personas. Las estructuras óseas y las arrugas, son factores que pueden ayudar a la solución de este problema.

Corresponding Author: Luis Enrique Colmenares Guillen

1.1 CONCEPTO DE ARRUGAS Y CLASIFICACIÓN

Por arruga se entiende, de forma general, toda aquella depresión de la superficie de la piel que interrumpe la uniformidad de la misma y que es producida como consecuencia, principalmente, del proceso del envejecimiento.

1.1.1 CLASIFICACIÓN POR CAUSA

- Arrugas por foto envejecimiento: ligadas directamente a la acción de los rayos ultravioleta del sol.
- Arrugas producidas por el envejecimiento ligado a la edad: son aquellas que aparecen principalmente en las mejillas, el cuello o los párpados. Se originan por la pérdida de elasticidad de las estructuras de sostén de la cara.
- Arrugas de expresión: Son profundas y producidas por movimientos musculares repetitivos. Se localizan principalmente en la frente, entre las cejas, en los pliegues naso labiales y en los bordes de la boca.
- Surcos: Arrugas profundas o pliegues, permanentes, vinculados o no, al movimiento de los músculos del rostro.

1.1.2 CLASIFICACIÓN POR PROFUNDIDAD

- Tipo I: líneas muy finas y someras que no requieren tratamiento.
- Tipo II: líneas finas y arrugas muy suaves que necesitan para su corrección productos inyectables temporales o semipermanentes.
- Tipo III y IV**:** arrugas moderadas y profundas que se pueden tratar con inyectables temporales y semipermanentes pero que necesitan de sesiones de mantenimiento periódicas. Lo ideal para este grupo de arrugas es el tratamiento con láser.

El mejor escenario en esta área de estimación, es la colección de imágenes de las mismas personas con diferentes edades y de diferentes grupos, aunque, esto es muy difícil de obtener. Las técnicas de extracción de arrugas son recientes y están en evolución.

2 TRABAJOS RELACIONADOS

Los humanos regularmente utilizan los rostros para reconocer individuos, dada su capacidad discriminativa, y los avances en las capacidades de computación en las últimas décadas, ahora permiten reconocimientos similares en forma automática.

La mayoría de las clasificaciones automáticas de la edad a través de imágenes combinan dos componentes: una representación de la imagen y un proceso de estimación de la edad, luego la diferencia se realiza en el algoritmo utilizado para conseguir dicho objetivo.

2.1 MODELOS PARA LA REALIZACIÓN DE CLASIFICADORES

Hay cinco diferentes modelos que son comúnmente usados hasta la fecha para la clasificación de la edad en un rostro humano:

1. Modelos antropométricos, su objetivo es obtener una aproximación de la edad e implementar simulaciones para representar los cambios de la apariencia con el paso del tiempo [2].
2. Modelos activos de apariencia, son ampliamente utilizados como una característica para la estimación de edad.
3. Los colectores de edad, donde la subyacente estructura de la edad facial se proyecten características de menor dimensión.
4. Modelos basados en características que describen la edad del rostro con un conjunto de texturas características discriminantes.
5. Modelos de simulación de edad.

2.2 MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE CLASIFICADORES

2.2.1 TRANSFORMADA WAVELETS LINEAL

La transformada wavelets lineal puede ser utilizada para clasificar grupos de personas jovenes y adulta con edades desde los 16 a los 85 años, identificando cambios topológicos de la piel facial. Este método, se basa en la premisa, que la piel de la cara tiende a cambiar drásticamente con el paso del tiempo [3]. Las wavelets poseen la ventaja de entregar un análisis rápido

sin tener que utilizar máscaras más grandes que las de 5x5 píxeles en varias orientaciones. En el trabajo [4], se obtienen resultados muy precisos y que son indistintos de la pose o la rotación de la cabeza de la imagen analizada. El método desarrollado alcanza una tasa de aciertos del 90.8% en la base FG-NET, para 5 grupos de edad comprendidos entre los 16 a los 75 años [4].

2.2.2 MAPAS BINARIOS DE CAMPOS RECEPTIVOS GAUSSIANOS

Los mapas binarios de campos receptivos gaussianos utilizan una pirámide gaussiana de escala invariante de media octava. La representación de la imagen se construye usando operadores gaussianos derivativos. Se asume que estos mapas son una representación robusta de la imagen que codifica cambios faciales a través del proceso de envejecimiento [5]. Una representación tensorial se usa para codificar los cambios de forma del proceso de envejecimiento conservando la estructura tridimensional del espacio. Se utiliza Principal Component Analisis (PCA) multilinear para reducir la dimensionalidad del espacio tensorial. Y mediante Relevance Vector Machine (RVM) se realiza el método de regresión para estimar la edad. Éste método en particular entrega una aproximación de la edad del individuo con un error medio de 5.16 años [5].

2.2.3 MODELO DE RANKING

El envejecimiento puede ser visto como un problema de series de tiempo [6]. Obviamente, el incremento de edad es monótono con el paso del tiempo, además las características importantes pueden ser útiles para distinguir la edad en diferentes estados, con una determinada persona. En este trabajo, se utiliza un método denominado RankBoost para la extracción de características, que se basan en la relación ordinal entre pares de datos de la imagen. Con ello, se puede organizar fácilmente los datos con tal de obtener la información ordinal acorde a la edad de cada sujeto. Se obtiene una tasa de aciertos de un 91% considerando 3 grupos etnarios [6].

2.3 FILTRO CANNY

Uno de los métodos más importantes, para realizar una detección global de bordes sobre una imagen es el conocido, método de Canny [8]. Esta técnica, que se caracteriza por ser optimizada para la detección de bordes diferenciales, consta de tres etapas principales: filtrado, decisión inicial, e histéresis.

En 1986, Canny propuso un método para la detección de bordes, el cual se basa en tres criterios, estos son:

- Un criterio de detección expresa el hecho de evitar la eliminación de bordes importantes y no suministrar falsos bordes.
- El criterio de localización, establece que la distancia entre la posición real y la localizada del borde se debe minimizar.
- El criterio de una respuesta que integre las respuestas múltiples correspondientes a un único borde.

Uno de los métodos relacionados con la detección de bordes es el uso de la primera derivada, por que tiene el valor de cero en todas las regiones donde no varía la intensidad y tiene un valor constante en toda la transición de intensidad. Por tanto, un cambio de intensidad se manifiesta como una alteracion brusca en la primera derivada, característica que es usada para detectar un borde, y ademas, representa el algoritmo de Canny. El algoritmo de Canny consiste en tres grandes pasos:

- Obtención del gradiente: en este paso se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente en cada pixel.
- Supresión no máxima: en este paso se logra el adelgazamiento del ancho de los bordes, obtenidos con el gradiente, hasta lograr bordes de un pixel de ancho.
- Histéresis de umbral: en este paso se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.

3 PROPUESTA

3.1 HERRAMIENTAS

Una de las restricciones fundamentales de este trabajo es que funciona en tiempo real. Por este motivo, se desarrollara un software de procesamiento de las imágenes, el cual será íntegramente programado en el lenguaje C++, utilizando una

biblioteca denominada OpenCV (Open Computational Vision) para el filtrado de la imagen y el proceso de entrenar el clasificador.

3.2 SISTEMA DESARROLLADO

Este proyecto se centra en la aparición de arrugas faciales de individuos, una característica inevitable. El sistema desarrollado debe de tener la capacidad de pre-procesar las imágenes con el fin de obtener los rasgos faciales para su posterior análisis. Además, cada rasgo será tratado y analizado por separado utilizando distintas técnicas de tratamiento de imágenes con el objetivo de conseguir los detalles de dicho rasgo con la mayor precisión posible. No se extraen, sólo los puntos más significativos, sino que se intenta procesar el rasgo, en su totalidad.

Una vez obtenidas las imágenes de cada rasgo, se procede a la caracterización necesaria. La última etapa del sistema se ocupa de la identificación de los individuos incluidos en la base de datos, dando como resultado final la relación de densidad-edad de los individuos. Una etapa de evaluación verifica la calidad del sistema, aquí se ocupara la misma base de datos para comparar resultados, nuevas imágenes y bases de imágenes pueden ocuparse como entrada para ser clasificadas.

3.3 BLOQUES DEL SISTEMA

El sistema consta de 4 grandes bloques mostrado en la Figura 1.

- Pre-procesado de imágenes.
- Extracción de características.
- Clasificación de resultados.
- Evaluación del sistema.

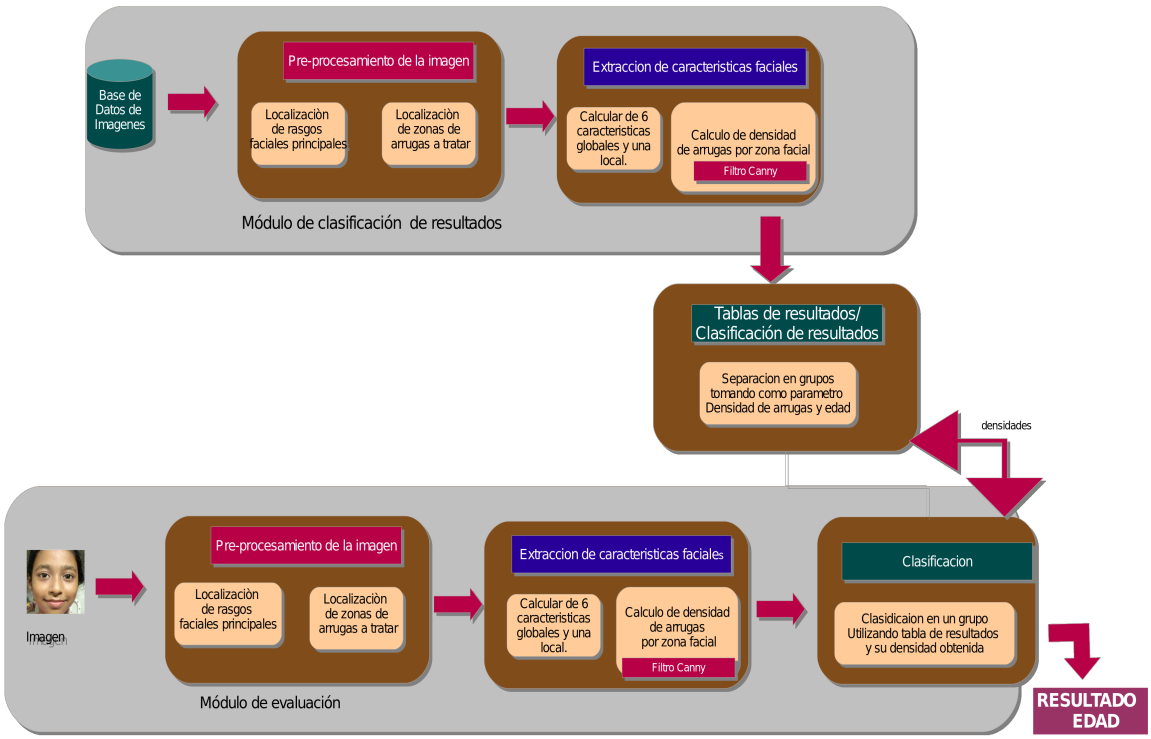


Fig. 1. Esquema general del sistema clasificador.

3.3.1 PRE-PROCESADO DE LAS IMÁGENES

Los dos primeros sub-bloques del esquema del sistema desarrollado forman parte del pre-procesado de las imágenes necesario para seguir avanzando con el análisis. La entrada al primer bloque son las imágenes de cada sujeto y los ficheros con las coordenadas de los puntos marcados. Los dos primeros bloques corresponden al pre-procesado común para todas las imágenes y se procede al pre-procesado individual de cada rasgo.

Diferentes regiones de la cara como el parejo entre los ojos (entrecejo), punta de la nariz y mentón son detectadas, mediante filtros como se muestra en la Figura 2.

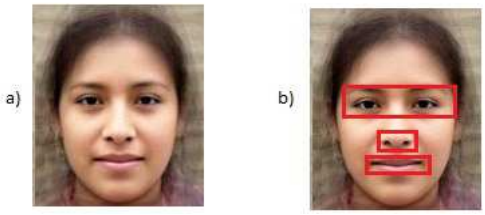


Fig. 2. Localización de rasgos principales. a) Rostro detectado. b) Rasgos detectados después de aplicaciones filtros.

Enseguida los rasgos de las arrugas son calculados usando la porción de la frente. La porción superior de las mejillas, las regiones de los párpados y las esquinas de los ojos. Una vez que la posición media del ojo derecho (x_r,y_r) y del ojo izquierdo (x_l,y_l) son determinados, la distancia entre los dos ojos es d y es calculado por la formula (1).

$$d = \sqrt{(x_r - x_l)^2 + (y_r - y_l)^2} \qquad (1)$$

Basado en la estructura de la geometría de la Figura 3(a), se realizan los cálculos siguientes:

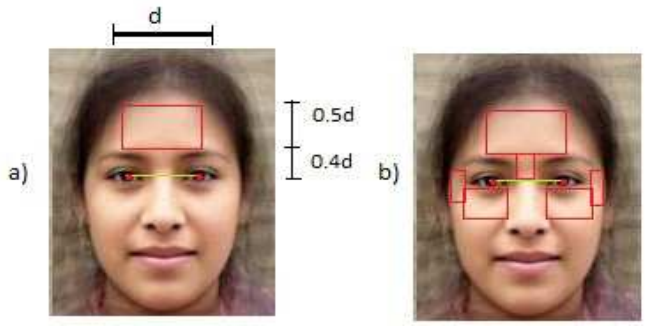


Fig. 3.Detección de rasgos de estudio. a) Imagen con distancia ocular calculada. b) Imagen con área de arrugas localizadas

- La distancia vertical entre los ojos y los globos oculares pueden estar colocada a 0.4*d. Así se propone la porción de la frente sobre la región de los globos oculares con un rectángulo de tamaño d *0.5d.
- La región rectangular en el rostro que va debajo de los ojos hasta la punta de la de la nariz es considerada la porción de los párpados.
- La distancia entre las dos cejas es seleccionado con respecto a la línea principal.
- La región cerca a las esquinas de los ojos es seleccionada hasta la altura de la ceja.

3.3.2 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FACIALES

Como se mencionó en el apartado anterior, es necesario un pre-procesado individual de cada rasgo para obtener todas las características morfológicas con más precisión, representado en la Figura 4.

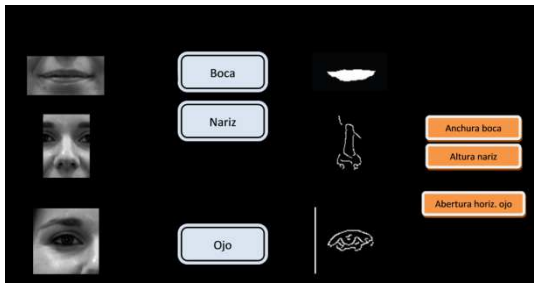


Fig. 4. Características morfológicas localizadas en la imagen de entrada.

Obtención de características globales: Las características globales representan las razones antropométricas, estas incluyen varias razones de distancias de todos los objetos fáciles, como el globo ocular derecho y el globo ocular izquierdo, la nariz, el mentón, los labios y la frente [7]. Las características locales principalmente usados, son las arrugas de las porciones de la frente, esquina de los ojos, los párpados y el entrecejo [9].

Obtención de características locales: Las características locales representan las zonas de las arrugas. Utilizando las zonas de las arrugas en la imagen pre-procesada, se obtiene la característica *W* (***wrinkles***) que es una parte importante de la propuesta del algoritmo. La detección de bordes es extensamente usada para la detección de discontinuidades en una imagen. La característica *W* se calcula, usando un filtro Canny, de la siguiente manera:

- La imagen de entrada es convertida a escala de grises. El filtro Canny es aplicado y resulta una imagen binaria con las arrugas. (Figura 5.a).
- Los píxeles blancos del área de arrugas proporciona información sobre las arrugas en la imagen facial.
- En la imagen binaria el valor 1 es usado para el pixel blanco y 0 para el pixel negro. Entonces la suma de los pixeles 0 en la zona de arrugas en una imagen binaria, que es proporcional a las arrugas que se encuentran en el rostro, esto se muestra en la Figura 5.b.

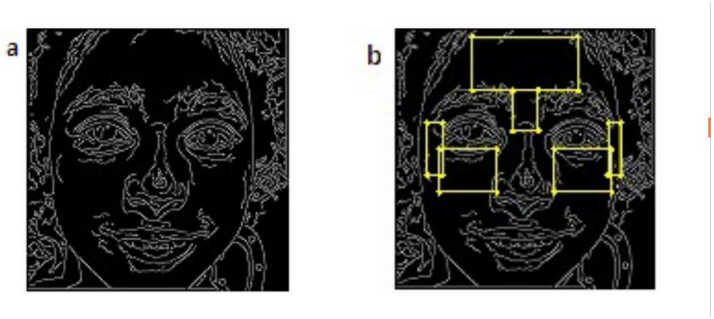


Fig. 5. Obtención de densidad de arrugas. a) Aplicación de filtro Canny. b) zonas de arrugas detectadas.

- Característica **W** = (suma de pixeles 0 en el area de la frente/número total de pixeles en el area de la frente) + (suma de pixeles 0 en el parpado izquierdo / número total de pixeles izquierdo) + (suma de pixeles 0 en el parpado derecho / número total de pixeles derecho) + (suma de pixeles 0 en el área de la esquina del ojo izquierdo/número de pixeles en el área de la esquina del ojo izquierdo) + (suma de pixeles 0 en área de la esquina del ojo derecho/número de pixeles en el área de la esquina del ojo derecho).

3.3.3 CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS

En esta etapa se registrará la densidad de arrugas de cada individuo en un conjunto de datos que será dividido en tres rangos de edades: niños, edad media y edad avanzada. Para después calcular que rangos de densidades corresponden a cada grupo de edad.

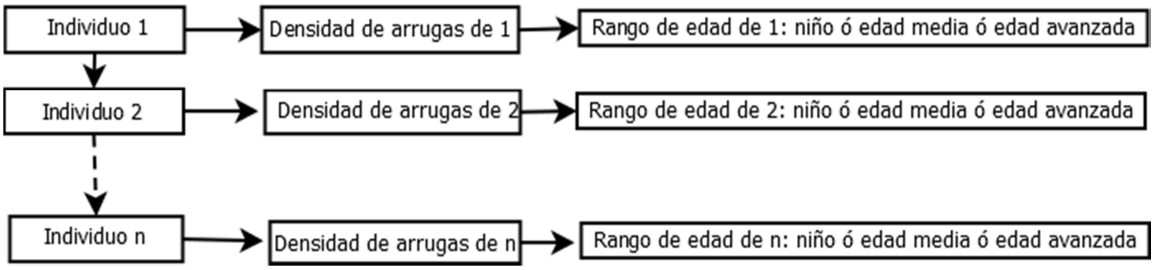


Fig. 6. Clasificación de individuos por densidad de arrugas y rango de edad.

El conjunto de datos que se observa en la Figura 6, se obtendran los resultados en la etapa de clasificación, después se calculará un promedio de densidades para cada rango de edad ver la Figura 7.

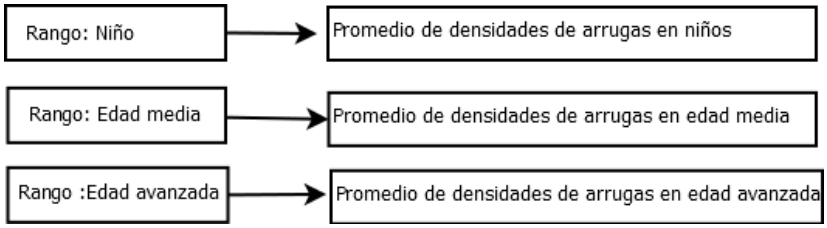


Fig. 7. Asignación de densidades a cada rango de edad

3.3.4 Evaluación Del Sistema

En este bloque se utilizará el sistema, teniendo como entrada la misma base de datos de imágenes. Se realizara la comparacion de la densidad de arrugas de cada imagen y posteriormente se clasifica en un rango de edades que genera los resultados de la tabla 2. El bloque se muestra en la Figura 8.

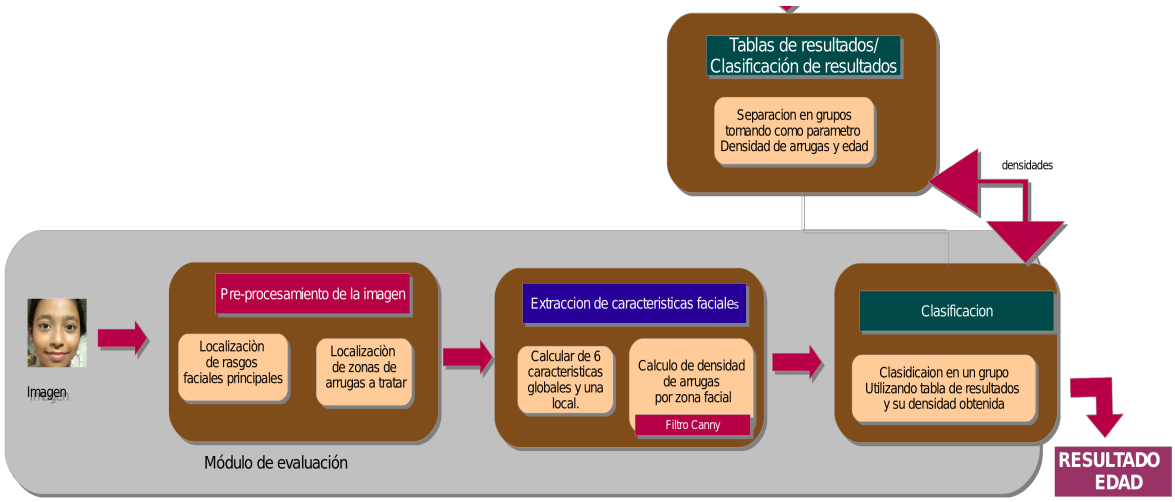


Fig. 8. Bloque/módulo de prueba del sistema

4 Análisis De Resultados

Las implementaciones realizadas y que servirán para las fases posteriores a la localización de rasgos globales y locales son:

- Ecualización de histograma.
- Localización de ojos y pupilas.
- Filtro para mejoramiento de localización de ojos.
  - Filtro de threshold.
  - Operador de dilatación.
- Filtro Canny.

4.1 ECUALIZACIÓN DE HISTOGRAMA

La ecualización se utiliza para estandarizar el contraste y brillo de la imagen, esto es, para que distintas condiciones de iluminación no afecten la detección de los rasgos en la imagen, ver la Figura 9.

(a) (b)

Fig. 9. Resultados de ecualización de histograma canny a) Imagen original. b) Imagen ecualizada.

4.2 LOCALIZACIÓN DE OJOS

En esta etapa, se procesan los rostros de las imagenes, previamente ecualizadas, para hallar la posición de los ojos. Se implementó el uso de tres clasificadores que representa el archivo xml, con toda la información que OpenCV necesita para poder identificar objetos y asi seleccionar el más conveniente para la propuesta del algoritmo.

Se utilizan las siguientes tres bases de datos de fotografías, en ambientes totalmente controlados.

- Iranian women (Set de 150 imágenes).
- Alumnos Facultad de Ciencias de la Computación BUAP (Set 53 imagenes).
- Nottingham_scans (Set 100 imágenes).

Los clasificadores utilizados fueron:

- haarcascade_eye.
- haarcascade_eye_tree_eyeglasses.
- haarcascade_mcs_lefteye/ mcs_ right eye.

Los resultados de esta fase fueron calculados en términos de porcentajes de aciertos, es decir, donde ambos ojos fueron localizados correctamente, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de resultados de los distintos clasificadores utilizados

Clasificador	**Base de datos de imágenes**		
	Iranian	**FCC BUAP**	**Nottingham__scans**
Eye	70.00%	86.79%	87.02%
eye_glasses	29.20%	77.35%	70.20%
mcs_lefteye/righteye	32.14%	81.13%	79.00%

4.3 FILTRO PARA MEJORAMIENTO DE LOCALIZACIÓN DE OJOS Y PUPILAS

La ubicación de ojos y pupilas es una parte critica del algoritmo, ya que la distancia entre las dos pupilas, representa una medida antropométrica que determinará las características W, que corresponden a las zonas de arrugas.

Por ello, se propone un filtro, que mejore el rendimiento de los clasificadores, y que ayude a cubrir o eliminar zonas que sean semejantes a las características de los ojos y evitar generar falsos positivos, como en las zonas siguientes: la punta de la nariz y la parte superior de los labios (Figura 10).

Fig. 10. Ejemplos de patrones semejantes en el rostro.

4.3.1 FILTRO THRESHOLD

El filtro threshold separa las regiones de una imagen correspondientes a los objetos que se quiere analizar. Esta separación se basa en la variación de la intensidad entre los píxeles de objetos y los píxeles de fondo, ver figura 11.

(a) (b)

Fig. 11. Resultados de threshold a) Imagen escala de grises b) Filtro threshold binario.

4.3.2 OPERADOR DILATACIÓN

Esta operación morfológica agranda la zona blanca de la máscara y de esta forma los orificios de nariz y labios quedan invertidos de oscuros a claros, se observa en la Figura 12.

(a) (b)

Fig. 12. Resultados de dilatación a) Imagen con threshold. b) Operación dilatación.

Se observa en la zona de los ojos que queda igualmente invertida, para evitar esta situacion, se propone modificar únicamente la segunda mitad de la imagen ya que la nariz y la boca quedan definidas en esta parte de la imagen, ver la Figura 13. Observe, que los patrones de nariz y labios quedan invertidos y por ello no causarán falsos positivos.

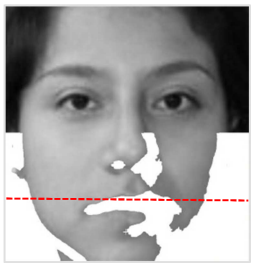


Fig. 13. Resultados de eliminación de patrones conflictivos.

Al procesar la imagen resultante de la Figura 13. Nuevamente se utilizaron los clasificadores, y los resultados que se obtuvieron fueron altamente mejorados, como se puede apreciar en la Tabla 2. Se concluye que el mejor clasificador es el mcs_lefteye/righteye, que se obtiene hasta un 96.93 % de precisión.

Tabla 2. Resultado comparativos imagen original vs. imagen con patrones conflictivo eliminados

Clasificador	Base de datos de imágenes					
	Iranian		FCC BUAP		Notthingham_scam	
	Original	Mejorado	Original	Mejorado	Original	Mejorado
Eye	70.00%	72.85%	86.79%	87.79%	87.02%	90.01%
eye_glasses	29.20%	70.00%	77.35%	77.35%	70.20%	71.42%
mcs_lefteye/righteye	32.14%	82.85%	81.13%	84.20%	79.00%	96.93%

4.4 LOCALIZACIÓN DE PUPILAS

Para la localizacion de pupilas, se aplica el filtro Canny y se busca en la zona de los ojos utilizando el clasificador, el mayor conjunto de pixeles oscuros agrupados en la imagen binarizada que se obtuvieron con el filtro Canny, de esta manera las pupilas son ubicadas, ver la Figura 14 (b.

La distancia entre las dos pupilas es una medida antropométrica que ayuda a la localización de área de arrugas en las siguientes fases del proyecto.

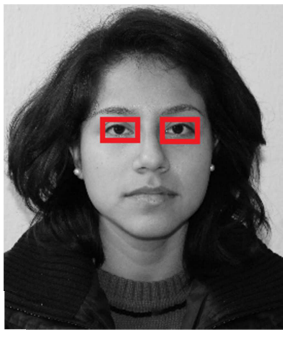
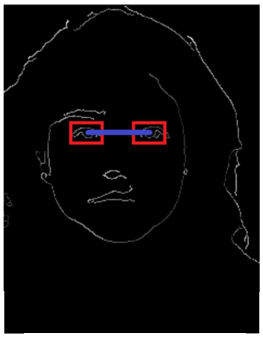
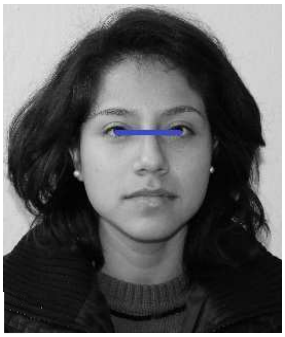
(a)  (b)  (c) 

Fig. 14. Localización de pupilas a) Resultado de clasificador. b) Filtro Canny para hallar pupilas. c) Distancia entre pupilas

Los resultados que se obtuvieron servirán de soporte, para las fases siguientes del proyecto que son el cálculo de densidad de arrugas y del entrenamiento del sistema.

5 CONCLUSIÓN

En este trabajo de investigación, se muestran los resultados obtenidos por los filtros siguientes: threshold, binarización, Canny, localización de ojos y pupilas, que son necesarios para obtener la densidad de las arrugas que se propone en el algoritmo. Estos filtros serán necesarios para las siguientes fases de implementación del algoritmo, por lo que, la base de este algoritmo esta finalizado.

Se ha comprobado que el desempeño del sistema depende del buen uso de cada uno de estos filtros, es decir su calibración. Ya que de no hacerlo correctamente, se genera demasiado ruido y genera falsos positivos.

Se concluye, que tanto las áreas de las arrugas como otras características faciales relevantes, están ligadas a las propiedades antropométricas y especialmente de las distancias entre los ojos, característica que fue útil y que fue la base para este trabajo de investigacion.

Mediante el entrenamiento se utilizaran bases de datos de imágenes con mayor volumen y obtener mejores aproximaciones entre las densidades de las arrugas y la edad más próxima, y clasificarlas en grupos con edades de 5 a 10 de años de margen. Se pretende utilizar el filtro de detección de bordes Sobe, ya que las arrugas son bordes no cerrados, y asi poder realizar la comparacion de los resultados con el filtro Canny.

REFERENCIAS

[1] J. C. Clint and A. K. Jaén. “A case study en unconstrained facial recognition using the boston marathon bombings suspects”, Technical Report, pp.4-5, 2013.

[2] A. Ross A.K. Jain, P. Flynn. Handbook of biometrics. Springer, M. Chandra Moha, V. Vijaya Kumar, V. Venkata Krishna: “Novel Method of Adult Age Classification Using Linear Wavelet Transforms.” *IJCSNS, International Journal of Computer Science and Network Securit*y, vol10, no.3, 2007.

[3] Next generation identification. [Online], Available: us/cjis/fingerprints_biometrics/ngi/ngi2.

[4] Belhumeur N, Hespanha JP, Kriegman D. “Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using class specific linear projection”, Computer Vision — ECCV '96, Volume 1064 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 43-58.

[5] Zarit D, Super BJ, Quek FKH., “Comparison of five color models in skin pixel classification” RATFG-RTS '99 Proceedings of the International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems. pp 58.

[6] Peng Yang, Lin Zhong, Dimitris Metaxas, “Ranking Model for Facial Age Estimation”, *International Conference on Pattern Recognition*, 2010.

[7] Pantic,M. and Rothkrantz, JM, “Automatic analysis of facial expressions: The state of the art”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp12 , 2000.

[8] Thomas B. Moeslund. “Image and Video Processing”. August 2008.

[9] Contet-Audonneau JL, Jeanmaire C, Pauly G. “A histological study of human wrinkle structures: comparison between sun-exposed areas of the face, with or without wrinkles, and sun-protected areas”, *British Journal of Dermatology*, vol. 140, pp. 1038-1047, 2000.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 12-25
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Utilisation d'une image RBV (VHR) pour la discrimination des habitats de la zone humide de Oualidia (Maroc) à partir d'une méthodologie hybride basée sur la classification orientée objet avec l'algorithme K-means

[Using a satelite image RGB (VHR) for discrimination of habitat for wetland Oualidia (Morocco) from a hybrid methodology based on object-oriented classification with the K-means algorithm]

Boris Olengoba Ibara[1-2-3], Mohamed Dakki[2], Mustapha Hakdaoui[3], and Rhimou El Hamoumi[1]

[1]Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Faculté des sciences Ben M'sick, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

[2]Laboratoire de Zoologie, Equipe Biodiversité et Zones Humides, Institut scientifique, Université Mohamed V Rabat, Maroc

[3]Laboratoire de Géologie Appliquée, Géomatique et Environnement, Faculté des sciences Ben M'sick, Université Hassan II, Casablanca, 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 mapping of wetland habitats requires image data of high spatial resolution in order to establish the precise contours and space occupies a specific habitat. However, the spectral deficiency of high resolution images accentuates the problems of proximity and spectral mixing between image objects, which makes them very sensitive classification operations in such environments. The present work offers a solution based on an unsupervised approach to habitat classification of the wetland lagoon of Oualidia and its surroundings. To do this, a picture RBV (1m) covering the study area was segmented from the software GRASS, followed by extraction optimal segments as polygons from QGIS software. The partitioning algorithm K-means was used for classification of selected polygons in the respective classes, and this using three (3) discrimination criteria (color, shape, and size). The objective is to propose a solution in the discrimination of different types of wetland habitats from a poor image spectral resolution, but harboring a very high spatial resolution. As such, the algorithm permits to classify the different habitats with an accuracy of 0.88 according to the index of Kappa.

KEYWORDS: Cartography, Wetland, Clustering, Segmentation, partitioning algorithm, object oriented, remote sensing.

RESUME: La cartographie des habitats des zones humides requiert des données images de très haute résolution spatiale afin de délimiter avec précision les contours et l'espace qu'occupe un habitat spécifique. Cependant la déficience spectrale des images à très haute résolution accentue les problèmes de proximité et de mixité spectrale entre objets de l'image, ce qui rend les opérations de classification très délicates dans ce type de milieux. Ce présent travail, propose une solution, basée sur une approche non supervisée pour la classification des habitats de la zone humide de la lagune de Oualidia et ses environs. Pour ce faire, une image RBV (1m) couvrant la zone d'étude a été segmentée à partir du logiciel GRASS, suivi d'une extraction des segments optimaux sous forme de polygones à partir du logiciel QGIS. L'algorithme de partitionnement K-means a été utilisé pour la classification des polygones sélectionnés dans les classes correspondantes, et cela en utilisant trois (3) critères de discrimination (la couleur, la forme, et la taille). L'objectif est de proposer une solution dans la discrimination des différents types d'habitats des zones humides à partir d'une image déficiente en résolution spectrale, mais recelant une très haute résolution spatiale. En tant que tel, l'algorithme a permis de classer les différents habitats avec une précision de 0.88 suivant l'indice de Kappa.

MOTS-CLEFS: Cartographie, Zone humide, Classification non supervisée, Segmentation, algorithme de partitionnement, orienté objet, télédétection.

Corresponding Author: Boris Olengoba Ibara

1 INTRODUCTION

Face aux menaces environnementales, la protection et la restauration des écosystèmes deviennent de nos jours des priorités absolues. De ce fait, la biodiversité, les différents types de couvertures terrestres et les activités d'utilisation des milieux naturels sont au centre des préoccupations de différents acteurs (politique, scientifique, ONGs…). Ces derniers mobilisent toute une panoplie d'outils pour récolter, extraire et analyser les informations nécessaires relatives à ces milieux [2]. Ces données permettent ainsi de mener à bon escient les actions en faveur du maintien de ces milieux vitaux. D'aucuns ont recours à la télédétection et SIG [3][4][5]. Dans ce sens, de nombreuses approches méthodologiques ont été développées pour la classification de différents éléments de la couverture terrestre dans différents types d'écosystèmes [7][8][9]. Le choix de la méthode de classification est souvent fonction des caractéristiques des données images (résolutions spectrale et spatiale), de la nature du site et de l'objectif de l'étude [7][10]. De ce fait, les approches de classification peuvent obéir à une logique « flou » ou « nette »; à un apprentissage « supervisée » ou « non supervisée »; à un calcul « paramétrique » ou « non paramétrique »; et à un mode opératoire « ponctuel » ou « objet » ou encore « global» [1].

Durant les dernières décennies, et en raison de son importance, la cartographie et l'inventaire des zones humides sont au cœur des préoccupations de la communauté scientifique. Pour ce faire, les méthodes de classification les plus exploitées sont: les arbres de décision[11][12][14], les réseaux neurones[17][16][15], la méthode des Support Vectors Machines (SVM)[18][19][22][21][20], la classification par maximum de vraisemblance[23][24][25][26], les systèmes experts [27], la classification orientée objet [28][29], les méthodes basées sur la logique floue[31][32][33][34] et les modèles hybrides [35][36][30]. Les quatre (4) premières méthodes utilisent un apprentissage « supervisé », une classification « nette », un mode opératoire « ponctuel » et un calcul « non paramétrique », exceptée, la méthode maximum de vraisemblance qui est par contre « paramétrique ».

Par ailleurs, le mode opératoire ponctuel (pixellique) présente des limites dans la discrimination des habitats des zones humides, lesquelles sont caractérisées par une hétérogénéité spatiale et une proximité spectrale entre différentes classes de végétations [7][37][37][39].Pour faire face à cette situation, plusieurs travaux relatifs à la classification des habitats des zones humides s'orientent vers le développement et l'utilisation de l'approche orientée- objet, laquelle va au-delà du pixel en considérant plutôt un ensemble de pixels en se servant des images à très haute résolution spatiale [40][41][42][30]. Cependant de nombreuses études montrent que, les algorithmes appliqués dans la quasi-totalité de ces travaux sont de type hiérarchique. Cette préférence est due au fait que, l'approche hiérarchique garantit une bonne précision de la classification en mobilisant plusieurs calculs [13]. Mais d'une part la complexité de ces calculs rend l'exercice de la classification plus lente au fur et à mesure que le volume des données à traiter augmente [43]. D'autre part le principe de fonctionnement de ces algorithmes tend à classifier les objets de façon définitive à niveau donné, ce qui ne permet pas d'améliorer éventuellement leur classification dans les niveaux succédant [44].

Dans l'objectif de contourner les contraintes relatives aux différentes méthodes évoquées précédemment, ce papier propose une solution, basée sur une approche orientée objet non supervisée, en utilisant un algorithme de partitionnement K- means[45][46]. Cet algorithme est susceptible d'offrir d'un côté, un meilleur rapport complexité/performance quelque soit le volume de données à traiter [47]; et de l'autre la possibilité qu'un objet migre d'une classe à une autre, permettant ainsi d'avoir une classification optimale [48]. Cette solution est appliquée sur une image (RBV) à très haute résolution (1m) couvrant la zone humide d'Oualidia (Maroc) et ses environs (Fig. 1), cela dans le but de discriminer et cartographier avec précision les différents habitats humides de ce site Ramsar (zone humide d'importance internationale).

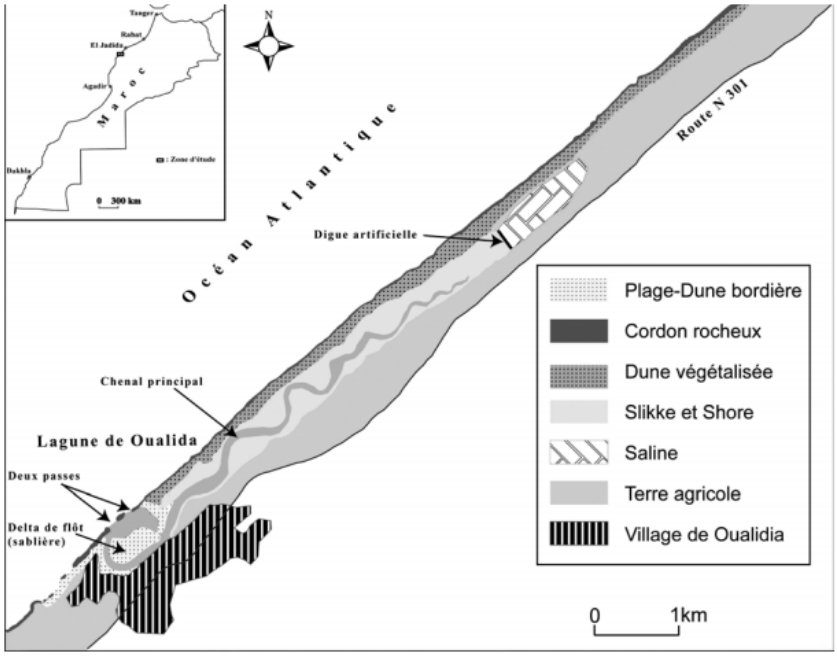


Fig. 1. Carte de localisation et d'occupation du sol de la lagune de Oualidia

2 ZONE D'ÉTUDE

Situé dans l'étage bioclimatique semi-aride (moyenne: 120mm) au sud de la côte atlantique marocaine (32° 40'42''N- 32° 47'07''N et 8° 52'30''W- 9° 02'50''W), la lagune et les salines de Oualidia constituent l'une des entités du grand complexe lagunaire Sidi Moussa- Oualidia. L'ensemble fait partie des zones humides d'importance internationale pour sa richesse avifaunistique et son rôle d'escale dans la migration des oiseaux d'eau [50].

La zone humide Oualidia (lagune, marais salants et salines) occupe une superficie d'environ 1000Ha avec une prédominance de l'entité lagunaire située en aval du site.

La lagune communique avec l'océan par l'intermédiaire de deux passes assurant la rentrée et la sortie des eaux de mer ainsi que l'entrée des sédiments sous l'effet des marées [51]. Ces deux passent se raccordent en amont pour constituer un long chenal sinueux d'environ 6 km de long et 0,4 km de large en moyenne (Fig. 1) et de profondeur moyenne de 2m, tendant à diminuer vers l'amont. On y trouve également des résurgences d'eau douce tout au long de la lagune[51].

A la première vue, le paysage lagunaire montre les vasières occupant principalement la zone basse de la marée tout le long des canaux et les marais salants bien développés tout au long de la lagune, dominés par la végétation halophile [52]. La zone des salines se situe en amont de la lagune, les deux zones contigües sont séparées par une digue (Fig. 1). Cependant comme la plupart des zones humides marocaines, la zone humide de Oualidia fait face à de nombreuses pressions anthropiques en raison de ses ressources halieutique et avifaunisque. Pour faire face à ces menaces, plusieurs initiatives mondiales et régionales encourageant les études orientées vers la connaissance et la compréhension de ces milieux pour leur maintien et protection ont été mises en place.

La plupart a eu pour objet, l'hydrogéologie [53] [54] [55], la pollution [56] [57] [58] [59] l'inventaire de la biodiversité [50]. Cependant peu de travaux ont porté sur l'inventaire des habitats humides et quasiment aucune cartographie de ces habitats n'a été produite. Les rares travaux connexes à la cartographie menés au sein de la zone humide de Oualidia ont porté sur la dynamique hydro sédimentaire de la lagune [54] [55].

Peu de travaux associés aux habitats de la lagune de Oualidia, ont permis d'inventorier avec certitude le nombre de types d'habitats dominants, lesquels restent néanmoins difficiles à représenter dans une scène cartographique en raison de l'hétérogénéité du milieu et de la proximité spectrale entre les différentes formations. Ces acquis et ces difficultés ont largement influencé sur les choix de donnée d'entrée (image) et l'algorithme de classification utilisée.

3 DONNÉES

L'image utilisée a été téléchargée à partir du logiciel Global Mapper, c'est une image en mode composition colorée (RBV) ayant 1m de résolution spatiale. C'est une scène couvrant la zone humide d'Oualidia et ses environs en période d'hiver (2011) et en situation de marée basse (Fig. 2).

L'utilisation d'une image à très haute résolution permet de situer et de limiter avec précision les différents types d'habitats, ce qui permet une meilleure représentation cartographique de leur distribution et une bonne estimation de leur superficie en utilisant une méthodologie adaptée à la donnée et aux attentes.

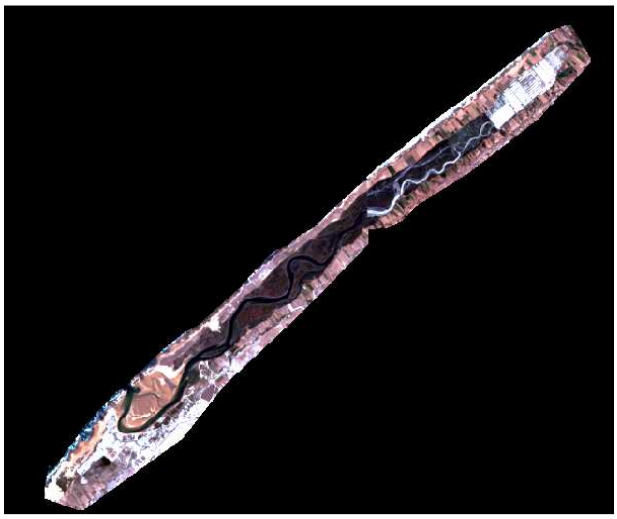


Fig. 2. Image RBV de la zone humide de Oualidia

4 MÉTHODE

Les classifications «orientée objet» font intervenir successivement une phase de préparation de données, suivi de la phase de classification. Dans ce présent travail, la première phase a porté sur la segmentation de l'image sous le logiciel libre de traitement d'images GRASS 6.4. Les segments ont été par la suite vectorisés en polygones sous le logiciel libre QGIS 2.12. Les polygones optimaux sont extraits pour constituer une base de données dans laquelle ils sont considérés comme des objets. La classification a été effectuée avec l'algorithme K-means. Le diagramme ci-après (Fig. 3) résume les étapes de la méthodologie adoptée pour ce présent travail.

Le regroupement des pixels voisins se fait de manière itérative jusqu'à ce que tous les pixels soient traités [38]. La segmentation sur Grass Gis 6.4 offre la possibilité de choisir le paramètre VMD (Valeur Minimale de Différence entre les pixels), qui est un critère d'hétérogénéité d'une région (segment). Deux valeurs de VMD ont pu produire des segments significatifs par rapport aux besoins de l'étude. Ces segments sont traités par le logiciel QGIS 2.12 afin d'obtenir des données vectorielles (polygones) exploitables pour une classification orientée objet.

4.1 CLASSIFICATION ORIENTÉE-OBJET: L'ALGORITHME « K-MEANS »

Le K-means [45][46][60] est une méthode de classification de «partitionnement» caractérisée par un apprentissage non supervisé, une logique nette et un calcul non paramétrique. Son mode de fonctionnement consiste à répartir les objets en k classes de façon à minimiser la fonction *objectif* (1). Cet algorithme permet de déterminer préalablement le nombre de classes K par l'utilisateur, ce qui concorde avec le cas de la cartographie de la zone humide d'Oualidia dans la mesure où le nombre de ses habitats dominants est connu. Au regard de plusieurs travaux, le K-means s'est avéré avoir un rapport complexité/efficacité avantageux par rapport à d'autres algorithme de partitionnement [46].

$$C = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i \in I_j} p_i * d^2(i, g_j) \qquad (1)$$

Le fonctionnement de K-means est présenté dans le diagramme ci-après (Fig. 4)

4.2 LES CRITÈRES UTILISÉS POUR LA CLASSIFICATION

Les critères utilisés pour les besoins de classification sont: la forme, la taille et la position des polygones sur la scène, ainsi que la signature spectrale (couleur) correspondante à l'emplacement du polygone sur l'image (Fig. 5).

- La forme et la taille des polygones reproduisent les contours (limites) des unités spatiales homogènes, ces limites décrivent des polygones tout en lui attribuant un dimensionnement (taille), et chaque formation peut avait une ou des géométries particulières [43];
- La couleur constitue une donnée spectrale qui informe sur la nature des pixels et implicitement, sur celle des objets (polygones de couleur homogène).

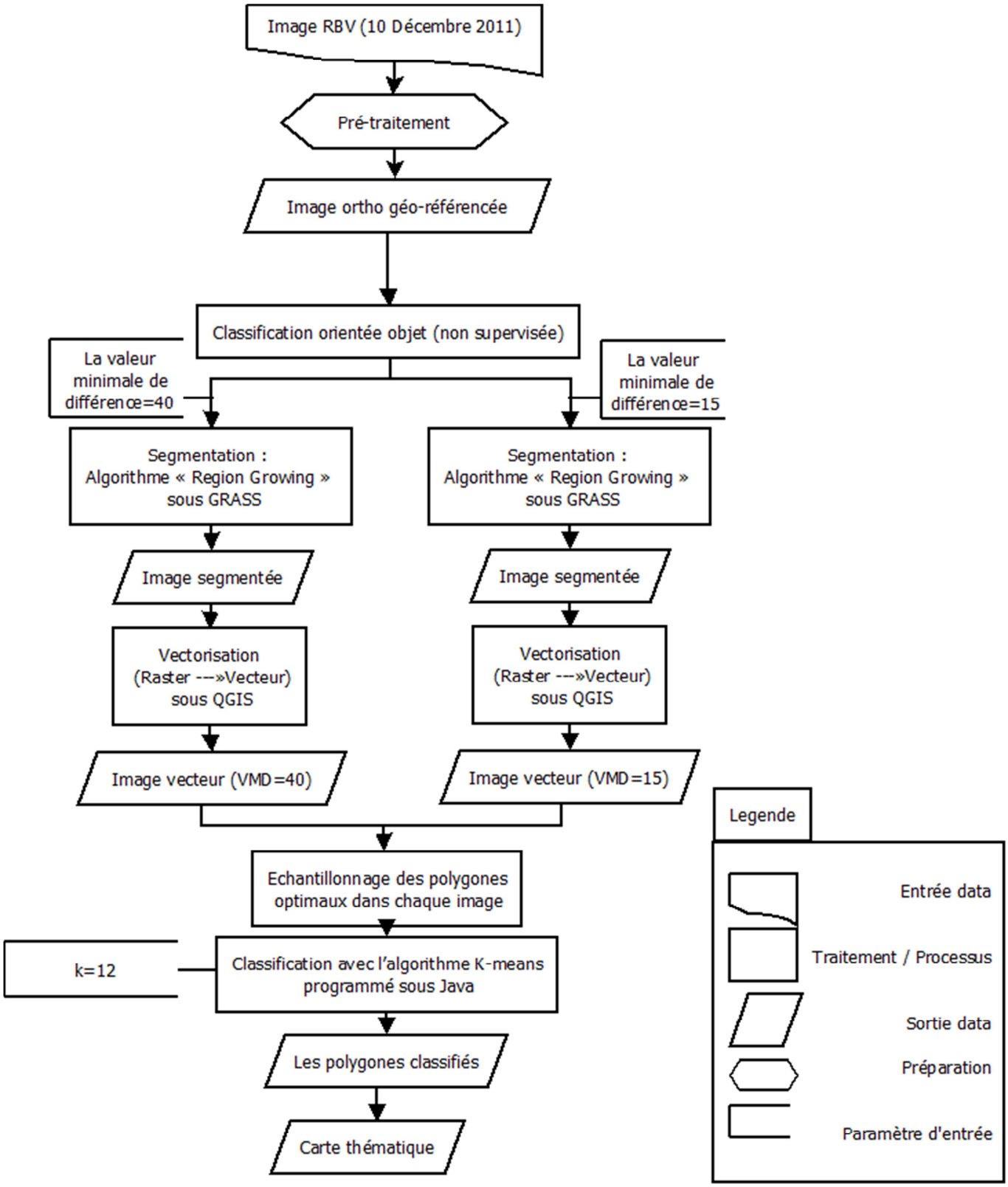


Fig. 3. La méthodologie de classification appliquée dans ce présent travail

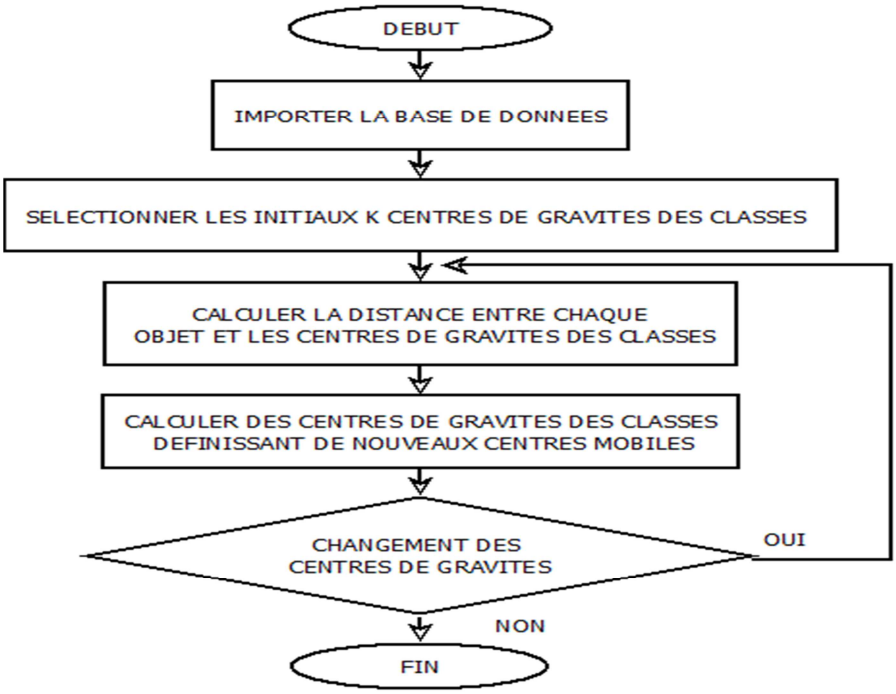
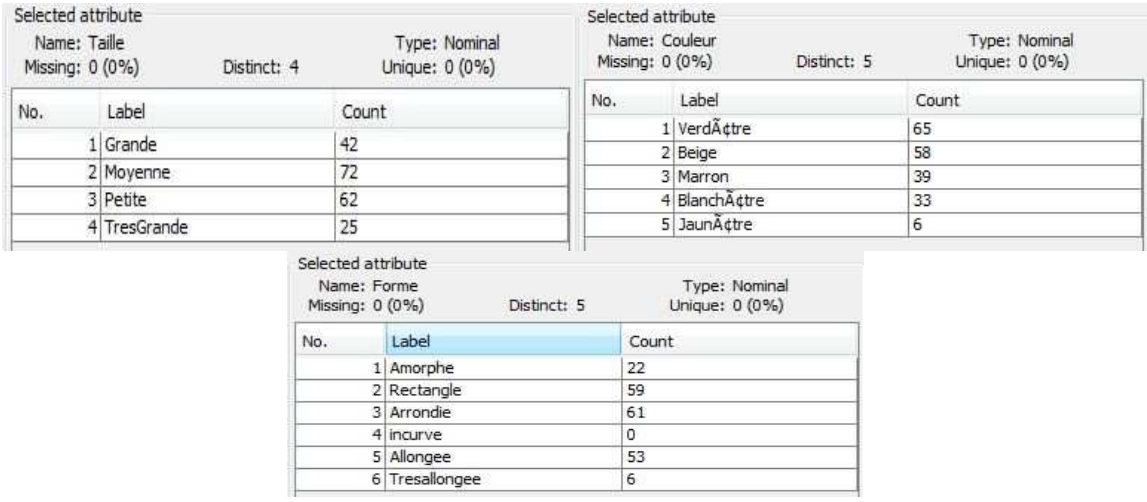


Fig. 4. L'algorithme K-means



Selected attribute
Name: Taille
Missing: 0 (0%)
Distinct: 4
Type: Nominal
Unique: 0 (0%)

No.	Label	Count
1	Grande	42
2	Moyenne	72
3	Petite	62
4	TresGrande	25

Selected attribute
Name: Couleur
Missing: 0 (0%)
Distinct: 5
Type: Nominal
Unique: 0 (0%)

No.	Label	Count
1	VerdÃ¢tre	65
2	Beige	58
3	Marron	39
4	BlanchÃ¢tre	33
5	JaunÃ¢tre	6

Selected attribute
Name: Forme
Missing: 0 (0%)
Distinct: 5
Type: Nominal
Unique: 0 (0%)

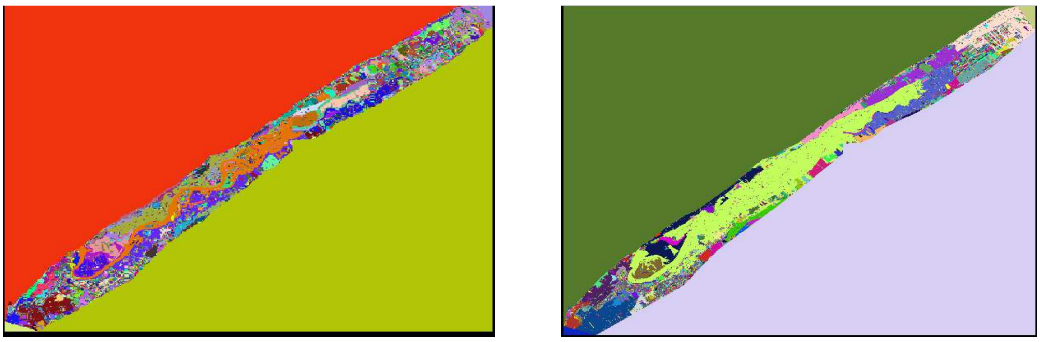
No.	Label	Count
1	Amorphe	22
2	Rectangle	59
3	Arrondie	61
4	incurve	0
5	Allongee	53
6	Tresallongee	6

Fig. 5. La distribution des polygones par rapport aux trois critères

5 RÉSULTAT

Apres l'extraction des polygones à partir de scènes de l'image segmentée avec différentes valeurs (VDM: 15; 40) (Fig. 6), Quinze (15) classes ont été sélectionnées. Les figures (Fig. 7, Fig. 8 et Fig. 9) représentent la répartition de ces classes en fonction des attributs/critères sélectionnés.

La validation de ces classes a été faite par un échantillonnage des points au sol (réalité de terrain) recueillis en utilisant un GPS différentiel avec 49 points de contrôle au sol recueillis au cours du processus de pré-classification et 107 points recueillis post-classification. La validation des résultats à partir de ces points a montré que les habitats ont été classifiés avec une précision de 0.88 suivant l'indice de Kappa. La phase de validation a permis également de remplacer les différentes classes jusque-là anonymes (Fig. 10) par les noms des habitats correspondants (Tableau 1).



(a) (b)

Fig. 6. Résultats des différentes segmentations en fonction du VMD; (a) Segmentation VDM:15; (b) Segmentation VDM:40.

Fig. 7. La répartition des classes obtenues en fonction de la Taille

Fig. 8. La répartition des classes obtenues en fonction de la Couleur

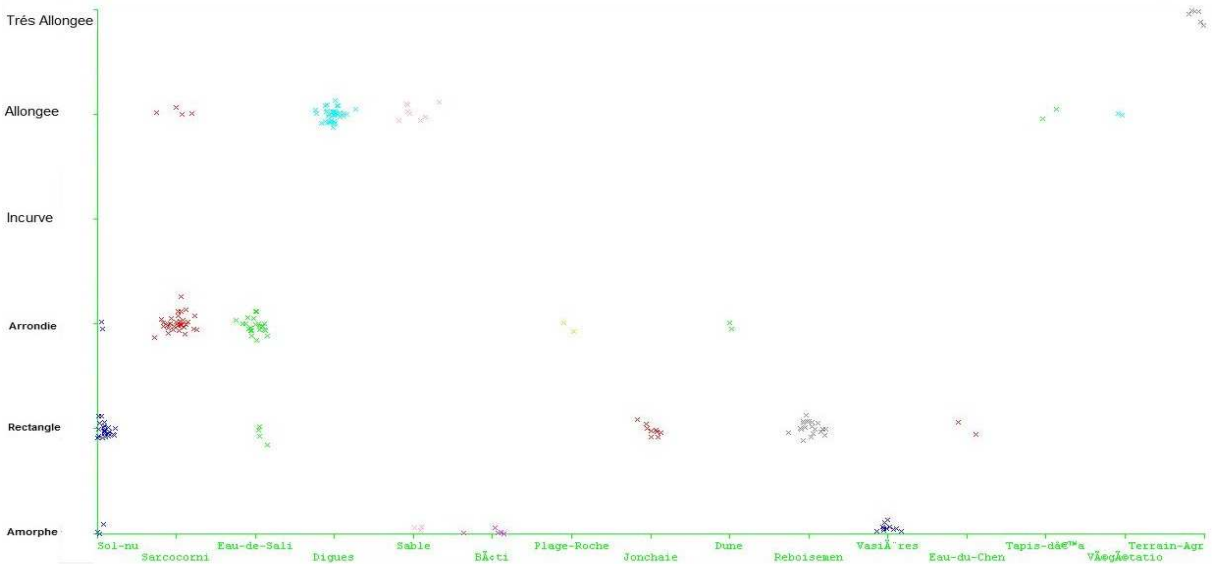


Fig. 9. La répartition des classes obtenues en fonction de la Forme

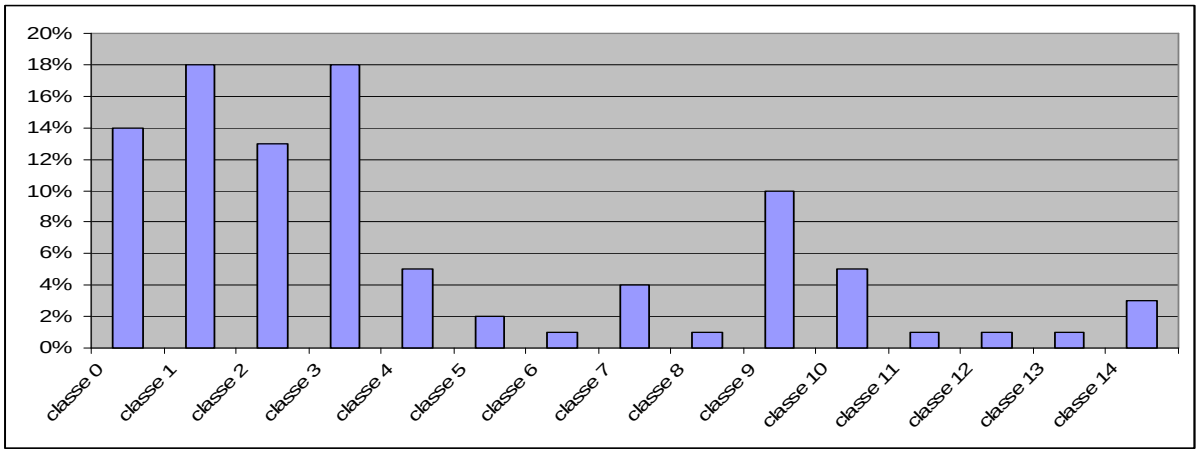


Fig. 10. La taille de chaque classe par rapport à la taille totale de la base de données utilisée

Tableau 1. Les différentes classes obtenues avec les noms des habitats correspondants

Classe	% des polygones	Habitat
Classe 0	14%	Sol nu
Classe 1	18%	Sarcorcornia
Classe 2	13%	Eau de saline
Classe 3	18%	Digue
Classe 4	5%	Sable
Classe 5	2%	Bâti
Classe 6	1%	PlageRocheuse
Classe 7	4%	Jonchaie
Classe 8	1%	Dune
Classe 9	10%	Reboisement
Classe 10	5%	Vasières
Classe 11	1%	Eau du Chenal
Classe 12	1%	Tapis Algues
Classe 13	1%	VégétationDunaire
Classe 14	3%	Terrain Agricole

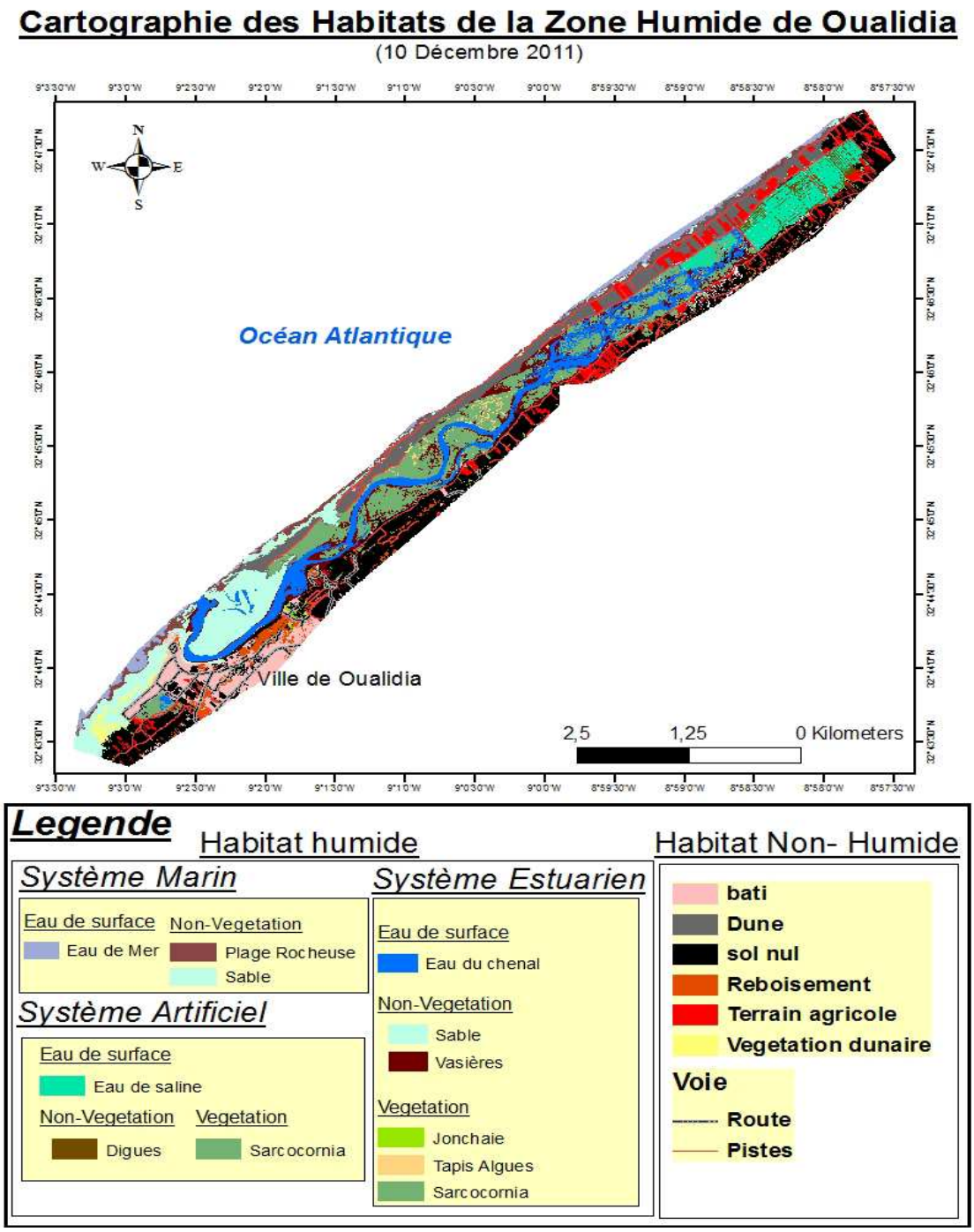


Fig. 11. Cartographie des habitats de la zone humide de Oualidia

6 DISCUSSION

Dans la première phase plusieurs segmentations ont été faites tout en faisant varier la valeur du paramètre MVD. Deux valeurs de MVD (15 et 40) (Fig. 6) ont pu donner segments optimaux, c'est-à-dire des segments significatifs et concordants avec les objets sur le terrain. La vectorisation de ces segments en polygones, a permis de classifier ces polygones dans les classes correspondantes en fonction de trois (3) critères: la forme, la taille et la couleur. Cependant les graphes (Fig. 7 et Fig. 9) montrent que les critères « forme » et « taille » ont une bonne capacité de discrimination des objets, ce qui est illustré par une formation de nuages de points très denses correspondant à des classes très bien séparées les unes des autres. Par contre le critère « couleur » (Fig. 8) montre des formations moins denses entre les différents nuages de points, ce qui traduit une faible séparabilité entre certaines classes. Ces différences observées seraient du fait des caractéristiques de la donnée image, laquelle offre d'un côté, une très haute résolution spatiale, ce qui permet d'avoir des segments avec des géométries, limites

et contours précis, et d'autre part la pauvreté spectrale fait qu'il ait une certaine confusion concernant la couleur des objets. Globalement l'algorithme K-means a pu produire une classification satisfaisante, car les habitats ont été classés avec une précision de 88% selon l'indice de Kappa. Après vérification et validation, l'habitat humide le plus dominant est «Sarcocornia» qui occupe une superficie de 167.16 Ha, et suivi respectivement des habitats suivants: Eau du Chenal (114.84 Ha), Sable (114.62 Ha), Eau de Saline (58.84 Ha), Vasière (64.13 Ha), Digues (16.86 Ha), Tapis d'algues (5.68 Ha), Jonchaie (4.14 Ha). Cependant la majeure partie de ces habitats font partie de la partie lagunaire (Système estuarien) de la zone humide. Tandis que la composante artificielle (les salines) est composée à peine de 3 habitats, dont 2 artificiels (Eau de saline et Digues) et un naturel, il s'agit de «Sarcocornia». La présence «Sarcocornia» au niveau des salines est surtout justifiée pour sa tolérance à des taux de salinité élevés, mais sa superficie reste néanmoins très négligeable par rapport à sa présence dans la partie lagunaire. On compte également la présence des habitats des zones humides inféodés à l'environnement marin, représentés par une plage Rocheuse (31.77 Ha) et une partie de mer (superficie non évaluée, car sa limite dépend de la profondeur, c'est-à-dire sa profondeur doit être inférieur à 6m à proximité de la plage)

Les habitats humides occupent environ 556 Ha du site sur une superficie totale d'environ 1000 Ha. Le reste du site est occupé d'une part, par les habitats non humides naturels comme les Dunes (112.81 Ha), Végétation Dunaire (9.52 Ha); et d'autre part on y trouve des occupations anthropogènes comme, le sol nu ou défriché (239.73 Ha), le bâti (76.68 Ha), l'agriculture (59.71 Ha), le reboisement (32.62 Ha). Ces dernières formes d'occupation représentent 37% de la superficie du site.

7 CONCLUSION

Au regard des résultats, il conviendrait de remarquer que, le présent travail a permis d'exploiter de façon optimale l'image et à produire des renseignements précis sur les emplacements et les superficies de différents habitats humides importants (88% de précision). Dans la même optique, il a pu localiser et évaluer les superficies relatives aux activités anthropogènes susceptibles d'affecter négativement le milieu. Certes que le présent travail a permis d'évaluer avec précision les superficies des différents habitats humides, cependant les informations sur la superficie, seules ne suffisent pas pour déduire la qualité et l'état de ces habitats. Pour ce faire, il serait judicieux, de combiner les résultats de cette étude avec les autres types de données (physico-chimiques, la richesse spécifique…) afin de mieux apprécier la qualité et l'état de ces précieux habitats écologiques.

Par ailleurs en dépit de son efficacité, l'utilisation de l'algorithme K-means requiert une bonne connaissance du site d'étude, surtout concernant le nombre de classes ou encore des habitats répertoriés, ce qui permet d'optimiser la classification.

RÉFÉRENCES

[1] K. Srivastava and K. Kaur, "Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.

[2] Graeme M. Buchanan, Andreas B. Brink, Allison K. Leidner, Robert Rose, Martin Wegmann, "Advancing terrestrial conservation through remote sensing," Ecological Informatics 30 (2015) 318-32.

[3] L.-M. Rebelo, C.M. Finlayson, N. Nagabhatla, "Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis," Journal of Environmental Management 90 (2009) 2144-2153.

[4] H. MacKay, C.M. Finlayson, D. Fernandez-Prieto, N. Davidson, D. Pritchard, L.-M. Rebelo, "The role of Earth Observation (EO) technologies in supporting implementation of the Ramsar Convention on Wetlands," Journal of Environmental Management 90 (2009) 2234-2242.

[5] C. Corbane, S. Lang, K. Pipkins, S. Alleaume, M. Deshayes, V. E. García Milláne, T. Strasser, J. Vanden Borre, S. Toon, F. Michael, "Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 37 (2015) 7–16.

[6] S. Sarkar, S.M. Parihar, A. Dutta, "Fuzzy risk assessment modelling of East Kolkata Wetland Area: A remote sensing and GIS based approach," Environmental Modelling and Software 75 (2016) 105-118.

[7] S. L. Ozesmi, and M. E. Bauer, "Satellite remote sensing of wetlands," Wetlands Ecology and Management 10: (2002) 381–402.

[8] E. M. Novo and Y. E. Shimabukuro, "Identification and mapping of the Amazon habitats using a mixing model," International Journal of Remote Sensing, 18:3 (1997) 663-670.

[9] J. McCarthy, T. Gumbricht and T. S. McCarthy, "Ecoregion classification in the Okavango Delta, Botswana from multitemporal remote sensing," International Journal of Remote Sensing, 26:19 (2005) 4339-4357.

[10] P. H. Rosso, S. L. Ustin and A. Hastings, "Mapping marshland vegetation of San Francisco Bay, California, using hyperspectral data," International Journal of Remote Sensing, 26:23 (2005) 5169-5191.
[11] C. Proctor, Y. He and V. Robinson, "Texture augmented detection of macrophyte species using decision trees," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 80 (2013) 10–20.
[12] L. Chen, ZhenyuJin, R. Michishita, J. Cai, T. Yue, B. Chen and B. Xu, "Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery," Ecological Informatics 24 (2014) 17–26.
[13] C. Zopounidis and M. Doumpos, "Multicriteria classification and sorting methods: A literature review," European Journal of Operational Research, vol.138, no.2, pp.229-246, 2002.
[14] N. Crasto, C. Hopkinson, D.L. Forbes, L. Lesack, P. Marsh, I. Spooner and J.J. van der Sanden, "A LiDAR-based decision-tree classification of open water surfaces in an Arctic delta," Remote Sensing of Environment 164 (2015) 90–102.
[15] M. F. Augusteijn and C. E. Warrender, "Wetland Classification using Optical and Radar Data and Neural Network Classification," International Journal of remote sensing, vol. 19(8) (1998)1545- 1560.
[16] J.K. Lein, "Implementing remote sensing strategies to support environmental compliance assessment: A neural network application," environmental science and policy 12 (2009) 948–958.
[17] L. Li, Y. Chen, T. Xu, R. Liu, K. Shi and C. Huang, "Super-resolution mapping of wetland inundation from remote sensing imagery based on integration of back-propagation neural network and genetic algorithm," Remote Sensing of Environment 164 (2015) 142–154.
[18] J. Jiang, A. Li, W. Denga and JinhuBiana, "Construction of a New Classifier Integrated Multiple Sources and Multi-temporal Remote Sensing Data for wetlands," International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference (ISEIS), Procedia Environmental Sciences 2 (2010) 302–314.
[19] G. I. Gavier-Pizarro, T. Kuemmerle, L. E. Hoyos, S. I. Stewart, C. D. Huebner, N. S. Keuler and V. C. Radeloff, "Monitoring the invasion of an exotic tree (Ligustrum lucidum) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina," Remote Sensing of Environment 122 (2012) 134–145.
[20] M. S. Tehrany, B. Pradhan, S. Mansor and N. Ahmad, "Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types," Catena 125 (2015) 91–101.
[21] Y. Lin and M. Herold, "Tree species classification based on explicit tree structure feature parameters derived from static terrestrial laser scanning data," Agricultural and Forest Meteorology 216 (2016) 105–114.
[22] G. P. Petropoulos, D. P. Kalivas, H. M. Griffiths and P. P. Dimou, "Remote sensing and GIS analysis for mapping spatio-temporal changes of erosion and deposition of two Mediterranean river deltas: The case of the Axios and Aliakmonas rivers, Greece," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 35 (2015) 217–228
[23] C. MacAlister and M. Mahaxay, "Mapping wetlands in the Lower Mekong Basin for wetland resource and conservation management using Landsat ETM images and field survey data," Journal of Environmental Management 90 (2009) 2130-2137.
[24] T-M. Lee and H-C Yeh, "Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of DanshuiRiver estuary mangrove communities, Taiwan," ecological engineering 35 (2009) 487-496.
[25] M. Kelly, K.A. Tuxenc and Diana Stralberg, "Mapping changes to vegetation pattern in a restoring wetland: Finding pattern metrics that are consistent across spatial scale and time," Ecological Indicators 11 (2011) 263-273.
[26] J.E. Wasige, T.A. Groena, E. Smalinga and V. Jettena, "Monitoring basin-scale land cover changes in Kagera Basin of Lake Victoria using ancillary data and remote sensing," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21 (2013) 32–42.
[27] V. Lawley, M. Lewis, K. Clarke and B. Ostendorf, "Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review," Ecological Indicators 60 (2016) 1273-1283.
[28] Rama Rao Nidamanuri, Bernd Zbell, "Transferring spectral libraries of canopy reflectance for crop classification using hyperspectral remote sensing data," biosystems engineering 110 (2011)231-246.
[29] Z. Dong, Z. Wang, D. Liu, L. Li, C. Ren, X. Tang, M. Jia and C. Liu, " Assessment of habitat suitability for waterbirds in the West Songnen Plain, China, using remote sensing and GIS," Ecological Engineering 55 (2013) 94–100.
[30] B. Tian, Y-X. Zhou, R. M. Thom, H. L. Diefenderfer and Q. Yuan, "Detecting wetland changes in Shanghai, China using FORMOSAT and Landsat TM imagery," Journal of Hydrology 529 (2015) 1–10.
[31] P. Townsend and S. Walsh, "Remote sensing of forested wetlands: application of multitemporal and multispectral satellite imagery to determine plant community composition and structure in southeastern USA," Plant Ecology 157, (2002) 129-149.
[32] M. Laba, R. Downs, S. Smith, S. Welsh, C. Neider, S. White, M. Richmond, W. Philpot and P. Baveye, "Mapping invasive wetland plants in the Hudson River National Estuarine Research Reserve using quickbird satellite imagery," Remote Sensing of Environment 112 (2008) 286-300.
[33] R.Q. Feitosa, G.A.O. Pedro da Costa, G.L.A. Mota and B. Feijó, "Modeling alternatives for fuzzy Markov chain-based classification of multitemporal remote sensing data," Pattern Recognition Letters 32 (2011) 927–940.

[34] K. Chatterjee, A. Bandopadhyay, A. Ghosh and S. Kar, "Assessment of environmental factors causing wetland degradation, using Fuzzy Analytic Network Process: A case study on Keoladeo National Park, India," Ecological Modelling 316 (2015) 1–13.

[35] S. Weiers, M. Bock, M. Wissen and G. Rossner, "Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods," Landscape and Urban Planning 67 (2004) 43–65.

[36] C. Zhu, J. Luo, Z. Shen and C. Huang, "Wetland mapping in the Balqash Lake Basin Using Multi-source Remote Sensing Data and Topographic features Synergic Retrieval," 2011 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), " Procedia Environmental Sciences 10 (2011) 2718 – 2724.

[37] J. R. Jensen, " Introductory digital image processing," A remote sensing perspective (3rd ed.) (2005).

[38] E.L. Hestir, S. Khanna, M. E. Andrew, M.J. Santos, J. H. Viers, J.A. Greenberg, S.S. Rajapakse and S.L. Ustin, "Identification of invasive vegetation using hyperspectral remote sensing in the California Delta ecosystem," Remote Sensing of Environment 112 (2008) 4034–4047.

[39] I. Melendez-Pastor, J. Navarro-Pedren˜o, I. Go´mez and M. Koch, "Detecting drought induced environmental changes in a Mediterranean wetland by remote sensing," Applied Geography 30 (2010) 254–262.

[40] A. Rasuly, R. Naghdifarb and M. Rasoli, "Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Object-Oriented Techniques; International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference," Procedia Environmental Sciences 2 (2010) 416–426.

[41] Z-T Ouyang, M-Q Zhang, X. Xie, Q. Shen, H.Q Guo and B. Zhao, "A comparison of pixel-based and object-oriented approaches to VHR imagery for mapping saltmarsh plants," Ecological Informatics 6 (2011) 136–146.

[42] S. Rapinel, L. Hubert-Moy and B. Clément, "Combined use of LiDAR data and multispectral earth observation imagery for wetland habitat mapping," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 37 (2015) 56–64.

[43] A. Bouguettaya, Q. Yumailto, X. Liumailto, X. Zhou mailto and A. Song, "Efficient agglomerative hierarchical clustering," Expert Systems with Applications; Volume 42, Issue 5 (2015)2785–2797.

[44] P. Hansen and B. Jaumard, "Cluster Analysis and Mathematical Programming," Mathematic Programming, 79, (1997) 191-215.

[45] Guillaume Cleuziou, "Une méthode de classification non-supervisée pour l'apprentissage de règles et la recherche d'information, " Other. Université d'Orléans, 2004.

[46] J. B. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate observations," in Proceeding of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, L. M. L. Cam and J. Neyman, Eds., vol. 1. University of California Press (1967)281–297.

[47] T.M. Kodinariya, "Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering," International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies Volume 1, Issue 6, November (2013)90-95.

[48] Q. Su, Z. Huang, X. Wang and Z. Hu, "An improved algorithm for auto-generating digital oil painting based on an accelerated K-means," Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD),9th International Conference on, 10.1109/FSKD.2012.6234086 (2012) 730 – 733.

[49] M. E. Celebi, H. A. Kingravimailto and P.A. Vela, A comparative study of efficient initialization methods for the k-means clustering algorithm, Expert Systems with Applications, Volume 40, Issue 1, Pages 200–210; January 2013,

[50] R. EL HAMOUMI , M. DAKKI, M. THEVENOT , "Water birds from the Sidi Moussa-Walidia wetland complex (Morocco):national and international importance of the site," Alauda ISSN 0002-4619 ALUDAI-, vol. 68, no4, (2000) 275-294.

[51] B. Zourarah, « Les processus côtiers actuels et leur impact sur l'environnement côtier des Doukkala ,» Thèse d'Etat, Université Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, El Jadida, Maroc (2002) 376 pp.

[52] Ch. Carruesco, « Genèse et évolution à l'holocène de trois lagunes de la façade Atlantique: Moulay Bousselham, Oualidia (Maroc) et Arcachon (France), » Bordeaux Thèse Université de Bordeaux (1989) 485 pp.

[53] K. Kaid Rassou, Y. Fakir, M. Bahir, K. Zouari, M. Marah and J.P. Monteiro, « Apport des analyses isotopiques à la compréhension du fonctionnement des aquifères côtiers du bassin hydrologique de la lagune d'Oualidia. (Océan atlantique marocain) ,» Comunicações Geológicas (2005) 129-142.

[54] E. K. Khalid, B. Zourarah and A. Aajjane, « Evolution Récente de la Morphologie de Delta de flot et son Effet sur la Dynamique Hydro-Sédimentaire de la lagune de Oualidia (côte atlantique, Maroc): Approche par photographie Aérienne, » estudos do quaternario7, braga (2011) 73-78.

[55] Y. Taghia, A. Algouti and Ah. Algouti, K. Addine Azzaoui and A. Aydda, « Apport de la télédétection à l'étude de la dynamique sédimentaire au sein de la lagune oualidia (maroc), » European Scientific Journal September 2014 edition vol.10, No.26 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

[56] A. Bennouna, B. Berland, J. El Attar and O. Assobhei, "Lingulodinium polyedrum (Stein) Dodge red tide in shellfish areas along Doukkala coast (Moroccan Atlantic)," OceanologicaActa 25 (2002) 159–170.

[57] B. Zourarah, M. Maanan, C. Carruesco, A. Aajjane, K. Mehdi, and M. Conceic¸˜ao Freitas, “Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution in the lagoon of Oualidia (Moroccan Atlantic coast),” Estuarine, Coastal and Shelf Science 72 (2007) 359-369.
[58] K. Beryouni, Y. Méar, A. Murat, E. Poizot and M. Chaibi, “Geographical variability of environmental parameters versus GPS precision: Toward a better sampling strategy,” Marine Pollution Bulletin 64 (2012) 2507–2518.
[59] M. Maanan, M. Saddik, M. Maanan, M. Chaibi, O. Assobhei and B. Zourarah, “Environmental and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Nador lagoon, Morocco,” Ecological Indicators 48 (2015) 616–626.
[60] O. Pony, U. Polverini, L. Gautret, J. Zerubia and X. Descombes, “Classification d’image satellitaire superspectrale en zone rurale et périurbaine, “ GRETSI, Groupe d’Etudes du Traitement du Signal et des Images, 2001.
[61] L. Kaufman and P.J. Rousseeuw, “Clustering by means of medoids,” In Dodge, Y. (Ed.) Statistical Data Analysis based on the L1 Norm, 1987, pp. 405-416.
[62] L. Kaufman and P. J. Rousseeuw, “Finding Groups in Data,” An Introduction to Cluster Analysis, John Wiley & Sons, Inc., 1990.
[63] T. R. Ng and J; Han, “Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Minin,” Proceedings of 20th International Conference on Very Large Data Bases VLDB, 94ed. par Bocca (J. B.), Jarke (M.) et Zaniolo (C.). pp. 144-155. Santiago de Chile, Chile, 1994.
[64] H. S. Park and C. H. Jun, “A simple and fast algorithm for k-medoids clustering,” International Journal Expert Systems with Applications, vol. 36, (2009) 3336-3341.
[65] T. Kodinariya, “Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering,” International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies Volume 1, Issue 6, November 2013 pg. 90-95 "rule of thumb, n. and adj. OED Online. December 2012. Oxford University Press. Retrieved 7 February 2013.
[66] A. Ng; “Clustering with the K-Means Algorithm,” Machine Learning, 2012.
[67] H. Bozdogan, “Mixture-model cluster analysis using model selection criteria and a new informational measure of complexity,” In H. Bozdogan, editor, Proceedings of the First US/Japan Conference on the Frontiers of Statistical Modeling: An Informational Approach, volume 2, pages 69–113, Dordrecht, the Netherlands, 1994. Kluwer Academic Publishers.
[68] Xu. BYY harmony, “learning structural RPCL, and topological self-organizing on mixture models,” Neural Networks, 15, (2002) 1125–1151.
[69] P.J. Rousseeuw, “Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis,” Journal of Computational and Applied Mathematics 20 (1987), no 0, 53 – 65.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 26-35
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les engrais et les pesticides dans la riziculture périurbaine de la ville de Garoua, au Nord-Cameroun: cas de Nassarao et Boklé

Y. Ahmadou[1], C. Kouebou[1], D. Malaa[2], S. Bourou[1], J.P. Olina[1], and M. Mbiandoun[1]

[1]IRAD Garoua B.P. 415 Garoua, Cameroon

[2]IRAD Nkolbisson B.P. 2123 Yaoundé, 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: The imbalance between the national demand and the offer of rice encouraged the emergence of the pluvial rice-growing in order to make up for the deficit. To understand this state, a diagnosis on manures and the pesticides have been led through the survey of the segment merchandising and use of the aforesaid products destined to the rice-growing in the city of Garoua. The gotten results put in evidence the merchandising of only one type of manure common to the corn destined to the production of rice and a diversity of the pesticides with common active matters. In a general manner, the pesticides are used in the respect of the recommendations of the manufacturers. However, the doses of manure used don't respect those recommended by research. The atomization of the rice-growing exploitations on surfaces of less than one hectare and the failure to respect of the doses of manure recommended by research due to their elevated cost constitutes the main limits to the development of the rice production in the city of Garoua.

KEYWORDS: Manure, pesticides, merchandising, use, rice.

RESUME: Le déséquilibre entre la demande nationale et l'offre du riz a favorisé l'émergence de la riziculture pluviale afin de combler le déficit. Pour comprendre cet état, un diagnostic sur les engrais et les pesticides a été mené à travers l'étude du segment commercialisation et utilisation desdits produits destinés à la riziculture dans la ville de Garoua. Les résultats obtenus mettent en évidence la commercialisation d'un seul type d'engrais commun au maïs destiné à la production du riz et une diversité des pesticides avec des matières actives communes. D'une manière générale, les pesticides sont utilisés dans le respect des recommandations des fabricants. Toutefois, les doses d'engrais utilisées ne respectent pas celles préconisées par la recherche. L'atomisation des exploitations rizicoles sur des superficies de moins d'un hectare et le non-respect des doses d'engrais recommandées par la recherche dû à leur coût élevé constituent les principales limites au développement de la production du riz dans la ville de Garoua.

MOTS-CLEFS: Engrais, pesticides, commercialisation, utilisation, riz.

1 INTRODUCTION

Le Cameroun présente une grande diversité agro-écologique qui s'étend de la zone sahélienne semi-aride à l'Extrême-Nord à la forêt équatoriale au Sud (IRAD, 2008). L'agriculture y est le secteur prédominant de l'économie nationale : elle contribue de 20% au produit intérieur brut (PNUD, 2006). Elle occupe environ 72% de la population active. La diversité climatique et écologique constitue des atouts favorables au développement d'un grand nombre d'espèces végétales mais, est aussi propice à la prolifération des multiples bioagresseurs, vecteurs de nombreuses maladies susceptibles de nuire à la croissance et à la production des plantes. Ces maladies ont pour conséquence des pertes de rendements agricoles et une baisse des revenus des producteurs (KROLL, 1994, IRAD, 2008).

Pour faire face à ces contraintes et assurer des meilleurs rendements agricoles, l'usage des intrants agricoles notamment les pesticides de synthèse est le moyen de lutte le plus utilisé actuellement au Cameroun afin de limiter les contraintes de production. Cette pratique est une partie intégrante des techniques en agriculture. Malheureusement, ces produits, nocifs pour les nuisibles qu'ils combattent, présentent des conséquences néfastes tant sur l'environnement, la biodiversité que sur la santé humaine (CAVET et *al*., 2005). Leur utilisation pose des problèmes de pollution de l'environnement, de sécurité de la manipulation et de sécurité alimentaire c'est-à-dire des risques pour la santé des consommateurs. L'être humain peut absorber les pesticides par contact (voie cutanée ou voie oculaire), par inhalation (voie respiratoire) ou par ingestion (voie digestive) (CONSO et *al*., 2002). De ce fait, il est potentiellement exposé aux effets mutagènes, tératogènes, cancérigènes, neurotoxiques que ces substances sont susceptibles de produire (BALDI et *al.,* 1998 ; CONSO et *al*., 2002 ; MULTIGNER, 2005 ; ASCHERIO et *al.,* 2006).

Par ailleurs, l'engrais chimique contribue également à accroître les rendements agricoles. En effet, dans les pays en voie de développement, les engrais contribuent pour 55 à 57% de l'augmentation des rendements moyens par hectare et 30 à 31% de l'augmentation totale de la production. Dans une perspective plus large, les résultats du secteur agricole en Afrique subsaharienne ont été relativement limités pendant les nombreuses décennies. Depuis le début des années 60 jusqu'à la fin des années 80, l'augmentation de la population a été approximativement de 3% par an. La production agricole par habitant a par conséquent diminué pendant cette période et la disponibilité alimentaire actuelle est d'approximativement 2 000 calories par personne et par jour, soit 10% en dessous des besoins minimas quotidiens recommandés d'après les niveaux FAO-OMS. La Banque mondiale estime que, étant donnée les tendances actuelles de la croissance, l'Afrique aura une pénurie alimentaire d'au moins 250 millions de tonnes d'équivalent-grain en 2020 (FAO, 2000).

Le riz est la première céréale mondiale pour l'alimentation humaine, la deuxième après le maïs pour le tonnage récolté. En 2008, la production mondiale de riz paddy s'est élevée à 661 millions de tonnes contre seulement 585 millions de tonnes en 2003. En Afrique Sub-Saharienne, la production est estimée à 13 millions de tonnes en 2004. Avec environ un rendement inférieur à une tonne par hectare pour le riz pluvial et inférieur à deux tonnes par hectare pour le riz irrigué, la production reste stagnante et faible en Afrique (FAO, 2007). Bien que faisant partie des trois céréales les plus importantes dans l'alimentation humaine au Cameroun, la production nationale du riz qui s'estimé à 240 000 tonnes de paddy (120 000 tonnes du riz blanc) en 2009, reste largement inférieure à la demande estimée à 600 000 tonnes (Projet C2D-RIZ / IRAD, 2013).

Au Cameroun, les disfonctionnements dans le système de traçabilité des produits agricoles mis sur le marché national, le caractère parcellaire et peu fiable des données officielles sur les pratiques des agriculteurs en matière d'utilisation des produits phytosanitaires et, les faiblesses des laboratoires d'analyses chimiques agréés en terme de personnel et matériel pour le contrôle de la qualité sanitaire des produits ne permettent pas de garantir l'innocuité des produits destinés à la consommation de la population (IRAD, 2008). Ces constats, justifient le besoin d'actualiser l'étude sur les pratiques fertilisantes et phytosanitaires en vigueur en milieu paysan. Ce travail a été initié afin de contribuer à la mise à jour des données fiables sur les intrants agricoles en circulation au Cameroun, particulièrement dans un contexte de forte progression de la riziculture pluviale dans toutes les zones agro écologique du pays. Plus spécifiquement cette étude vise à recueillir les informations actualisées sur les engrais et pesticides et les usages qui en sont fait en riziculture dans la région de Garoua au Nord- Cameroun.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL : LA ZONE D'ETUDE

L'étude s'est conduite dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun et notamment dans le Département de la Bénoué, région du Nord. La métropole de Garoua en est la capitale régionale et chef-lieu dudit département. Elle est située entre 9° 18' latitude Nord et 13° 24' longitude Est, avec une altitude de 249 m. Le bassin de la Bénoué est soumis à un climat tropical à deux saisons : une saison sèche qui s'étale de novembre à avril et une saison humide couvrant la période de mai à octobre. Ce climat détermine deux saisons de production agricole : de juillet à septembre en culture pluviale, d'octobre à mars en culture irriguée. Le régime hydrologique de type tropical pur est caractérisé par une période de hautes-eaux (juillet à octobre avec le maximum en août-septembre) et une période de basses-eaux (janvier à mai avec étiage au mois d'avril). La pluviométrie moyenne annuelle varie de 600 à 1400 mm selon les années et les secteurs tandis que la température moyenne annuelle varie de 22 à 28 °C. Le choix de cette zone est justifié par la forte activité de la production céréalière, la forte émergence de la riziculture pluviale notamment à Nassarao et à Boklé (**figure 1**) et la forte présence des acteurs de la filière des intrants agricoles.

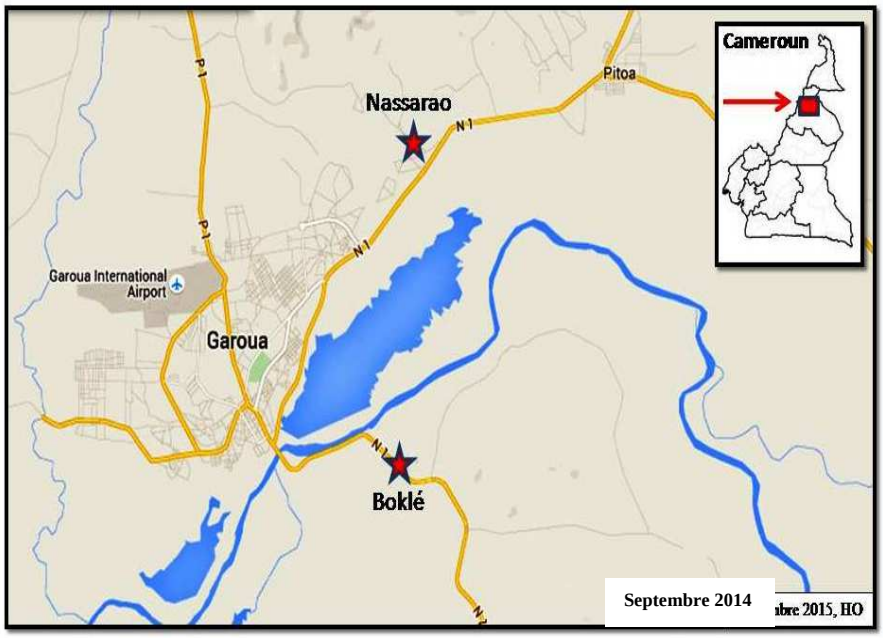


Figure 1 : Zones d'étude

2.2 METHODES

Le travail s'est effectué en trois phases incluant (i) une synthèse documentaire (ii) une collecte des données primaires et (iii) le traitement des données et l'analyse des résultats.

2.2.1 SYNTHÈSE DOCUMENTAIRE ET DIAGNOSTIC EXPLORATOIRE

De mi-juin à mi-juillet 2014 (un mois), des entretiens ont eu lieu avec les structures d'encadrement des producteurs (IRAD et MINADER) d'une part et avec les commerçants d'intrants agricoles (n = 7) d'autre part dont l'un est un fournisseur de l'IRAD et les autres choisis au hasard. Lesdits entretiens ont pour finalité de recenser et de mettre à jour les pratiques en vigueur avec un fort regard sur les intrants (engrais et pesticides) en cours d'utilisation. Les grandes lignes de ces entretiens concernent les types d'engrais et pesticides destinés à la culture du riz.

2.2.2 DIAGNOSTIC APPROFONDI AUPRÈS DES PRODUCTEURS DES PÉRIMÈTRES RIZICOLES

Un questionnaire est administré pendant deux mois (mi-juillet à fin septembre 2014) aux producteurs (n = 33) riziculteurs choisis au hasard dans les localités de Boklé/Sanguéré et Nassarao deux périmètres opposés ; un rizicole de bas-fonds (Nassarao) et l'autre (Boklé/Sanguéré) pour lequel il y a émergence de la riziculture de plateau. Le projet C2D riz y conduit des activités. Le questionnaire porte sur les rubriques majeures présentées sur le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : principales rubriques du questionnaire

Rubriques	Items
Identification des producteurs	Sexe Age Ancienneté dans la culture
Techniques culturales	Cultures pratiquées Superficies cultivées
Usage d'engrais chimique	Doses appliquées
Usage de la fumure organique	Oui ou Non
Usage des pesticides (herbicides et insecticides)	Marques, doses appliquées
Gestion des emballages (engrais, pesticides)	Devenir des emballages

2.2.3 LA COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

Le dépouillement des fiches d'enquête a été réalisé après codification des fiches et saisie à l'aide d'un tableur (Microsoft Excel, 2014). L'analyse des données de l'enquête s'est effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 2007. La détermination des matières actives des pesticides a été réalisée à l'aide de la liste des produits phytosanitaires homologués au Cameroun, consultée à la délégation régionale du MINADER. La détermination des doses recommandées par pulvérisateur (deux types d'appareils, l'appareil à disque rotatif à bas volume de bouillie équivalent à 20 litres d'eau et un appareil à pression entretenu d'un volume de 15 litres d'eau) a été faite grâce à la lecture sur les étiquettes d'emballage des produits phytosanitaires. Les doses de pesticides utilisées par pulvérisateur sont estimées sur la base des unités de mesure (boîte de conserve, capsules des bouteilles etc..), et ramenées en millilitres pour des formulations liquides.

3 RESULTATS

3.1 INVENTAIRE DES ENGRAIS ET PESTICIDES COMMERCIALISES POUR LA PRODUCTION DU RIZ DANS LA VILLE DE GAROUA

Les engrais et les pesticides sont les produits très utilisés dans l'agriculture pour amender les sols en ce qui concerne les engrais et lutter contre les adventices et ravageurs pour ce qui est des pesticides. Leurs mise à jour est d'une importance tant pour la recherche que pour les producteurs.

3.1.1 INVENTAIRE DES ENGRAIS COMMERCIALISES POUR LA CULTURE DU RIZ

Un seul type d'engrais chimiques communément appelé « engrais maïs/riz » est commercialisé pour la production du riz dans la ville de Garoua : il s'agit du **N.P.K + MgO: 14.24.14 + 3,5** avec 14 unité de potassium et 24 unité de phosphore pour respectivement la formation et la maturité des graines (potassium) ; le fonctionnement physiologique des racines et l'alimentation en éléments minéraux de la plante (phosphore). Cet engrais est également fortifié en magnésie (MgO) qui facilite l'assimilation des éléments de base (N, P et K). De l'urée est également commercialisé afin d'enrichir le sol en azote. Il n'existe donc pas un engrais spécifique pour la production du riz dans la ville de Garoua, au Nord-Cameroun.

3.1.2 INVENTAIRE DES PESTICIDES COMMERCIALISES POUR LA PROTECTION DE LA CULTURE DU RIZ

Une diversité des pesticides et des matières actives communes (tableau 2) sont commercialisées pour la protection de la culture du riz dans la ville de Garoua.

Tableau 2: Pesticides commercialisés pour la protection de la culture du riz

Herbicides totaux	[1]m.a des Herbicides totaux	Herbicides sélectifs	m.a des Herbicides sélectifs	Insecticides	m.a des insecticides
1.Roundup biosec 680	Glyphosate [a] 680g/kg	**1**.TOPSTAR	Oxadiazon [a]	**1**.CYPERCAL 12	Cyperméthrine [b] 12g/L
2.Glyphader 750	Glyphosate [a] 750g/L	**2**.RIZSTAR		**2**.CYPERCAL 50	Cyperméthrine [b] 50g/L
3.Supermarkett 888	Glyphosate [a] 888g/kg	**3**.RONSTAR			
4.Glyphalm 720	Glyphosate [a] 720g/kg	**4.**REALSATR			
5.Kalach 700	Glyphosate [a] 700g/kg				
6.Herbistar 800	Glyphosate [a] 800g/kg				
7.Commandeur 680	Glyphosate [a] 680g/kg				
8.Glycot 41%	Glyphosate [a] 41g/L				
9.Quiclair 360	Glyphosate [a] 360g/kg				
10.Glyphader 360	Glyphosate [a] 360g/kg				

m.a : matières actives ; les matières actives avec les exposants (a) sont de classes toxicologiques de type III, celles avec les exposants (b) sont de classes toxicologiques de type II.

[1] *Les matières actives ont été obtenues suite à la consultation de la liste des pesticides homologués au Cameroun à la délégation régionale du ministère de l'agriculture et du développement rural.*

Le nom commercial du pesticide n'est pas fonction de la matière active qu'il contient, mais dépend fortement du fabriquant. Ainsi, plusieurs pesticides vendus sous des noms commerciaux différents contiennent la même matière active. A cet effet, dix herbicides totaux sont commercialisés sous divers noms pour lutter contre l'enherbement du champ rizicole avec la même matière active le glyphosate dont la concentration varie d'un produit à un autre. Cette matière active, le glyphosate est de classe III, dont peu dangereux pour l'homme et l'environnement. Il en est de même des herbicides sélectifs dont quatre sont commercialisés pour la lutte contre les adventices avec la même matière active l'Oxadiazon qui est de classe II et dont assez dangereux pour l'homme et l'environnement. Quant aux insecticides, deux produits sont commercialisés avec la même matière active, la Cyperméthrine de classe II dont assez dangereux pour l'homme et l'environnement. La diversité des noms commerciaux des pesticides conduirait à l'oppression de l'environnement de la part des utilisateurs.

3.2 PRATIQUES FERTILISANTES ET PHYTOSANITAIRES DES PRODUCTEURS DES PERIMETRES RIZICOLES

Les producteurs des périmètres rizicoles se distinguent les uns des autres notamment sur les caractéristiques socio-démographiques, les techniques culturales et les pratiques fertilisantes et phytosanitaires.

3.2.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES PRODUCTEURS

Les caractéristiques socio-démographiques des producteurs (tableau 3) sont ainsi qu'il suit :

Tableau 3 : Caractéristiques socio-démographiques des producteurs

Paramètres		Producteurs (%)
Sexe	Homme	67,26
	Femme	32,74
Ages (années)	< 30	17,56
	30-40	37,69
	40-50	11,54
	> 50	33,21
Expérience (années)	(-5)	13,45
	(5-10)	36,43
	(+ 10)	50,12
Niveau d'étude	NS	45,27
	P	28,12
	Second	26,61
Fiche technique	Oui	4,54
	Non	95,46

NS : Non scolarisé ; P : Primaire ; Second : Secondaire.

Les producteurs sont en majorité (67,26%) les hommes. Ils sont pour la plupart un âge compris entre 30-40 ans (37,69%) et supérieur à 50 ans (33,21%). La moitié d'entre eux (50,12%) possède plus de dix ans d'expérience en agriculture. La plupart d'entre eux (45,27%) est non scolarisée. La majorité (95,46%) n'a pas connaissance des fiches techniques pour la culture du riz.

3.2.2 REPARTITION DES SUPERFICIES CULTIVEES PAR LES RIZICULTEURS

La répartition des superficies cultivées par les riziculteurs (figure 2) est ainsi qu'il suit :

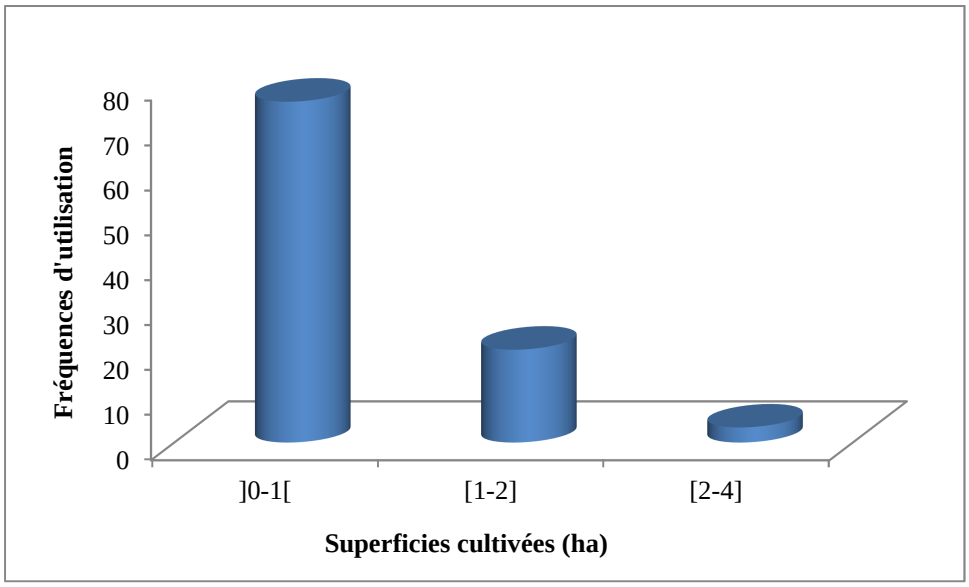


Figure 2 : répartition des superficies cultivées en fonction des fréquences d'apparition

Les superficies exploitées par les riziculteurs varient entre moins 1ha et 4ha. Toutefois, la majorité des producteurs de riz (75,92%) exploite des superficies de moins d'un hectare.

3.2.3 UTILISATION DES INTRANTS AGRICOLES (ENGRAIS ET PESTICIDES)

L'utilisation des intrants agricoles (engrais chimiques, pesticides et fumure organique) par les riziculteurs sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Utilisation des engrais chimiques, organiques et pesticides par les riziculteurs

Utilisation	Réponses	Producteurs (%)
Engrais chimiques	Oui	51,34
	Non	48,66
Pesticides	Herbicides	44,61
	Insecticides	35,20
	N'utilise pas	20,19
Fumure organique	Oui	54,61
	Non	45,39
Appareil de traitement	Oui	100

L'utilisation de l'engrais chimique par les producteurs rizicoles n'est pas très accentuée : 51,34% utilisent contre 48,66% qui n'utilisent pas. Il en est de même du type d'engrais utilisé. En effet, la totalité des riziculteurs affirment utiliser l'engrais NPK sans connaître la composition. En ce qui concerne les pesticides, la majorité d'entre eux utilise : 44,61% pour les herbicides et 35,20% pour les insecticides. Tous les producteurs effectuent le traitement avec un appareil de traitement. Par ailleurs, plus de la moitié des riziculteurs (54,61%) utilise la fumure organique contre 45,39% qui n'utilise pas. En effet, cette utilisation se justifierait par la proximité des champs rizicoles des enclos dans lesquels les producteurs ont facilement accès à la matière organique. Cette situation traduit la complémentarité entre l'agriculture et l'élevage.

3.2.4 RELATION ENTRE LA DOSE D'ENGRAIS ET LE RENDEMENT EN PADDY OBTENU

Indépendamment des variétés de riz, la relation entre les doses d'engrais chimiques utilisées par les riziculteurs (tableau 5) ainsi que les rendements en paddy obtenus sont ainsi qu'il suit :

Tableau 5 : Relation entre les doses d'engrais chimiques et le rendement en paddy

Doses d'engrais (sacs) à l'hectare*	Producteurs (%)	Rendements en paddy (tonnes)
0	17,4	[1-2]
1	26,12	[1-2]
2	45,37	[2-3]
3	11,11	[3-4]

(*) : Nombre de sacs : 1 sac équivaut à 50 kg d'engrais

Les producteurs du riz utilisent quatre doses d'engrais (sacs). La dose majoritairement utilisée (45,37%) est de deux (2) sacs d'engrais à l'hectare, soit 100 kg pour un rendement de 2 à 3 tonnes alors que la tendance montre que le rendement augmente avec la dose d'engrais. En effet, le rendement le plus élevé (3 à 4 tonnes) est obtenu avec la forte dose (3 sacs), soit 150 kg d'engrais chimique à l'hectare.

3.2.5 LES TYPES DES PESTICIDES UTILISES PAR LES RIZICULTEURS

Les herbicides et les insecticides sont les principaux pesticides utilisés par les riziculteurs pour la lutte contre les adventices et les ravageurs. Les types des pesticides (tableau 6) et les différentes doses appliquées (tableau 7) sont les suivants :

Tableau 6 : Les types des pesticides utilisés par les riziculteurs

Pesticides	Noms commerciaux	Formulation	Utilisations (%)	Matières actives et concentration dans le produit	Familles chimiques	Classes toxicologiques
Herbicides	Roundup Biosec 680	Granulé	48,48	Glyphosate 680 g/kg	Organophosphorés	III
	Glyphader 750 SG	Granulé	26,03	Glyphosate 750 g/L	Organophosphorés	III
	Agrazine 90 DF	Granulé	16,36	Atrazine 900 g/kg	Triazines	III
Insecticides	Momtaz 45 TS	Granulé	65,71	Imidaclopride 250g/kg + Thirame 200g/kg	Néonicotinoïdes + Carbamates	II
	Cypercal 12 EC	Liquide	34,29	Cyperméthrine 200 g/L	Pyréthrinoîdes	II

SG : Granule soluble dans l'eau, DF : Boites fumigène, TS : Comprimé soluble dans l'eau, EC : Concentré émulsionnable, II : Assez dangereux III : Peu dangereux.

Trois (3) types d'herbicides sont utilisés par les riziculteurs tous des herbicides totaux, de formulation poudreuse. Le Roundup Biosec 680 avec pour Glyphosate comme matière active est l'herbicide le plus utilisé (48,48%). Les produits utilisés sont peu dangereux pour l'homme et l'environnement du point de vue toxicologique. Il est à noter qu'aucun herbicide sélectif n'est utilisé par les producteurs. Quant aux insecticides, deux (2) produits sont utilisés par les riziculteurs : le Momtaz 45 TS de formulation poudreuse largement utilisé (65,71%) et le Cypercal 12 EC de formulation liquide. Toutefois, les deux produits sont assez dangereux pour l'homme et l'environnement.

S'agissant des doses appliquées par les producteurs, les résultats sont donnés par le tableau 7.

Tableau 7 : Les doses des pesticides appliquées par les riziculteurs

Pesticides	Noms des produits	*Doses utilisées (%)				Doses prescrites sur l'étiquette**
		1 sachet	2 sachets	120 ml	160 ml	
Herbicides	Roundup Biosec 680	72,36	27,64			1 ou 2 sachets/5L d'eau/quart
	Glyphader 750 SG	87,79	12,21			1 ou 2 sachets/5L d'eau/quart
	Agrazine 90 DF	78,23	21,77			1 ou 2 sachets/5L d'eau/quart
Insecticides	Momtaz 45 TS	87,27	12,73			1 sachet/5kg de semence
	Cypercal 12 EC			86,87	13,13	120ml-160ml/16L/quart

SG : Granule soluble dans l'eau ; DF : Boites fumigène ; TS : Comprimé soluble dans l'eau ; EC : Concentré émulsionnable ; (*) : Doses pour un quart d'hectare ; (**) : Doses recommandées pour les pulvérisateurs de 5L et de 16L.

Deux (2) doses d'herbicides sont appliquées : 1 et 2 sachets avec une forte prédominance de la dose d'un sachet pour les trois produits. Cette tendance laisserait croire que ces produits sont efficaces à faible dose. Quelques producteurs appliquent la dose de deux sachets, mais la prescription donnée par le fournisseur est respectée. En ce qui concerne les insecticides, quatre (4) doses d'insecticides sont appliquées : 1 et 2 sachets pour la formulation solide, 120 ml et 160 ml pour la formulation liquide. La dose prescrite est majoritairement respectée. Toutefois quelques producteurs (12,73%) pratiquent la surdose du Momtaz 45 TS.

3.2.6 LES MODES DE GESTION DES EMBALLAGES DES PRODUITS UTILISES

Quatre modes de gestion des emballages sont observés chez les producteurs des périmètres rizicoles (tableau 8).

Tableau 8 : Mode de gestion des emballages usagés

Modes de gestion	Rejet	Incinération	Réutilisation	Enfouissement
Proportions des producteurs (%)	53,58	10,34	8,65	27,43

Le rejet, l'incinération, la réutilisation et l'enfouissement constituent les quatre modes de gestion des emballages des intrants agricoles (engrais et pesticides). Le rejet des emballages des pesticides (53,58%) est le mode le plus répandu. Quelques producteurs (27,43%) pratiquent l'enfouissement tandis que 10,34% incinère et 8,65% réutilise. Le rejet et l'enfouissement principaux modes de gestion contribueraient à la baisse des fertilités des sols suite à l'accumulation. La réutilisation conduirait à un risque d'intoxication.

4 DISCUSSION

L'emploi des pesticides permet de réduire les pertes dues aux ravageurs pendant la production et de stabiliser les rendements. Néanmoins leur mauvais emploi est cause de nuisances tant pour la santé humaine que pour l'environnement (FAO, 1998). Les engrais contribuent pour 55 à 57% de l'augmentation des rendements moyens par hectare et 30 à 31% de l'augmentation totale de la production (FAO, 2000). L'inventaire des intrants agricoles a permis de ressortir l'inexistence d'un engrais chimique adapté à la production du riz. Ce résultat corrobore avec le diagnostic effectué par les chercheurs de l'IRAD (enquêtes IRAD, 2012). Par ailleurs, dix herbicides totaux, quatre herbicides sélectifs et deux insecticides sont commercialisés pour la culture du riz, soit au total seize produits pour cette culture. Cette diversification des produits avait été observée par Sougnabé et *al*. (2010) dans la zone des savanes d'Afrique Centrale où 70 pesticides en usage sur le coton et le maraichage avaient été recensés. Quant aux pratiques fertilisantes, la dose d'engrais majoritairement utilisée est de 100 kg à l'hectare soit deux sacs d'engrais. Ce résultat montre que les producteurs utilisent des doses inférieures à celles recommandées par la recherche. En effet, la recherche recommande l'utilisation de 200 kg de NPK lors du premier épandage et de 100 kg d'Urée lors du second ; soit 300 kg de fertilisant par hectare. Cette faible utilisation d'engrais se justifierait par le coût de production : un sac d'engrais coûte 25000 CFA auquel est ajouté l'Urée qui coûte 23500 FCFA. Quant à l'utilisation des pesticides, les doses employées respectent la prescription des fabricants. Quant à la gestion des emballages, les résultats obtenus sont contraires aux travaux de Sougnabé et *al*. (2010) effectués dans la zone des savanes d'Afrique Centrale. En effet, le rejet des emballages des pesticides est le mode de gestion le plus répandu (53,58%) alors que Sougnabé et *al*. (2010)

ont montré que les emballages vides sont le plus souvent réutilisés pour l'approvisionnement en eau de boisson et de cuisine ou pour garder de l'huile. Ce mode de gestion se justifie par le fait que les pesticides utilisés sont le plus souvent conditionnés dans les sachets et non dans les bouteilles. Dans le cas de cette étude le taux de réutilisation est de 8,65% contre 27,43% pour l'enfouissement et 10,34% pour l'incinération.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le diagnostic sur les intrants agricoles (engrais et pesticides) commerciaux et les usages en riziculture dans la Bénoué, au Nord-Cameroun met en évidence l'existence d'un seul type d'engrais commun aux cultures du riz et du maïs étiqueté « engrais maïs/riz » et dont l'inexistence d'un type d'engrais adapté à la culture du riz. A cet effet, le projet C2D riz tente de remédier à ce problème. Par ailleurs cette étude fait ressortir une diversité d'herbicides totaux (dix), sélectifs (quatre) et d'insecticides (deux) avec respectivement la même matière active sont commercialisés pour la production du riz.

Bien plus, il ressort des utilisations des intrants que plus de la moitié des riziculteurs utilise l'engrais chimique (51,34%), la fumure organique (54,61%) et les pesticides (79,81%) sur des surfaces rizicoles de moins d'un hectare dont cultive la majorité d'entre eux (75,92%).

S'agissant des doses d'engrais chimiques, La dose majoritairement utilisée (45,37%) est de deux (2) sacs d'engrais à l'hectare, soit 100 kg pour un rendement de 2 à 3 tonnes alors que la tendance montre que le rendement augmenterait avec la dose d'engrais puisque le rendement le plus élevé (3 à 4 tonnes) est obtenu avec la forte dose (3 sacs), soit 150 kg d'engrais. En termes des usages et des doses des pesticides, il ressort que les riziculteurs utilisent trois types d'herbicides avec une préférence pour le Roundup Biosec 680 et un insecticide, le Cypercal 12 EC dont les doses respectent celles recommandées par les fabricants.

Ce travail ne permet cependant pas de quantifier la contribution de la production locale en riz par rapport aux importations dans l'approvisionnement de la ville ; aussi l'impact environnemental de l'utilisation des pesticides et de leurs effets sur la santé humaine. Quelques pistes pourraient être suivies par la recherche afin de remédier aux problèmes décelés. Il s'agit entre autre : le diagnostic de la production et de la commercialisation du riz local afin de ressortir les goulots d'étranglement; l'étude sur l'utilisation de la fumure organique pour compenser les quantités des engrais chimiques au vue de leur coût élevé et une étude sur les méthodes biologiques de lutte telles que l'usage des plantes répulsives des insectes et les plantes de couverture afin de limiter l'impact des pesticides sur l'environnement.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet C2D/Riz initié et piloté par les chercheurs de l'IRAD à qui nous remercions. Les remerciements vont également à l'endroit des acteurs rencontrés (commerçants, producteurs, structures d'encadrement).

REFERENCES

[1] ASCHERIO A., CHEN H., WEISSKOPF M. G., O'REILLY E., McCULLOUGH M. L.,
[2] CALLE E. E., SCHWARSCHILD M. A., THUN M. J.2006. Pesticide exposure and risk for Parkinson's disease. *Ann. Neurol.* 60: 197-203.
[3] BALDI I., MOHAMMED-BRAHIM B., BRACHARD P., DARTIDUES J.F., SALAMON R. 1998. Effets retardés des pesticides sur la santé : état des connaissances épidémiologiques. *Rev. Epidemiol. Santé Publique* 46: 134-42.
[4] CAVET R., BARRIUSO C., BENOIT P.-P., COQUET P. 2005. Les pesticides dans le sol:
[5] Conséquences agronomiques et environnementales. Editions France Agricole. PP. 21-64; 481-501.
[6] CONSO F., DE CORMIS L., CUGIER J.-P., BOURNEB F., DELEMOTTE B., GINGOMARD M.-A., GRILLET J.-P., PAIRON J.C. 2002. Toxicologie : impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine. In *Pesticides et protection phytosanitaires dans une agriculture en mouvement*, ACTA, Ed., Ministère de l'écologie et du développement durable, Paris. PP. 659-698.
[7] FAO/WHO, 1988. Codex Alimentarius: limites maximales Codex pour les résidus de pesticides. Rome, FAO éd., vol. 13.
[8] FAO, 2000. Stratégies en matière d'engrais. Quatrième édition, Editions F.A.O, I.F.A. (Paris, France), 84 P.
[9] FAO, 2007. Banque de données sur la statistique rizicoles en Afrique de l'Ouest, 94 pages.
[10] IRAD 2008. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun. 82 p.

[11] KROLL R. 1994. Les cultures maraîchères. Editions Maisonneuve et Larousse-ACCT, Paris. PP 32-67.
[12] MULTIGNER L. 2005. Effets retardés des pesticides sur la santé humaine. *Environnement, Risques, Santé* 4 : 187-194.
[13] PNUD 2006. Rapport sur la pauvreté rurale au Cameroun.
[14] PROJET C2D-RIZ / IRAD, 2013. Augmentation de la productivité du riz et dissémination des semences améliorées, 21 pages.
[15] SOUAPIBE PABAME SOUGNABE, ABEL YANDIA, JOSEPH ACHELEKE, THIERRY BREVAULT, MAURICE VAIS-SAYRE. Pratiques phytosanitaires paysannes dans les savanes d'Afrique centrale. L.SEINY-BOUKAR, P. BOUMARD. Savanes africaines en développement : innover pour durer, Apr 2009, Garoua, Cameroon. Cirad, 13 p., 2010. <cirad-00471372v2>

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 36-49
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les légumineuses arborescentes dans les systèmes de production des zones sèches de Côte d'Ivoire

[Arborescent leguminous plants in the production systems of dry zones in Côte d'Ivoire]

N'GUESSAN Kanga Anatole[1], VOUI BI Bianuvrin Noël Boué[2], AKEDRIN Tetchi Nicaise[3], and TAPE Bi Foua Alphonse[4]

[1]Centre National de Recherche Agronomique, Programme Forêt et Environnement ;
10 BP 1665 Abidjan 10, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire de Botanique, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

[4]Centre de Gestion d'Anguédédou, Société de Développement des Forêts,
01 BP 3770 Abidjan 01, Cote 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: To palliate the problems of energy and service woods shortage and decrease of soils fertility, studies are taken up in forest transition zone of Côte d'Ivoire on 20 species of dry zones arborescent leguminous. Two important objectives were defined. It is to first, identify leguminous adapted to dry areas of Côte d'Ivoire; then set pulses management technics for their use in reforestation. To do this, plants from nurseries were planted and monitored by periodic inventories. The survival, the adaptability, the vigor and the volume of wood leguminous species were evaluated. A coppice was made after coppicing trees at 30 cm from the ground at the beginning of the rainy season. Seven years after planting, 18 species have survived. *Leucaena leucocephala*, *Leucaena shannonii*, *Albizia guachepele* and *Enterolobium cyclocarpum* present high potentialities for reafforestation with a plantation strike root rate superior to 65 p. c., a middle diameter between 9.7 and 16.3 cm and woods productivity superior to 10 $m^3.ha^{-1}.year^{-1}$. Cubage equations have been established for 11 arborescent leguminous species to estimate the production of wood in the transition zone. The wood technical exploitability ages of species plants are situated between 4 and 7 years. Some species react favorably to the treatment of coppicing.

KEYWORDS: dry zones arborescent leguminous plants, energy and service woods, cubage equations, organic enrichment, forest transition zone, Côte d'Ivoire.

RESUME: Pour pallier les problèmes de pénurie de bois énergie et service et la baisse de fertilité des sols, des études sont menées en zone préforestière de Côte d'Ivoire sur une vingtaine de légumineuses arborescentes de zones sèches. Deux objectifs ont été définis. Il s'agit d'abord d'identifier des légumineuses adaptées aux zones sèches de Côte d'Ivoire ; ensuite de définir des techniques de gestion des légumineuses pour leur utilisation en reboisement. Pour ce faire, des plants issus de pépinières ont été mis en terre et suivis par des inventaires périodiques. La survie, l'adaptabilité, la vigueur ainsi que le volume de bois des espèces de légumineuses ont été évalués. Un traitement en taillis a été réalisé après recepage des arbres à 30 cm du sol au début de la saison des pluies. Après 7 ans de plantation, 18 espèces ont survécu. *Leucaena* sp., *Albizia guachepele* et *Enterolobium cyclocarpum* présentent de bonnes potentialités de reboisement avec un taux de reprise à la plantation supérieur à 65%, un diamètre moyen compris entre 9,7 et 16,3 cm et une productivité de bois supérieure à 10

$m^3.ha^{-1}.an^{-1}$. Des tarifs de cubage ont été établis pour 11 espèces afin d'estimer la production de bois. Les âges d'exploitabilité technique des bois des espèces se situent entre 4 et 7 ans. Certaines espèces réagissent favorablement au traitement en taillis.

MOTS-CLEFS: Légumineuses arborescentes de zones sèches, bois énergie et de service, tarifs de cubage, enrichissement organique, zone préforestière, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Afrique tropicale et particulièrement en Côte d'Ivoire, l'augmentation de la population conjuguée à la sédentarisation et aux changements climatiques a entrainé une forte occupation des terres, une augmentation des surfaces cultivées et un raccourcissement de la durée des jachères [1]. Ce phénomène influence négativement la capacité des sols à produire la biomasse nécessaire au besoin de l'homme en produits végétaux [2]. Face à l'ampleur du phénomène, les légumineuses arborescentes semblent particulièrement indiquées comme alternative en raison de leurs énormes potentialités : amélioration de la structure du sol, amélioration des caractéristiques chimiques des sols, plasticité, croissance rapide et forte production de la biomasse ligneuse [3].

Ainsi, l'introduction de l'arbre en milieu rural par les plantations d'espèces à usages multiples, constitue aujourd'hui, une alternative intéressante et fondamentale pour résoudre les problèmes croissants de déforestation, pénurie de bois énergie et de service et de baisse de la fertilité des sols tropicaux. Ces solutions doivent tenir compte d'une approche globale dans un contexte villageois et périurbain [4]. En Côte d'Ivoire, des investigations sont menées depuis plus d'une vingtaine d'années sur les légumineuses arborescentes de zones humides et sèches. L'objectif général est de rechercher des composantes forestières performantes, diversifiées et spécifiques aux différentes zones écologiques du pays. De façon spécifique, il s'agit : (i) identifier des légumineuses arborescentes adaptées aux zones sèches de la Côte d'Ivoire selon des critères d'adaptabilité, croissance rapide forte productivité de bois ; (ii) définir des techniques de gestion pour leurs utilisations en reboisements ; (iii) restaurer la fertilité des sols agricoles et forestiers.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

L'étude a été réalisée sur la station de recherche de la Sangoué située en zone préforestière de la Côte d'Ivoire. Elle forêt est localisée entre 6°22 et 6°20 de latitude Nord et 5°22 et 5°37 de longitude Ouest (Fig. 1). Le climat est de type sub-équatorial bimodal à 4 saisons : 2 saisons de pluie (Mars-Juin et Septembre-Novembre) et 2 saisons sèches (Décembre-Février et Juillet-Août). C'est une zone de transition entre le secteur forestier et les savanes comportant des forêts claires et sèches. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1215 mm [5], [6]. La température moyenne annuelle atteint 25°C. Les sols sont ferralitiques, faiblement à moyennement désaturés pour la plupart avec des horizons superficiels peu épais mais riche en matières organiques [7].

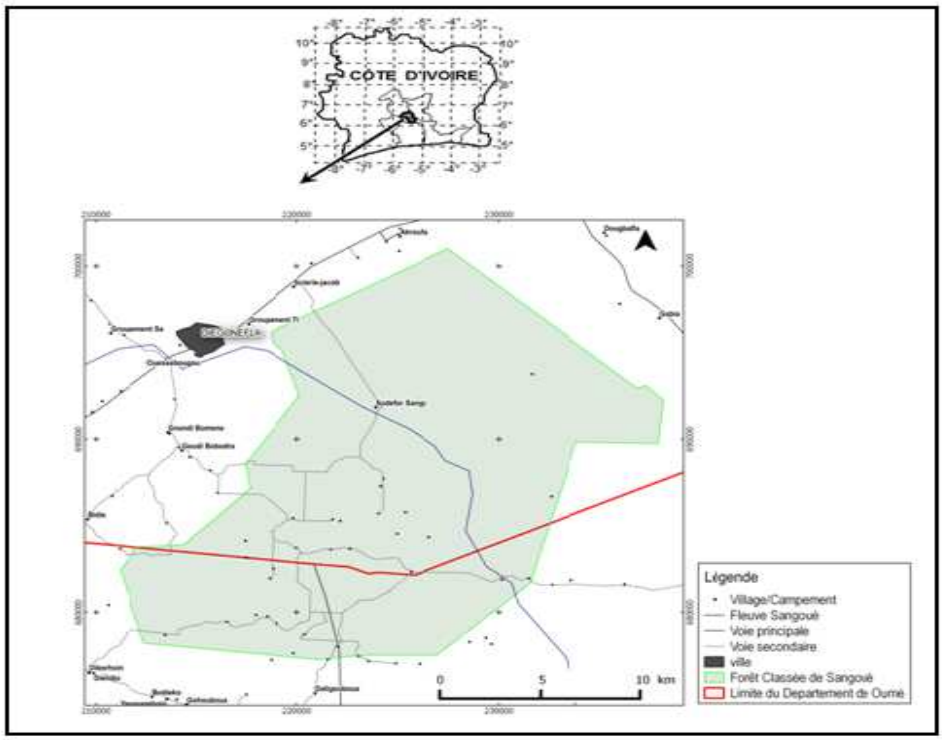


Fig. 1 : Carte de la Côte d'Ivoire montrant la zone d'étude (Source : Centre de Cartographie et de Télédétection Université Félix Houphouët-Boigny, 2013)

2.2 MATERIEL VEGETAL D'ETUDE

L'étude a été réalisée sur 18 espèces de Légumineuses arborescentes de zones sèches des genres *Acacia*, *Albizia*, *Leucaena* et *Caesalpinia* et de 7 autres genres représentés chacun par une espèce. Ces espèces sont originaires de l'Amérique centrale et les peuplements âgés de 7 ans. Les caractéristiques botaniques et les aires d'origine sont présentées dans le tableau 1 [8], [9], [10].

Tableau 1. Caractéristiques botaniques et aires d'origine des légumineuses arborescentes de zones sèches étudiées

Espèces de Légumineuses de zones sèches	Familles	Pays d'origine	Pluviométrie (mm)
Acacia deamii	Mimosaceae	Guatemala	624
Acacia farnesiana	Mimosaceae	Guatemala	624
Acacia pennatula	Mimosaceae	Honduras	633
Albizia caribaea	Mimosaceae	Honduras	1119
Albizia guachepele	Mimosaceae	Guatemala	624
Ateleia herbert smithii	Mimosaceae	Nicaragua	922
Caesalpinia coriaria	Caesalpiniaceae	Nicaragua	II84
Caesalpinia eriostachys	Caesalpiniaceae	Honduras	1119
Caesalpinia velutina	Caesalpiniaceae	Guatemala	526
Enterolobium cyclocarpum	Mimosaceae	Honduras	915
Gliricidia sepium	Fabaceae	Nicaragua	922
Haematoxylon brasiletto	Caesalpiniaceae	Guatemala	526
Leucaena diversifolia	Mimosaceae	Guatemala	724
Leucaena leucocephala	Mimosaceae	Honduras	750
Leucaena shannonii	Mimosaceae	Honduras	1020
Myrospermum frutescens	Fabaceae	Nicaragua	900
Pithecellobium dulce	Mimosaceae	Nicaragua	1184
Senna atomaria	Caesalpiniaceae	Honduras	1020

2.3 METHODES D'ETUDE

Le dispositif d'étude mis en place est en bloc complet. Trois blocs ont été utilisés. Chaque espèce est représentée une fois par bloc (soit 3 répétitions par espèce). Les légumineuses ont été plantées à écartement de 2 m x 2 m (2500 tiges.ha^{-1}). La parcelle unitaire mesurant 10 m x 10 m (100 m^2) comporte 36 plants (6 x 6 plants) sur une superficie élémentaire de 0,0144 ha.

2.3.1 ETUDE DE SURVIE ET D'ADAPTABILITE DES ESPECES

L'étude de la survie de l'espèce est réalisée par des inventaires semestriels et annuels des plants dans les différents peuplements. L'évaluation du nombre de plants vivants est faite par un comptage direct ou à travers les mesures de circonférence (ou diamètre) au collet ou à 1,30 m du sol. La circonférence des arbres est mesurée à l'aide d'un ruban dendrométrique placé à 1,30 m du sol dans un plan perpendiculaire à l'axe de la tige principale. Les paramètres retenus sont les taux de survivants et la mortalité des plants.

$$\textbf{Taux de survie}\ (\%) = \mathbf{100}\left[\frac{\textbf{Nombre}\ (\textbf{Arbres Vivants})}{\textbf{N}(\textbf{Densité initiale})}\right] \qquad (\mathbf{1})$$

$$\textbf{Taux de mortalité}\ (\%) = \mathbf{100}\left[\frac{\textbf{Nombre}(\textbf{Arbres Morts})}{\textbf{N}(\textbf{Densité initiale})}\right] \qquad (\mathbf{2})$$

2.3.2 ETUDE DE CROISSANCE ET ELABORATION DE TARIFS DE CUBAGE

L'étude de la croissance consiste en des mesures périodiques semestrielles, annuelles et bisannuelles (en fonction de l'âge du peuplement) de la circonférence ou du diamètre à 1,30 m du sol et de la hauteur totale des arbres. Elles permettent de calculer les densités, diamètres, hauteurs totales et accroissements moyens des peuplements et des espèces. Le diamètre a été déduit de la circonférence métrique à 1,30 m du sol. La circonférence de faire une stratification des arbres d'un peuplement selon leur grosseur : gros, moyen, petit. La hauteur a été mesurée à l'aide du Blum-leiss [11]. La connaissance de la hauteur et du diamètre permet de déterminer les différents accroissements d'un peuplement [12].

L'estimation du volume des peuplements a été réalisée à partir de relations ou tarifs de cubage. Ce sont des équations (ou formules) issues d'analyses statistiques de régression qui permettent de calculer le volume d'un arbre abattu (variable dépendante) et d'estimer celui d'une zone donnée en fonction du diamètre à 1,30 m du sol et de la hauteur. Les échantillons varient entre 30 à 50 arbres par placeau et par espèce. Le principe de la collecte des données est d'évaluer la longueur de la souche et de repérer le premier billon d'un mètre sur l'arbre. A partir de cette longueur, les mesures de circonférence sont réalisées par la méthode de découpage fictif de l'arbre en billons successifs d'un mètre depuis la souche jusqu'à la découpe finale de 10 cm. Les espèces de diamètres et hauteurs totales supérieurs successivement à 4 cm et 5 m ont été retenues. Le diamètre moyen des arbres est compris entre 3,2 et 16,7 cm et la hauteur entre 5,8 et 13,9 m.

Les équations de régression à une ou plusieurs entrées utilisées pour l'estimation de la productivité de bois prennent en compte la circonférence ou diamètre, hauteur et la surface terrière. La surface terrière correspond à la somme des surfaces des sections à 1,30 m au-dessus du sol de tous les arbres inventoriés. La difficulté de disposer d'un tarif de cubage de chaque essence a conduit les aménagistes à utiliser le coefficient de forme proposé par [13]. Une méthode conciliant les exigences écologiques (aspect non destructif du cubage des arbres sur pied) et la mise à disposition d'outils adéquats d'estimation du volume des arbres sur pied est proposée. Il ressort que la meilleure équation de cubage du volume du fût est de la forme $V = a + bD^2H$ quelle que soit l'essence [14]. Mais par souci de faciliter leur application, des tarifs à une entrée avec pour variable le diamètre ont été retenus [15]. Ils sont de la forme :

$$\mathbf{V = a + bD^2} \qquad (\mathbf{3})$$

Avec V-volume (m^3), D-diamètre (m), a et b-coefficients numériques des tarifs de cubage (Tableau 2).

Une étude de l'âge d'exploitabilité technique a été réalisée. L'objectif est de déterminer pour chaque espèce, à partir des accroissements moyens et courants annuels, la période d'accroissement maximum des arbres qui donne la production maximale de biomasse ligneuse [15], [16]. L'âge d'exploitabilité technique est déterminé graphiquement à partir de

l'intersection des courbes d'accroissements moyen et courant de chaque légumineuse arborescente. Il correspond à la période où les deux accroissements ont la même valeur.

2.3.3 ETUDE DE TRAITEMENT EN TAILLIS

L'étude de traitement en taillis permet de déterminer la capacité à rejeter de souche des espèces sur la base de la survie des souches et la production de bois et de créer un état boisé régulier sans activités de replantation. Le recépage des plants a été réalisé en début de la saison des pluies (mai) et à une hauteur d'environ 30 cm du sol. Les mesures ont débuté deux mois après le recépage afin que les rejets soient plus structurés et visibles pour les mesures. Le choix de la période de coupe est guidé par les acquis d'études de recépage effectuées sur *Acacia auriculaeformis* en zones forestière et préforestière [17], [18] et sur *Tectona grandis* en zone semi-décidue [19]. Les observations réalisées par le comptage de souches et rejets vivants et par les mesures de la hauteur totale moyenne ont été effectuées à chaque 15 jours. Les paramètres retenus sont le taux de survie de souches, la quantité de rejets produits par souche et leur évolution (taux de mortalité de souches et rejets) pour chaque espèce.

3 RESULTATS

3.1 TAUX DE SURVIE DES ESPECES ET ADAPTABILITE

Après 7 ans de plantation, les taux de survie des espèces, varient en général entre 62 et 100 %. (Tableau 2). Ils sont compris entre 62 et 75 %. pour *Enterolobium cyclocarpum*, *Haematoxylon brasiletto*, *Leucaena diversifolia* et *Myrospermum frutescens*. Chez l'*Acacia deamii*, *Ateleia herbert smithii*, *Caesalpinia* sp. (deux espèces), *Albizia guachepele* et le *Leucaena leucocephala*, les valeurs sont supérieures à 95 %. Pour les autres espèces, les valeurs des taux de survie sont intermédiaires et compris entre 75 et 95 %.

Tableau 2. Vigueur des légumineuses arborescentes des zones sèches

Espèces	Taux de survie des espèces (%)	Paramètres de vigueur	
		Diamètres moyens (cm)	Hauteurs totales moyennes (m)
Acacia deamii	97	10,0	10,6
Acacia farnesiana	83	7,2	8,7
Acacia pennatula	83	11,4	9,9
Albizia caribaea	86	11,6	10,6
Albizia guachepele	100	16,7	15,3
Ateleia herbert smithii	97	8,2	10,5
Caesalpinia coriaria	97	7,3	7
Caesalpinia eriostachys	97	7,6	9,2
Caesalpinia velutina	86	10,1	10,6
Enterolobium cyclocarpum	69	20,5	13,2
Gliricidia sepium	86	8,9	9,6
Haematoxylon brasiletto	62	7,8	7
Leucaena diversifolia	63	7,9	5,8
Leucaena leucocephala	97	13,6	13,9
Leucaena shannonii	86	12,2	12,1
Myrospermum frutescens	75	7,5	7,6
Pithecellobium dulce	80	10,8	10,6
Senna atomaria	94	8,6	9,4

3.2 CROISSANCE EN DIAMETRE, VOLUME ET EN HAUTEUR

Les résultats après 7 ans de plantation mettent en évidence une variabilité importante de vigueur (circonférence à 1.30 m, hauteur totale) résumée dans le tableau 3 et la figure 2. On enregistre des diamètres moyens supérieurs à 12 cm chez *Albizia guachepele*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Leucaena leucocephala* et *Leucaena shannonii*. Ces 4 dernières espèces ont des hauteurs totales moyennes variant de 12,1 à 15,3 m. Chez *Albizia caribaea*, *Caesalpinia velutina* et *Pithecellobium dulce,* les diamètres moyens varient de 10 à 11,6 cm et les hauteurs totales moyennes atteignent 10,6 m. Les autres espèces ont

des valeurs intermédiaires de diamètres moyens oscillant entre 7 et 10 cm et de hauteurs totales moyennes pouvant dépasser 5,8 m.

Les courbes de l'évolution de la croissance des 19 espèces de légumineuse arborescentes en fonction du temps sont présentées au niveau des figures 2, 3 et 4. On enregistre une croissance initiale sur le diamètre à 3 ans de 2 à 3 cm.an^{-1} chez l'*Acacia pennatula*, *Albizia guachepele*, *Enterolobium cyclocarpum* et le *Leucaena* l*eucocephala*. Cette croissance baisse rapidement dès l'âge de 4 ans et à 8 ans, les accroissements moyens annuels sur le diamètre atteignent 1 à 2 cm.an^{-1} avec un diamètre d'exploitabilité qui varie entre 10 et 18 cm (Figure 2). A 3 ans, les croissances initiales sur le diamètre de *Myrospermum frutescens* et *Albizia caribaea* sont comprises entre 0,23 et 0,26 cm.an^{-1}. Mais à 8 ans, *Albizia caribaea* atteint un accroissement sur le diamètre de plus de 1 cm.an^{-1}. Chez *Caesalpinia coriaria*, *Haematoxylon brasiletto* et *Myrospermum frutescens,* les accroissements sur le diamètre varient entre 0,5 et 0,7 cm.an^{-1} à 8 ans (Fig. 2, 3 et 4).

Tableau 3. Productivité de bois chez les légumineuses arborescentes des zones sèches après 8 ans

Espèces	Densité de peuplement initial (tiges.ha^{-1})	Densité de peuplement final (tiges.ha^{-1})	Paramètres de vigueur		Productivité en volume de bois (m^3.ha^{-1}.an^{-1})
			Diamètres moyens (cm)	Hauteurs totales moyennes (m)	
Acacia deamii	2500	2639	10,0	10,6	-
Acacia farnesiana	2500	3698	7,2	8,7	8,3
Acacia pennatula	2500	2847	11,4	9,9	-
Albizia caribaea	2500	2066	11,6	10,6	14,7
Albizia guachepele	2500	2569	16,7	15,3	27,3
Ateleia herbert smithii	2500	4149	8,2	10,5	16,2
Caesalpinia coriaria	2500	2274	7,3	7	-
Caesalpinia eriostachys	2500	2639	7,6	9,2	10,3
Caesalpinia velutina	2500	2523	10,1	10,6	15,5
Enterolobium cyclocarpum	2500	2986	20,5	13,2	-
Gliricidia sepium	2500	2986	8,9	9,6	13,0
Haematoxylon brasiletto	2500	2037	7,8	7	-
Leucaena diversifolia	2500	2525	7,9	5,8	-
Leucaena leucocephala	2500	2882	13,6	13,9	28,0
Leucaena shannonii	2500	2870	12,2	12,1	19,5
Myrospermum frutescens	2500	1701	7,5	7,6	-
Pithecellobium dulce	2500	2604	10,8	10,6	14,8
Senna atomaria	2500	3384	8,6	9,4	11,6

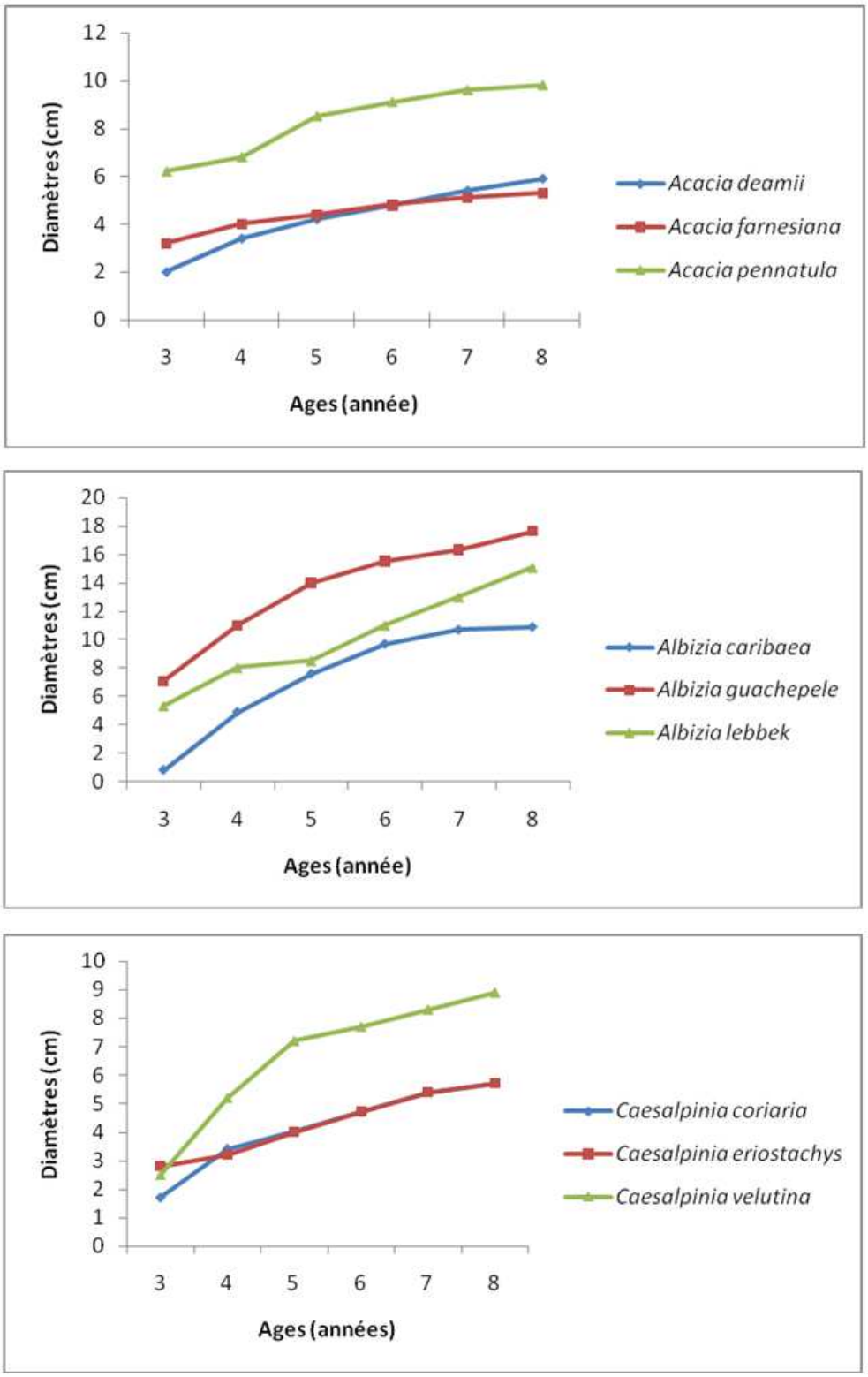


Fig. 2. Evolution des diamètres moyens des légumineuses arborescentes des zones sèches à base de : A-Acacia, B-Albizias et C-Ceasalpinia

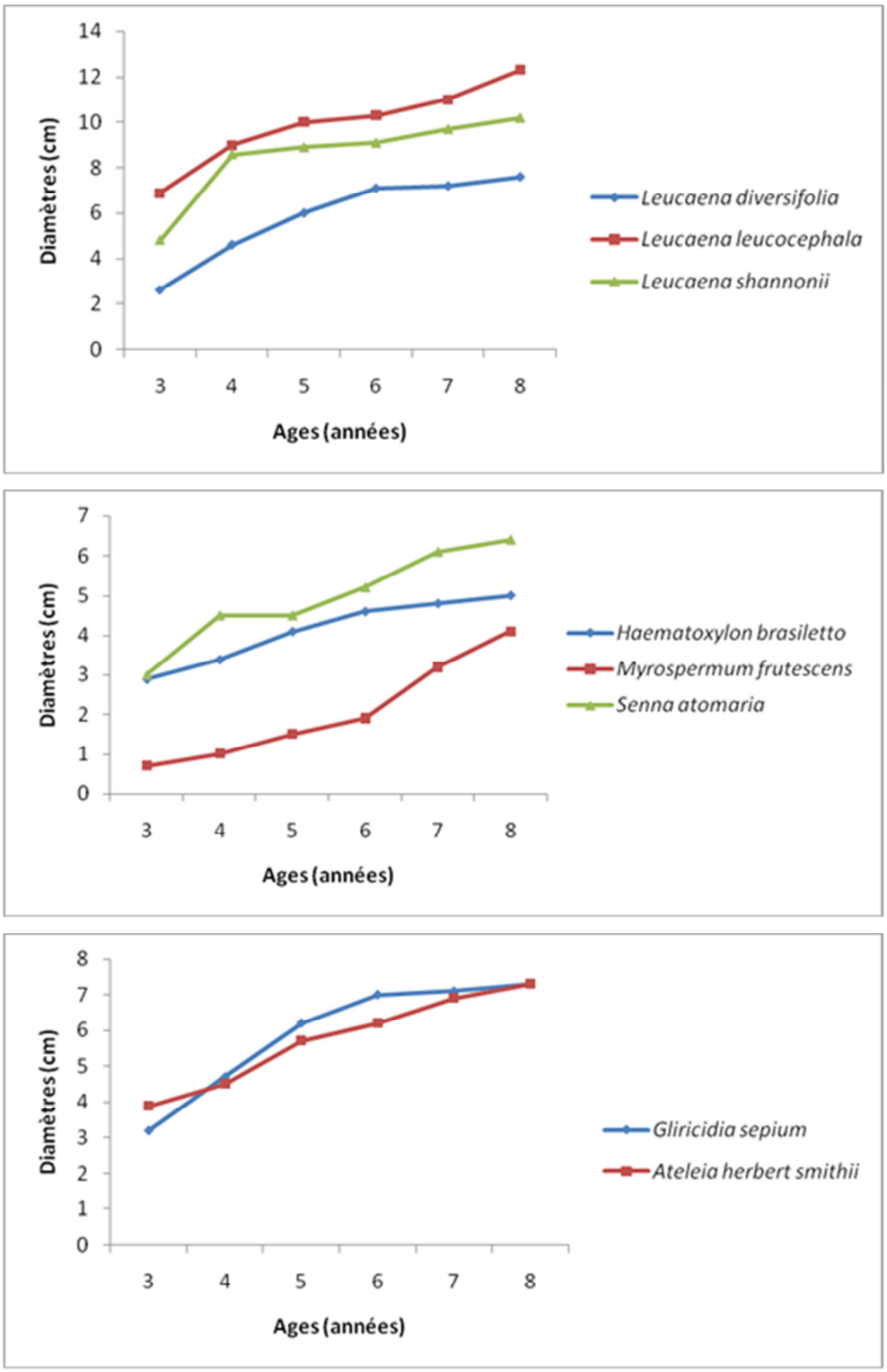


Fig. 3. Evolution des diamètres moyens des légumineuses arborescentes des zones sèches à base de : D-Leuceanas et E, F-Autres espèces

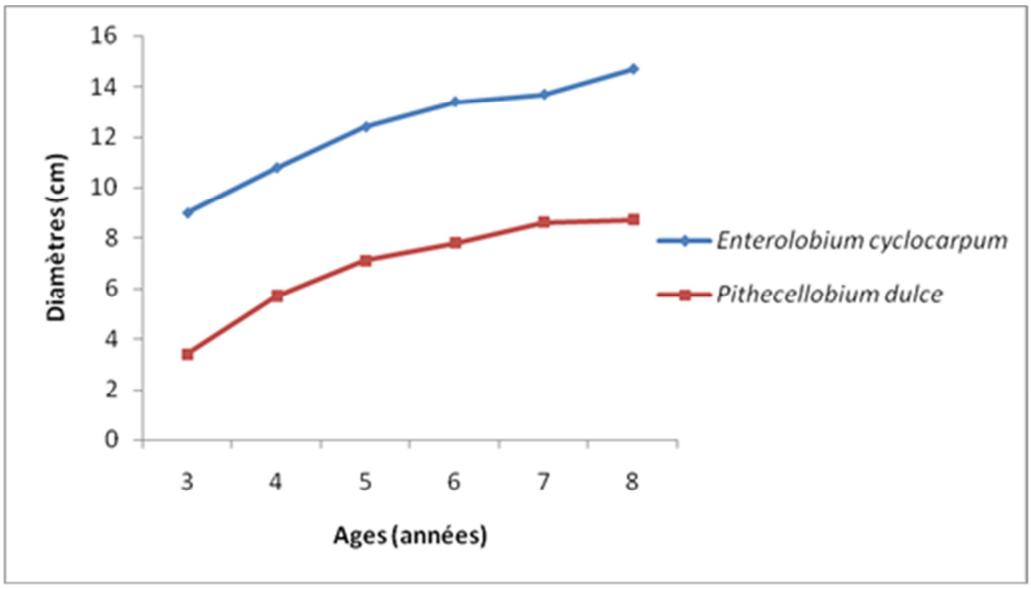


Fig. 4. Evolution des diamètres moyens des légumineuses arborescentes des zones sèches à base de : Enterolobium cyclocarpum et Pithecellobium dulce

3.3 PRODUCTIVITE DE BOIS

Suivant la densité des peuplements, la productivité en volume de bois est présentée dans le tableau 3. Le nombre de tiges dans les peuplements de légumineuses varie d'une espèce à une autre. A l'exception de *Acacia caribaea*, *Caesalpinia coriaria*, *Haematoxylon brasiletto*, et *Myrospermum frutescens*, toutes les espèces produisent des tiges multiples. L'espèce *Ateleia herbert smithii* produit le plus grand nombre de tiges (4149 tiges.ha^{-1}). En revanche, chez *Myrospermum frutescens*, la densité de peuplement reste la plus faible (1701 tiges.ha^{-1}). Chez les Légumineuses, à 7 ans, pour des densités moyennes de 2000 à 4150 tiges.ha^{-1}, on enregistre des productivités atteignant plus de 14 m^3.ha^{-1}.an^{-1} chez *Albizia caribaea*, *Albizia guachepele*, *Ateleia herbert smithii*, *Caesalpinia velutina*, *Leucanea leucocephala, Leucaena shannonii et Pithcellobium dulce*. Ces espèces atteignent un diamètre moyen d'exploitabilité variant de 10,1 à 16,7 cm et une hauteur totale moyenne oscillant entre 10,6 et 15,3 m. Chez *Acacia farnesiana*, *Caesalpinia eriostachachys, gliricidia sepium* et *Senna atomaria,* on obtient des productivités de 8 à 13 m^3.ha^{-1}.an^{-1} avec un diamètre moyen d'exploitabilité variant entre 7,2 et 9 cm et une hauteur totale moyenne comprise entre 8,7 et 9,6 m.

3.4 AGE D'EXPLOITABILITE TECHNIQUE DU BOIS

L'âge d'exploitabilité technique des légumineuses arborescentes est évalué pour 11 espèces. Pour ce faire, les courbes de l'évolution des accroissements moyen et courant sont établies graphiquement sur une période de 8 ans. Les premières lectures sont faites à partir de 3 ans (Fig. 5, 6 et 7). A l'exception de *Leuceana shannonii*, les accroissements augmentent avec l'âge du peuplement, puis cumulent avant de décroitre. Pour chaque espèce de légumineuse, le maximum de l'accroissement courant (Ac) se situe au-dessus de l'accroissement moyen (Am). Ce maximum se situe au point d'inflexion des courbes d'accroissement. Celui des accroissements moyens a lieu lorsque les 2 courbes se croisent. Parmi les 11 espèces de légumineuses, *Albizia guachepele* présente les maxima d'accroissement les plus élevés. Son maximum d'accroissement moyen est de 27,21 m^3.ha^{-1}.an^{-1} tandis que sa valeur courante atteint 56,92 m^3.ha^{-1}.an^{-1}. L'espèce *Acacia farnesiana* présente les accroissements maxima les plus faibles. L'accroissement maximum moyen vaut 3 m^3.ha^{-1}.an^{-1} alors que le courant est évalué à 5,88 m^3.ha^{-1}.an^{-1}.

Les âges d'exploitation techniques des bois des légumineuses arborescentes obtenus par projection des accroissements moyen et courant donnent des valeurs de 7 ans pour *Senna atomaria*, 6 ans pour les espèces comme *Caesalpinia eriostachys*, *Albizia caribaea, Acacia farnesiana,* et *Ateleia herbert smithii.* Les autres espèces ont des valeurs intermédiaires oscillant entre 4 et 5 ans.

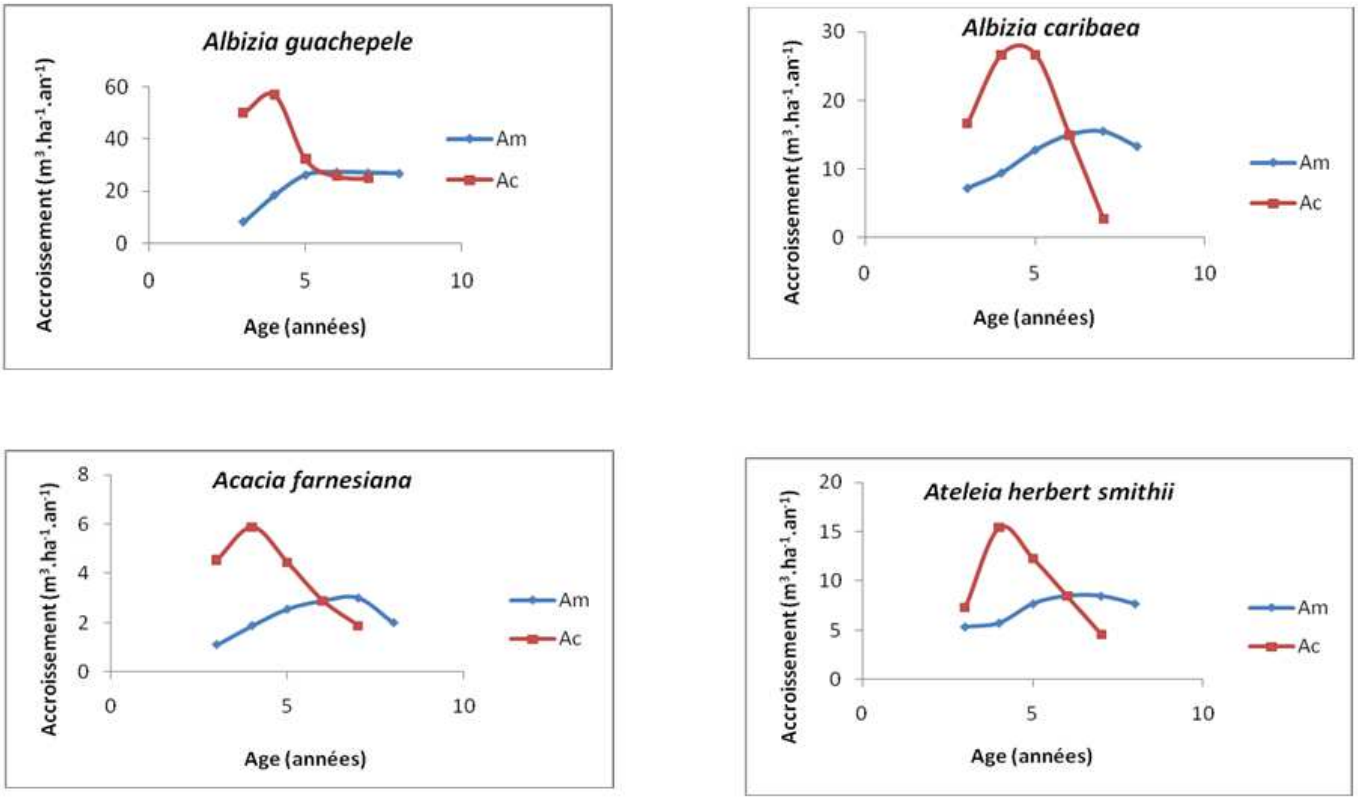


Fig. 5. ***Accroissements moyens et courants et âges d'exploitabilité techniques de quatre légumineuses arborescentes des zones sèches, Albizia guachepele, Albizia caribaea, Acacia farnesiana, Ateleia herbert smithii***

Avec Am-Accroissement moyen et Ac-Accroissement courant

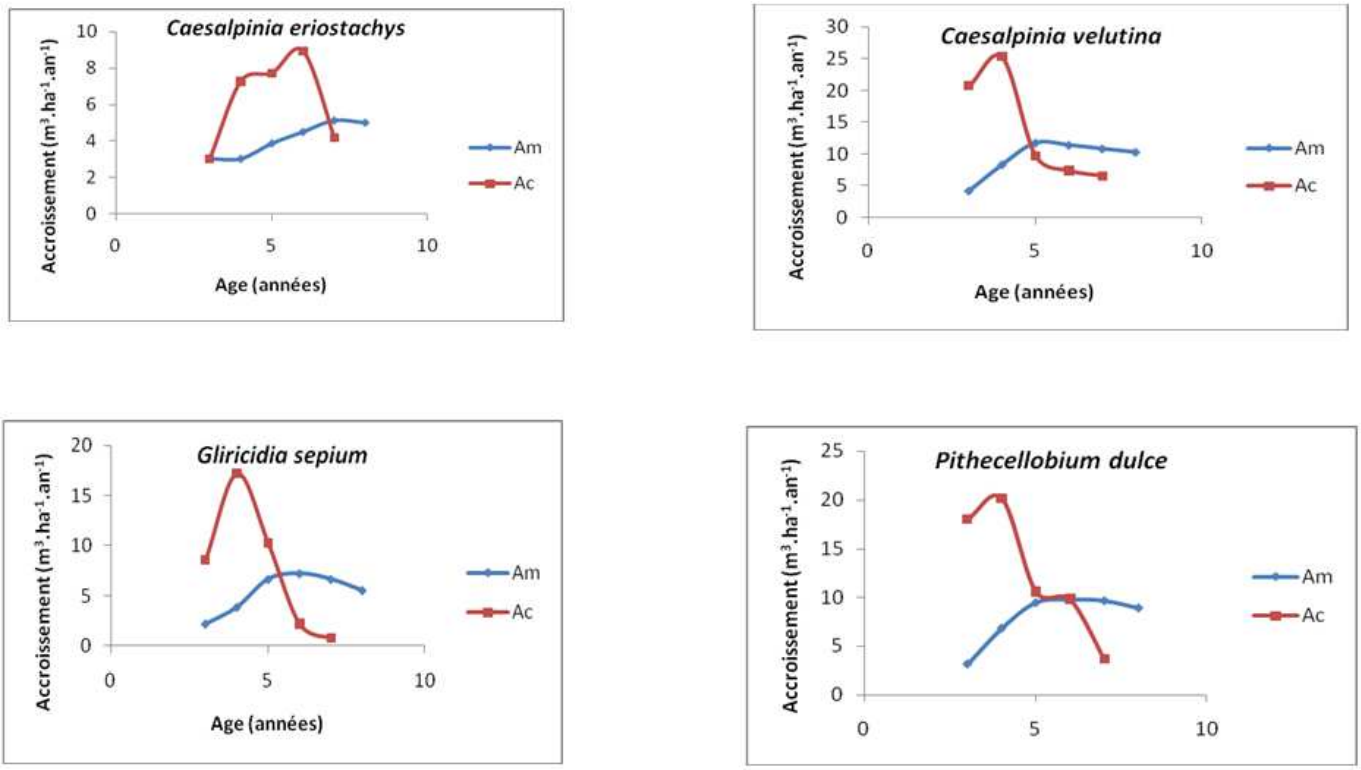


Fig. 6. Accroissements moyens et courants et âges d'exploitabilité techniques de quatre légumineuses arborescentes des zones sèches, Caesalpinia eriostachys, Caesalpinia velutina, Gliricidia sepium, Pithecellobium dulce

Avec Am-Accroissement moyen et Ac-Accroissement courant

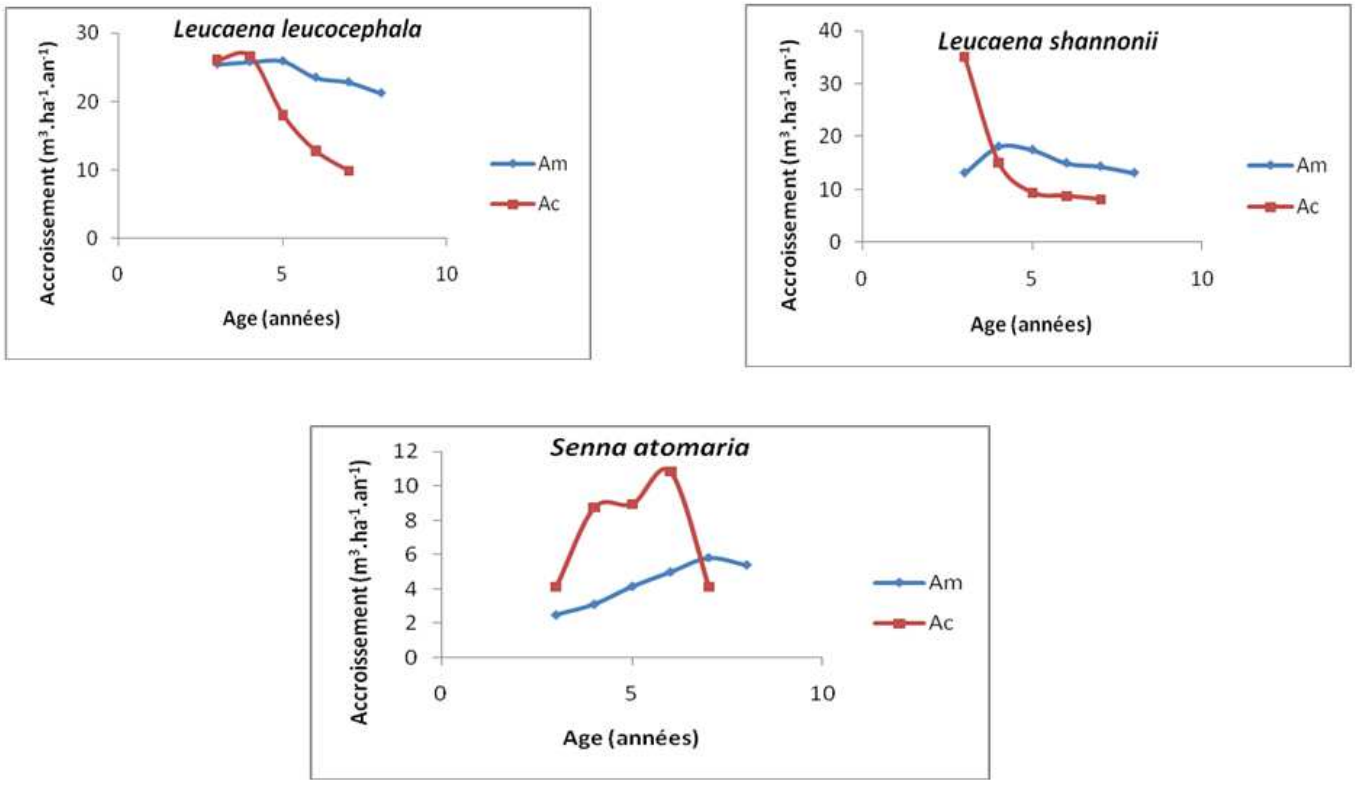


Fig. 7. Accroissements moyens et courants et âges d'exploitabilité techniques de quatre légumineuses arborescentes des zones sèches, Leucaena leucocephala, Leucaena shannonii, Senna atomaria

Avec Am-Accroissement moyen et Ac-Accroissement courant

3.5 TARIF DE CUBAGE DES LEGUMINEUSES

Des tarifs de cubage avec des limites de validité ont été établis pour 11 espèces après 7 années de croissance. Le traitement des données a permis d'établir des relations de cubage utilisées pour l'estimation des volumes des légumineuses arborescentes (Tableau 4). Les accroissements sur le volume sont des valeurs moyennes des individus de différents peuplements. Pour les Légumineuses, les densités réelles (densités des peuplements pendant les études) varient entre 2000 et 4150 tiges.ha^{-1}. Les phénomènes de tiges multiples sont plus marqués chez *Acacia farnesiana, Senna atomaria*, *Caesalpinia eriostachys* et *Ateleia herbert smithii* avec des densités moyennes comprises entre 3000 et 4000 tiges.ha^{-1}. Ces densités varient de 2500 à 3000 tiges.ha^{-1} chez *Leucaena leucocephala*, *Leucaena shannonii*, *Enterolobium cyclocupum* et *Gliricidia sepium*.

3.6 TRAITEMENT EN TAILLIS

Après un an de coupe, les résultats de l'évolution du taux de survie des souches et du nombre de rejets produits sont consignés dans le Tableau 5. Ces taux présentent une faible variabilité entre les espèces. A l'exception de *Acacia pennatula*, *Caesalpinia velutina* et *Haematoxylon brasiletto*, on enregistre un taux de survie des souches supérieur à 85 % après recepage. Chez L'espèce *Haematoxylon brasiletto*, on observe une mortalité totale des souches. Un an après le recepage des légumineuses arborescentes, la quantité de rejets produit varie de 0 à 47. Les productions maximales de rejets (supérieures à 20 rejets/souche) sont enregistrés chez *Caesalpinia coriaria*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana*, *Senna atomaria* et *Caesalpinia eriostachys* et les minimales chez *Albizia caribaea* (inférieures à 20 rejets/souche).

Tableau 4. Tarifs de cubage de onze légumineuses arborescentes de zones sèches à sept ans

Espèces de Légumineuses de zones sèches étudiées	Equations de régression	Diamètres moyens (cm)	Limites de validité du diamètre	Accroissements moyens sur le volume ($m^3.ha^{-1}.an^{-1}$)
Acacia farnsesiana	$V = - 0,0027 + 3,7729D^2$ $r = 0.89$	7,2	3-11 cm	8,3
Albizia caribaea	$V = - 0,0093 + 2,9878D^2$ $r = 0,94$	11,6	4-23 cm	14,6
Albizia guachepele	$V= 0,0093 + 2,8411D^2$ $r = 0,93$	16,7	9-25 cm	27,3
Ateleia herbert smithii	$V= 0,0001 + 2,8957D^2$ $r = 0,89$	8,2	4-13 cm	12,6
Caesalpinia eriostachys	$V= 0,0002 + 3,0997D^2$ $r = 0,86$	7,6	5-11 cm	10,3
Caesalpinia velutina	$V= 0,0026 + 3,9877D^2$ $r = 0,94$	10,1	5-15 cm	15,5
Gliricidia sepium	$V = - 0,0005 + 3,9273D^2$ $r = 0,89$	8,9	5-13 cm	13,0
Leucaena leuocephala	$V= 0,0175 + 2,7360D^2$ $r = 0,91$	13,6	8-24 cm	28,0
Leucaen shannonii	$V = 0,0084 + 2,6364D^2$ $r = 0,86$	12,2	5-22 cm	19,5
Pithecellobium dulce	$V = 0,0002 + 3,4333D^2$ $r = 0,97$	10,8	5-19 cm	14,8
Senna atomaria	$V = 0,0002 + 3,2096D^2$ $r = 0,90$	8,6	5-13 cm	11,6

Tableau 5. Taux de souches vivantes (p.c.) et quantité de rejets produits par souche des légumineuses arborescentes de zones sèches un an après recepage

Espèces	Densité de peuplement (tiges.ha^{-1})	Taux de survie des souches (p.c.)	Nombre de rejets produits par souche
Acacia deamii	2639	100	39
Acacia farnesiana	3698	100	40
Acacia pennatula	2847	45	26
Albizia caribaea	2066	100	4
Albizia guachepele	2569	100	20
Ateleia herbert smithii	4149	100	20
Caesalpinia coriaria	2274	100	47
Caesalpinia eriostachys	2639	100	41
Caesalpinia velutina	2523	31	20
Enterolobium cyclocarpum	2986	100	20
Gliricidia sepium	2986	100	20
Haematoxylon brasiletto	2037	0	0
Leucaena diversifolia	2525	85	38
Leucaena leucocephala	2882	100	45
Leucaena shannonii	2870	100	20
Myrospermum frutescens	1701	90	20
Pithecellobium dulce	2604	100	20
Senna atomaria	3384	94	36

4 DISCUSSION

Le dispositif comporte actuellement environ dix-huit espèces sur une vingtaine initialement plantée. La baisse du nombre d'espèces est fonction de l'adaptabilité (mortalité naturelle) et de la sélection à la plantation (critère d'envahissement). Ces résultats confirment l'élimination de *Mimosa tenuiflora* pour son caractère envahissant, 3 ans après la mise en place du dispositif par [9]. La majorité des espèces légumineuses plantées s'accommodent mieux des zones sèches tropicales. Chez certaines espèces comme *Acacia deamii*, *Ateleia herbert smithii*, *Caesalpinia* sp., *Albizia guachepele* et *Leucaena leucocephala*, le taux de survie est très élevé et atteint des valeurs supérieures à 95 %. Des conclusions similaires rapportées par [20] notent à cet effet que les légumineuses s'accommodent généralement des substrats difficiles en concourant efficacement à la restauration de la fertilité des sols.

Les résultats des études confirment aussi la grande variabilité de comportement des légumineuses arborescentes de zones sèches observée dans les études de [10] en termes de croissance et production de bois. La croissance est plus forte chez *Leucaena leucocephala*, *Albizia guachepele* et *Enterolobium cyclocarpum* avec des accroissements moyens variant entre 2 et 2,5 cm.an^{-1} sur le diamètre et entre 2 et 2,2 m.an^{-1} sur la hauteur. Ces croissances sont notables comparées à celles obtenues par [3] sur les Acacias australiens en basse Côte d'Ivoire (2,5 et 3 cm.an^{-1} sur le diamètre et entre 2,7 et 3 m.an^{-1} sur la hauteur à 8 ans). Les plus faibles croissances sont enregistrées chez *Myrospermum frutescens*, *Haematoxylon brasiletto* et *Caesalpinia coriaria* avec des accroissements sur le diamètre compris entre 0,5 et 0,7 cm.an^{-1} et sur la hauteur d'environ 1 m.an^{-1}. Certaines de ces espèces à faibles croissances, du fait du port épineux et de la capacité de fertilisation, trouvent leur importance en production fourragère, bois de petit diamètre, engrais vert et en haie vive. Ce sont les cas de *Haematoxylon brasiletto* pour la haie vive, *Gliricidia sepium* comme fertilisant du sol et production de fourrage avec *Acacia farnesiana*. Les maxima d'accroissement moyen en volume (supérieur à 15 m^3.ha^{-1}.an^{-1}) sont enregistrés entre 6 et 7 ans chez *Albizia guachepele*, *Leucaena leucocephala* et *Albizia caribaea* et les plus faibles entre 4 à 6 m^3.ha^{-1}.an^{-1} chez *Caesalpinia velutina* et *Senna atomaria* pour la même période.

On note par ailleurs, la présence de tiges multiples (supérieures à 2500 tiges.ha^{-1}) dans la plupart des peuplements exceptées *Acacia caribaea*, *Caesalpinia coriaria*, *Haematoxylon brasiletto*, et *Myrospermum frutescens.* Cela est due d'une part, au réveil des bourgeons proventifs et adventifs exposés à la lumière et d'autre part à la régénération naturelle issue de la germination des graines tombées au sol.

Les âges d'exploitabilité technique des bois des légumineuses arborescentes de zones sèches étudiées sont compris entre 4 et 7 ans. Différer, ces derniers entraînent une perte de rendements en bois malgré l'existence du potentiel d'arbres sur pied. C'est le cas de *Gliricidia sepium* qui produit à 6 ans, 9,75 m^3.ha^{-1}.an^{-1} de bois contre 7,50 m^3.ha^{-1}.an^{-1} à 8 ans [21].

A l'exception de *Haematoxylon brasiletto*, *Acacia pennatula* et *Caesalpinia velutina*, les espèces réagissent positivement aux opérations de traitement en taillis. Les résultats du traitement en taillis sont encourageants en terme de survie de souches (94 à 100 %) et de nombre de rejets produits (4 à 47) comparés à ceux sur l'*Acacia mangium* et l'*Acacia auriculaeformis* en basse Côte d'Ivoire avec un taux de survie de souches variant entre 43 et 76 p.c. [22]. Certaines espèces légumineuses produisent un plus grand nombre de rejets (supérieures à 20 rejets/souche). C'est le cas chez *Caesalpinia coriaria*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia farnesiana*, *Senna atomaria* et *Caesalpinia eriostachys*. D'autres par contre comme *Albizia caribaea* en rejettent peu (4 rejets/souche). La période de recepage (saison des pluies), l'âge des peuplements régénérés (7 à 8 ans) ainsi que la hauteur coupe (30 cm du sol) sont autant de facteurs qui militent en faveur d'une bonne régénération [3], [23].

5 CONCLUSION

Plusieurs espèces (18) de légumineuses arborescentes de zones sèches sont adaptées et utilisables en reboisement aux conditions semi sèches de la zone préforestière de la Côte d'Ivoire. Ces espèces de légumineuses étudiées possèdent de bonnes croissance et productivité de bois dans les conditions écologiques de la zone préforestière de Côte d'Ivoire. Elles sont utilisables en reboisement en zones sèches en compléments des Acacias australiens testées positivement et en voie d'introduction dans les zones plus humides du pays. La capacité à rejeter de souche est importante chez la plupart des légumineuses testées, présageant ainsi d'une bonne gestion rationnelle des terres et forêts naturelles soumises aux pressions anthropiques. La période d'exploitation des bois de ces légumineuses arborescentes est préconisée entre 4 et 7 ans après plantation, en fonction des espèces. Outre l'importance d'ordre technique et économique, les résultats présentent trois intérêts majeurs pour la recherche et le développement :

- la diversification des espèces ligneuses à usages multiples et des sources de bois ;
- la contribution à l'orientation des choix d'espèces de reboisements en fonction des zones écologiques en Côte d'Ivoire ;

- la disponibilité de données d'inventaires pour l'établissement de modèles de production pour ces légumineuses arborescentes de zones sèches à usages multiples dont la Côte d'Ivoire en a besoin surtout dans ses régions sèches.

REFERENCES

[1] K. H. Kouassi, D. Traoré et G. M. Gnahoua, Dynamique des peuplements d'espèces locales de légumineuses arborescentes dans la reconstitution des friches post-culturales en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire : les cas de *Albizia adianthifolia* (Schumach.), A*lbizia zygia* (DC.) J. F. Macbr. *Agronomie* Africaine, Vol. 19 N° 2, pp. 125-135, 2007.

[2] B. V. Bado, *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanaise du Burkina Faso*, Ph. D., Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université de Laval, Québec (Canada), 2002.

[3] K. A. N'Guessan, *Les légumineuses arborescentes, une alternative intégrée pour la régénération des jachères. Le cas de la zone forestière en Côte d'Ivoire,* Thèse de Doctorat d'Etat Ès Sciences Naturelles, spécialité Agronomie, option Foresterie, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 2006.

[4] K. A. N'guessan, B. Dupuy, A. Assa et A. N'goran, Légumineuses arborescentes pour la gestion durable des terroirs agricoles en basse côte d'ivoire, *Agronomie Africaine*, Vol. 18, N° 3, pp. 267-283, 2006.

[5] Anonyme, *Le plan d'aménagement de la forêt classée de la Sangoué* (2001-2010). Rapport technique, Société de développement des forêts (SODEFOR), Centre de gestion de Gagnoa (Côte d'Ivoire), 57 p, 2001.

[6] K. H. C Koné, Etude écologique et phytosociologique des peuplements monospécifiques à haut rendement ligneux de Tectona grandis L. f. (Verbenaceae) : teck dans les forêts classées de la sangoué et de la Rasso, en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Universitee Félix Houphouët-Boigny, 2012.

[7] Y. Monnier, *Hydrologie, végétation, sols*. In : Jeune Afrique, Atlas de la Côte d'Ivoire, 2nd Ed., pp. 10-21, 1983.

[8] Anonyme, Leucaena*. Promising forage and tree crop for the tropic*, National Academy Press, 2nd Ed., 1984.

[9] P. Ballé et N. Ouattara, *Les essais internationaux des feuillues tropicaux de zones sèches*, Rapport scientifique, IDEFOR/DFO, Côte d'Ivoire, 1986.

[10] Y. Dommergues, E. Duhoux et G. Hoang, *Les arbres fixateurs (Caractéristiques fondamentales et rôles dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux*, Ed. CIRAD, CIRAD/FAO/IRD, 1999.

[11] J. Pardré et J. Bouchon, *Dendrométrie,* Ecole Nationale de Génie Rural des eaux et Forêts, Nancy (France), 2nd Ed., 1988.

[12] G. M. Gnahoua, K. A. N'guessan et P. Ballé, Les jachères de légumineuses arborescentes : sources potentielles de bois énergie et de service en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 81, pp. 7290-7297, 2014.

[13] H. C., Dawkins, Estimating total volume of some Caribbean trees, *Caribbean Forestry*, Vol. 22, 3rd and 4th Ed., pp. 62- 63, 1961.

[14] H. N. Fonton, C. C. Yabi, Z. J. Dah-Dovonon, D. K. F. Adoko et T. Otchamou, Modélisation du volume du fût d'arbre pour une gestion durable des écosystèmes forestiers soudaniens, *Bois et Forêts des Tropiques,* Vol. 300, N°2, pp. 95-100, 2009.

[15] B. Dupuy et A. N'guessan, Sylviculture de *l'Acacia mangium* en basse Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 225, pp 24-32, 1990.

[16] K. A N'guessan, *Productivités d'espèces légumineuses à usages multiples originaires de zones sèches en Côte d'Ivoire*. Rapport scientifique IDEFOR/DFO Côte d'Ivoire, 1995.

[17] K. A. N'guessan, *Contribution à l'étude de méthode de régénération des jachères en basse Côte d'Ivoire : le cas de l'Acacia mangium*, Thèse de Doctorat-Ingénieur, Université nationale de Côte d'Ivoire, 1991a.

[18] K. A N'guessan, *Etude sur le recépage de l'Acacia auriculaeformis en zone de forêt dense*, Rapport scientifique, IDEFOR-DFO, Abidjan, pp. 1-4, 1991b.

[19] B. N. B. Voui Bi, K. A. N'Guessan B. F. A. Tapé et K. Kamanzi, Résultats après un an de traitement en taillis de peuplement de *Tectona grandis* L. f (teck) en zone semi-décidue de Côte d'Ivoire, *Journal of Animal and plant Sciences*, Vol. 16 N° 2, pp. 2321-2335, 2012.

[20] D. Loubry, *Livret technique pour la conduite de la revégétalisation sur les surfaces minières alluvionnaires de Guyane*. Institut de Recherche pour le Développement, 1-52, 2002.

[21] K. A. N'guessan et A. N'goran, *Croissance et productivité des espèces à usages multiples originaires des zones sèches en Côte d'Ivoire.* Association Africaine de la Fixation de l'Azote. Actes de l'Atelier : Fixation de l'Azote en Afrique (processus au progrès), Cap (Afrique du Sud), pp. 174-178, 1998.

[22] B. Dupuy et A. N'guessan, *Etude sur le recépage de l'Acacia mangium*. Rapport Scientifique IDEFOR/DFO, Côte d'Ivoire, 4 p, 1989.

[23] S. Soro, K. A. N'guessan et D., Traoré 2009, Régénération des souches d'arbres de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth au nord de la Côte D'Ivoire, *International Journal of African Studies*, Vol. 2, pp. 4-13, 2009.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 50-57
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Relationship between physicochemical parameters of the sediments and the geological nature of the watershed of the dam Sidi Chahed (Morocco)

Ali Dehbi, Adil Lammini, Hind Omari, and Abdelaziz Abdallaoui

University Moulay Ismail, Faculty of Sciences, Analytical Chemistry and Environment Team, Bp 11201, Zitoune, Meknes, 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 this work, we present the results of study of physicochemical parameters of sediments from the retaining Sidi Chahed dam, and the use of GIS to achieve a relationship between the geological nature of the watershed and sediments of this retaining of dam from ASTER image. The physicochemical characterization of the sediments was make in order to determine the main factors that govern the exchanges of various forms of phosphorus at the water-sediment interface, and of determining the geological nature of the land crossed by the tributary waters feeding the dam retaining.
The results obtained showed that the average values of carbonates of calcium and pH, which are respectively 36% and 8.3, are more important. The comparison of the geological map and the hydrographic network map shows that the majority of grounds crossed by the tributary waters feeding retaining of dam are the marl and limestone of Miocene, which increases the percentage of calcium carbonate in the sediments of the retaining of dam and therefore favors the dominance of fraction of phosphorus $CaCO_3$ -P (76%) in sediments.

KEYWORDS: Phosphorus, Physicochemical parameters, Sediment, Retaining of dam, GIS.

1 INTRODUCTION

The phosphorus is the most important element to consider for the evaluation of the water quality of an aquatic environment. An increase in the concentration of phosphorus favors increase plant biomass and turbidity of water, which reduces transparency. The phosphorus is considered a key nutrient responsible for the eutrophication of water bodies [1], [2], [3]. The phosphorus inputs come from discharges agricultural and urban (anthropogenic), and by the lake itself (autochthonous) at from phosphorus reserves located in the sediment [4]. This internal load constitutes often an important source of phosphorus for the Overlying water [5], [6], [7]. The Urban inputs represent a major source of chemical pollution of aquatic environments. Several studies identify municipal discharges as important contributors to nutrients, at metals and at organic substances [8], [9].

Of this fact, the equilibriums in natural aquatic environments are not stable and there is always a dynamic more or less important depending on the own nature of the ecosystem considered. The Biogeochemical variations in an aquatic environment are related mainly to changes in hydrodynamic parameters and the anthropogenic activities punctual. In retaining of Sidi Chahed dam, the physico-chemical parameters are more important (pH, $CaCO_3$, salinity) and can vary noticeably at the seasonal scale [10]. In addition, due to a strong presence of marl and limestone, the contributions in dissolved phosphorus react with calcium carbonates under the influence of a basic pH (marl and limestone) to give a precipitate as a complex [11], [12], [13]. This complex present the fraction of phosphorus bound to calcium and present 76% of the total phosphorus of sediments of the retaining of Sidi Chahed dam [14]. It is affected by the nature of waters of the retaining by mixing between the freshwaters of Wadi Mikkès and the salt waters of the Wadi Malleh. This mixture begets the important physicochemical and biological variations (conductivity, pH, nutrients, $CaCO_3$, salinity) [15], [16], [17].

The purpose of this study is determining the origins of high values of the physicochemical characteristics of sediments of retaining of Sidi Chahed dam. For this, two studies are necessary; the first is the hydrographic study that draws the network

Corresponding Author: Abdelaziz Abdallaoui

of tributary waters feeding retaining of dam, the second is the geological study that gives us of soil types traversed by the tributary waters of the hydrographical network.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The retaining of Sidi Chahed dam is located on the Wadi Mikkès, downstream of Wadi Malleh, around 30 km to the northeast of the city of Meknes and about 30 km northwest of the city of Fez, on the road main No. 4, linking the latter to the city of Sidi Kacem (figure 1).

The construction of this dam has been destiny primarily at supply the city of Meknes with drinking water. Its capacity is 170 million m3. The watershed of Wadi Mikkès has three structural sets different [18].

- The plateau of El Hajeb - Ifrane to the south where predominant the carbonate formations whose the fracturing is strong ;
- The Saïs basin to the center, constituted by the lacustrine limestones and the tawny sands of the Pliocene as well as the Miocene marl ;
- The pre-Rif north, formed essentially by the marl of Miocene and clays Triassic (figure 2).

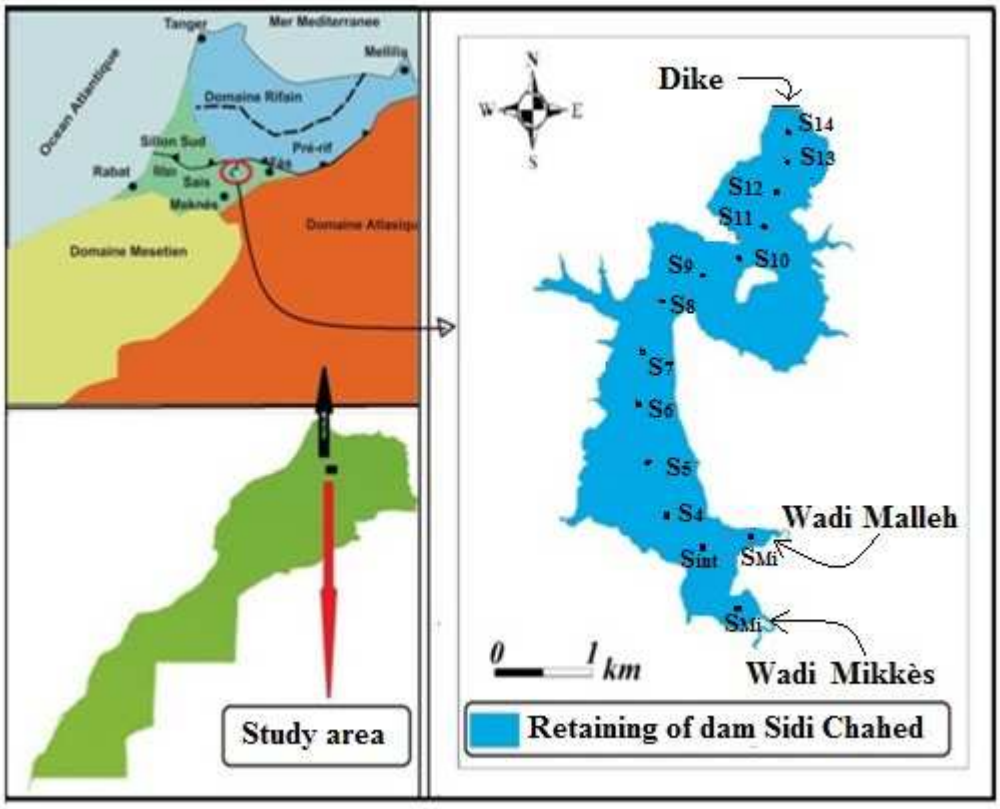


Fig. 1. Geographical location of retaining of Sidi Chahed dam and location of sampling stations

2.2 STATIONS STUDIED

Fourteen sampling stations were retained as part of this study. Including eleven (S_4 to S_{14}) were chosen spread from upstream to downstream, in order to better cover the entire area of the retaining of dam. These stations are located in the main axis of body of water. The other three were chosen almost of Wadi Malleh, Wadi Mikkès and their intersection. They are noted respectively S_{Ma}, S_{Mi} and S_{int}.

The surficial sediment samples were performed during four seasons in spring, summer, autumn 2013 and winter 2014, with a grab sampler that allowed taking the first ten centimeters of sediment. Each representative sample of a station is the

mixture of three samples from points spaced few meters. The samples are kept in plastic bags in a portable cooler at 4 ° C during transportation to the laboratory where they are processed within 24 hours. All sediments were sifted by wet process. The fraction smaller than 200 microns was retained for analysis, after drying and grinding soft to the mortar to homogenize the sample.

The physicochemical parameters of sediments were carried out in the laboratory using the methods described below:

- The content water of sediment was determined by differential weighing after drying of a known mass accurately of wet sediment (<2 mm) at 105 °C to constant weight. This parameter is determined dice the arrival of the sample to the laboratory to minimize evaporation risks [19], [20].
- The determination of the carbonate content was performed using the calcimeter Bernard. This Calcimeter allows measuring the percentage of $CaCO_3$ content in sediment.
- The content of organic matter (OM) of sediment was determined by differential weighing, after calcination of 1 g of dry and milled sediment, in a muffle furnace at 550 °C for two hours [20].
- The pH is measured using a pH meter according to the method described by Rofes [19].
- The total phosphorus is dosed like orthophosphate, after mineralization of the sediment with $K_2S_20_8$ in acid medium [21]. This mineralization is effected at 120 °C at autoclave for one hour. It allows us the solubilization of total phosphorus [22].
- The conductivity was measured using the AFNOR (1995) [23] which is based on extracting salts of a sample, soluble in water, in well-defined conditions and within a weight ratio of dry sediment / water equal to 1/5.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS

On Table (1) we have ported means and standard deviations calculated, related to values of four seasons for each parameter studied. Note that the standard deviation was calculated to determine the importance of the seasonal variation of each parameter.

Table 1. Means and standard deviation (σ) of physico-chemical parameters of sediments of the retaining of Sidi Chahed dam.

Station	Water content (%)		OM (%)		pH		Cond (µs/cm)		$CaCO_3$ (%)		P (µg/g)	
	Mean	σ	Mean	σ	Mean	σ	Mean	Mean	Mean	σ	Mean	σ
SMa	69.25	2.63	8.84	2.86	8.25	0.91	830.00	116.69	34.39	4.17	554.07	40.48
SMi	71.25	1.89	7.47	2.04	8.28	0.80	572.25	197.73	34.71	2.11	593.25	39.52
Sint	70.40	1.92	9.57	2.96	8.33	0.81	837.50	229.44	34.29	4.60	564.98	44.26
S4	70.67	3.10	9.26	1.27	8.23	0.83	791.50	135.48	35.61	4.97	537.70	57.71
S5	70.67	1.05	9.69	3.76	8.29	0.97	729.00	125.45	36.84	3.49	579.86	15.23
S6	68.85	1.70	9.28	3.07	8.38	0.88	855.25	261.80	35.51	3.89	578.37	51.60
S7	72.19	1.47	10.39	3.42	8.43	0.84	618.75	196.91	35.82	4.52	578.87	30.19
S8	68.58	2.42	8.62	2.79	8.30	0.96	770.25	256.57	37.60	3.65	503.47	29.67
S9	72.75	2.22	10.32	2.98	8.31	0.82	1003.75	184.72	36.36	1.66	616.07	29.36
S10	74.40	2.53	9.07	2.03	8.18	0.78	730.00	163.71	37.32	2.25	607.14	45.07
S11	69.88	1.75	9.27	1.80	8.35	0.89	727.50	321.49	38.00	6.37	614.58	48.88
S12	68.35	1.54	8.39	1.40	8.25	0.89	812.50	430.61	39.10	2.28	618.06	49.79
S13	69.66	1.55	8.87	3.51	8.22	0.98	850.50	510.99	36.82	2.05	584.82	38.83
S14	72.50	2.51	9.87	2.75	8.20	0.84	886.00	202.51	34.64	3.25	603.17	67.13

The total phosphorus content of the sediment varies between 504 and 618 mg (P)/g of sediment with an average of 581 mg (P)/g of sediment. This could be the result of sedimentation of particles rich in phosphorus.

The values enough important of carbonates vary between 34% and 39% are the answer to the predominance of marl lands of Miocene very sensitive to water erosion and landslides mainly in the presence of a rugged mountainous terrain.

According to Abdallaoui 2013 [24], the carbonates have a relatively important role in the precipitation of heavy metals and also in the retention of phosphorus from sediments.

The pH values recorded in this study are high and clearly reflect the influence of Wadi Malleh (salted watercourse) whose waters flow into the retaining of Sidi Chahed dam. This basic character reflects also the sedimentary nature dominated by the nature of the land crossed.

The average value of the conductivity of the sediments is on the order of 787 µS/cm. This increase in conductivity returning to the very important quantity of salt minerals that comes from two formations: Triassic formation and salt formation in the form of rock salt (NaCl) and gypsum ($CaSO_4$).

The organic load in sediments studied has high values. These contents enough important allows us to say that enrichment of bottom sediments of the retaining of Sidi Chahed dam by organic matter is probably due:

- Either by degradation of dead cells of the fauna and of the flora within the retaining of dam;
- Either to leaching of soil surrounding this water body;
- Either by discharges to organic character ;
- Either by the sum of two.

The measurements of water content which provide information on the particle granulometry and the organic matter content were performed on all samples. The results of these measurements have showed that the sediments of the retaining of Sidi Chahed dam have the contents on average 71%. This translated a fluidity relatively important.

The values of the standard deviation of the parameters studied except those relating to water contents are considered relatively enough important to the averages of the values in these parameters. They indicate the existence of variations seasonal significant in physicochemical parameters studied, with the exception of water contents. These variations may be related to precipitation (flood season) which promotes the water dilution and that causes a decreases of the conductivity and pH of the water column and as the result those of sediment. The decrease in pH of the water column in turn contributes to reducing calcium carbonates and phosphorus bound to calcium in sediments [25], [26]**.** Similarly the increase in temperature during dry seasons facilitates the degradation of organic matter by bacterially process and promotes the release of phosphorus bound to the iron [27] that is the decrease in the amount of phosphorus bound to the sediments.

3.2 GEOLOGICAL STUDY. HYDROGRAPHIC

In this study, we are interested at two types of maps: geological map (Figure 2) and hydrographical network map (Figure 3) which aims of determine and interpret the types of soil transported by flowing waters to retaining of Sidi Chahed dam.

The figure 2 shows that:

- The area covering the retaining of dam is predominated by marl Miocene land.
- The waters of the sub-watershed of Wadi Maleh flow on red clay of Trias.
- The waters of the Wadi Mikkès through lacustrine limestones of Saïs.

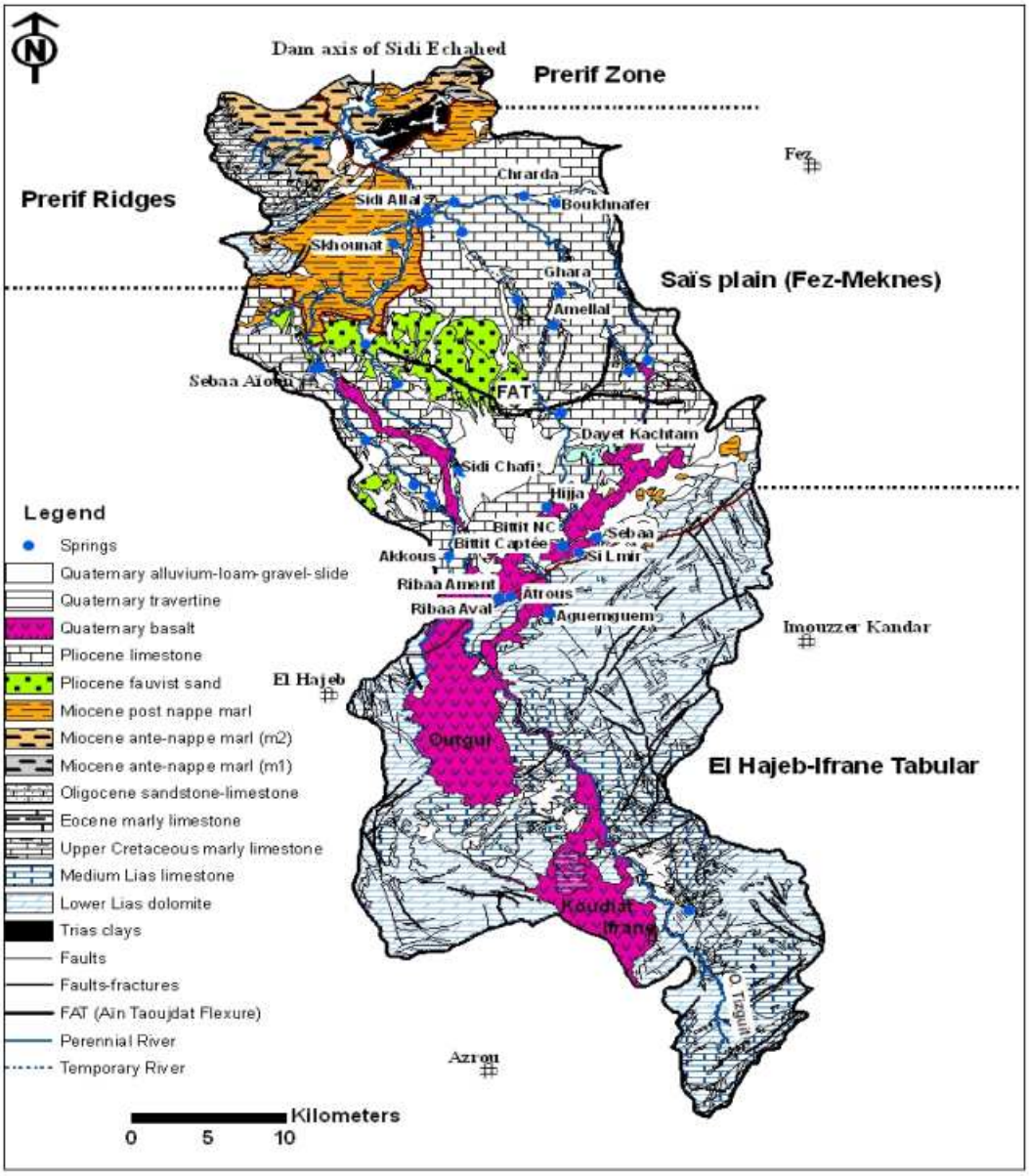


Fig. 2. Geological map of the watershed of Wadi Mikkès [28]

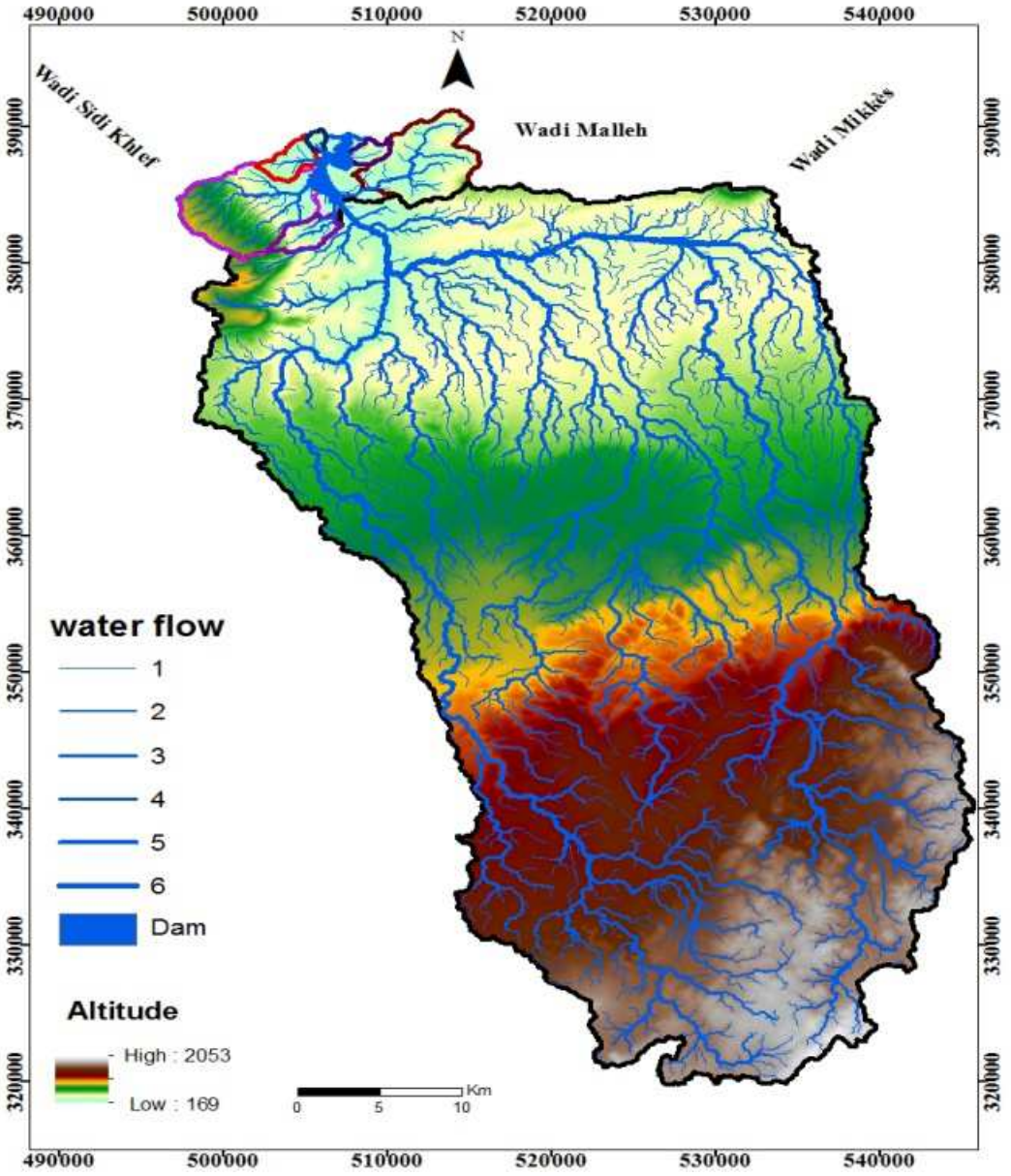


Fig. 3. Map of the hydrographical network of the watershed of Wadi Mikkès

The map of hydrographical network shows the subwatersheds that feed the dam retaining.

The superposition of the hydrographic map network with the geological map has allowed us to have the types of soil transported to the dam used by the sub-watersheds.

In the eastern part, the red clays of the Triassic the retaining of dam by the impact salts inputs are transported by the Wadi Malleh. Towards the South the lacustrine limestone of Saïs are transported by the Wadi Mikkès. The Marls and Miocene limestone is transported by the rest of the hydrographic network.

After the foregoing, we can see that the calcareous sediments nature is the origin of the geological nature of the watershed of Wadi Mikkès and that the carbonates and the pH of the waters of the retaining of dam are responsible for the precipitation of phosphorus bound to calcium. This is in agreement with the results obtained by many authors [11], [12], [13].

4 CONCLUSION

The results that we have obtained in this study allowed us to get the interesting information on how phosphorus exists within the sediments of the retaining of Sidi Chahed dam.

The marl and the limestone of Miocene surround almost the entire area surrounding the retaining of dam, which are the base of calcium carbonates. This information allowed us to conclude that the sediments of the retaining of Sidi Chahed dam which are characterized by high content of $CaCO_3$ is in accordance with the geological nature of the terrain.

Similarly, the waters of watershed of Wadi Malleh contribute to the alkalinity of waters of retaining of dam (increase of pH). Which promotes the precipitation of the fraction of phosphorus bound to calcium the fact that the carbonates and the pH are additional factors which favors the predominance of the inorganic phosphorus form.

REFERENCES

[1] D. Banas. G. Masson. L. Leglize. P. Usseglio-Polatera. and C. E. Boyd, "Assessment of sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France", *Environ. Pollut,* vol. 152, no. 3, pp. 679–685, 2008.

[2] F. A. Khan and A. A. Ansari, "Eutrophication: An Ecological Vision", *Bot. Rev,* vol. 71, no. 4, pp. 449–482, 2005.

[3] M. T. Moore. R. Kröger. M. A. Locke. R. F. Cullum. R. W. Steinriede. S. Testa. R. E. Lizotte. C. T. Bryant. and C. M. Cooper, "Nutrient mitigation capacity in Mississippi Delta. USA drainage ditches", *Environ. Pollut,* vol. 158, no. 1, pp. 175–184, 2010.

[4] I. Schauser and I. Chorus, "Water and phosphorus mass balance of Lake Tegel and Schlachtensee - a modelling approach", *Water Res,* vol. 43, no. 6, pp. 1788–1800, 2009.

[5] P. N. Owens and D. E. Walling, "The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins", *Water Res,* vol. 36, no. 3, pp. 685–701, 2002.

[6] D. C. Ribeiro. G. Martins. R. Nogueira. J. V.Cruz. and A. G. Brito, "Phosphorus fractionation in volcanic lake sediments (Azores - Portugal)", *Chemosphere*, vol. 70, no. 7, pp. 1256–1263, 2008.

[7] A. Zhou. H. Tang. and D. Wang, "Phosphorus adsorption on natural sediments: modeling and effects of pH and sediment composition", *Water Res,* vol. 39, no. 7, pp. 1245–1254, 2005.

[8] C. B. Coulter. R. K. Kolka. and J. A. Thompson, "Water quality in agricultural. urban. and mixed land use watersheds", *J. Am. Water Resour. Assoc,* vol. 40, no. 6, pp. 1593–1601, 2004.

[9] P. M. Groffman. N. L. Law. K. T. Belt. L. E. Band. and G. T. Fisher, "Nitrogen Fluxes and Retention in Urban Watershed Ecosystems". *Ecosystems*. vol. 7. no. 4. pp. 393–403. 2004.

[10] A. EL Hmaidi. D. Abrid. A. Abdallaoui. A. Essahlaoui. and A. El Ouali, "Caractérisation sédimentologique et physico-chimique des sédiments de carottes de la retenue du barrage Sidi Chahed. NE de Meknès. Maroc", *Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research*, vol 3, no 2, pp. 91-96, 2012.

[11] W. A. House and F. H. Denison, "Nutrient dynamics in a lowland stream impacted by sewage effluent: Great Ouse. England", *Sci. Total Environ,* vol. 205, no. 1, pp. 25–49, 1997.

[12] A. Groleau. B. Vinçon-Leite. B. Tassin. G. Sarazin. C. Quiblier-Lloberas. and H. Ármannsson, Calcite precipitation and interaction with phosphorus cycle in Lake Bourget. France, in *Geochemistry of the earth's surface. Proceedings of the 5th International Symposium. Reykjavik. Iceland, 1999.*

[13] C. Neal, "The potential for phosphorus pollution remediation by calcite precipitation in UK freshwaters", *Hydrol. Earth Syst. Sci,* vol. 5, no. 1, pp. 119–131, 2001.

[14] A. Dehbi. A. Lammini. H. Omari. A. Abdallaoui. and A. EL Hmaidi, "Formes de Phosphore dans les Sédiments Aquatiques - Cas de la Retenue du Barrage Sidi Chahed –", *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng,* vol. 1, no. 7, pp. 298–305, 2014.

[15] A. Kleeberg and H. Kozerski, "Phosphorus release in Lake Großer Müggelsee and its implications for lake restoration", *Hydrobiologia*, vol. 119, pp. 9–26. 1997.

[16] W. House, "Factors influencing the measurement of equilibrium phosphate concentrations in river sediments", *Water Res,* vol. 34, no. 4, pp. 1187–1200, 2000.

[17] O. S. Thirunavukkarasu. T. Viraraghavan. and P. Selvapathy, "A comparative account of phosphorus release from sediments of a lake and a reservoir: laboratory experiments", *Fresenius Environ. Bull,* vol. 9, pp. 461–467, 2000.

[18] K. Belhassan. M. A. Hessane. and A. Essahlaoui, "Interactions eaux de surface–eaux souterraines: bassin versant de l'Oued Mikkes (Maroc)", *Hydrol. Sci. J,* vol. 55, no. 8, pp. 1371–1384, 2010.

[19] Rofes, Etude des sédiments. Méthodes de prélèvement et d'analyses pratiquées au laboratoire de sédimentologie, *Centre technique du génie rural. des eaux et des forets*, 1980.
[20] Robbe, Pollutions métalliques du milieu naturel: guide méthodologique de leur étude à partir des sédiments, *Laboratoire Cent. des Ponts chaussées*, 1981.
[21] Rodier, L'analyse de l'eau-9ème édition-Eaux naturelles. eaux résiduaires. eau de mer, 2009.
[22] Bonzongo, Phosphore et sédiments : méthodes d'analyse-stockage-relargage-biodisponibilité, *Thèse de doctorat en Sciences biologiques*, Rennes I, 1990.
[23] AFNOR, Qualité du sol - Détermination de la conductivité électrique spécifique. *Association Française de Normalisation*. NF ISO 11265, 1995.
[24] Abdallaoui, Le phosphore et les métaux lourds contenus dans les sédiments: Leur influence sur les phénomènes d'eutrophisation et de pollution, *Editions Universitaires Europeennes* EUE, 2013.
[25] M. Ishikawa and M. Ichikuni, "Coprecipitation of phosphate with calcite", *Geochem. J,* vol. 15, no. 5, pp. 283–288, 1981.
[26] B. Bostrom. J. M. Andersen. S. Fleischer. and M. Jansson, "Exchange of phosphorus across the sediment - water interface", *Hydrobiologia*, vol. 170, pp. 229–244, 1988.
[27] P. C. M. Boers and O. Van Hese, "Phosphorus release from the peaty sediments of the Loosdrecht Lakes (The Netherlands)", *Water Res,* vol. 22, no. 3, pp. 355–363, 1988.
[28] K. Belhassan, "Hydro-Geological Context of Groundwater Mikkès and Different Variations of its Springs Flows (Morocco)", *Research Journal of Earth Sciences,* vol. 3, pp. 15–26, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 58-65
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Facteurs affectant le choix des pratiques et stratégies paysannes face au flétrissement bactérien du bananier dans la région du Bushi, à l'Est de la République Démocratique du Congo

[Factors affecting the choice of farmers' practices and strategies in a bacterial wilt of banana in the Bushi area, east of the Democratic Republic of Congo]

Rutakayingabo Mweze Desire[1], Jean-Berckmans Muhigwa Bahananga[2], Barhalengehwa Jules Basimine[3], Sadiki Byombuka[1], Chihire Barhahakana[4], Dontsop Nguezet[5], and Serge Amato[5]

[1]Departement de planification régionale, Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, RD Congo

[2]Faculté des sciences, Université Officielle de Bukavu RD Congo

[3]Département de Sociologie, Faculté des Sciences Sociales, Politiques et Administratives, Université Officielle de Bukavu, RD Congo

[4]Département de Biologie, Laboratoire d'Entomologie agricole, Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN) Lwiro, RD Congo

[5]Institut International d'Agriculture Tropicale, IITA, 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: Uncertainty forces the daily lives of small farmers Bushi in eastern Democratic Republic of Congo, for over a decade after the banana bacterial wilt has literally broken the economic landscape, social, cultural and ecological region. This study attempts to highlight the socio-economic factors that influence the choice of strategies and practices of farmers face this crisis. The data, both quantitative and qualitative, were collected from 232 farmers in 16 localities of Kabare and Walungu in South Kivu in the eastern Democratic Republic of Congo. The result of the econometric analysis shows a correlation between socioeconomic factors and farmers' practices. All things being equal, factors such as age, participation in off-farm activities, experience, size of household, size, membership in the association, access to credit, possession of livestock, traumatic history, the importance of the banana and the severity of the crisis significantly influenced the choice of practices and copings strategies.
These results suggest approaches and agricultural and economic stimulus programs that integrate various farmers' logic in the Bushi area to the east of the Democratic Republic of Congo.

KEYWORDS: Determinants, econometrics, choice, farming practices, bacterial wilt, banana, Bushi.

RESUME: L'incertitude force le vécu quotidien des petits agriculteurs du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo, depuis plus d'une décennie, à la suite du flétrissement bactérien du bananier qui a littéralement décomposé le paysage économique, social, culturel et écologique de cette région. Cette étude tente de mettre en évidence les facteurs socio-économiques qui influencent le choix des pratiques et stratégies des agriculteurs face à cette crise. Les données, quantitatives et qualitatives, ont été collectées auprès de 232 exploitants dans 16 localités de Kabare et Walungu au Sud-Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo. Les résultats de l'analyse économétrique montrent une corrélation entre

Corresponding Author: Rutakayingabo Mweze Desire

les facteurs socio-économiques et les pratiques paysannes. Toutes choses restant égales par ailleurs, les facteurs tels que l'âge, la participation aux activités extra-agricoles, l'expérience, la taille du ménage, la superficie, l'adhésion à l'association, l'accès au crédit, la possession du bétail, l'antécédent traumatique, l'importance du bananier et la sévérité de la crise sont ont influencé significativement le choix des pratiques et stratégies de résilience.
Ces résultats suggèrent des approches et programmes de relance agricole et économique qui intègrent les diverses logiques paysannes dans la région du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo.

MOTS-CLEFS: Déterminants, économétrie, choix, pratiques paysannes, flétrissement bactérien, bananier, Bushi.

1 INTRODUCTION

Depuis plus d'une décennie, l'incertitude force le vécu quotidien des petits agriculteurs du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo à la suite du flétrissement bactérien du bananier qui a littéralement décomposé le paysage économique, social, culturel et écologique de cette région. Cela alors que le bananier se singularise de toutes les cultures vivrières de la région par la très large extension de son aire de culture et pour ses multiples usages [1], [2], [3]. Il constitue la banque alimentaire et économique pour des milieux d'exploitants agricoles, une source d'emplois lorsqu'elle est vendue sur les marchés locaux. Inéluctablement rentable et immanquable, le bananier reste stratégique pour le peuple Shi, de par son insertion dans les sous-systèmes institutionnel, social, économique et écologique. Centre de gravité des systèmes agraires au Bushi, le bananier abrite plusieurs cultures vivrières qui lui sont associées (manioc, maïs, haricot, soja, pomme de terre, patate douce, etc.), industrielles (café, canne à sucre) et agroforestières, sous l'effet de la pression foncière [4]. Dans un contexte de forte pression foncière au Bushi, le bananier présente l'avantage de pouvoir s'établir sur de petites surfaces, protège le sol contre l'érosion et constitue, de ce fait, un des écosystèmes d'importance indéniable, attirant et abritant de nombreux êtres tant pathologiques que non nuisibles.

Cependant, l'émergence des maladies au rang desquelles le flétrissement bactérien du bananier menace sa pérennité. Face à nouveau contexte, les petits agriculteurs ont développé diverses pratiques et stratégies endogènes aux fins d'assurer la sécurisation et la reproduction de leurs moyens de subsistance. Celles-ci sont entre autres la diversification agricole, la pluriactivité, le recours aux réseaux sociaux d'entraide mutuelle, le salariat agricole, et le recours à l'innovation agricole par l'adoption à l'échelle communautaire des innovations agricoles diffusées par les intervenants étatiques et non étatiques. Bien que la compréhension des facteurs qui influencent ces choix soit susceptible de contribuer à l'efficacité des interventions, aucune étude, à notre connaissance, n'a abordé les questions des déterminants des choix stratégiques des agriculteurs dans la région du Bushi. Cette étude aborde cette question et tente de cerner les facteurs socio-économiques qui president au choix des pratiques et strategies paysannes par les petits agricultures.

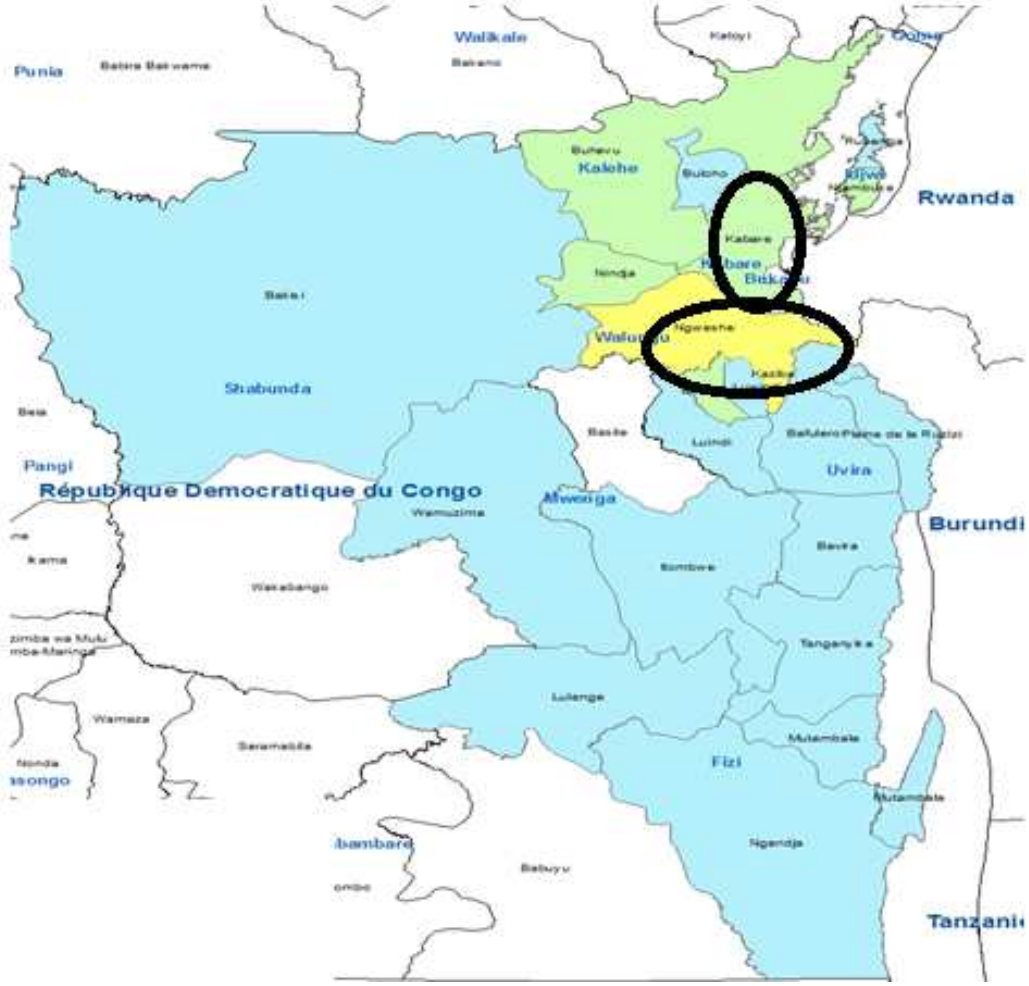
Le reste de l'article est divisé en deux parties précédées d'une introduction. La première partie présente la zone d'étude et le modèle empirique, la deuxième partie est consacrée à la présentation et la discussion des résultats de recherche. L'article fini, enfin, par une conclusion.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Le Bushi, terroir habité par les Bashi, se situe dans la partie orientale de la République Démocratique du Congo. Il comprend les chefferies coutumières de Kabare, Nindja, Ngweshe, Kaziba, Luhwinja, Burhinyi et le groupement de Kalonge qui fait partie, administrativement, de la chefferie de Buhavu en territoire de Kalehe, dans la province du Sud-Kivu. Cette zone correspond aux hautes terres du Kivu situées généralement entre les rives du lac Kivu (1463m d'altitude) et la ligne de Crête de la dorsale occidentale du graben africain, et dont l'altitude varie entre 1400 et 2700m, avec quelques sommets pouvant dépasser 3000m d'altitude [5]. Jouissant d'un climat tropical humide, tempéré par l'altitude, avec deux saisons de durée inégale (longue saison de pluies allant jusqu'à 9 mois et celle sèche de 3mois) avec une densité moyenne est d'environ 280 habitants/km^2 pour une superficie de terre disponible par famille évaluée à 35 ares.

2.1.1 LES SITES DE RECHERCHE, ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNEES



Des investigations ont été conduites dans 16 localités respectivement dans les groupements de Lurhala et Ikoma en territoire Walungu et Mudaka, Bushwira, Katana et Miti dans celui de Kabare. Deux échelons d'échantillonnage ont été considérés. Celui des groupements d'agriculteurs, des leaders locaux pour les réunions de recherche et celui des exploitants pour les enquêtes ménages. 320 personnes ont participé à 16 réunions de villages à raison de 20 personnes par réunion pour les données qualitatives. Les données quantitatives ont été collectées au moyen d'un questionnaire administré à 232 petits exploitants. Dans l'objectif de capturer l'impact de la crise sur le revenu des exploitants, la zone d'étude a été subdivisée zone de traitée (territoire de Kabare) et zone de contrôle (territoire de Walungu). Les données quantitatives ont saisies dans le logiciel SPSS et analysées par le logiciel statistique et économétrique STATA 12.0.

2.2 MODÈLE EMPIRIQUE

Le principe économique de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité constituent les fondements d'une analyse de choix [6]. Ainsi, le producteur rationnel préfère la culture qui lui procure le plus d'utilité. Sur le plan empirique, l'analyse des déterminants du choix de stratégie par un producteur peut être basée sur un modèle de choix discret [7].

Il est question à ce stade d'identifier les facteurs qui affectent le choix d'un ménage à adopter telle ou telle autre une pratique de résilience. L'analyse concerne les pratiques et stratégies de résilience mises en route par les petits exploitants face au flétrissement bactérien du bananier. Nous cherchons à étudier la décision unique d'un exploitant parmi un certain nombre d'alternatives non ordonnées. La décision sur le choix d'une stratégie est dichotomique. L'exploitant peut donc

décider d'adopter ou non une stratégie. La décision d'opter pour une stratégie donnée est considérée comme variable dépendante qualitative dans une régression. Cette variable a les valeurs 0 ou 1 et ces valeurs qui dépendent des caractéristiques socio-économiques de l'exploitant. L'approche utilisée dans l'analyse des facteurs déterminant les stratégies et pratiques de résilience peut être estimée par un modèle qui permet de prédire la décision d'un agent économique d'adopter ou non une stratégie à sa portée. La recension de littérature sur les études des choix dichotomiques permet de distinguer deux types de modèles couramment utilisés pour analyser une décision donnée : les modèles Logit et Probit. Le modèle Logit est souvent utilisé dans la plupart des études de déterminants lorsque la variable dépendante est binaire. Mais nous avons souhaité retenir le modèle Logit comme outil d'analyse.

Le modèle logit peut être présenté par l'équation suivante:

$$E(Y_i) = P(Y_i) = \frac{e^{\alpha + \beta xi}}{1 + e^{\alpha + \beta xi}}$$

Par conséquent, la probabilité qu'il n'adopte pas une stratégie devient donc :

$$1 - \mathrm{P}(Y_i) = \frac{1}{1 + e^{\alpha + \beta xi}}$$

Avec

P(Yi) = la probabilité pour un individu i d'opter pour la pratique/stratégie donnée ; P(Yi) = 1 si la pratique/stratégie est adoptée et 0 si non.

e = la fonction exponentielle

Yi représente la variable expliquée; l'adoption des pratiques et stratégies

Xi= caractéristiques socio-économiques de l'exploitant ; il représente le vecteur des variables explicatives. β = vecteur des paramètres à estimer dont le signe permet l'interprétation des résultats , α = constante.

Ce modèle analyse le choix de pratiques et stratégies de résilience face aux effets du flétrissement bactérien du bananier. Au cours des réunions de recherche organisées dans la zone d'étude, il s'est avéré l'émergence de cinq principales pratiques et stratégies de résilience auxquelles recourent les petits exploitants dans notre zone d'étude. Il s'agit, pour l'essentiel, de (*i*) la diversification agricole par l'introduction de nouvelles cultures vivrières et/ou le développement des cultures existantes, jadis considérées comme secondaires, au sein de l'exploitation agricole ; (*ii*) la pluriactivité à la quête des revenus alternatifs, (*iii*) le salariat agricole (*iv*); le recours aux réseaux d'entraide et (*v*) le recours au paquet technique.

Les enquêtes auprès des exploitants couplées aux focus group ont aussi permis d'observer le caractère non exclusif de ces pratiques et stratégies de résilience(un seul exploitant pouvant combiner plus d'une stratégie/pratique pour se prémunir de la crise). Face à cette situation, il se trouve nécessaire d'estimer un logit pour chacune des pratiques et stratégies afin de déterminer les facteurs qui influent sur le choix de l'une ou l'autre. Les cinq pratiques et stratégies constituent, de ce fait, les variables dépendantes pour le modèle logit à estimer.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES EXPLOITANTS

La population d'enquête a été constituée de 53,4% d'hommes contre 46,5% de femmes, chefs des ménages (91,3%) pour un âge moyen de 44ans. Le niveau d'éducation formelle accuse des disparités liées au genre. Ainsi, 35,3% n'ont pas fréquenté l'école, 31,4% ont un niveau élémentaire, 31,4% ont un niveau secondaire. La taille moyenne du ménage, se situe à 9,8 chez les hommes et 8,1 chez les femmes soit en moyenne 9 personnes par ménage. Le revenu moyen par exploitant est de 58,8$ avec des disparités (57,7$ selon que l'exploitant est homme et 47,1$ si non). L'accès au crédit dans l'aire d'étude demeure faible (moyenne de 14,2%) à la suite de l'absence des services financiers dans les milieux ruraux. Contre toute attente, le niveau d'accès des femmes au crédit se situe à 15% contre 12% chez les hommes. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les femmes rurales ne quittent pas le secteur agricole aussi rapidement que les hommes. Elles acceptent des rémunérations moindres et les types de crédits offerts par les institutions spécialisées dans les zones rurales sont plus orientés vers des petites activités génératrices de revenu pratiquées généralement par les femmes. L'expérience des exploitants familiaux est en moyenne de 21ans avec des disparités entre sexe. La superficie de terres possédée par

exploitant est en moyenne de 0,5ha. Des études récentes dans le Bushi ont fait les mêmes conclusions, bien que l'agriculture soit la principale activité pour (88,7%) de ménages tant en termes de temps de travail que de revenu. Il s'agit, à ce point de vue, des petits exploitants. Les sources secondaires de revenu pour les enquêtés sont le petit commerce (43,2% d'enquêtés), l'artisanat (6,3%), la fonction publique (4,7%) et le manœuvre (2,8%).

Notons que 57,3% d'enquêtés adhèrent aux associations paysannes. Les terres sont achetées (31,9%), héritées (63,3%) ou louées (4,7%). 68% d'exploitants enquêtés intègrent l'agriculture à l'élevage familial, 72% d'exploitants enquêtés accèdent aux intrants agro-pastoraux par achat. Les principales spéculations agricoles vivrières sont le manioc, la banane, le haricot, le maïs, la patate douce, le soja, le sorgho. La canne à sucre, le café en pleine relance y sont pratiqués comme cultures de rente. Les exploitants enquêtés accèdent, dans une très faible proportion, aux variétés résistantes vulgarisées par les services techniques de vulgarisation agricole.

3.2 ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE

Un modèle logit binaire a été estimé pour l'analyse des facteurs qui affectent le choix des pratiques et stratégies de résilience développées par les petits exploitants face au flétrissement bactérien du bananier. Dans l'implémentation de ce modèle, chacune des pratiques et stratégies a été considérée comme une variable dépendante à part. Le niveau de significativité globale mesurée par la valeur de Prob>chi2 est égale à 0,0000, respectivement pour les pratiques et stratégies de diversification agricole, la pluriactivité, le salariat agricole, le recours aux réseaux sociaux et le recours au paquet technique. Elle est égale à 0,0048 pour la pratique/stratégie de recours au paquet technique. Cela indique ainsi que les variables inclues dans le modèle sont en corrélation avec la variable dépendante (ici pratique/stratégie). Toute chose restant égale par ailleurs, certaines variables influencent positivement le choix des pratiques et stratégies de résilience des exploitants, d'autres négativement.

Les résultats montrent que 12 variables explicatives ont une influence significative sur la décision d'adopter telle ou telle autre pratique/stratégie face à la crise.

Il ressort de ces résultats ci-dessous que la possession du bétail et le niveau de sévérité de la crise sont plus corrélées avec la pluriactivité au seuil de 99%, le bétail constituant une richesse et une source de capitaux pour les ménages ruraux. Les exploitants affectés et possédant du bétail ont ainsi une forte propension de participer aux activités extra-agricoles pour trouver des revenus alternatifs. Toutes les autres variables du modèle n'ont pas eu d'effets sur la pluriactivité. Le niveau de sévérité de la crise a eu un effet très significatif à 99% sur la pratique du salariat agricole (quête d'une rente journalière). Cela s'explique par le fait que, plus un ménage a été affecté, plus il est vulnérable et plus il a une forte propension à avoir un indice de stratégies de survie élevé. L'importance du bananier dans la formation du revenu et l'expérience de l'exploitant s'en trouvent également corrélées au seuil de 90%. A la suite de la crise, un exploitant dont le revenu provenait, dans une large proportion, du bananier est enclin à trouver d'autres sources de revenu. La possession du bétail, l'antécédent traumatique[1] et le niveau de la crise ont des effets positifs très significatifs sur la diversification agricole dans la zone d'étude au seuil de 99%. Le bananier ayant servi d'amortisseur au choc lié à la mosaïque africaine du manioc dans la zone d'étude, la succession des chocs aurait accru la propension des exploitants à opter pour des nouvelles spéculations vivrières ou de développement de celles existantes au détriment du bananier (réduction sensible des superficies du bananier). L'importance économique du bananier et la participation aux activités extra-agricoles affectent aussi positivement cette stratégie, respectivement au seuil de 95% et 90%. La précarité de revenu (issu du bananier) prédisposerait ainsi les exploitants à substituer le bananier par d'autres cultures (vivrières et maraichères) rentables et précoces pour assurer la pérennité de leurs activités extra-agricoles. Egalement, la participation de l'exploitant aux activités extra-agricoles augmente sa propension à réduire les superficies du bananier au moyen de la diversification agricole (choix des cultures précoces qui lui procurent des liquidités).

La superficie possédée par l'exploitant a, cependant, un effet négatif sur la diversification agricole. L'influence observée est significative au seuil de 90%. Il est, de ce fait, évident que plus l'exploitant possède un terroir considérable, moins il diversifie au sein de son exploitation agricole. L'argument à ce niveau est que les exploitants à forte assise foncière ont la

[1] Fait référence à la succession des chocs dans la zone d'étude. Il s'agit, pour l'essentiel, de la mosaïque africaine du manioc qui secoué la majeur partie du Kivu au cours de la décennie passée, ainsi que les guerres successives qu'ont connu les milieux ruraux à l'Est de la RDC.

possibilité d'augmenter la superficie pour d'autres cultures tout en maintenant celle du bananier. Ceux-ci cherchent, dès lors, d'autres initiatives pour faire face à la crise. Les autres variables du modèle telles que le sexe, l'âge, l'éducation, l'expérience agricole, l'appartenance à une association et l'accès au crédit n'ont pas eu d'effets sur la diversification agricole au sein des exploitations. L'importance économique du bananier (seuil de 99%), le niveau de sévérité de la crise (seuil de 99%), l'antécédent traumatique (seuil de 90%), l'appartenance à une association locale (seuil de 90%) et l'accès au crédit (seuil de 90%) ont des effets positifs et significatifs sur la pratique/stratégie de recours aux réseaux sociaux (action collective). Le choc de revenu, à la suite de la « *crise bananière* » augmente ainsi la probabilité pour l'exploitant à recourir aux réseaux sociaux pour mutualiser le risque. L'appartenance à une association locale offre plus d'opportunités de résilience dans un contexte incertain. L'accès à l'information par le contact externe réduit les risques et favorise l'adoption des innovations [8]. Il est de toute évidence que l'émergence des institutions informelles d'inclusion financière (telles que les mutuelles de solidarité, tontines) les zones rurales augmente la propension des exploitants à mutualiser le risque. L'accès aux capitaux solidaires rotatifs au sein de ces groupes et réseaux sociaux offre des opportunités de pluriactivité. L'effet positif de cette variable s'explique par le fait que les exploitants qui accèdent au crédit, du fait de leur appartenance aux réseaux solidaires, éprouvent de plus en plus le sentiment d'appartenance à ceux-ci. D'autres variables du modèle n'ont pas eu d'effets sur la diversification agricole dans la zone d'étude.

En fin, ces résultats dégagent des effets positifs et significatifs de l'expérience, l'appartenance à une association locale sur la stratégie de recours au paquet technique au seuil de 95% et le sexe de l'exploitant à celui de 90%. L'effet positif de l'expérience de l'exploitant et l'adhésion à une association locale sur l'application des conseils techniques des services de vulgarisation s'explique par le fait que les associations paysannes constituent, pour les exploitants, un cadre idéal d'accès aux informations et innovations techniques. Ce qui permet à l'exploitant, face au choc, d'opérer un choix raisonné des techniques qui lui sont proposées en fonction de ses objectifs. L'effet de l'âge traduirait le fait que les exploitants expérimentés sont aussi les plus disposés à appliquer les nouvelles techniques et à adopter des innovations agricoles [9], [10], [11].

Du fait que l'activité agricole s'enracine dans un processus d'apprentissage social, l'âge de l'exploitant renseigne également sur son expérience dans le secteur agricole et induit, de ce fait, un effet sur ses capacités à disséquer les innovations et à les appliquer face à une crise.

La superficie des terres possédée, la taille du ménage et l'âge de l'exploitant ont des effets négatifs respectivement significatifs au seuil de 99% et 95% sur le recours au paquet technique. L'âge influence négativement la diversification agricole. Les exploitants jeunes sont enclins à prendre plus de risques que ceux plus âgés. La superficie possédée par l'exploitant a influencé négativement le recours au paquet technique au seuil de 99%, la superficie moyenne par ménage dans la zone d'étude étant de 0,5ha [12]. Les petits exploitants éprouvent la difficulté d'augmenter les superficies pour les nouvelles spéculations agricoles face à la crise et ont tendance à adopter des innovations. La taille du ménage a eu un effet négatif et significatif sur la probabilité du choix de la stratégie de recours aux réseaux sociaux au seuil de significativité de 90%. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le taille du ménage augmente, plus il a pu développer faire recours au paquet technologique pour améliorer sa situation alimentaire. Les autres variables du modèle n'ont pas d'effets sur l'adoption de cette stratégie par les ménages dans la zone d'étude.

Ces résultats de l'analyse des déterminants du choix des pratiques et stratégies de résilience par les petits exploitants, à l'aide du modèle logit, sont conformes à ceux trouvés par Boussard [13], Napier[14] , Feder [15] , Adingra, [16] , et Mbetid-Bessane [17]. Ces auteurs ont mis l'accent sur des variables économiques et sociales comme facteurs explicatifs du choix des agriculteurs dans un contexte de crise.

Tableau 1: (logit binaire): déterminants de choix des pratiques et stratégies de résilience

Variables	Mécanismes de résilience									
	Pluriactivité rurale		**Salariat agricole**		**Diversification agricole**		**Réseaux sociaux**		**Innovation agricole**	
	Coef	**Sig**	**Coef**	**Sig**	**Coef**	**Sig**	**Coef**	**Sig**	**Coef**	**Sig**
Sexe	.127062	0.31	.1083425	0.25	.357196	0.74	.6034296	1.28	1.00994	1.87*
	(.4065)		(.4311)		(.4812)		(.4713)		(.5388)	
Age	-.01306	-0.61	-.029749	-1.18	.0191291	0.77	-.0251269	-0.97	-.0576544	-1.72*
	(.0213)		(.0251)		(.0248)		(.0260)		(.0334)	
Education	-.1158224	-0.53	-.1304695	-0.55	-.0708573	-0.27	-.0996878	-0.40	-.356236	-1.17
	(.220)		(.2373)		(.2623)		(.2493)		(.3037)	
Activités extra-agricoles			.4903924	1.32	.748944	1.74*	.5834932	1.45	.4923826	0.96
			(.3728)		(.4301)		(.4022)		(.5140)	
Expérience en agriculture	-.019941	-0.96	.0405044	1.70*	-.031242	-1.25	.0368542	1.50	.0755001	2.43**
	(.0207)		(.023)		(.0250)		(.024)		(.0311)	
Taille du ménage	.0042645	0.09	-.0325686	-0.67					-.1437982	-1.65*
	(.049)		(.0482)						(.0872)	
Superficie possédée	-.8975194	-1.47	-.0605656	-0.09	-1.768742	-2.37*	-1.997798	-2.76**	-3.042693	-3.07***
	(.6093)		(.6379)		(.7476)		(.7230)		(.9898)	
Association paysanne	.3608985	0.97	.2457181	0.64	.1852017	0.42	.7082949	1.72*	1.103131	2.24**
	(.3707)		(.3849)		(.4410)		(.4122)		(.493)	
Accès au crédit	.1390531	0.22	.3191833	0.57	.3131173	0.48	1.306295	2.32*	.	
	(.6208)		(.5569)		(.6487)		(.5626)			
Possession du bétail	.8043896	3.36***	-.119623	-0.55	1.028055	2.93***	.3385829	1.55	2142684	0.82
	(.2393)		(.2162)		(.3506)		(.2190)		(.2618)	
Antécédent traumatique			.3797183	0.65	1.548493	2.70***	1.41171	1.97*		
			(.5828)		(.57301)		(.7155)			
Importance du bananier	.0608021	0.28	.6320171	2.47*	.6004323	2.34**	.8016605	2.85***	-.4301399	
	(.2147)		(.2556)		(.2570)		(.2808)		(.2834)	
Sévérité de la crise	3.948724	7.15***	5.060277	4.85***	5.99832	6.54***	2.947913	3.98***		
	(.552)		(1.042)		(.9169)		(.7406)			
Number of obs	**231**		**231**		**231**		**231**		**231**	
LR chi2	**112.16**		**87.22**		**163.78**		**83.89**		**25.32**	
Prob> chi2	**0.0000**		**0.0000**		**0.0000**		**0.0000**		**0.0048**	
Pseudo R2	**0.3502**		**0.3096**		**0.5114**		**0.3196**		**0.1599**	
Log likelihood	**-104.03646**		**-97.24658**		**-78.226001**		**-89.309765**		**-66.521876**	

4 CONCLUSION

Dans un contexte d'incertitude, les producteurs cherchent à se protéger des risques en développant des stratégies d'adaptation. L'objectif de cette étude était de mettre en évidence les facteurs socio-économiques qui influencent le choix des pratiques et stratégies de résilience des petits producteurs face au flétrissement bactérien du bananier. L'analyse nous permis de mettre en exergue des changements observés au niveau des exploitations face à la crise.

L'estimation du modèle *logit* nous a permis de constater qu'il existe une corrélation entre les facteurs socio-économiques et les leviers de résilience mis en route par les agriculteurs. L'âge du producteur, la participation aux activités extra-agricoles, l'expérience agricole, la taille du ménage, la superficie possédée par l'exploitant, l'adhésion à l'association locale de développement, l'accès au crédit, la possession du bétail, l'antécédent traumatique, l'importance du bananier dans la formation du revenu au sein du ménage et la sévérité de la crise ont influencé significativement le choix des pratiques et stratégies de résilience.

Notons enfin que, d'autres variables à priori pertinentes présentes dans le modèle n'ont aucun effet significatif sur le choix des stratégies de résilience par les exploitants.

Ces résultats suggèrent la prise en compte de ces facteurs socio-économiques dans l'élaboration, par les décideurs et autres intervenants, des projets et programmes d'appui aux agriculteurs dans la région du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo.

REFERENCES

[1] Philippe Baret et Julie Van Damme. La culture bananiere, réponse à la securité alimentaire. Louvain 184,Juin-Juillet, 2010.
[2] Ndungo V, Fiaboe KKM and Mwnagi M. Banana Xanthomonas wilt in the DR Congo: Impact, spread and management. Journal of Applied Biosciences, Vol.1 (1):1-7, 2008.
[3] Julie Van Damme. Analyse systémique des contraintes en culture bananière au Rwanda, mémoire, Université catholique de Louvain, 107pages, 2008
[4] Mugangu, S., *Foncier, territorialité et nationalité dans le Kivu montagneux: quelles articulations?*, Bruylant, 343 pages, 1997
[5] Barhalengehwa J.B. Capital Social et gouverance des ressources naturelles. Editions Universitaires Eurpeennes, 456 pages, 2014.
[6] Varian H.R. Analyse microéconomique. De Boeck, 6e éd., Bruxelles, 824 p, 2006
[7] McFadden, D. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, in P. Zarembemka (ed.) Frontiers in econometrics. New York: Academic Press, 1973
[8] Pompidou Denis FOLEFACK, Abou SALE et Anselme WAKPONOU. Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en Zone sahelienne du Cameroun. Afrique SCIENCE 08(2),22-33, 2012.
[9] Diederen p, van mh.., arjan w, et katarzyna b. "Innovation Adoption in Agriculture ; Innovators, Early Adopters and Laggards" *Cahiers d'économie et sociologie rurales,* (67) 30-50, 2003
[10] Marra m, d.j pannell et Ghadim . "The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?" Agricultural Systems (75) 215-234, 2002
[11] D'Souza G, Douglas C, et Timp. "Factors Affecting the Adoption of Sustainable Agricultural Practices" In *Agricultural and Resource Economics Review,* (22) 159-165, 1993
[12] Barhalengehwa J.B. Effets des conflits et stratégies paysannes dans la localite rurale de Kabare, province du Sud-Kivu, à l'Est de la Republique Democratique du Congo. Memoire de DEA,UOB, 143 pages, 2008
[13] Boussard J.M.Economie de l'agriculture. Economica, Paris, 310 p, 1987
[14] Napier T.L., Napier A.S. & Turcker M.A.The social, economic and institutional factors affecting adoption of soil conservation practices: the asian experience. Soil Tillage Research, 20, 365-382, 1991
[15] Feder G., Just R.E. & Zilberman D.Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. Economic Development and Cultural Change, 33, 255-298, 1985.
[16] Adingra, Y. K., Coton Africain : Défis, Enjeux et Perspectives. Document de travail, (2011).
[17] Mbetid-Bessane E., Crise cotonnière en Centrafrique et choix des agriculteurs en fonction de leur localisation à la ville. Tropicultura, 21, 4, 218-220, 2003.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 66-75
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de l'impact socioéconomique du flétrissement bactérien du bananier et réponses paysannes dans la région du Bushi Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo

[Impact of socio economic analysis of bacterial banana wilt and peasant responses in Bushi Kivu region in eastern Democratic Republic of Congo]

Rutakayingabo Mweze Desire[1], Jean-Berckmans Muhigwa Bahananga[2], Lwaboshi Romain[3], Chihire Barhahakana[1], and Serge Amato[5]

[1]Department de planification régionale, Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, RD Congo

[2]Faculté des sciences, Université Officielle de Bukavu, RD Congo

[3]Département de l'environnement et développement durable, ISDR Bukavu, RD Congo

[4]Département de Biologie, Laboratoire d'Entomologie agricole, Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN) Lwiro, RD Congo

[5]Institut International d'Agriculture Tropicale, IITA, 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 analyzes the impact of banana bacterial wilt on the income of small farmers in the region Bushi and inventory practices and strategies Started by them to survive in this new context. The data, both quantitative and qualitative, were collected from 232 farmers in 16 localities of Kabare and Walungu in South Kivu in the eastern Democratic Republic of Congo. The results show a significant reduction of 59.8% of monthly income per affected operator to be $ 31.1 to $ 52 declared. These economic losses could reach $ 7.2 million a month in the study area the month, 86.4 million annually to the absence of effective control measures. Various levers, non-exclusive, have been developed by agricultural households to survive the crisis. This is, essentially, agricultural diversification, pluriactivity, the use of social support networks to pool risk, the agricultural wage labor, and the use of agricultural innovation.
These results suggest approaches and agricultural and economic stimulus programs that integrate various farmers' logic in the Bushi area to the east of the Democratic Republic of Congo.

KEYWORDS: Impact, socioeconomics, farming practices, bacterial wilt, banana, Bushi

RESUME: Cette étude analyse l'impact du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu des petits agriculteurs dans la région du Bushi et inventorie les pratiques et stratégies mises en route par ceux-ci pour subsister dans ce nouveau contexte. Les données, quantitatives et qualitatives, ont été collectées auprès de 232 exploitants dans 16 localités de Kabare et Walungu au Sud-Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo. Les résultats mettent en évidence une réduction sensible de 59,8 % du revenu mensuel par exploitant affecté soit 31,1$ sur les 52 $ déclarés. Ces pertes économiques pourraient atteindre 7,2 millions de dollars le mois dans la zone d'étude le mois, soit 86,4 millions l'an à l'absence des mesures efficaces de lutte. Divers leviers, non exclusives, ont été développés par les ménages agricoles pour subsister à la

Corresponding Author: Rutakayingabo Mweze Desire

crise. Il s'agit, pour l'essentiel, de la diversification agricole, la pluriactivité, le recours aux réseaux sociaux d'entraide pour mutualiser le risque, le salariat agricole, et le recours à l'innovation agricole.
Ces résultats suggèrent des approches et programmes de relance agricole et économique qui intègrent les diverses logiques paysannes dans la région du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo.

MOTS-CLEFS: Impact, socio-économie, pratiques paysannes, flétrissement bactérien, bananier, Bushi.

1 INTRODUCTION

De toutes les cultures vivrières dans la région du Bushi, le bananier se singularise par la très large extension de son aire de culture et pour ses multiples usages [1]. Il constitue la banque alimentaire et économique pour des milieux d'exploitants agricoles. C'est également une source d'emplois pour les populations locales lorsqu'elle est vendue sur les marchés locaux. Inéluctablement rentable et immanquable, le bananier reste stratégique pour le peuple Shi, de par son insertion dans les sous-systèmes institutionnel, social, économique et écologique. Centre de gravité des systèmes agraires au Bushi, cette culture abrite plusieurs cultures vivrières qui lui sont associées (manioc, maïs, haricot, soja, pomme de terre, patate douce, etc.), industrielles (café, canne à sucre) et agroforestières, sous l'effet de la pression foncière [2]. Ainsi, dans un contexte de forte pression foncière le bananier présente l'avantage de pouvoir s'établir sur de petites surfaces, protège le sol contre l'érosion et constitue, de ce fait, un des écosystèmes d'importance indéniable, attirant et abritant de nombreux êtres tant pathologiques que non nuisibles.

Depuis plus d'une décennie, l'émergence des maladies au rang desquelles le flétrissement bactérien du bananier menace la pérennité de cette culture. Cette nouvelle maladie, plus dévastatrice jamais connue dans la filière, a littéralement décomposé le paysage social, économique et écologique de la région. Bien que la compréhension des mécanismes de résilience des exploitants face à une crise soit susceptible de prévenir d'autres crises éventuelles, la riposte paysanne face à cette crise n'a reçu, à notre connaissance, que très peu d'attention malgré la forte mobilisation scientifique et humanitaire.

Cette étude vise à contribuer à comprendre comment les petits exploitants assurent la sécurisation et la reproduction de leurs moyens de subsistance dans ce contexte incertain. Il s'agit plus spécifiquement analyser l'impact du flétrissement bactérien du bananier sur revenu des exploitants et d'inventorier les pratiques et strategies développées par les exploitants pour se premunir des effets de la crise.

Le reste de l'article est divisé en deux parties précédées d'une introduction. La première partie présente la méthodologie et le modèle empirique, la deuxième partie est consacrée à la présentation et discussion des résultats de recherche. L'article fini, enfin, par une conclusion.

2 METHODOLOGIE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Le Bushi, terroir habité par les Bashi, se situe dans la partie orientale de la République Démocratique du Congo. Il comprend les chefferies coutumières de Kabare, Nindja, Ngweshe, Kaziba, Luhwinja, Burhinyi et le groupement de Kalonge qui fait partie, administrativement, de la chefferie de Buhavu en territoire de Kalehe, dans la province du Sud-Kivu. Cette zone correspond aux hautes terres du Kivu situées généralement entre les rives du lac Kivu (1463m d'altitude) et la ligne de Crête de la dorsale occidentale du graben africain, et dont l'altitude varie entre 1400 et 2700m, avec quelques sommets pouvant dépasser 3000m d'altitude. Jouissant d'un climat tropical humide, tempéré par l'altitude, avec deux saisons de durée inégale (longue saison de pluies allant jusqu'à 9 mois et celle sèche de 3mois) avec une densité moyenne est d'environ 280 habitants/km^2 pour une superficie de terre disponible par famille évaluée à 35 ares.

2.1.1 LES SITES DE RECHERCHE, ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNEES

Des investigations ont été conduites dans 16 localités respectivement dans les groupements de Lurhala et Ikoma en territoire Walungu et Mudaka, Bushwira, Katana et Miti dans celui de Kabare. Deux échelons d'échantillonnage ont été considérés. Celui des groupements d'agriculteurs, des leaders locaux pour les réunions de recherche et celui des exploitants pour les enquêtes ménages. 320 personnes ont participé à 16 réunions de villages à raison de 20 personnes par réunion pour les données qualitatives. Les données quantitatives ont été collectées au moyen d'un questionnaire administré à 232 petits exploitants. Dans l'objectif de capturer l'impact de la crise sur le revenu des exploitants, la zone d'étude a été subdivisée zone de traitée (territoire de Kabare) et zone de contrôle (territoire de Walungu). Les données quantitatives ont saisies dans le logiciel SPSS et analysées par le logiciel statistique et économétrique STATA 12.0.

2.2 MODÈLE EMPIRIQUE

La théorie économique prédit que face à un problème de choix, l'agent rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité (Varian, 206). Le principe économique de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité constituent les fondements d'une analyse de choix [3]. De ce fait, un petit exploitant rationnel choisit la stratégie de résilience qui lui procure le plus d'utilité. Au plan empirique, l'analyse des facteurs qui influencent le choix des pratiques et stratégies de résilience par les exploitants peut être basée sur un modèle de choix discret [4], [5].

L'un des objectifs de cette étude est d'estimer l'impact de la crise sur le revenu des exploitants tout en contrôlant les autres facteurs pouvant agir sur ce revenu. Il s'observe au cours de ces dernières décennies, une émergence de la littérature sur les méthodes d'évaluation d'impact des programmes ou projets. L'éventail large des méthodes d'évaluation d'impact peut être groupé en trois approches à savoir celle dite "naïve", l'approche expérimentale et l'approche non-expérimentale. L'approche "naïve", consiste à prendre un échantillon aléatoire de participants et de non-participants au programme et à

utiliser la différence simple des résultats moyens observés des deux groupes comme l'estimation de l'impact du programme ou de la participation. Cet estimateur est potentiellement biaisé et ne prend pas en compte les caractéristiques socio-économiques des individus en étude ; il correspond à la méthode d'estimation utilisée couramment dans la littérature managériale, et donne des résultats similaires à l'analyse exploratoire. L'approche expérimentale ou aléatoire consiste à réunir un groupe de personnes (ou toute autre unité d'analyse) ayant les mêmes droits et acceptant de participer au programme, et de les assigner de façon aléatoire en deux groupes : le groupe de ceux qui bénéficieront de l'intervention (groupe de traitement) et celui de ceux qui n'en bénéficieront pas (groupe de contrôle). Les participants au programme ayant été choisis au hasard, toute différence avec les non-participants est seulement due au traitement. C'est la raison pour laquelle les conceptions expérimentales sont généralement considérées comme étant les plus fiables (estimations non biaisées) et donnant les résultats les plus faciles à interpréter. Cependant, ce type d'évaluation est difficile à appliquer dans la pratique, car posant des problèmes d'éthique dans le cas des phénomènes sociaux.

L'approche non-expérimentale a été développée en se basant sur les théories économiques et économétriques pour guider l'analyse et minimiser les erreurs potentielles dans l'estimation des impacts. En effet, les conceptions non-expérimentales sont utilisées lorsqu'il n'est pas possible de sélectionner un groupe de contrôle ou de comparaison comme dans le cas de l'approche expérimentale. Son implémentation est basée sur l'approche économétrique moderne développée par Rosenbum et Rubin. Cette approche permet de comparer les participants au programme avec les non-participants, en faisant appel à des méthodes statistiques pour tenir compte des différences constatées entre les deux groupes. La méthode non expérimentale sera utilisée dans cette étude pour déterminer l'effet causale du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu des ménages agricoles.

La difficulté à laquelle l'on se heurte habituellement lorsque l'on fait usage des données en coupe instantanée est que pour un ménage donné, le revenu est observé soit dans le cas où le ménage a été affecté par le flétrissement bactérien du bananier soit dans le cas où il n'a pas été affecté, mais jamais on ne peut observer ces deux cas à la fois. Dans la littérature économétrique sur l'étude d'impact, cette donnée manquante est appelée le "contre-factuel" (les éléments non factuels). Une autre difficulté, conséquence de l'usage des données en coupe instantanée est celle d'observer la situation d'un ménage avant et après le traitement comme c'est le cas dans les études utilisant la méthode de double différence. En outres, le problème d'endogeneïté peut surgir du fait que certaines caractéristiques inobservables influent sur le revenu des ménages en étude. Cette situation nécessiterait le recours à la méthode de régression à variable instrumentale mais dans le cas de cette étude nous ne disposons pas d'un instrument pour l'atteinte du flétrissement bactérien du bananier pour les ménages en étude.

Compte tenu des difficultés évoquées ici-haut quant à l'utilisation de la méthode expérimentale, celle de double différence ainsi que celle de la variable instrumentale, cette étude utilisera la méthode d'effet moyen du traitement (ATE) avec la méthode d'appariement des scores de propension (PSM) afin de capturer l'effet du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu des exploitants dans la région du Bushi.

Suivant le cadre de Rubin , soit yi0 et yi1 indiquent les deux résultats potentiels (niveau de revenu) selon que le ménage a été affecté ou non par le flétrissement bactérien du bananier. La variable du traitement (atteinte par le flétrissement bactérien du bananier) est donnée par flet, avec flet=1 si la bananerai du ménage a été affecté par le flétrissement bactérien du bananier et flet=0 dans le cas contraire. Ainsi, pour un ménage i donné, nous observons nous observons le traitement flet et le résultat de ce traitement,

$$yi = \begin{cases} yi0, & \text{if } wi = 0 \\ yi1, & \text{if } wi = 1 \end{cases}$$

De même, le vecteur des variables de prétraitement ou covariantes est notée par x_i. Deux mesures qui font l'objet de plus d'attention dans la littérature d'impact, sont l'effet moyen de traitement sur la population entière (ATE) et l'effet moyen de traitement sur les traités (ATE1). L'effet moyen de traitement sur la population est donné par :

$ATE = E[y_{i1} - y_{i0}]$ *and* $ATE1 = E[y_{i1} - y_{i0}]|flet = 1](1)$

Quant à l'effet moyen de traitement sur les traités, il peut s'écrire comme suit:

$E[y_{i1} - y_{i0}]|flet = 1] = E[y_{i1}|fleti=1] - E[y_{i0}|flet=1](2)$

L'appariement est effectué en estimant un modèle binaire qui prédit la probabilité du traitement qui est en fait le score de propension pour un ménage donné.

Dans cette étude, pour estimer la probabilité prédite d'être affecté par le flétrissement bactérien du bananier, un modèle logit spécifié comme suit sera utilisé :

$$\mathrm{pr}(wi = 1) = \frac{e^{\beta x}}{1 + e^{\beta x}}$$

Cette méthode suppose que l'attribution du traitement flet est statistiquement indépendante de la variable de résultat yi. Dans la littérature sur l'évaluation d'impact, cette hypothèse est appelée « hypothèse d'indépendance conditionnelle » développé par Rosenbaum et Rubin (1983). L'hypothèse d'indépendance conditionnelle implique que (y1, y0)$\perp$w|x, ainsi (y1,y0)$\perp$p(y|x).

Parmi les méthodes de matching utilisées la plus simple est le «one to one matching» avec remplacement. Il associe à chaque ménage non bénéficiaire du traitement un ménage bénéficiaire ayant les mêmes caractéristiques. La différence entre la moyenne de la variable d'intérêt des deux groupes est l'impact du flétrissement bactérien du bananier. Cependant les propriétés asymptotiques (convergence et normalité asymptotique) d'ATE1 sont inconnues.

C'est pourquoi nous implémenterons l'Epanechnikov kernel matching suivant Heckman, Ichimura et Todd qui ont établis la convergence (à une vitesse de$\sqrt{N}$) et sa normalité asymptotique. Cette méthode consiste à associer à un ménage affecté par le flétrissement bactérien du bananier un ménage non affecté fictif défini comme un ménage moyen. Tous les ménages non affectés qui ressemblent aux ménages affectés i participent à la construction de la valeur moyenne de la variable d'intérêt, en fonction de la distance entre leur score et celui du ménage i en question.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES EXPLOITANTS ENQUETES

La population d'enquête a été constituée de 53,4% d'hommes contre 46,5% de femmes, chefs des ménages (91,3%) pour un âge moyen de 44ans. Le niveau d'éducation formelle accuse des disparités liées au genre. Ainsi, 35,3% n'ont pas fréquenté l'école, 31,4% ont un niveau élémentaire, 31,4% ont un niveau secondaire. La taille moyenne du ménage, se situe à 9,8 chez les hommes et 8,1 chez les femmes soit en moyenne 9 personnes par ménage. Le revenu moyen par exploitant est de 58,8$ avec des disparités (57,7$ selon que l'exploitant est homme et 47,1$ si non). L'accès au crédit dans l'aire d'étude demeure faible (moyenne de 14,2%) à la suite de l'absence des services financiers dans les milieux ruraux. Contre toute attente, le niveau d'accès des femmes au crédit se situe à 15% contre 12% chez les hommes. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les femmes rurales ne quittent pas le secteur agricole aussi rapidement que les hommes. Elles acceptent des rémunérations moindres et les types de crédits offerts par les institutions spécialisées dans les zones rurales sont plus orientés vers des petites activités génératrices de revenu pratiquées généralement par les femmes. L'expérience des exploitants familiaux est en moyenne de 21ans avec des disparités entre sexe. La superficie de terres possédée par exploitant est en moyenne de 0,5ha. Des études récentes dans le Bushi ont fait les mêmes conclusions, bien que l'agriculture soit la principale activité pour (88,7%) de ménages tant en termes de temps de travail que de revenu. Il s'agit, à ce point de vue, des petits exploitants. Les sources secondaires de revenu pour les enquêtés sont le petit commerce (43,2% d'enquêtés), l'artisanat (6,3%), la fonction publique (4,7%) et le manœuvre (2,8%).

Notons que 57,3% d'enquêtés adhèrent aux associations paysannes. Les terres sont achetées (31,9%), héritées (63,3%) ou louées (4,7%). 68% d'exploitants enquêtés intègrent l'agriculture à l'élevage familial, 72% d'exploitants enquêtés accèdent aux intrants agro-pastoraux par achat. Les principales spéculations agricoles vivrières sont le manioc, la banane, le haricot, le maïs, la patate douce, le soja, le sorgho. La canne à sucre, le café en pleine relance y sont pratiqués comme cultures de rente. Les exploitants enquêtés accèdent, dans une très faible proportion, aux variétés résistantes vulgarisées par les services techniques de vulgarisation agricole.

3.2 IMPACT DU FLETRISSEMENT BACTERIEN DU BANANIER SUR LE REVENU DES PETITS EXPLOITANTS

Tableau 1: Estimation d'impact du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu

Paramètres	Coefficient	z	Sig
ATE	-29,57575 (4,18756)	-7,06	0,000
ATT	-31,14702 (3,973595)	-7,84	0,000
Number of obs.		232	
Number of matches(m)		4	
Number of matches robust std err(h)		4	

Les paramètres de l'effet moyen du traitement (ATE) et celui de l'effet moyen du traitement sur les traités ont été estimé pour dégager l'effet causal du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu de petits exploitants. La méthode d'appariement des scores de propension a été utilisée pour apparier les exploitants affectés et ceux non affectés par la crise. A travers le coefficient du paramètre ATE, les résultats du tableau ci-dessus mettent en évidence le fait que le flétrissement bactérien du bananier réduit de plus de moitié , 56,7%, le revenu des petits exploitants dans la zone d'étude, soit 29,5$ sur les 52$ de revenu mensuel déclaré . Cela traduit l'impact du flétrissement bactérien du bananier sur le revenu d'un petit exploitant tiré au hasard dans la population. Le paramètre ATT traduit l'effet moyen du flétrissement bactérien du bananier dans la sous-population des traités (ménages affectés par le flétrissement bactérien du bananier). Il s'élève à 31,1$, soit 59,8% du revenu mensuel déclaré par les ménages dans la zone d'étude. En considérant l'évolution des effectifs d'exploitants familiaux actifs dans la filière banane au Bushi, 231 690 exploitants[1], ces pertes économiques pourraient atteindre 7,2 millions de $ US le mois soit environ 86,4 millions l'an, si la crise touchait tous les ménages agricoles actifs de la filière banane au Bushi. Elles pourraient s'alourdir à l'absence des mesures efficaces de lutte, avec d'énormes dégâts collatéraux aux plans alimentaire, culturel, humain et écologique. Il est ressorti des enquêtes et réunions de recherche que le degré la vulnérabilité des exploitants aux effets de cette crise dans la région du Bushi s'est accrue à la suite de l'existence d'une économie locale peu diversifiée, le revenu monétaire des ménages etant essentiellement tributaire du bananier ; et des effets de la mosaïque africaine de manioc qui a secoué la région du Kivu pendant la décennie passée. A ceci s'ajoutent divers facteurs structurels tels que l'absence des politiques agricoles incitatives, les conflits armés devenus récurrents, l'érosion et infertilité du sol, l'accès limité au marché, etc. Le développement de la région du Bushi requière, de ce fait, des programmes multi-acteurs axés sur la relance agricole et économique.

3.3 LES LEVIERS DE RESILIENCE MOBILISES PAR LES EXPLOITANTS FACE A LA CRISE

Face à un problème de choix l'agent rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité [6]. Pour assurer leur subsistance dans ce nouveau contexte, les petits exploitants de la région du Bushi ont mis en route divers mécanismes de résilience, non exclusifs :

3.3.1 LA DIVERSIFICATION AGRICOLE

La notion de diversification est communément considérée comme le fait, pour une entreprise, de varier la gamme de ses produits ou de ses clients pour se développer ou pour protéger son activité principale [7]. Appliquée à l'agriculture, elle peut être définie comme l'introduction ou le développement, dans une exploitation agricole, de spéculations additionnelles aux spéculations existantes [8]. En substituant par une autre une source de revenu en déclin, la diversification agricole apparait ainsi comme la réponse des exploitants face à l'instabilité des marchés internationaux [9]. Pour de nombreux ménages ruraux, la diversification des sources de revenu apparait par ailleurs comme une stratégie de survie. Plusieurs études, portant sur les objectifs et les stratégies des exploitants agricoles, montrent en effet que ces derniers adoptent la diversification des sources de revenu comme une stratégie de minimisation des risques ou d'adaptation dans leur environnement [10], [11].

[1] *Rapport de l'Inspection provinciale de l'agriculture, pèche et élevage du Sud-Kivu, 2013.*

La théorie économique prédit que face à un problème de choix, l'agent rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité. Les lourdes menaces qui pèsent sur le bananier, alors que banque alimentaire et monétaire des petits exploitants du Bushi, donne un regain d'intérêt pour d'autres cultures, à la quête d'un supplément vivrier. Les exploitants sont contraints de substituer la culture du bananier par d'autres spéculations vivrières. Pour les adoptants de cette stratégie (50,4), la réduction des superficies du bananier au profit d'autres cultures vivrières tient à la faible assise foncière qui caractérise, sujette à une forte explosion démographique. Cette pratique consiste à dessoucher des plants de bananier malades pour limiter la propagation de la crise. Diverses spéculations agricoles telles que le maïs, la pomme de terre, la canne à sucre, la patate douce, la tomate, les cultures maraichères (amarantes, carottes, aubergine, chou) servent d'amortisseur avec des fortes disparités géographiques. Ces disparités sont fonction de la proximité avec les institutions de recherche et le contact des exploitants avec les services techniques de vulgarisation agricole. Cette combinaison de plusieurs spéculations vivrières sur l'exploitation agricole permet le transfert de ressources financières d'une culture à l'autre. Une stagnation de la culture du manioc s'observe dans la zone d'étude à la suite de son cycle végétatif long et l'antécédent traumatique lié à la mosaïque africaine de manioc qui a secoué la région. Par un fort attachement au bananier, lié à ces multiples usages, les exploitants de la région du Bushi attribuent un caractère transitoire à la diversification agricole actuelle. Actuellement, les exploitants affectant le ¾ de leurs terroirs familiaux au bananier dans la zone d'étude passent de 69,7% à 6,7%. La substitution des cultures s'accompagne d'un changement progressif du régime alimentaire au sein des ménages. Cependant, l'expansion incontrôlée d'autres cultures de substitution à caractère commercial telle que la canne à sucre, au détriment des cultures vivrières pourrait , à moyen et long termes, causer d'énormes défis alimentaires dans la région. Les travaux de Mbetid-Bessane et al. [12] auprès des agriculteurs Centrafricains, Camerounais et Tchadiens ont fait des conclusions similaires. Ces auteurs rapportent que face à la crise cotonnière, les agriculteurs réduisaient sensiblement les surfaces cotonnières au profit des cultures vivrières. Gnangle et al. [13] ont également trouvé qu'à la quête de la sécurité alimentaire à la suite du changement climatique, les producteurs du Nord-Benin avaient abandonné la culture d'igname au profit du manioc.

3.3.2 LA PLURIACTIVITÉ

La pluriactivité est une caractérise nombreux systèmes de production ruraux exposés à divers risques [14], [15]. Elle offre de nouvelles opportunités et de nouveaux débouchés pour les travailleurs agricoles excédentaires une modification progressive de l'allocation du travail agricole [16]. Pour Cordier et al. [17] il s'agit de « *ne pas mettre tous les œufs dans un même panier* » en contexte de crises. Il s'agit d'une stratégie défensive de diversification des activités monétaires dès qu'un créneau économique peut être exploité.

Pour subsister dans un contexte de crise, 1 sur 2 petits exploitants du Bushi recoure, aux activités extra-agricoles à la quête des revenus alternatifs. Des disparités géographiques s'observent entre plusieurs localités de la zone d'étude avec un pic à Bushwira, Mudaka, Miti et Katana par l'existence des marchés(Mudaka, Kavumo et Katana) et centres commerciaux locaux ainsi que leur proximité avec la route principale Bukavu-Goma. L'existence des institutions de microfinance dans certaines localités que d'autres pourrait également justifier ces disparités. Les exploitants qui accèdent au crédit seraient enclins à pratiquer la pluriactivité que ceux n'y accédant pas. Plusieurs secteurs d'activités y sont ainsi exploités tels que, par ordre d'importance, le petit commerce, l'artisanat (y compris celui minier), la coupe –couture, la restauration, etc. Ces pratiques économiques alternatives procèdent à diverses motivations [18], [19]. Pour les exploitants de la région du Bushi, le revenu non agricole constitue un véritable filet de sécurité face à l'incertitude dans un contexte fragilité institutionnelle où des mécanismes formels de securité sociale sont inexistants. Les capitaux au démarrage d'une nouvelle activité économique se constituent de (*i*) l'épargne personnelle, (*ii*) la vente d'actifs productifs du ménage, (*iii*) des aides familiales et (*iv*) des petits crédits formels et informels. Dans leurs travaux sur les activités non-agricoles dans les localités de Kavumo et Katana, Furaha et al. [20] ont constaté dans leurs études que 31,3% de capitaux dans la participation des ménages ruraux aux activités non agricoles provenaient de la vente du patrimoine du ménage. Cette situation pourrait plonger les exploitants dans un cercle vicieux de la pauvreté. Zhu [21] note qu'en dépit de revenu monétaire généré par la diversification économique, comme alternative de réduction de la pauvreté, la décapitalisation (vente d'actifs du ménage) au début de l'activité extra-agricole, peut accroitre la vulnérabilité. A noter que bien que le crédit puisse constituer un mécanisme de protection contre le choc, il peut également s'avérer une source de risque pour les ménages qui y recourent. Un véritable « *piège de la pauvreté* », les revenus actuels influant sur ceux futurs [22].

3.3.3 LE SALARIAT AGRICOLE

Les choix des ménages dans le domaine de l'offre du travail sont dynamiques, changeant devant les chocs [23], [24], [25]. Ainsi face à un choc négatif, les membres d'un ménage qui étaient inactifs jusque –là peuvent décider d'intégrer le marché

du travail alors que ceux qui étaient déjà actifs peuvent choisir d'ajouter leur offre de travail et d'en changer la nature. Dans la région du Bushi, les petits exploitants ont recouru au salariat agricole pour faire face à la crise de revenu. Les Résultats de notre étude montrent que 1 sur 3 exploitants participe au salariat agricole à la quête d'une rente journalière, en nature ou en monnaie, ne dépassant pas 0,49$(800Frans congolais). Dans la zone d'étude, cette pratique fonctionne comme une véritable entreprise ouvrière et consiste en la vente de la force de travail contre une rémunération. Il ne s'agit nullement pas d'une récente pratique au Bushi, celle-ci étant communément appelée *Rukotwa*[2] depuis plusieurs années. Il sied de noter qu'elle revêt, actuellement, diverses formes et prend de l'ampleur dans ce contexte de crise. Notons, cependant, que loin d'être une stratégie de résilience, cette pratique accroit la mise au travail précoce d'enfants, avec des effets néfastes sur le capital humain au sein du ménage. Les enfants sont ainsi mis à contribution par les leurs parents pour assurer la survie familiale, plusieurs d'entre eux étant contraints d'abandonner leurs études pour maximiser leur utilité.

3.3.4 LE RECOURS AUX RÉSEAUX SOCIAUX

Les réseaux sociaux constituent une de formes privilégiées de soutien dans un contexte de crise. Ils traduisant l'élan de solidarité dans les milieux ruraux [26] permettant aux communautés rurales d'inventer un ailleurs dans un environnement risqué. Pour Ngalamulume [27], [28], il s'agit d'une adaptation des acteurs du bas. En vertu du principe qu'on ne peut pas être résilient tout seul, les exploitants du Bushi mutualisent les risques au moyen des réseaux sociaux d'entraide. Cette action collective mobilisée se traduit par la création des groupes sociaux de proximité dans la poursuite des objectifs communs. Une forme d'auto structuration rurale voit le jour. Bien que plusieurs formes d'organisation coexistent, la finance solidaire se singularise dans la zone d'étude. Une forte émergence des mutuelles de solidarité (muso)[3] s'observe à la recherche d'une inclusion financière des milieux ruraux en appui à la pluriactivité. D'autres formes d'organisations tels que les associations locales de développement, les groupements féminins, les mutuelles d'assurance maladie se forment pour permettre aux exploitants familiaux de faire face collectivement à la crise. Bien que l'adhésion des exploitants aux associations de développement procède à la logique traditionnelle de développement, en temps de stabilité, elle s'inscrit dans une logique de recherche des appuis des intervenants, un positionnement stratégique dans un contexte de crise. Ces appuis sont, pour l'essentiel, l'encadrement agricole, le crédit agricole, les intrants et outils agricoles, les informations relatives au flétrissement bactérien du bananier. Perrine et al. [29], ont parlé d'une pratique visant à capter l'aide extérieure. Pour ces auteurs, ces regroupements paysans dictés par un environnement des risques demeurent conjoncturels.

3.3.4.1 RECOURS AUX INNOVATIONS AGRICOLES

Les innovations agricoles ont également constitué de recours aux exploitants familiaux du Bushi dans un contexte de crise. Certains auteurs comme Feder [30] considèrent que le fait que l'innovation est perçue comme étant un risque, empêche les agriculteurs d'innover. D'autres chercheurs arguent généralement que, quand l'innovation apparaît, les utilisateurs sont incertains de son efficacité et tendent à regarder son utilisation comme expérimentale (Mansfield, [31].

Ainsi, pour se prémunir des effets du flétrissement bactérien du bananier, les petits producteurs ont appliqué scrupuleusement les conseils reçus des services techniques de vulgarisation et fait recours aux variétés résistantes vulgarisées dans la zone d'étude par diverses intervenants. Comme pour les autres stratégies de résilience mises en route par les exploitants, le recours aux innovations agricoles cache d'importantes disparités géographiques. La proximité ou non des centres de recherche et des structures d'appui l'influence.

Notons que ces leviers mis en route par les petits exploitants pour se prémunir des effets néfastes du flétrissement bactérien du bananier sont non exclusives. Un exploitant combine, de ce fait, plus d'un levier pour maximiser ses capacités de résilience, en fonction des opportunités qui s'offrent à lui. Des stratégies individuelles et collectives coexistent. Il faut noter que pour certaines stratégies, tels que la diversification agricole, la pluriactivité, le salariat agricole, il s'agit d'une intensification dans la mesure où celles-ci ont existé avant la crise. Elles ne font que s'amplifiées et prendre des formes

[2] Jargon qui date des années 1984 lors de la grande famine qui a secoué la région du Bushi en province du Sud-Kivu à la suite des sècheresses prolongées.

[3] Il s'agit d'une dynamique communautaire de riposte face à la dégradation des conditions de vie, dans une perspective de relance économique au moyen de la finance solidaire (caisses d'épargne, tontines). Une tentative de bancarisation, par le bas, des zones rurales où les services financiers sont inexistants.

diverses à la suite de la crise. Bien que conjoncturelles au départ, basées sur la logique de survie, ces stratégies de résilience permettent aux exploitants d'assurer la sécurisation et la reproduction de leurs moyens de subsistance. Pouvons-nous à ce point qualifier des résilients ces exploitants ? Rousseau (cité par Lallau, 2010) distingue la faible résilience de la forte. La première se traduit par le primat de stratégies défensives visant à sauvegarder ce qui peut l'être, par une gestion de l'urgence teintée de fatalisme et d'attentisme, et la deuxième permettant l'adaptation des pratiques productives et des modes d'accumulation du capital. Ces deux types de stratégies (défensives et productives) coexistant dans la zone d'étude, les exploitants disposent d'une capacité de résilience qui nécessite d'être renforcée par les « tuteurs » de résilience. Il sied, cependant, d'indiquer que l'exploitant peut être résilient aujourd'hui sans nécessairement l'être demain, et que des disparités géographiques énormes s'observent entre les diverses stratégies de résilience en fonction des zones agro-écologiques. Des approches basées sur les besoins spécifiques des exploitants et qui intègrent les logiques paysannes sont suggérées pour une relance agricole et économique dans la région du Bushi.

4 CONCLUSION

Depuis déjà plus d'une décennie, l'incertitude forge le quotidien des petits exploitants de la région du Bushi à l'Est de la République Démocratique du Congo à la suite du flétrissement bactérien du bananier, à côté d'autres facteurs structurels. Cette étude visait à analyser l'impact de cette crise sur le revenu des exploitants et à inventorier leurs pratiques et stratégies de riposte pour y subsister. Cette étude est basée sur des données collectées auprès de 232 petits exploitants au moyen d'enquêtes et des réunions de recherche dans 16 localités en territoires de Kabare et Walungu au Sud-Kivu.

Grâce à l'usage de la méthode d'appariement des scores de propension, les résultats mettent en évidence le fait que cette crise réduit jusqu'à 59,8% le revenu mensuel des exploitants soit 31,1$ sur le 52$ déclarés dans la zone d'étude. Considérant les 231 690 exploitants familiaux restés actifs dans la filière banane au Bushi, ces pertes économiques avoisineraient 7,2 millions de $ le mois soit environ 86,4 millions l'an, à l'absence des mesures efficaces de lutte, avec d'énormes dégâts collatéraux aux plans alimentaire, culturel, humain et écologique. Les leviers de résilience (non exclusifs) mis en route par les exploitants face à la crise sont, pour l'essentiel, la diversification agricole, la pluriactivité, le salariat agricole, le recours aux réseaux sociaux d'entraide et le recours au paquet technique.

Ces résultats suggèrent des approches et programmes de relance agricole et économique qui intègrent les diverses logiques paysannes dans la région du Bushi. Des études axées sur les dimensions temporales et spatiales des pratiques et stratégies paysannes dans la zone d'étude restent de mise aux fins d'apporter plus d'éclairages sur la robustesse de celles-ci et l'influence des zones agro-écologiques sur le choix adaptatif des petits agriculteurs.

REFERENCES

[1] Julie Van Damme., Analyse systémique des contraintes en culture bananière au Rwanda, mémoire, Université catholique de Louvain, 107pages, 2008.

[2] Mugangu, S., *Foncier, territorialité et nationalité dans le Kivu montagneux: quelles articulations?*, Bruylant, 343 pages, 1997

[3] Ouedraogo S.R., Déterminants économiques, sociodémographiques et institutionnels de l'adoption et de l'intensité d'utilisation de la culture attelée dans le Centre-Nord du Burkina Faso. Annales de l'Université de Ouagadougou, Série B, 001, 103-137, 2003

[4] E. Mbetid-Bessane., Déterminants économiques et sociaux de choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique. TROPICULTURA, 2010, 28, 2, 96-100 Ecology and Systematics, 4, 1973, p. 1-23., 2010.

[5] MacFadden, D., Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, in P. Zarembeka (ed.) Frontiers in econometrics. New York : Academic Press, 1973.

[6] Varian H.R. Analyse microéconomique. De Boeck, 6e éd., Bruxelles, 824 p, 2006.

[7] Yung J.M., Les stratégies des producteurs. *In:* Bosc P.M., eds. *Le développement agricole au Sahel*. Montpellier, France : CIRAD, 277-295, 1992.

[8] Moustier P., La diversification comme réponse au marché. Illustration par le cas du maraichage en Afrique sub-saharienne. In : Place de l'arboriculture fruitière et de l'horticulture dans la diversification agricole. Montpellier, France : CIRAD-FHLOR, 1997.

[9] Malezieux E. et Moustier P., La diversification dans les agricultures du Sud : à la croisée de logiques d'environnement et de marché. Un contexte nouveau. Cah. Agric., 14(3), 277-281, 2005.

[10] Caviglia-Harris J.L. & Sills E.O., Land use and income diversification: comparing traditional and colonist populations in the Brazilian Amazon. Agric. Econ., 32, 221-237, 2005.
[11] Dufumier M.,Diversité des exploitations agricoles et pluriactivité des agriculteurs dans le Tiers Monde. Cah. Agric., 15(6), 584-588, 2006.
[12] Mbietid-Bessane E, Havard Miche, Leroy Jean et Djondang Koye., Effets des changnements socio-economiques sur les stratégies des agriculteurs des zones cotonieres d'Afrique Centrale. Cameroon Journal Science,Vol.2 N°2, 2006.
[13] Paul Cesaire GNANGLE, Janvier EGAH, Mohamed Nasser BACO., Charlemagne D.S.J. GBEMAVO, Romain Gisele KAKAI et Nestor SOKPON Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Benin. Int.J.Biol. Chem. Sci. 6(1):136-149, 2012.
[14] Bonnet B. Et Guibert Bertrand., Vulnérabilité et efforts d'adaptation des familles de pasteurs face aux crises récurrentes, enseignements tirés de l'analyse de l'incertitude pastorale dans les trajectoires familiales. Agence nationale de recherche. Elevage climat société, Iram, 21 pages, 2008.
[15] ZHU N et LUO X., L'impact de la participation aux activités non-agricoles sur l'inégalité rurale : le cas de la chine. Oxford University Press, 2005.
[16] Déclame N. , La pluriactivité gagne du terrain dans les exploitations professionnelles. AGRESTE, Cahiers n°2, 2001
[17] Cordier J., Antoine Erhel, Alain Pindard et Frédéric Courleux., La gestion des risques en agriculture de la théorie à la mise en œuvre : éléments de réflexion pour l'action publique, NEE n°30, mars, pp. 33-7, 2008.
[18] Castells et al., « Aftermath. The cultures of the Economic Crises », OUP Oxford Commissariat Général au développement durable, 2012.
[19] Barhalengehwa J.B., Effets des conflits et stratégies paysannes dans la localite rurale de Kabare, province du Sud-Kivu, à l'Est de la Republique Democratique du Congo. Memoire de DEA,UOB, 143 pages, 2008.
[20] Furaha G.,Mastaki Leki et Lebailly Philippe. , L'impact des activités non agricoles sur la pauvreté et l'inégalité rurales. Cas des groupements Katana et Kavumu, province du Sud Kivu, 2013.
[21] Impact, spread and management. Journal of Applied Biosciences, Vol.1 (1):1-7. Nong Zhu., Determinants de la participation aux activitees non-agricoles et du revenu des meenages ruraux: le cas de la Chine. Centre d'Etudes et de Recherche sur le Deeveloppement International(CERDI), 19p, 2002.
[22] Banerjee, A. et E. Duflo., « Poor economics: A radical rethinking of the way to fight global poverty », Public Affairs, New York, 2011, 2011.
[23] Beegle, K., R.Dehejia et R.Gatti. "Why should me care about child labor? The education, labor market, and hearth consequences of child labor". Journal of human ressources, 2009.
[24] Giles, J., "Is life more risky in the open? House hold risk-coping and the opening of china's labor markets". Journal of developpment economics, Elsevier, Vol.81(1), pp.25-60, 2006.
[25] Blunch N.H et D. Verner., "Revisiting the link betwen poverty and child labor: the Ghanian Experience". Working paper centre of labor market and social research, Denmark, 2001.
[26] Fafchamps, M.et S. Lund., « Risk sharing network in rural Philippines ». Journal of development economics, vol.71 (2), pp.161-287, 2003.
[27] Gregoire Ngalamulume Tshiebue ., Dynamiques paysannes et securisation alimentaire au Kasai Occidental. Alternatives Sud, Vol.15-2008/107, 2008.
[28] Lourenco-Lindell I. , Walking the Tight Rope: Informal Livrlihoods and Social Networks in a West Africa City, Stockholm Studies in Human Geography 9, Stockolm, A lmquist and Wiksell International,2002.
[29] Laissus P. & Lallau B. , Résilience spontanée, résilience suscitée. Les complexités de l'action humanitaire en « zone LRA » (Est de la République centrafricaine). Ethics and Economics, 10(1), 96-118, 2013.
[30] Feder g, just r.e, et Zilberman d**. ,** "Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey", *Economic Development and Cullural Change,*33 (2), 255-292, 1985.
[31] Mansfield ck**,** "Industrial Research and Technological Innovation". *New York: Norton, 1966.*

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 76-82
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'implication d'Helicobacter pylori dans la genèse des Lymphomes gastrique de MALT

Abdellah Ben Khali, Souad Belamalem, Ali QYOU, Houria Chahed Ouazzani, and Abdelmajid Soulaymani

Laboratoire de Génétique et Biométrie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, 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: This work aimed to investigate the involvement of helicobactere pylori in the genesis of gastric MALT lymphoma (associated lymphoid tissue in the mucosa) by a retrospective study was performed on cases registered at the Hepato-Gastro Service -entérologie at Rabat University Hospital during the period from 2000 to 2010.
During the study period, 23 cases of gastric MALT lymphoma associated with Helicobacter pylori infection have been identified. They represent a prevalence of 49% for all cases of lymphoma of MALT of our series. The time division shows an average of 3 ± 0,59 cases. The majority of cases were from Kenitra-Rabat-Sale with 36%. Men were the most affected with 56.5%. The χ2 test showed no significant difference between gender (χ2 = 0.39 P> 0.05). 50.5 ± 3.9 years, the average age of the patients was hospitalized with tips ranging from 19 years to 85 years, with a predominance of the age range [50-60 [with 26.1%. The most registered clinical signs are usually: Alteration of the general state (19%), fever (12%), anemia (11%), epigastric 14%. Indeed 52% of injuries are attributed to the den, 26% are pangastrique fundic and 22% are observed in the pylorus, for cons, the Cardial remains the least affected office and 39% of patients have a toxic habit. Examinations and analyzes were able to show acceleration of sedimentation rate with ends ranging from 23 mm to 120 mm for the first hour

KEYWORDS: helicobactere pylori, gastric MALT lymphoma.

RESUME: Ce travail visait à étudier l'implication de l'helicobacter pylori dans la genèse du lymphome gastrique de MALT (tissu lymphoïde associé à la muqueuse) par une étude rétrospective qui a été réalisée sur des cas enregistrés au niveau de service d'hépato-Gastro-entérologie au Centre Hospitalier Universitaire de Rabat durant la période 2000 à 2010.
Durant la période d'étude, 23 cas des lymphomes gastrique de MALT associés à l'infection par Helicobacter Pylori ont été identifié. Ils représentent une prévalence de 49 % pour l'ensemble des cas de lymphomes gastrique de MALT de notre série. La répartition dans le temps montre une moyenne annuelle de 3± 0,59 cas. La majorité des cas étaient en provenance de Rabat-Salé-Kenitra avec 36 %. Les hommes étaient les plus touchées avec 56,5 %. Le test χ2 n'a pas montré de différence significative entre le sexe (χ2=0 ,39 P>0,05). 50,5± 3,9 ans, L'âge moyen des patients hospitalisés était avec des extrémités allant de 19 ans à 85 ans, avec une prédominance de la tranche d'âge de [50-60[avec 26,1 %. Les signes cliniques les plus enregistrés sont généralement : Altération de l'état général (19 %), fièvre (12 %) anémie (11 %), épigastralgie 14 % . En effet 52 % des lésions sont attribuées à l'antre, 26 % sont pangastrique et fundiques, 22 % sont observées au niveau du pylore, par contre, le cardial reste le siège le moins touché ainsi 39% des patients ont une habitude toxique. Les examens et analyses complémentaires ont pu montrer l'accélération de la vitesse de sédimentation avec des extrémités allant de 23 mm à 120 mm pour la première heure.

MOTS-CLEFS: Helicobacter pylori, Lymphomes gastrique, MALT.

1 INTRODUCTION

Le terme de "cancer" désigne un groupe de maladies caractérisé par la présence de tumeurs malignes issues de la transformation par mutations, remaniements du génome ou infection virale d'une cellule initialement normale. Hippocrate

(460-370 avant J-C.) fût le premier à utiliser les mots "carcinos" et "carcinoma" pour désigner des ulcérations chroniques ou des grosseurs apparentées à des tumeurs malignes [1] comme les adénomes, les lymphomes…

Le lymphome est un terme générique attribué historiquement aux proliférations malignes des tissus lymphoïdes. Actuellement, ce mot désigne des cancers dérivés des lymphocytes, acteurs majeurs du système immunitaire.

Parmi ce type de lymphomes on cite les MALT qui sont des lymphomes indolents, souvent localisés (d'où l'importance du staging) pouvant concerner le tube digestif, les glandes salivaires, lacrymales, la thyroïde, la peau, le poumon. . .).

Ils regroupent une variété de néoplasies du tissu lymphoïde qui dans l'ensemble représentent la sixième cause de mortalité par cancer aux USA et en Europe [2]. En Europe, l'incidence est de 15 pour 100 000 habitants chez les femmes et 12.2 chez les hommes. Parmi les différents cancers, l'incidence des LMNH est celle qui augmente le plus rapidement [3].

Les lymphomes malins non hodgkiniens de type MALT gastriques sont les plus fréquents (plus de 30 % de l'ensemble des lymphomes malins non hodgkiniens (MALT) et sont souvent porteurs d'une translocation (11;18) (q21;q21), plus fréquente dans les formes avancées, Helicobacter. pylori négatives [4].

L'infection a Helicobacter. Pylori n'entraine pas uniquement l'acquisition des tissus de type MALT au niveau de l'estomac mais aussi induit la transformation des cellules malignes de type B.

Cependant, Helicobacter.Pylori induit et entretien une prolifération active des cellules B qui peuvent régénérer des anomalies génétiques, mais il attire également et active des polynucléaires neutrophiles qui ont une capacité génotoxique du fait de libérer des métabolites réactifs de l'oxygène [5]. Le but de ce travail est de décrire le profil épidémiologique et cliniques des Lymphomes Malins Non Hodgkiniens (LMNH) de type MALT gastrique associé à l'infection par Helicobacter Pylori recensé au niveau de Service d'Hépato-Gastro-Entérologie au Centre Hospitalier Universitaire de Rabat au Maroc.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective descriptive sur une période de onze ans entre 2000 et 2010, en consultant les dossiers des patients qui ont été hospitalisés durant cette période via leur leurs biopsies faites au moment de l'examen de leurs estomacs par la fibroscopie au sein de service d'hépato-Gastro-entérologie au Centre Hospitalier Universitaire de Rabat, provenant de toutes les régions du Maroc.

La méthodologie statistique a été basée sur le calcul des fréquences ou des moyennes de chaque variable étudiée qui nous ont permis de décrire les cas étudiés. Les variables étudiées concernent les caractéristiques épidémiologiques des patients (âge, sexe, provenance, les habitudes toxiques..) biologiques (le taux d'hémoglobine, la vitesse de sédimentation, les marqueurs antigéniques, ..) et cliniques (symptômes, localisation réalisée par fibroscopie œsophago-gastroduodénal).

Les données ont été saisies sur Excel et analysées par un logiciel statistique. Les variables quantitatives ont été exprimées en moyenne et en écart type et les variables qualitatives en nombre et en pourcentage. Le test khi-deux (χ^2) à 5 % a été utilisé pour déceler des liaisons significatives.

3 RÉSULTATS

Durant la période d'étude, 23 cas des lymphomes gastrique de type MALT associés à l'infection par Helicobacter. Pylori ont été identifié durant la période d'étude. Ils représentent une prévalence de 49 % pour l'ensemble des cas de lymphomes gastrique de type MALTde notre série.

La répartition dans le temps montre une moyenne annuelle de 3± 0,59 cas/ an (figure 1).

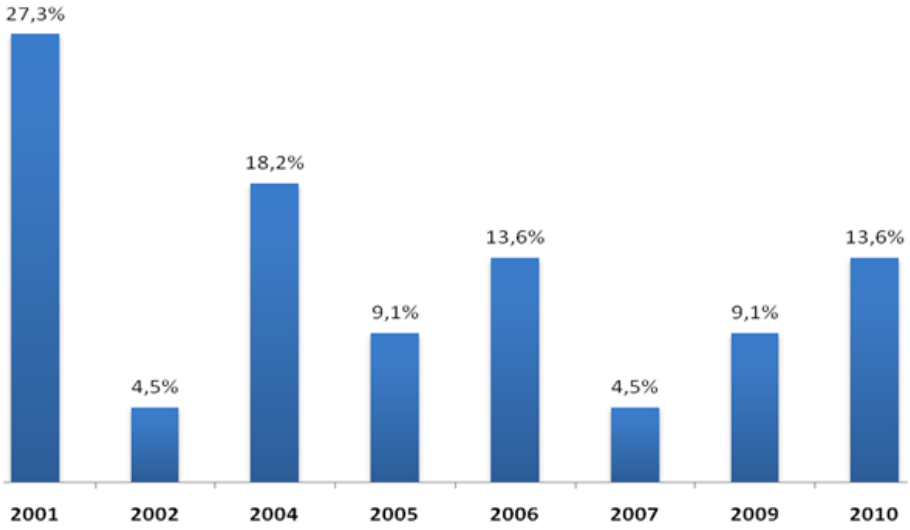


Figure 1 : Répartition des lymphomes de MALT associés à Helicobacter.Pylori.

Les résultats concernant les caractéristiques épidémiologiques de la population étudiée sont regroupés sur le tableau 1. L'âge moyen des patients hospitalisés était de 50,5±3,9 ans. D'après les résultats de ce tableau, on constate que la tranche d'âge la plus touchée était celle compris entre 50-60 ans, avec 26,1 % de cas, suivie par celle de 20-30 ans et 70-80 ans avec 17,4 % pour chacun d'eux puis celle de 60-70 ans avec 13 % des cas Le sex –ratio (M/F) était de 1,3 en faveur des masculins.

La répartition géographique des données montre que la majorité de patients proviennent de la région Rabat Salé Kenitra (36%), suivie de la région Tanger-Tétouan (18%), puis Oriental et Rif l (14%) [Tableau1].

Tableau 1 : Répartition des Lymphomes gastrique de MALT selon les caractéristiques des patients

Variables	**n**	**%**	**χ^2**	**P**
Tranches d'âges			7,26	>0,05
[10-20[	2	8,7		
[20-30[	4	17,4		
[30-40[	2	8,7		
[40-50[[	1	4,3		
[50-60[	6	26,1		
[60-70[	3	13		
[70-80[	4	17,4		
>= 80	1	4,3		
Total	**23**	**100**		
Sexe			0,39	>0,05
Féminin	10	43,5		
Masculin	13	56,5		
Total	**23**	**100**		
Provenance				
Rabat Salé Kenitra	8	36%		
Tanger-Tétouan	4	18%		
Oriental et Rif	3	14%		
Béni Mellal-Khénifra	2	9%		
Marrakech- Safi	1	5%		
Casablanca-Settat	1	5%		
Drâa-Tafilalet	1	5%		
Laâyoune-Saguia al Hamra	1	5%		
Souss-Massa	1	5%		
Total	**22**	**100**		

p≥ 0.05 : liaison non significative

Concernant la répartition selon le siège de prélèvement, les résultats obtenus ont démontré que la localisation préférentielle de lymphomes gastrique de MALT associé à l'infection par H. Pylori est l'antre gastrique. En effet 52 % des lésions sont attribuées à l'antre, 26 % sont pangastrique et fungiques, 22 % sont observées au niveau du pylore. Par contre, le cardial reste le siège le moins touché.

Néanmoins, les patients qui ont eu des lymphomes gastriques de type MALT associé à H.Pylori, ont présenté des signes cliniques. Un patient peut avoir un ou plusieurs signes cliniques.

Un total de 118 signes a été collecté, les plus observés sont généralement une altération de l'état général (19 %), épigastralgie (14%), fiévre (12%), anémie (11%) (figure3). Concernant la décision prise pour le traitement est : 61 % de ces malades ont été référé à l'Institut National d'Oncologie, 26% ont subi une intervention chirurgicale, 12 % ont reçu un traitement symptomatique et 2 % sont décédés.

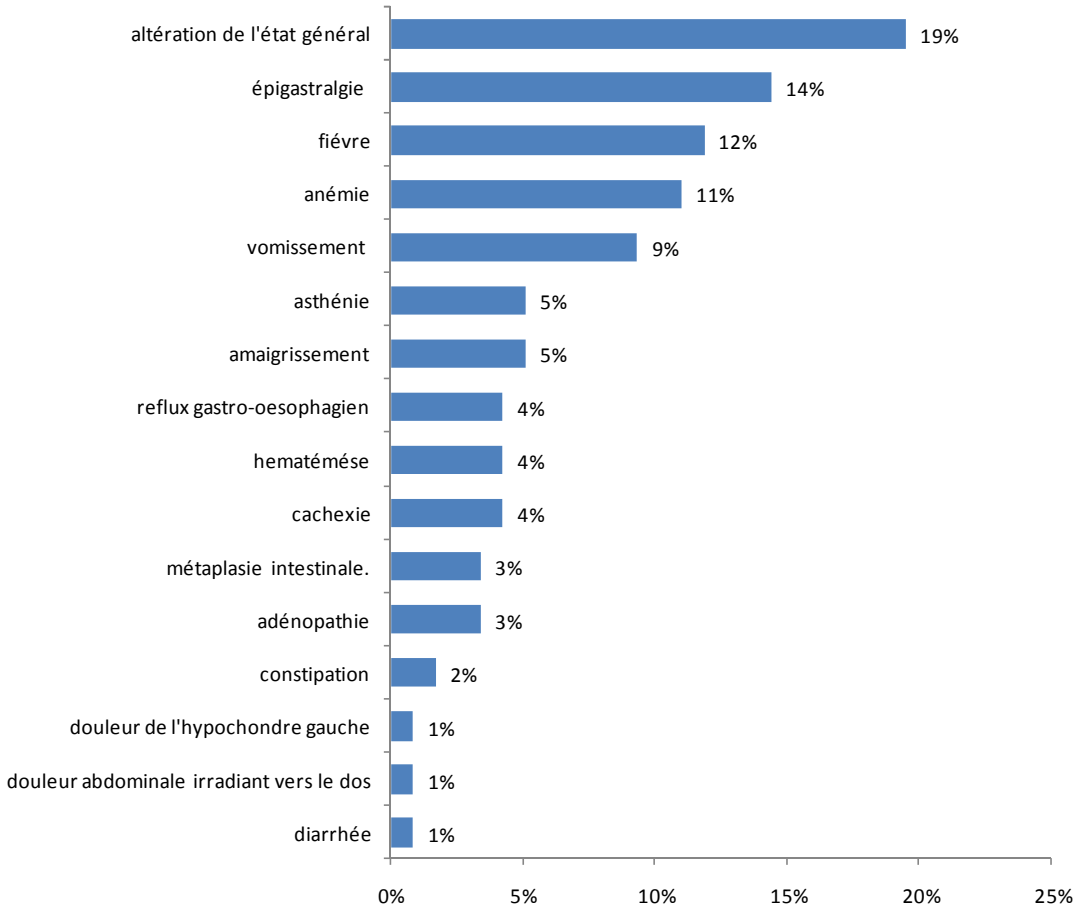


Figure 2 : Répartition des signes cliniques

39% des patients qui ont une habitude toxique, parmi lesquelles 50 % sont tabagique, 36 % alcoolique, 14 % qui ont utilisés des anti-inflammatoires non stéroïdiens et 7 % des patients ont une notion de prise des plantes toxiques de même pour les patients qui ont pris des anti-inflammatoires stéroïdiens.

Les examens et analyses complémentaires ont pu montrer l'accélération de la vitesse de sédimentation avec des extrémités allant de 23 mm à 120 mm pour la première heure. La numération formule sanguine peut montrer une diminution de taux d'hémoglobine (anémie). Ce taux d'hémoglobine varie entre une valeur minimale de 7,21g/dl et maximale de 12,6 g/dl (figure 3).

Pour l'identification immunophénotypique, on privilégie l'utilisation de ***cluster of differentiation*** **(classe de différenciation) CD** suivie d'un numéro spécifique d'un type morphologique et fonctionnel de leucocytes.

Dans notre étude les marqueurs associés aux cellules B sont des anticorps reconnaissants et déterminants présents sur toute la lignée lymphocytaire B. Ces marqueurs pan-B sont : CD19, CD20, CD79a. Ils sont presque toujours positifs, sur tous les lymphomes B.

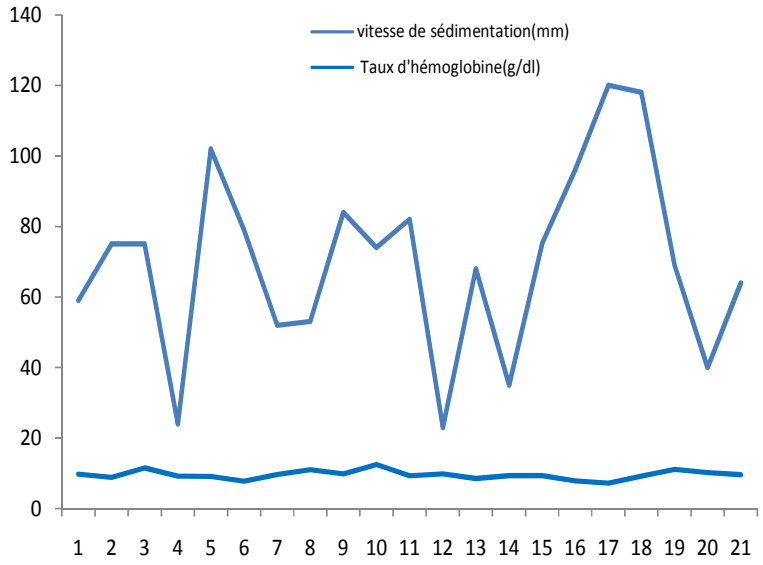


Figure 3 : Représentation graphique des valeurs des examens complémentaires

4 DISCUSSION

Les lymphomes malins de type digestifs représentent 5 à 25 % des lymphomes Malins Non Hodgkiniens L.M.N.H [6]. Ils sont inscris parmi les enjeux majeurs de santé publique au Maroc faisant l'objet de rémission fréquente depuis l'avènement des thérapies.

Notre étude a permis de colliger 23 cas de lymphome gastrique du MALT associé à l'infection H. Pylori au cours de 11 ans, avec une moyenne annuelle de 3 cas.

En ce qui concerne le sexe, nous avons trouvé que les hommes présentent une prédominance par rapport au sexe féminin. Le sex ratio était égal à 1,3 en faveur des hommes. Ce résultat est semblable à ceux trouvé par Ngassa et Mitterlechner au Mali ont rapporté un sex ratio H/F respectivement égale à 1,52 et 1,1 [7-8]. Ce risque masculin élevé serait essentiellement dû aux habitudes toxiques qui sont dans la majorité des cas liés au tabagisme et alcoolisme qui constituent les causes majeures de cette pathologie et, à un degré moindre, à l'exposition professionnelle et environnementale aux substances cancérigènes, plus importante chez les hommes [9], [10], [11], [12], [13], [14]. L'âge moyen des patients était de 50,5±3,9 ans. Les extrêmes étaient de 19 ans à 82 ans. La tranche d'âge 50 - 60 ans était la plus importante avec une fréquence de 26,1%. Dans d'autres travaux, la tranche d'âge la plus vulnérable est celle comprise entre 40- 93 ans avec un taux de 66%. Les âges extrêmes étaient de 15 à 93 ans. Ce constat a été retrouvé dans d'autres séries chinoises [15-16].

La relation *Helicobacter pylori* - lymphome gastrique du MALT est potentiellement liée à plusieurs arguments. Du point de vue épidémiologique, plus de 80 % des malades sont infectés par la bactérie, alors que le taux d'infection dans la population générale est de 30 à 35 % [17]. Il existe une prévalence plus élevée de lymphome gastrique du MALT dans les régions à forte prévalence de l'infection [18].

Une prévalence de 49 % a été enregistré dans notre série via le lymphome gastrique de type MALT associé à l'infection *Helicobacter pylori*. Dans d'autres travaux, la prévalence de l'infection à Helicobacter pylori chez des malades ayant un lymphome gastrique était de 82,5% [19]. Dans les publications de Wotherspoon et al, Eidt et al ont rapportée une présence d'Helicobacter pylori chez des malades ayant un lymphome gastrique du MALT dans respectivement 92% et 100% des cas [20-21].

Le lymphome de type MALT pourrait secondairement lié à une maladie auto-immune ou une infection chronique. 40 % des cas de lymphomes gastriques associés à l'infection par Helicobacter pylori et 53 % des cas non associés à Helicobacter

pylori. Les lymphomes de type MALT sont associés à la translocation t (11;18) (q21;q21) entraînant la fusion de deux gènes, API2 et MALT1, impliqués dans la régulation de l'apoptose [22].

5 CONCLUSION

Une bonne connaissance des aspects épidémiologiques et histo-pronostiques des lymphomes gastrique de type MALT est primordiale en vue d'un diagnostic précoce et d'une prise en charge adéquate d'une part, d'autre part l'éradication de l'infection à Helicobacter pylori trouvé au moment d'une biopsie d'un simple examen d'une gastrite aigue ou chronique est validée comme la première étape du traitement. Son succès est avant tout conditionné par l'absence de translocation t (11 ; 18).

REFERENCES

[1] GRAVELLE. PAULINE. Université Toulouse III Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier). Influence de l'organisation tridimensionnelle des cellules de lymphome folliculaire sur l'expression génique: Contribution à la caractérisation des mécanismes d'échappement immunitaire et de chimiorésistance, 2013.

[2] American Cancer Society. Non Hodgkin's lymphoma. Available at: http://wwwcancerorg/statistics 2004; Cancer Facts and Figures.

[3] Ferlay J, Bray F, R S, DM. aP. EUCAN: Cancer incidence, mortality and prevalence in the European Union 1996, version 3.1. Vol. N°4. Lyon; 1999.

[4] Maia, S., Besnard, J. C., Venel, Y., Baulieu, J. L., Guilloteau, D., & Antier, D. (2010). Optimisons la radioprotection du personnel lors de la radio-immunothérapie des lymphomes par 90Y-Ibritumomab-Tiuxetan. *Le Pharmacien Hospitalier*, *45*(4), 164-171.

[5] DELCHIER, J. C. (2003). Le lymphome gastrique du MALT, une infection maligne potentiellement curable par l'éradication de Helicobacter pylori.Gastroentérologie clinique et biologique, 27(3-C2), 453-458.

[6] Y. PARLIER. R é s u l t at d'une étude pro s p e c t ive et coopérat ive pour le traitement des localisations digestives des L.M.N.H. Gastro-entérol. Clin. Biol. 1985, 9 : 922 - 928.

[7] N'gassa P.P. Incidence et mortalité par cancer au Mali : données du registre du cancer de 1995 à 2004. Th : Med ; Bamako 2006; 68p.

[8] Mitterlechner T, Fiegl M, Mühlböck H, Oberaigner W et Al. Epidemiology of non-Hodgkin lymphomas in Tyrol/Austria from 1991 to 2000. J.Clin.Pathol. 2006; 59: 48-55.

[9] F.X. Bosch and E. Cardis, "Black tobacco and cancer : introducing and epidemiological review", European Journal of Cancer, no. 27, pp. 1345-1348, 1991.

[10] K. Andre, S. Schraub, M. Mercier, P. Bontemps, "Role of alcohol and tobacco in the aetiology of head and neck cancer: a case-control study in the Doubs region of France", European Journal of Cancer, no. 31, pp. 301-309, 1995.

[11] S.M. Cohen, T. Shirai, G. Steineck, "Epidemiology and etiology of premalignant and malignant urothelial changes", Scandinavian Journal of Urology and Nephrology, no. 205, pp. 105-115, 2000.

[12] J. Peng, F. Menegoz, J.M. Lesech, L. Remontet, P. Grosclaude, A Buemi, A.V. Guizard, B. Tretarre, A. Danzon , M. Velten, N. Maarouf, E. Jougla, G. Launoy, A. Dubreuil, "Les cancers du larynx en France : éléments d'épidémiologie descriptive et estimation de l'incidence nationale", Bulletin du Cancer, vol. 91, no. 4, pp. 363-368, 2004.

[13] M.J. Santos-Martínez, V. Curull, M.L. Blanco, F. Macià, S. Mojal, Vila J., J.M. Broquetasa, "Lung Cancer at a University Hospital: Epidemiological and Histological Characteristics of a Recent and a Historical Series", Archivos de Bronconeumología, vol. 41, no. 6, pp. 307-312, 2005.

[14] J.S. Neuberger, J.D. Mahnken, M.S. Mayo, R.W. Field, "Risk factors for lung cancer in Iowa women: Implications for prevention", Cancer Detection and Prevention, no. 30, pp. 158-167, 2006.

[15] Distribution of Lymphoid Neoplasms in China Analysis of 4,638 Cases According to the World Health Organization Classification Jian Sun, MD,1* Qunpei Yang, MD,2* Zhaohui Lu, MD, PhD,1 Miaoxia He, MD,3 Li Gao, MD,3Minghua Zhu, MD, PhD

[16] Analysis of 142 Northern Chinese Patients With PeripheralT/NK-Cell Lymphomas Subtype Distribution, Clinicopathologic Features, and Prognosis Ya-Li Ren, MD, Lin Nong, MD, Shuang Zhang, MD, Jing Zhao, PhD, Xiao-Ming Zhang, MD, and Ting Li, M.

[17] Wotherspoon AC, Ortiz-Hidalgo C, Falzon MR, Isaacson PG. Helicobacter pylori -associated gastritis and primary B-cell gastric lymphoma. Lancet 1991;338:1175-6.

[18] Doglioni C, Wotherspoon AC, Moschini A, de Boni M, Isaacson PG. High incidence of primary gastric lymphoma in northeastern Italy. Lancet 1992;339:834-5.

[19] Zeggai, S., Harir, N., Moulesshoul, S., et Maalem, A. Aspects épidémiologiques et histo-pronostiques des lymphomes gastro-intestinaux à Oran. *Journal Africain d'Hépato-Gastroentérologie*, *8*(4), 183-185,2014.
[20] Wotherspoon AC, Ortiz-Hidalgo C, Falzon MR, Isaacson PG (1991) Helicobacter pylori –associated gastritis and primary B-cell gastric lymphoma. Lancet 338:1175–6
[21] Eidt S, Stolte M, Fischer R (1994) Helicobacter pylori gastritis and primary gastric non-hodgkin's lymphoma. J Clin Pathol 47:436–9
[22] Orphanet: Lymphome MALT.2010. http://www.orpha.net.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 83-89
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Factors affecting management of safety and health in the building construction industry in Nakuru County, Kenya

Muui Nancy Nyaruai, Robert Kinyua, and Ruth Gathu

Institute of Energy and Environmental Technology,
Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenya

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 building construction industry in Nakuru County is one of the fastest growing industries employing a large workforce. The industry is however plagued by many health and safety problems and is sometimes rated as the most dangerous land based industry. The purpose of the research was to identify the safety and health risks in the building construction industry and determine the preventive measures used against safety and health risks. A survey was conducted and data collected using a non systematic approach using observations, questionnaires and interviews. The data was then analyzed using SPSS. It was found that there was no emphasis on health and safety issues hence many accidents and health problems occurred. This was evidenced by low use of personal protective equipment, poor or no use of scaffolds, no harnesses, lack of first aid facilities among others. There is need for the government to come up with sector specific policies for the building construction industry and strengthen enforcement. It is recommended that safety and health issues be given priority in development issues and building construction be treated like any other trade.

KEYWORDS: safety, health, building construction, risks, hazards, accident, injury.

INTRODUCTION

The Building construction is one of the fastest growing industries in the world and employs a large workforce accounting for 10% of the Gross Domestic Product (GDP), and providing 7% of global employment. (Nubi, 2008). The increased demand for housing facilities has led to tremendous growth in the building construction industry in developing countries with high demand for labour (Murie, 2007). Unfortunately as Murie found, the industry contributes a great deal towards occupational accidents and work-related ill health where a wide range of risks and hazards are experienced and offers low-status, low paid, unregistered informal and hazardous jobs in a highly fragmented industry. Most employers ignore health and safety issues as reflected in the absence of basic requirements like helmets and workers are exposed to serious hazards which sometimes lead to serious accidents like loss of limbs, eye sight, hearing impairment and even death (Wachira, 2000). The industry accounts for 30-40% of the world's fatal injuries with approximately 100,000 workers killed every year and 4% of GDP in estimated cost of occupational accidents and ill health in all sectors (ILO, 2001). In the UK the accident rate is about 13 workers per 100,000, while in the US the incidence rate is 13.3 per 100,000 employed workers and that in the year 2001, 1225 fatal occupational injuries and 481,000 non-fatal injuries and illnesses were experienced (Sean, 2011). Fatalities and deaths have become common place in Kenya and Kenyans seem to resign to this fate (Omukubi, 2012). Newspaper reports are common such as "Ten men trapped as building collapses" (Amadala and Lumwamu, 2011). A research done by Mitulla and Wachira in 2003 in Nairobi "to examine employment relationships in the informal sector and assess the mobility of construction workers between formally and informally constructed construction sites" found that 70% of the construction workers rated their working conditions from average (33%) to very poor (37%) while 27% rated working conditions as good.

Corresponding Author: Muui Nancy Nyaruai

RESEARCH METHODOLOGY

The study was conducted in Nakuru County which is located in the South eastern part of the Rift Valley and borders seven Counties. It covers an area of 7496.5 km^2 with a population of 1,603,325. Nakuru, Gilgil and Naivasha towns were selected for the study due to their rapid development growth.

Figure 1: Map of Nakuru County

A non-systematic approach was used and a preliminary survey done with transects walks to pick out active sites. Predesigned questionnaire and observation schedule was used to collect data.

The study targeted general workers, supervisors and/or foremen and managers. The approved development plans by August 2013 when data was collected were 893 spread out as follows: Nakuru 451, Gilgil 212 and Naivasha 230 (Physical Planning office, 2013) with Nakuru holding approximately 50.0% and the other two shared 24.7% and 25.3% of the plans. From a preliminary survey it was found that only 300 (33.6%) sites were active which was attributed to the following scenarios; some buildings had been completed due to their small sizes; stalled or suspended or had not commenced construction. The sample size, based on active sites, was 169 (Krejcie and Morgan, 1970)**.** Since the industry is highly dynamic the researcher made sure that sites were authorized, construction work ongoing and had at least 5 active workers.

Purposeful sampling was applied in each of the three study locations and considering a minimum of 5 workers per site, the total population came to minimum 900 and therefore sample size of a minimum of 260 workers ((Krejcie and Morgan, 1970). The study sites were located in the Central Business Districts (CBD) and residential areas. The actual numbers of construction sites per town where data was collected were 81 in Nakuru with 180 respondents, 41 in Naivasha with 80 respondents and 40 in Gilgil with 91 respondents giving a total of 351 respondents. The numbers interviewed were influenced by the willingness to fully participate in the interview and the response rate was 98%.

Data was collected using observation schedule, face-to-face interviews and questionnaires as well as reviewing any available documents on site and analyzed using Statistical Package for Social Scientists (SPSS) (2011) Chi-square was used to establish any relationships of parameters and the results interpreted using tables and bar graphs.

RESULTS AND DISCUSSIONS

30.5% of foremen; 68.4% casuals, 0.6% on contract and 0.5% permanent employees were interviewed with 0.9% being women. 44.4 % of buildings were at the walling stage followed by plastering with 26.5%. Metal work recorded the lowest with only 0.6%. Majority of the workers were between the ages 18-55 comprising 99.1% of the total workforce. 0.6% were below 18 years and 0.3% above 55 years. 0.6% of the respondents had no education while 1.4% had university education.

ACCIDENTS AND INJURIES IN BUILDING CONSTRUCTION INDUSTRY

Results indicated that 70.7 % of workers had experienced accidents at work. 29.8 % of all accidents and injuries reported arose from sharp objects, 27.9 % from hand tools and 23.0 % from falls and trips agreeing with what Murie (2007) who found that careless manner in which tools and building materials were stored on sites exposed workers to injuries such as cuts, stripping and falls, pricks and related injuries. Observations showed that there was a lot of repetitive work and manual lifting of heavy weights which Phoya, (2012) found could easily lead to musculoskeletal disorders. The accident rate based on the study area was 10632 per 100,000 persons.

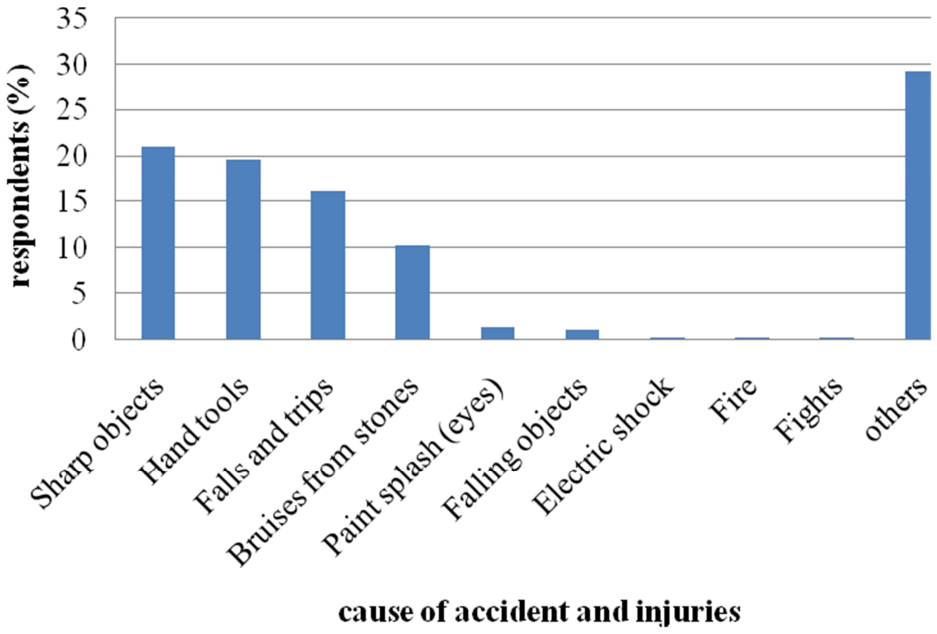


Figure 2: Common causes of accidents and injuries

Workers were found to be ignorant of the health implications of the injuries yet they could lead to health problems like tetanus and other life threatening conditions which was in line with what Phoya, (2012) found that workers perception of the risks involved was low and echoed findings of Murie, (2007) who also noted that sharp objects were common occurrences on construction sites with no organised storage exposing the workers to injuries as observed during the research that hand tools especially hammers, saws and stone chipping chisels frequently caused injuries. Falls resulted from tripping over haphazardly stored building materials, slipping over wet surfaces, tipping over of items used to step on to reach heights, ladders, careless parching on walls and roofs without safety harnesses, observations also made by Phoya, (2012).

At about one and half metres, the workers worked at height using improvised platforms exposing them to falls a fact that was also observed by Lam and Kam, (1998). Scaffolds were poorly constructed and bound with nails and ropes with platforms that were not fully planked further exposing the workers to hazards. However despite all the risks, there was no data on accidents and injuries at the construction sites and data was purely gathered from the building construction workers an issue which was also noted by ILO, (2001).

Respondents reported lack of various basic facilities such as safe drinking water, toilet facilities, delayed payments (Table 1). The low and irregular wages with no payment of extra work done forced the workers to live in situations of very low standards which situation ensured that workers were always at the mercy of the employer as also noted by ILO, (2001) and

the non- assurance of daily work saw to it that there was no continuity or regularity of livelihood of the workers as stated by SEWA, (2011). Poor or no meals meant that the health of the worker was poorly maintained and this had a direct impact on work output and even concentration at work making the worker vulnerable to accidents and injuries. Harassment by fellow workers using bad language or picking fights, double work allocation and harsh language used by supervisors and harassment by council officers reduced workers morale making them less careful in their work. A research by Roto *et al.,* (1996) found that alcoholism was common among construction workers due to stress from lack of control over employment prospects, heavy workload and social isolation. Provision or replacement of PPEs was not given much thought as a result of ignorance, a fact also noted by Farooqui *et al.,* (2009). Only 39.3% saw provision of first aid facilities as an issue since workers did not realise that contractors should provide the facilities.

Health issues were viewed as part and parcel of construction work and the workers did their best to cope and carry on with work. Although communication was not a problem to majority of the workers, issues of health and safety was not part of the agenda and not a priority issue for the employer.

Table 1: Workers who reported having no access to health, safety and welfare facilities in the County

Facility	Percentage of workers lacking the facility
Safe drinking water	95.7
Toilet facilities	94.6
timely payment	92.3
Assured of work daily/assurance of daily work	43.0
Payment for extra time worked	39.6
First aid facilities	39.3
Meals	31.6
Personal Protective Equipments	15.7
Clear channel for communicating grievances	10.8
Information and training	9.4
PPEs readily and timely replaced	9.1

Analysis by town of reports by workers of some of the problems they undergo during the course of their work is reflected in table 2 below. Workers in Nakuru town had higher access to information and training as well as PPEs mainly due to the nature and magnitude of the buildings as compared to the other two towns.

Table 2: Workers who reported having no access to health, safety and welfare facilities by town

Facility	Percentage of workers lacking facility		
	Nakuru	Gilgil	Naivasha
clean and safe drinking water on site	100.0	100.0	85.0
toilet facilities on site	97.5	97.5	87.5
information and training	16.3	5.0	7.5
first aid facilities	56.3	15.0	25.0
meals	36.3	32.5	25.0
PPEs	27.2	2.5	2.5
Timely replacement of PPEs	17.8	2.5	2.5

PROTECTIVE AND PREVENTIVE MEASURES FOR BUILDING CONSTRUCTION WORKERS

Many workers did not have PPEs and were using ordinary and old clothing, a situation which increased the exposure of the workers to the risks. Out of the 351 respondents interviewed 54.1% had some form of PPE. It was observed that 52.1% had overall suits that included old clothing, 34.5% had gloves while those with footwear accounted for 33.6% and 19.1% had helmets. None of the workers were observed to have complete set of PPEs. PPE types were mostly improvised and mostly found on commercial construction sites managed by contractors. Some workers argued that PPEs were not necessary or were cumbersome and that they were more comfortable with ordinary clothes, which was echoed in the findings of Farooqui *et al*., (2009), others said they were not provided and expressed the desire to have them. Where PPEs were available

supervisors were not keen to ensure that workers used them which explained why none of the workers was fully dressed in PPEs. This finding agrees with that of Phoya, (2012) and Farooqui *et al*, (2009).

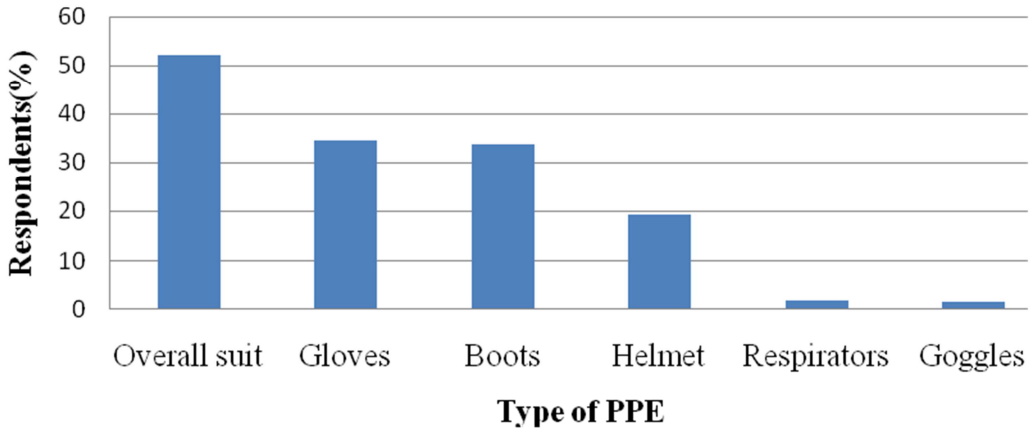


Figure 3: PPEs distribution by type among construction workers

There was more use of PPEs in Nakuru town compared to the other two towns (Table 2).

Table 3: Percent use of PPEs by construction workers by town

PPE	Location				
	Nakuru	Gilgil	Naivasha	X^2	P-value
Helmet	27.8	8.8	11.3	18.23	0.00*
Gloves	42.2	25.3	27.5	9.916	0.007*
Goggles	2.2	1.1	-	2.040	0.361
Respirators	2.8	1.1	-	2.816	0.245
Overalls	55.6	49.5	47.5	1.795	0.407
Boots	37.8	20.9	38.8	8.957	0.011*

There was no significant difference in the use of goggles, respirators and overalls in the three towns.

It was generally observed that most sites had no preventive measures for accidents exposing the workers further to hazards. The preventive measures applied included measures against falling from height which were recorded in 33.3% sites (walling, roofing on storey buildings) where ladders and/or scaffolds were used. Measures against falling objects at 85.8% sites was either scaffold, slanted iron sheets or occasionally helmet and rarely a combination of these while no measures were noted against noise, electric shock, welding fumes or cuts. Only 0.2% sites being plastered or painted had provided respirators while no measures were taken against welding fumes. There was negligible preventive measure for workers involved in manual handling whereby only workers at 2.5% sites had been provided with gloves. 1.2% sites had put up a fence as preventive measure against being hit or crushed by vehicles. Workers were left to sort themselves out when injured and assistance mostly came from fellow workers. There were no written contracts between the workers and their employers and no insurance covers and therefore the employers felt no obligation to respond to workers health needs. No medical records were found on site and therefore illnesses arising from the construction activities were not taken into account and this also explained why the workers overlooked some of the health problems they were coping with. This was similar to what Phoya, (2012) found. Most of the workers reported that they avoided the risks by just being cautious. Ladders and scaffolds were most commonly used in all the three towns. It was also observed that the measures applied were not necessarily effective in preventing accidents.

Table 4: Summary of observed preventive measures applied on various stages of construction

Risk	Preventive measure	% application	Remarks
Falling from height	Ladders, scaffolds	33.3	Walling, roofing, storey
Building collapse	Good planning before beginning to build	0.6	Walling, roofing, storey
Falling objects	Helmet, Slanted iron sheets, scaffolds	85.8	All stages except foundation
Electric shock	Switch off electricity during work	0.6	Metal work, renovations, finishing
Hazardous substances	Respirators	0.2	All stages except roofing
Welding fumes	-	-	Metal work
Noise	-	-	All sites
Hit or crushed by vehicle	Fence	1.2	All sites
Manual handling	Gloves	2.5	All sites
Cuts	-	-	All sites

ACTION AFTER ACCIDENT

5% respondents reported that first aid was administered to workers, 10% reported that workers were taken to health facility and 85% reported that nothing was done to the injured workers who were simply relieved of their duties to go home and nurse their injuries. The interventions were mainly by the injured workers themselves, their fellow workers or the foreman. Only on 1.2% of sites did workers report that a first aider or the management took responsibility and those were large construction sites and when significant accidents and injuries occurred.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

It was concluded from the research that the building construction industry in Nakuru County was actually plagued by many health and safety issues with little concern from employers. Workers have low perception and poor attitude towards risks and just like the employers also ignore safety and health issues. This was reflected in the poor ways of material storage, poor improvised stepping items and working platforms and lack of harnesses while working on the roofs. A variety of accidents and injuries occurred at the walling stage while sharp objects caused highest number of injuries. There was no documentation on relevant activities and issues like accidents or injuries, medical records, inspections among others available on construction sites. Use of injury and accident protection measures like PPEs and preventive structures were largely missing standing at 45.9%. First aid facilities, drinking water and sanitary facilities were lacking and workers who got injured were left to sort themselves out or get assisted by their fellow workers. The temporary nature of work meant that the building construction workers had no empowerment to speak out against violations on their safety and health entitlements and their aim was just to earn a living. It is recommended that safety and health issues be given priority and the building construction industry be treated like any other trade. It is also recommended that communication on risk and risk management should be established between the workers and the employers. It should be mandatory to carry out risk assessment and then design risk management procedures which should be implemented throughout the project cycle. Law enforcers should be more keen on the implementation of provisions of Occupational Safety and Health Act, 2007 and accompanying regulations and workers should be taught basic safety and health aspects to gain basic skills and to appreciate the importance of application of knowledge in real practice to safeguard them at work.

ACKNOWLEDGEMENT

We acknowledge all the building construction workers who offered their time to participate in the interviews.

REFERENCES

[1] Amadala, B. and Lumwamu, K., (2011). "Ten men trapped as building collapses". http.communication.go.ke/content.1.jpg.6/1/2013.21.15.

[2] Farooqui, R.U., Panthi, K., Ahmed, S.M., Azhar, S. (2009). Addressing the issue of compliance with personal protective equipment on construction worksites: A workers' perspective.

[3] ILO, (2001). Declaration on Fundamental Principles and rights at work ILO (2001).

[4] Krejcie, R.V. and Morgan, D.V. (1970). Determining sample size for research activities. Educational and psychological measurement 1970.30,607-610.

[5] Lam, C.S. and Kam, Y.K. (1998). Safety Training to Improve Construction workers Behaviour.

[6] Mitulla, W.V. and Wachira, I.N., (2003). Informal Labour in The Construction Industry in Kenya: A case study of Nairobi. ILO, Geneva.

[7] Mitulla, W. V. and Wachira, I. N., (2003). Sectoral activities Programme Working Paper (WP.204) - Informal labor in Construction Industry in Kenya-A Case Study of Nairobi. http:/www.ilo.org/public/English/dialogue/sector/paper/construction/wp 204.pdf

[8] Murie, F., (2007). "Building safety- An international Perspective": *International journal on Occupational Environ Health;* Vol. 13/No.1.Jan/March 13:5-11

[9] Nubi, O.T., (2008). Affordable Housing Delivery in Nigeria. The South African Foundation International Conference & Exhibition, Cape Town, October, pp1-8

[10] Omukubi, N.,(2012). Collapsing construction buildings a major killer in Kenya: Jamhuri Magazine. Kenya.html.4/1/2013.10.51

[11] Phoya, S. (2012). Health and Safety Risk Management in Building construction sites in Tanzania: The Practice of Risk Assessment Communication and control.

[12] Roto, P., Sainio, H., Reunala, T., and Laippela, P., (1996). Addition of ferrous sulphate to cement and risk of chromium dermatitis among construction workers. Contact Dermatitis, 34, 43-50.

[13] Sean, (2011). Construction site safety checklist: http://www.ehow.com/constructio.health-and-safety/dated 18/3/2011

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 90-96
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diagnosis of the state of Jessours in the Matmata mountain chain (South-Eastern of Tunisia) and their landscape integration

Thouraya Lahmar[1], Rajouene Majdoub[1], Youssef M'Sadak[1], and Fateh Aljane[2]

[1]Department of Horticultural Systems Engineering and Natural Environment,
University of Sousse, High Institute of Agronomy of Chott Meriem,
Sousse, Tunisia

[2]Arid and Oasis Cropping Laboratory, Arid Land Institute (IRA),
Medenine, Tunisia

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 arid climate characterizing the South-Eastern part of Tunisia and the alarming water consumption rate that continues to increase are the main environmental problems affecting Matmata mountain chain. To face these challenges, authorities are promoting water and soil conservation techniques that contribute tremendously in a sustainable agriculture. This study presents a technical diagnosis of the current state of Jessours, that are considered as traditional anti-erosion structures and are implemented on the Matmata mountain chain, particularly in the region of Beni Kheddache located North-West of Medenine. In this context, data collection was conducted the spring of 2008 in around 50 Jessours, situated in three ravines (Chaaba Ksar Beni Kheddache 1, Chaaba Ksar Beni Kheddache 2 and Chaaba El Mechref). This diagnosis helps in understanding more clearly the way Jessours system functions, how runoff is collected and in assessing the landscape integration of these structures. This study shows how the majorities of farmers are conscious of the benefits of Jessours and are actively following the appropriate practices of an efficient utilization. However, the collected data indicates that a good number of Jessours lack proper maintenance. In fact, investigations point out that although, 62% of visited Jessours are in a good condition, a worrying percentage of them, around 16%, are in bad condition. Whilst, 22% of visited Jessours are in average condition. Thus, to improve the capacity of rainfall collection of the Jessours system and to ensure a good degree of landscape integration, it is necessary to rehabilitate the neglected Jessours.

KEYWORDS: Jessours, arid climate, water collection, Mountains Landscape, Matmata.

1 INTRODUCTION

From antiquity, different civilizations that lived in the Mediterranean region kept developing and implementing new methods pertaining to water and soil conservation [1]. For instance, the Phoenician civilization was the first to establish the Meskats and Mgouds practices. Whereas, the Romans were the first to introduce the aqueducts' system and the practice of dams, whilst, the arab civilization encouraged the cultivation of fertile land in a bigger scale through the widespread use of the spate irrigation system [2]. The benefits of these structures lie primarly in regulating floodwater, retaining sediments, recharging aquifers and mitigating the erosion intensity. Hence, improving the overall quality of soil and increasing arable land [3].

Corresponding Author: Rajouene Majdoub

Characterized by its extreme weather conditions, Tunisia is a country where the arid to semi-arid climate is prevalent in approximately two thirds of its total area [4] with an annual rainfall that doesn't exceed the 200 mm in some places [5]. Coupled with the fact that water tables are actually the only renewable natural resource available in the nation, authorities and associations are becoming increasingly conscious of the prominent role of runoff management in a sustainable development [6]. In fact, similar to a great number of countries all over the world, agrarians in Tunisia sought to turn floodwaters into a bless rather than a curse in an endeavor of alleviating water stress and improving agricultural productivity by relying on numerous anti-erosion structures: Starting from the «Majel» or the «Fesguia», which are structures resembling to simple reservoirs and cisterns of water, to the more complex and bigger Water and Soil Conservation systems (WSC), such as «Tabias» and the small dams called «Jessours». However, many climatic, hydrogeological and topographic factors affect the state and efficiency of anti-erosion structures [7]. Thus, the need of ensuring a periodical maintenance of these structures, and in some cases, rehabilitating the sharply deteriorated parts of them [8].

The present work presents an overview of the way Jessours structures operate, a technical diagnosis of their state in three sites of Beni Kheddache region (South-Eastern of Tunisia) and their integration degree in the mountains landscape of the Tunisian arid regions.

2 METHODOLOGY

2.1 OVERVIEW OF JESSOURS

2.1.1 MODE OF OPERATION OF JESSOURS SYSTEM

The «Jessour» term is of an Arabic origin and presents an anti-erosion system first developed by the ancient Phoenician civilization and then mastered by Romans and Arabs. Basically, the Jessour system consists of building several small dams in a cascade, downstream rivers and ravines [9], in order to trap runoff water and eventually connect it to a series of irrigation perimeters. Farming practices are mainly based on Jessours sytem giving a landscape specific of the region [10, 11]. The Jessour system is a Water and Soil Conservation structure generally adopted in arid regions, such as the Matmata mountain chain. Its primary objectives lie in palliating the intensity of erosion and mobilizing the necessary water for farming purposes and crops cultivation. This area is characterized by a large diversity of spontaneous and cultivated plants can be well adapted to arid climate. Fruit trees (olive, fig, almond, *etc*.), cereals and legumes are the main cultivated plants under rain-fed conditions in this region [10, 11].

2.1.2 COMPONENTS AND OPERATING PRINCIPLE

Figure 1 illustrates an overview from above of the Jessours system and shows a transversal cut of the actual structure. The Jessours are constructed mainly from big quantities of earth taken from the bottom of the valley or watershed and they may be consolidated and reinforced with rocks. The main components of a Jessours system (Figure 1) are the following [12]: The Impluvium «Hammalas» (a), it represents, essentially, the upstream of the watershed and from where water and sediments will be collected; the Terrace «Jesser or Kliss» (b), a space where we will let the vegetation and plants grow and spread to achieve a good degree of landscape integration; the Tabia (c), depending on the runoff intensity, its height may be between two to five meters and finally, the outlet that gives us a higher degree of control and thus enables us to guarantee the security and durability of Jessours by allowing the excess water to exit the system (If it is situated in the center, it is called «Masref» (d) and its downstream part is built in small cascades to decrease the water energy. Whereas, if it is positioned laterally, it is called «Manfess» (e)). Moreover, the direction of the water flow is indicated by the blue arrows.

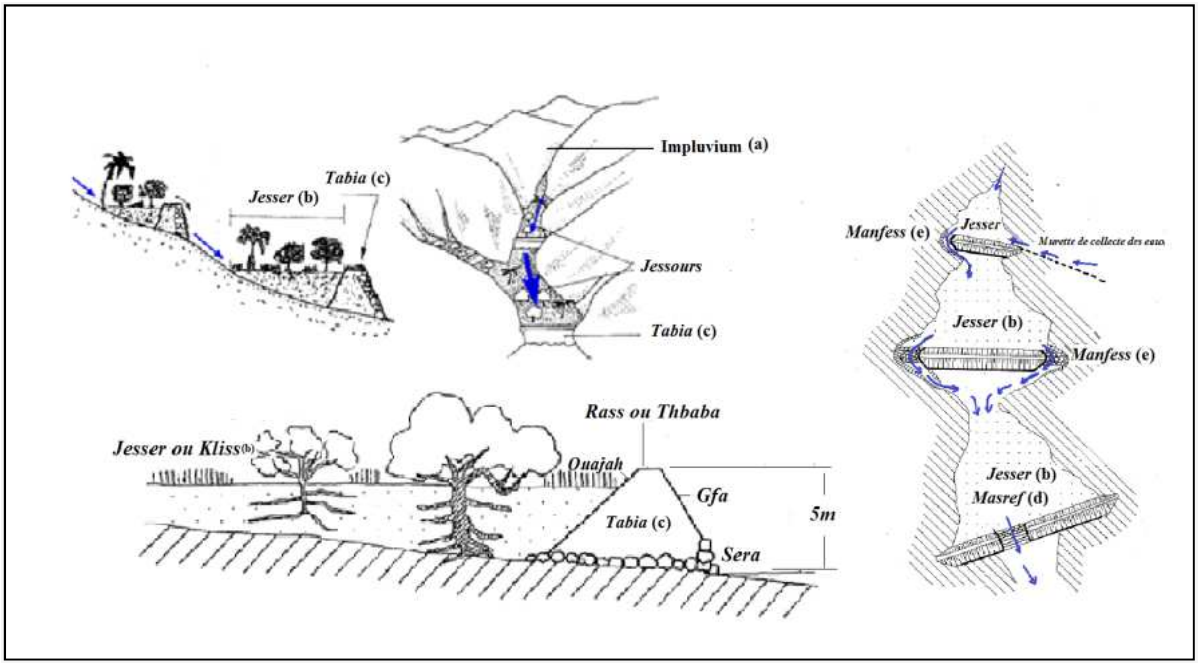


Fig. 1. Different components of the Jessours system (Adapted)

2.2 METHODOLOGY

The methodology used in this study is essentially based on the analysis of data and collected information throughout the three sites visited in the delegation of Beni Kheddache. Surveys were conducted in around 50 Jessours, during the months of March and April of 2008. Accompanied by a good number of farmers, three ravines were visited (Chaaba Ksar Beni Kheddache 1, Chaaba Ksar Beni Kheddache 2, and Chaaba El Mechref). Different hydraulic parameters were measured and/or simply observed to determine the current state of the investigated structures. A sheet containing a synthesis of these parameters has been prepared.

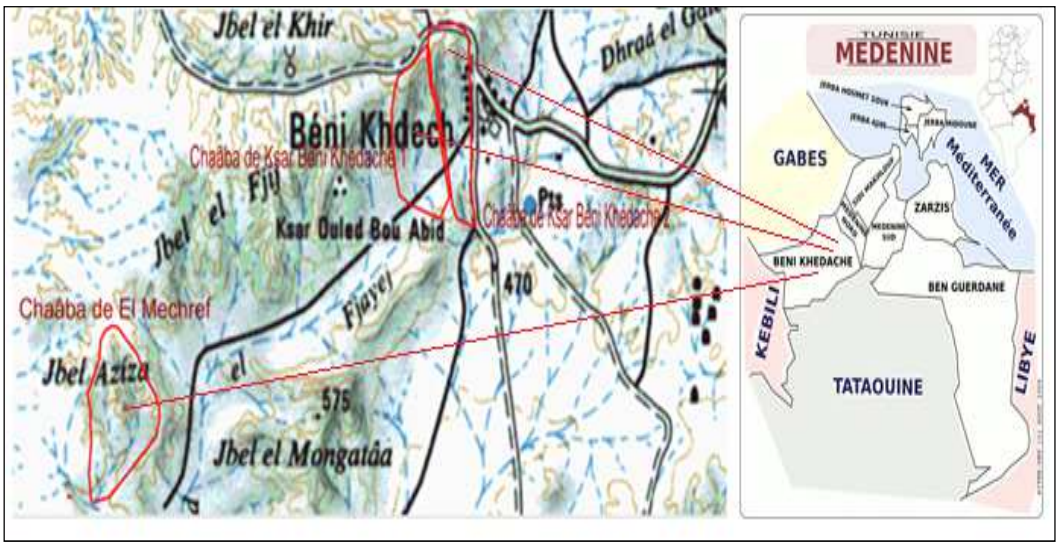


Fig. 2. Location of the three visited sites (Adapted)

3 RESULTS

3.1 SITUATION OF THE CONSIDERED JESSOURS

3.1.1 TABIAS

The three pie charts depict the length, the thickness and the height of Tabias, respectively. As seen in the legends, the length of Tabias vary from less than 30 m to more than 100 m and the thickness of Tabias vary from less than two meters to more than four meters. While, the height of Tabias doesn't surpass the five meters. Most Tabias are characterized by significant lengths and thicknesses. In fact, the length of 33% of Tabias surpasses the 100 m, whilst, the thickness of 74% of them is greater than four meters. On the other hand, the height of nearly half of the investigated Tabias doesn't surpass the two meters. However, 40% of Tabias have a medium height that varies from two to three meters (Fig. 3).

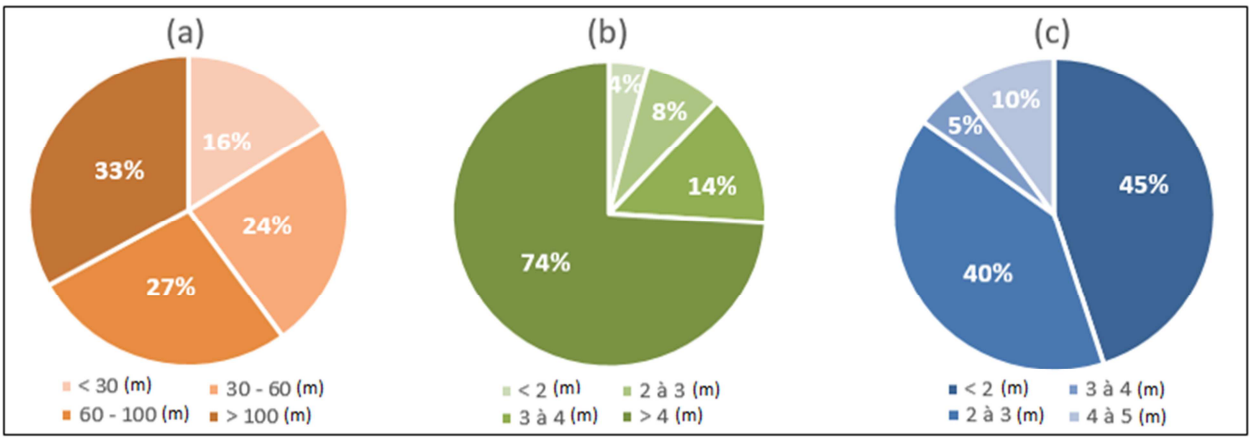


Fig. 3. Distribution of Tabias according to length (a), thickness (b) and height (c)

3.1.2 OUTLETS

The pie chart and the bar chart illustrate the distribution of outlets according to their corresponding type (a) and length (b). The majority of Tabias contain a Manfess, with a percentage reaching the 86%. Whilst, the percentage corresponding to Masrefs is less than a sixth of that. On the other hand, the bar chart indicates, that the length of the outlet in more than half the Tabias (about 20), doesn't surpass the two meters, whilst, the number of Tabias with an outlet length of around 2.4, 4.8 and 6.8 are, respectively, around six, four and three. In addition, only about three Tabias contain an outlet with a length that is greater than eight meters (Fig. 4).

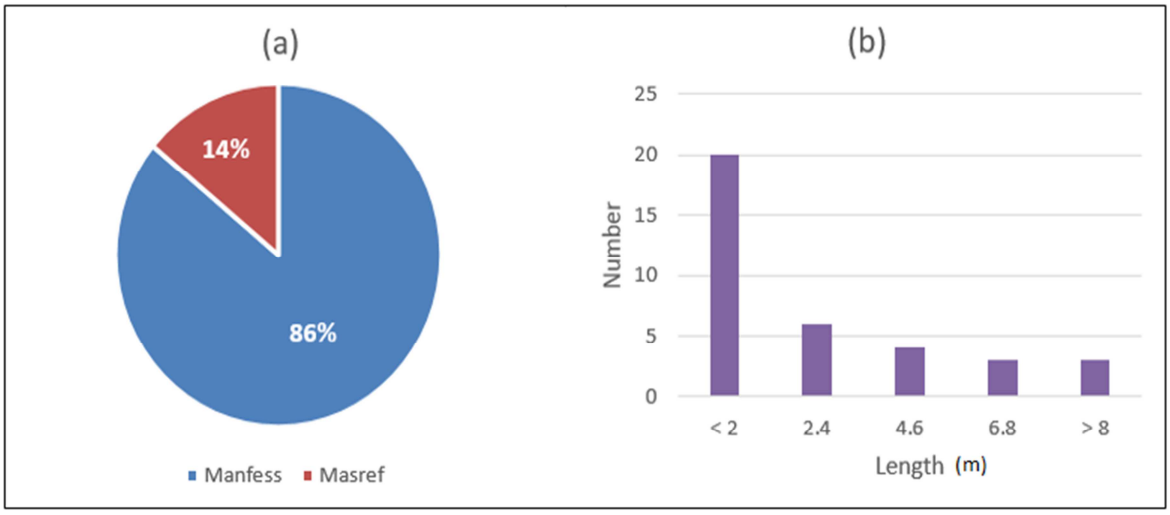


Fig. 4. Distribution of outlets according to type (a) and length (b)

3.1.3 DAMS

Figure 5 is a pie chart that illustrates the state of visited dams. As shown in the legend, there are four categories describing the state of a dam, starting from «Deteriorated» to «Very good». The pie chart confirms that the majority of dams are well maintained. In fact, almost 60% of dams are in a very good state and approximately a third of that number is in a good state, which is a good indicator. While, 18% of dams are considered to be in a bad state and 2% of them are in a deteriorated state.

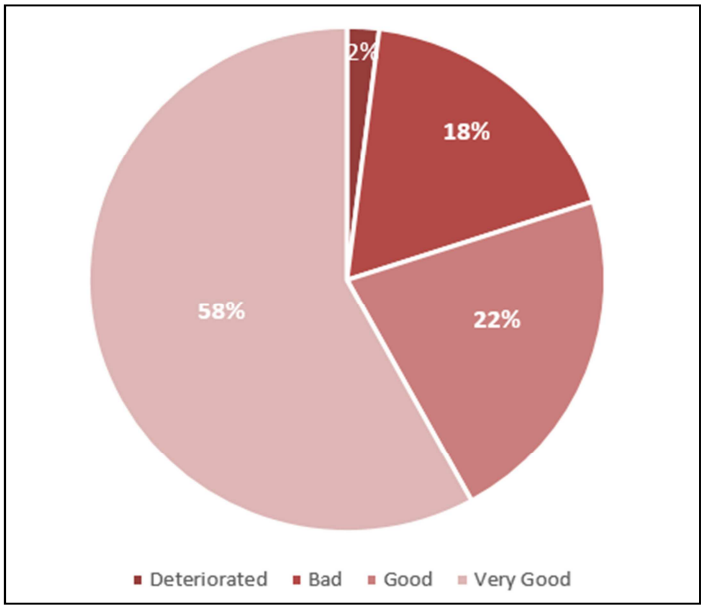


Fig. 5. State of visited dams

3.1.4 GENERAL CONDITION OF JESSOURS AND FRUIT PLANTATIONS

Approximately 62% of the Jessours are in a good state. While, 16% of the visited Jessours are in an average state. However, 16% of these structures are in a bad state, which is a number that could be seen as worrying (Fig. 6). On the other hand, figure 7 indicates that more than two thirds of the fruit plantations are very well are maintained and 15% of them are maintained well. In addition, figure 7 shows that 10% of these plantations are maintained moderately, whilst, 8% of them are not maintained properly.

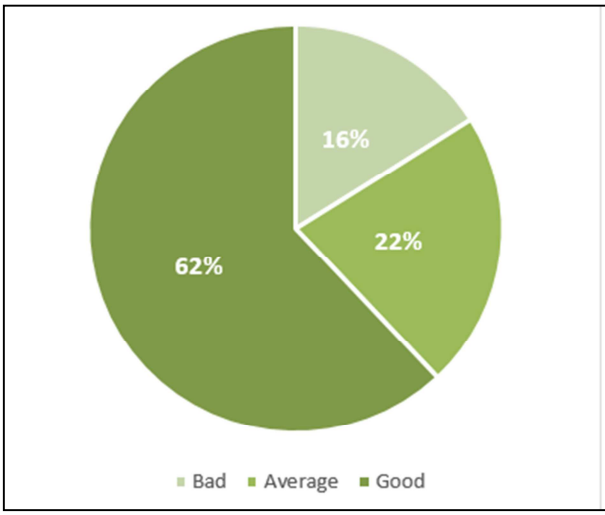


Fig. 6. General State of Jessours

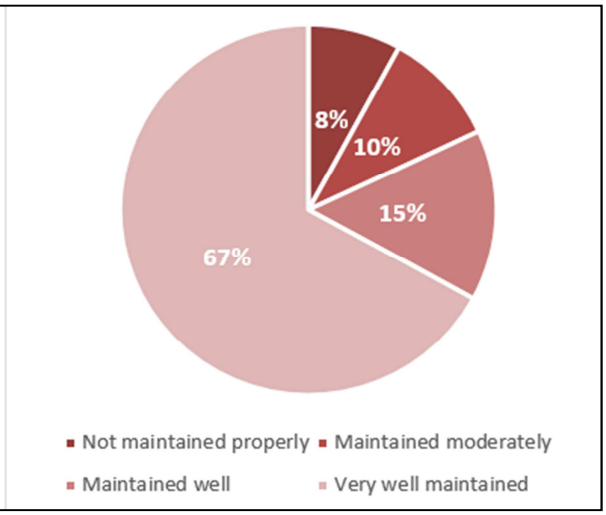


Fig. 7. General state of fruit plantations

3.2 LANDSCAPE INTEGRATION OF JESSOURS THROUGH PLANTATIONS

Figure 8 shows the integration of Jessours in a mountains landscape. The taken pictures depict, successively from left to right, the Jesser itself, the harmonious succession of Jessours and the insertion of trees in the Matmata mountain chain.

Fig. 8: Some landscape views of Jessours in mountains areas

4 CONCLUSION

The Jessours system is a typical traditional water and soil conservation structure that plays a huge role in assuring a better management for mountains areas in the South-Eastern part of Tunisia, where the agricultural production is usually limited. In addition, generally speaking, thanks to the beautiful rural landscape produced by the harmonious integration of Jessours in the Matmata mountain chain, the region became a famous touristic attraction. However, in some cases, these anti-erosion structures are in a poor state. In fact, the study shows that approximately, 18% of Jessours are in a bad state, whilst, 2% of them are in a very bad state. To improve the Jessours degree of landscape integration through fruit trees (olive, fig, almond, etc.) and their efficiency in mobilizing water and decreasing the erosion intensity, an immediate rehabilitation program of the neglected Jessours needs to be implemented.

REFERENCES

[1] M. Boufaroua, M. El Mourid and W. Ben Khelifa, "Technique de conservation des eaux et des sols dans les zones arides et semi-arides de la Tunisie", *1st Symposium on the Geological Resources in the Tethys Realm, Cairo University*, pp. 99-108, 2009.

[2] M. Boufaroua and K. Yemna, *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans les zones arides et semi-arides de la Tunisie*, In: E. Roose, M. Sabir, and G. Denoi (Eds.), Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen, Bulletin-Réseau Erosion, pp. 94-104, 2002.

[3] J. J. Pérennes, *L'eau et les hommes au Maghreb: contribution à une politique de l'eau en Méditerranée*, Paris, éducation Karthala, 646 pages, 1993.

[4] M. Ouessar, A. Zerrim, M. Boufelgha and M.Chniter. *Water harvesting in southeastern Tunisia: State of knowledge and challenges*. In: J. De Graaff, and M. Ouessar (Eds.), Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessement and economic evaluation, TRMP paper n° 40, Wageningen University, The Netherlands, pp. 13-24, 2002.

[5] H. Ben Ouezdou, "Les aménagements de petite hydraulique dans le Sud-Est de la Tunisie : Un savoir-faire traditionnel au service du développement durable", *Actes du séminaire international « Patrimoine et co-développement durable en Méditerranée occidentale »*, Hammamet, pp.251-259, 2001.

[6] H. Ben Boubaker. "Changement climatique ressources en eau et développement durable en Tunisie : Quels défis ? quelles réponses ? ", *6ème colloque international du PS2D*, Hammamet, pp.21-23, 2010.

[7] A. Ben Salem, R. Majdoub, Y. M'Sadak, S. Khlifi. "Importance of the Meskat system and its landscape insertion through the olive groves of Sousse Region (Tunisian Sahel)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 4, no. 2, pp.396-400, 2013.

[8] A. Mamou, "Gestion des ressources en eau dans le Sud Tunisien comme moyen de lutte contre la désertification", *Actes du Séminaire organisée dans le cadre du Projet-pilote de lutte contre la désertification dans le Sud-Tunisien,* Djerba-Tunisie, pp 147-151, 1986.

[9] A. Hilali, "Le système des « Jessours » : Témoignage d'un patrimoine hydro-agricole dans les oasis Tunisiennes", *Colloque international « Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : Quels enjeux pour quels services ? »*, Université de Provence, Marseille, 11 pages, 2011.

[10] M. Mars, "Conservation of fig (Ficus carica L.) and pomogranate (Punica granatum L.) cultivars in Tunisia. Conserving Biodiversity in Arid Regions: Best practices in Developing Nations", Eds by Kluwer Academic Publishers, USA, pp. 433 – 441, 2003.

[11] J. Zammouri, "Inventaire des espèces et des variétés fruitières de la vallée de Zammour", Initiative collaboration in the combating desertification - genetic resources of arid zones project, Institut des Régions Arides de Médenine, Tunisie, 13 pages, 1999.

[12] M. Moussa, "Gestion des ressources naturelles en milieu aride Tunisien : contribution à l'étude de la dynamique du milieu dans le bassin versant de l'oued Segui Mareth Sud Est", thèse doctorale, Université d'Almería, 298 pages, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 97-106
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effect of Noise Pollution on Patients in Hospitals and Health Clinics of Mymensingh Sadar Upazila

Md. Mahbobour Rahman[1], Md. Aslam Ali[1], Rehana Khatun[1], and Riffat Ara Zannat Tama[2]

[1]Department of Environmental Science,
Bangladesh Agricultural University, Mymensingh-2202, Bangladesh

[2]Department of Agricultural Economics,
Bangladesh Agricultural University, Mymensingh-2202, Bangladesh

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 was conducted to investigate the effect of noise pollution on patients' health condition and the levels of noise pollution at different times in some selected hospitals and health clinics of Mymensingh Sadar Upazila. An instrument (Digital Multipurpose Environment Meter) was used for the measurement of sound level. A questionnaire survey was used to collect the patient's opinion & their knowledge on noise pollution and probable health effect. From the study, it was observed that the daily average sound levels measured inside the hospitals during pick hours were between 99.7 dB (highest) and 65.6 dB (lowest) and that was between 102.9 dB (highest) and 99.3 dB (lowest) at outside of the hospital which was beyond the recommended level (20 – 35 dB) of World Health Organization (WHO). Among the private hospitals, the highest noisy point was observed at Uposom private clinic, Patgodam (103.3 dB) and the least noisy was Liberty hospital, Maskanda (81.2 dB). Majority of respondent were affected by irritation, nausea, temporary hearing loss, headache, sleeplessness, palpitation, nervousness, hypertension, mental stress, speech interference, due to noisy condition which ultimately affected patient's overall health condition. It was observed that the study areas noise pollution was the major problems on patients. So, policies should be needed in nationally to prevention of noise and local steps should be needed to maintain the rules for avoiding the noise pollution of patients' safety.

KEYWORDS: Sound pollution, measurement of sound, effect, health condition, Prevention of noise.

1 INTRODUCTION

Noise is all around us. Noise is described in terms of loudness (intensity) and pitch (frequency) and noise exposure is measured using a logarithmic decibel (dB) scale. It is an unavoidable part of our daily lives and has increasingly become a major burden on the quality of lives. Noise pollution is defined as an unwanted sound that poses a threat to a person's health and well-being.

There are many vulnerable groups of people who are affected by noise pollution such as the young, elderly, and the hospitalized patients. Young children are unable to protect their hearing and rely on their parents to keep them from constant exposure. Similarly, the elderly may not have the capabilities to protect their hearing if they are disabled by mental or physical illness. Patients in the hospital are not safe from the effects of noise as well. Patients who are in the hospital especially for orthopedic surgeries may be exposed to loud instruments during a procedure although they are not protected from it while under anesthesia. Public gathering, visitors, mobile phone, trolley are the main sources of sound pollution in the hospitalized patients.

Noise pollution has numerous health effects, e.g., elevated blood pressure, noise-induced hearing loss, sleep disorders, annoyance and irritability. In addition, working performance is also affected by noise pollution. The Occupational Safety and

Corresponding Author: Md. Mahbobour Rahman

Health Administration (OSHA) recommended hearing protection in the workplaces if there is exposure to noise greater than 5 dB for eight hours or more causes potential of permanent hearing loss (OSHA, 1983).

In Bangladesh noise pollution (also termed as sound pollution) is a major health hazard. In fact, due to noise pollution millions of people in Bangladesh are exposed to a number of health risks such as deafness to heart attack (Banglapedia, 2004). On city streets noise pollution can be caused by hydraulic horns of vehicles, microphones and cassette players. The hydraulic horns used by buses, trucks and scooters in the crowded city/town streets are dangerous for human being.

Noise also interrupts sleep in hospitalized patients, some of whom are particularly vulnerable to sleep disruption. Patients at high risk of having their sleep disturbed by noise include children, very low birth weight infants, pregnant women, anxious individuals, the elderly, and residents of long-term care facilities. The WHO recommends that for good sleep, background sound levels should not exceed 30 dB (A), with individual sounds no greater than 45 dB (A).

1.1 STATEMENT & JUSTIFICATION OF THE STUDY

It is well established now that the noise is a potential hazard to health, communication, working places and enjoyable social life. Noise is becoming an indefensible interference imposition upon student's education, comfort, health and the general human's quality of life. The major effects of noise to the patients in the hospitals include: serious headache, concentration loss, insomnia, irritation, sleep disturbance, loss of efficiency, temporary hearing loss, deafness and interfere with verbal communication. Noise may also reduce working efficiency and work output (Abel, 2008).

The World Health Organization (WHO) recommends average noise levels are no more than 35 dBA in rooms where patients are treated or observed and no more than 30 dBA in ward rooms, although a recent landmark study showed that no hospital noise results published since 1960 meet these guidelines (Berglund *et al.,* 1999). The noise normally occurring inside rooms is often referred to as "background noise." In hospitals, background noise can result from a variety of sources including air-conditioning systems, medical devices such as respirators, and occupant sounds such as conversation. Impulsive noises, or very loud, short duration events, are also commonly found in hospitals (eg, doors slamming, metal-to-metal contact, and alarms).

There is no specific research finding on sound effects on hospital patients in Mymensingh district. Therefore, the research was undertaken to investigate the present status of sound pollution and its effects on patients at different times in some selected hospitals and health clinics of Mymensingh Sadar Upazila.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 DESCRIPTION OF THE STUDY AREA

Research study area is in Mymensingh Sadar Upazila. Mymensingh is an old district of Bangladesh in Dhaka division. Road distance from Dhaka city to Mymensingh district is 193 Kilometers. Its bounded by Gazipur district in South side, Garo Hills and Indian State of Meghalaya in North side, Kishoreganj and Netrokona district in East side and Jamalpur, Tangail and Sherpur district in the West side. Mymensingh district consists of 12 Upazilas, 10 municipalities (Pourashava), 146 Union Parishads and 2709 villages. Its area is 4363.48 Sq. Km. Population (according to census of 2001) : 44,89,726 (Male: 22,97,302 ; Female: 26,92,424), Density: 1200 per Sq. Km. Number of Voters: 29,16,711 (Male Voter: 14,42,698; Female Voter: 14,74,013), Literacy rate: 39.10%.

2.2 DATA COLLECTION

For this study, both questionnaire survey and direct measurement of sound level data were used.

2.3 QUESTIONNAIRE SURVEY

To obtain information, a questionnaire was prepared to co-respond all aspects. Interviewing method was applied to collect information. Some hospitals and clinics in Mymensingh sadar were selected purposively. A questionnaire was prepared to incorporate all the aspects required for the information. Survey samples were divided into four groups i.e. patients, visitors, nurses and others. Data were collected from several patients, visitors, nurses and some general public randomly in the hospital wards and corridors by following questionnaire.

a) Direct measurement

The noise meter was used for getting the noise data level in the selected locations which helped to understand the actual scenario of noise pollution level of those areas. The researcher also discussed with doctors and nurses about noise pollution in the hospitals at several places in Sadar Upazila. Secondary data were collected from different offices, internet and various related reports and thesis.

b) Noise data reading by the noise level meter

The 4 in 1 digital Multi-Function Environment Meter has been designed to combine the functions of Sound Level Meter, Light Meter, Humidity Meter, and Temperature Meter. It is an ideal Multi-Function Environment Meter Instrument with scores of practical applications for professional and home use. The Sound Level function can be used to measure noise in factories, schools, offices, airports, home, etc., checking acoustics of studios, auditoriums and hi-fi installations.

2.4 SPECIFICATIONS OF THIS INSTRUMENT

A) Display: Large 1999 counts LCD display with function of Lux , x10 Lux, ºC, ºF, %RH and dB, A & dB ,C & dB, Lo & dB, Hi & dB, MAX HOLD, DATA HOLD indication.

B) Low battery indication: The "BAT" is displayed when the battery voltage drops below the operating level.

C) Measurement rate: 1.5 times per second, nominal.

D) Sound level Measurement range:

A LO (low) – Weighting: 35-100 dB

A HI (High) - Weighting: 65-130 dB

C LO (low) – Weighting: 35-100 dB

C HI (High) - Weighting: 65-130 dB

Resolution: 0.1 dB

E) Measuring procedure of Sound Level

1. Function Switch will have to "dB" position.
2. The meter will be removed and face the microphone to sound source in a horizontal position.
3. Select button will be pressed: Selects A & dB, C & dB, Lo & dB and Hi & dB.
4. A, C-weighting curve will be kept nearly uniform over the frequency range from 30 to 10 KHz, thus giving an indication of overall sound level.
5. The fast response will be suitable to measure shout bursts and peak values form sound source.
6. The sound level will be displayed.

2.5 MEASUREMENT OF NOISE POLLUTION

Sound is usually measured with microphones and they respond (approximately) proportionally to the sound pressure, p. Now the power in a sound wave, all else equal, goes as the square of the pressure. (Similarly, electrical power in a resistor goes as the square of the voltage.) The log of the square of x is just 2 log x, so this introduces a factor of 2 when we convert to decibels for pressures. The difference in sound pressure level between two sounds with p_1 and p_2 is therefore:

$20 \log (p_2/p_1)$ dB = $10 \log (p_2^2/p_1^2)$ dB = $10 \log (P_2/P_1)$ dB

where again the log is to base 10.

So if we read of a sound pressure level of 86 dB, it means that

$20 \log (p_2/p_1) = 86$ dB

where p_1 is the sound pressure of the reference level, and p_2 that of the sound in question. Divide both sides by 20:

$\log (p_2/p_1) = 4.3$

$p_2/p_1 = 10^{4.3}$

4 is the log of 10 thousand, 0.3 is the log of 2, so this sound has a sound pressure 20 thousand times greater than that of the reference level (p_2/p_1 = 20,000). 86 dB is a loud but not dangerous level of sound, if it is not maintained for very long.

From above it is clear that the decibel is a ratio. So, when it is used to give the sound level for a single sound rather than a ratio, a reference level must be chosen.

A sound level meter is an easy piece of equipment to use. The unit will have a built in microphone to capture the sound and an easy to read. Display screen will show the decibels. It will need to set the meter to the type of sound wave we want to measure. Type A is for noise level which measures frequencies 500-10,000 Hz. Type A is the area of greatest sensitivity to the human ear. Type C measures sound level of music and are 32-10,000 Hz. Usually it will start with the highest range which is 120 mb then move the range downward until we see significant deflection of the needle.

2.6 DATA PROCESSING, ANALYSIS AND INTERPRETATION

The collected data have been processed, analyzed and interpreted for final presentation of the thesis. The analyzed data are presented through tabular and graphic form. Final report has been prepared in the form of a thesis by using the result of the analyzed information in accordance with objectives of the study.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The findings of the study and necessary interpretations are presented in this chapter according to the objectives of the study.

Noise pollution was measured in some selected hospitals and clinics in Mymensingh Sadar for observing the “effect of noise pollution on patients”. It was found that no hospital and clinics were established in well planned to protect from the noise. Hospital ward and clinics were not protected from the outside noise pollution. Most of the hospitals and clinics are established besides the highway considering the communication facilities but the noise problem was not considered.

Table 3.1 shows the ranking of noise pollution at different locations. According to ranking, among the 28 locations, 18 were ranked as A – most noisy places. Of these, Uposom private clinic, Patgodam near Bridge point is the most polluted location where noise level is 103.3 (dB) and Green life hospital and diagnostic centre near Chorpara point 103.0 (dB) ranked as second. These locations are near highways and turning points. But hospitals are the most important places that must be sound protected. It has been found that the private hospitals are very much crowd and Govt. hospitals are in better position in terms of noise pollution in Mymensingh. Among the hospitals (Government and private), the pollution is most at Uposom and Green life hospital; whereas in the ward number of MMCH is (99.7 dB) and Cholera unit of SKH level (97.3 dB). No significant difference was found among the eighteen locations.

Table 3.1: Noise level in front of some selected hospitals and clinics in Mymensingh Sadar (Average peak hour's data only: 10:00 AM to 2:00 PM and 5:00 to 7:00 PM).
(BY DMRT Method)

Mymensingh Sadar			
Sl No	**Location**	**Mean Noise level (dB)**	**Rank Order**
1	Uposom private clinic, Patgodam	103.3	AB
2	Green life hospital and diagnostic centre	103.0	AB
3	Outdoor, MCCH	102.9	AB
4	Niramoy hospital, Bhatikesor	102.2	AB
5	Hospital gate MMCH	102.2	AB
6	Front of Emergency MMCH	102.1	AB
7	Rajdhani Hospital, (Pvt) Bhatikasor	101.2	AB
8	Safeway diagnostic centre and hospital, Chorpara	100.3	AB
9	Popular diagnostic complex, Chorpara	100.1	AB
10	Sodesh hospital (pvt.), Sarda Ghosh road	99.8	ABC
11	Ward 9, MMCH	99.7	ABC
12	Paricharza hospital, Shehora	99.5	ABC
13	Physical medicine unit, MMCH	99.4	ABC
14	Momenshai nursing home, J.C Guha road	99.4	ABC
15	Corridor, MMCH	99.3	ABC
16	Fatema nursing home, Kalibari road	99.2	ABC
17	Labor ward, MMCH	98.9	ABC
18	Cholera unit (SKH)	97.3	ABC
19	Ward 18, MMCH	93.9	BC
20	CCU, MMCH	93.6	BC
21	Ward 12, MMCH	92.8	BC
22	Ward 15, MMCH	92.1	BC
23	Ward 6, MMCH	92.0	BC
24	Kalazor Unit, SKH	89.2	BC
25	Liberty hospital, Maskanda	81.2	CD
26	Ward 3, MMCH	79.2	CD
27	CCU (Shisoo) MMCH	65.6	CD
28	Healthcare Centre, BAU	45.8	D

Among the study sites, six locations are ranked as B. Ward number 18 and CCU in MMCH are noisier than the four other locations (Ward 12, 15, 6 of MMCH and Kalazor unit of SKH). But B ranked locations is significantly less noisy than rank A.

Three locations are ranked as C. Liberty hospital, Maskanda, ward number 3 and CCU (Shisoo) in MMCH. Rank C is less noisy than ranked B.

A single point healthcare centre of BAU as ranked D and D locations are less noisy than C location.

Table 3.2: Noise levels of some selected points in the government hospitals. (peak hour's data only: 10:00 AM to 2:00 PM and 5:00 to 7:00 PM)

Government hospitals			
Sl No	**Location**	**Mean Noise level (dB)**	**Rank Order**
1	Outdoor, MCCH	102.9	AB
2	Hospital gate MMCH	102.2	AB
3	Emergency Gate of MMCH	102.1	AB
4	Ward 9, MMCH	99.7	AB

5	Physical medicine unit, MMCH	99.4	AB
6	Corridor, MMCH	99.3	AB
7	Labor ward, MMCH	98.9	AB
8	Cholera unit (SKH)	97.3	AB
9	Ward 18, MMCH	93.9	BC
10	CCU, MMCH	93.6	BC
11	Ward 12, MMCH	92.8	BC
12	Ward 15, MMCH	92.1	BC
13	Ward 6, MMCH	92.0	BC
14	Kalazor Unit, SKH	89.2	BC
15	Ward 3, MMCH	79.2	CD
16	CCU (Shisoo) MMCH	65.6	D
17	Healthcare centre, BAU	45.8	D

The presented noise level in Table 3.2 (Government hospitals) showed that there is not significant different of noise level in the ranked number one to next eight. Among these locations, the highest number of noise levels are Outdoor, MCCH (102.9 dB), Hospital gate MMCH (102.2dB), Emergency gate (102.1dB), Ward number nine (99.7 dB) and Corridor (99.3 dB) respectively in Mymensingh medical college hospital.

Outdoor is the most crowd and noisy area of MMCH. The outdoor unit is near the road and huge number of patients comes to this unit from various places of Mymensingh and other surrounding districts (Sherpur, Jamalpur, Netrocona). They come to the hospital with their relatives by auto-tempo, tempo, rickshaw and other transport. They make a line for getting the ticket and create mass gathering in the room and also shouting and talking by mobile phone loudly. Also representatives from various companies have come to the hospital by using motorbike and make a noise in the hospital area.

Another noisy point of hospital is the hospital gate. Hospital gate is near on the highway road. Many cars and people gather here and make traffic jam in the road. The sound from vehicle, vehicular horn and sound from other public activities make huge noise in front of hospital gate and polluted the hospital environment by crating noise.

The third noisy point is emergency gate in hospital. The patients have come to the hospital by using ambulance and make a siren loudly when reach in the hospital area. The visitors also run from one place to another for getting best services and sometimes they angry with others, make a quarrel and create noise. Also the road is very near of this point and outside noises directly involve in making noise in this area. Ward number nine is another noisy point (4^{th} position) in MMCH. In this ward, the accidental patients and other orthopedic patients are admitted here and patients are not getting the seat and they put their seat in the floor and corridors. Always the patient shouting in the room for their pain and the visitors are also creating crowd. The visitors come to this ward for looking their relatives. Their talking, mobile ringing, mobile call and their harassments for also make noise in this ward. This ward is near the highway road and on the emergency unit of this hospital. Therefore, it is the noisiest ward in the hospital. The fifth ranked location is cholera unit of SKH. SKH is also near the highway and many buses, trucks, tempos, autos, motorbikes run besides the hospital and these transports use hydraulic horn. Sounds are directly entered to the hospital and making the area noisy. Among the government hospitals, SKH hospital (Cholera unit 97.3 dB and Kalazor unit 89.2 dB) are less noisy than MMCH hospital.

In the Mymensingh medical college hospital, ward number three and CCU (Shisoo) ward is the least noisy. Ward no. 3 is the paying bedded room and more than eighteen patients cannot admit in this ward. There is no patient in the floor and no access to public gathering. It is in the ground floor and the outside vehicular horn and noise cannot disturb because the boundary wall of hospital protect the noise.

The least noise is found in the CCU (Shisso) of the Mymensingh Medical College Hospital. This unit is very restricted and no one can enter into this ward without permission. The room is well protected and the outside noise cannot disturb easily.

Among the hospitals, the lowest ranked level is Health care centre of BAU (45.8 dB). This location is silent and restricted; outside patients never create gathering here. This healthcare centre is 20 meters distance from the road and heavy transports do not run in this road. Only environment friendly auto run in this road. Most of the cars, buses, trucks, auto tempos and other transports are run through Jabbar point (Noise level 99.7 dB) of BAU. But healthcare centre of BAU is 300m far from the Jabbar point. So vehicle sound cannot reach from Jabbar point to healthcare centre.

Table 3.3: Noise level of some private hospitals in the Mymensingh Town (only external noise and peak hour's data was considered: 10:00 AM to 2:00 PM and 5:00 to 7:00 PM)

Private hospital and clinics			
Sl No	**Location**	**Mean Noise level (dB)**	**Rank Order**
1	Uposom private clinic, Patgodam	103.3	AB
2	Green life hospital and diagnostic centre	103.0	AB
3	Niramoy hospital , Kistopur	102.2	AB
4	Rajdhani Hospital, (Pvt) Bhatikasor	101.2	AB
5	Safeway diagnostic complex & hospital, Chorpara	100.3	AB
6	Popular diagnostic centre limited, Chorpara	100.1	AB
7	Sodesh hospital (pvt) ltd, Sarda Gosh road	99.8	AB
8	Paricharza hospital, Shehora	99.5	AB
9	Momenshai nursing home, J.C Guha road	99.4	AB
10	Fatema nursing home, Kalibari road	99.2	AB
11	Liberty hospital, Maskanda	81.2	B

Table 3.3 shows, among the private hospitals, the noisiest is Uposom private clinic 103.3 (dB), located at Patgodam near the bridge point. In the bridge point, many transports gather together because it is the most important turning point of Mymensingh. Dhaka to Sherpur, Jamalpur, Netrocona and Mymensingh to kishorgonj and Tangail district are directly connected of this point. This point is four way roads. Heavy, light and other noises are created by transports and make huge traffic. When traffics are made, the standing cars make horn, rickshaw puller make bell, tempos and autos make sound willingly without any reason and also traffic police make whistle to control the traffic and patients of Uposom hospitals is directly affected by the outside sound. Green life hospital & diagnostic centre 103.0 (dB) near Chorpara point. Chorpara point is four way road as same as the bridge point. Also in Chorpara ambulance, tempos, mahendros, many private cars, autos, and buses are standing here for getting the special trip and sound from the transport, miking, advertisement and other announcements sound make huge noise and sound spread around the side and patients of Green life hospital & diagnostic centre and other hospitals in soundings of Chorpara are directly affected by the outside sound.

According to ranking, the Liberty hospital (81.2dB) is less noisy than the other 10 private hospitals. There is no public gathering besides or near the Liberty hospital, front side is closed and outside noise does not enter directly into the hospital. So the patients comparatively feel free in this hospital though the noise level (81.2 dB) crosses the acceptable limit. Most of the private hospitals are settled on focusing the Mymensingh Medical College Hospital considering the availability of patients, doctors and the communication facilities.

Table 3.4: Location effects on private clinics in the Mymensingh Town (Pick hour's data only: 10:00 AM to 2:00 PM and 5:00 to 7:00 PM)

Mymensingh town only			
Sl No	**Location**	**Mean Noise level (dB)**	**Rank Order**
1	Patgodam Traffic Point (Bridge)	111.3	A
2	Chorpara Traffic point	106.7	AB
3	Ganginarpar Traffic point	105.7	AB
4	NatunBazr Traffic point	104.4	AB
5	Masknada bus stand	103.0	AB
6	Trishal bus stand	102.5	AB
7	Town hall traffic point	102.4	AB
8	Tangail bus stand	101.2	AB
9	Tajmohol	100.2	AB
10	Jabbar point, BAU	99.7	B
11	Wapda Point	99.5	B

The available information in the table 3.4 shows that the most severe problem of sound pollution as top of the ranking order followed by the next. The top five levels of the following locations: Bridge point 111.3(dB), Chorpara point 106.7(dB), Ganginarpar point 105.7(dB), Natun Bazar Point 104.4(dB), Maskanda bus stands 103.0(dB). It was found that the highest level of noise in the Patgodam Bridge point is 111.3(dB) and second highest in the Chorpara point is 106.7(dB). Third rank is in Ganginarpar point and fourth ranking position is in Natun Bazar point. Between these two points, more gathering point is Ganginarpar and noise level is higher than Natun bazar.

4 DISCUSSION

Among the 28 locations, noise level of 25 locations is above 79.2 dB and lowest two locations are 65.6 dB (CCU Shisoo ward MMCH and 45.8 dB Healthcare centre of BAU). Highest level of noise is 103.3 dB in the Uposom health clinic near Bridge point and the lowest level of noise is 45.8 dB in health care centre of BAU.

In the Medical college hospital Mymensingh, the highest level of noise at outdoor is 102.9 dB and 2nd highest level of noise at hospital gates is 102.2 dB. The lowest noisy point is 65.6 dB in the CCU (Shisso). Among the private hospitals, the highest noisy place is Uposom private clinic, Patgodam (103.3 dB) and the least noisy is Liberty hospital, Maskanda (81.2 dB).

According to the DOE, the perfect sound condition for Bangladesh is 45 dB for the daytime and 35 dB for the night in peaceful areas like hospitals, clinics, offices. On the other hand, the United States Environmental Protection Agency (USEPA) recommended guideline values for continuous background noise are 45 dB during the day and 35 dB at night in patient rooms. World Health Organization (WHO) also recommended guideline values for continuous background noise in hospital patient rooms are 35 dB, with nighttime peaks in wards not to exceed 40 dB (Berglund *et al.,* 1999). According to the Noise Control Act of Taiwan, the background noise limit for a medical institution is 50 dB at daytime and 40 dB at nighttime. The survey of DOE shows that noise pollution has increased in different hospitals of Dhaka City. The survey indicates that at Bangabandhu Sheikh Mujib Medical University 82 dB during day and 74 dB at night, at Dhaka Medical College Hospital 80 dB during the day and 69 dB at night, at Mitford Hospital 76 dB during the day and 73 dB at night and at Shishu Hospital 72 dB during the day and 69 dB at night. The study shows the lowest level of sound condition in Mymensingh Sadar is 45.8 dB which cross the recommended level of sound. So, considering the actual acceptable limit of noise level all the selected places are noisy in Mymensingh Sadar Upazila.

Ulrich and Zimring (2004) indicated that many studies reported high noise levels in most hospitals in the USA. The reviewed articles summarized two general sources of noise in hospitals. First one is the noises from paging systems, alarms, bedrails, telephones, staff voices, ice machines, pneumatic tubes and roommates. Second one includes the surfaces of the floors, walls and ceilings hospitals which usually are hard and reflect sound rather than absorb it. In the study areas, internal noise sources are visitors' crowd, gathering, patients crying telephones ringing, banging, trolley, fan, talking (staffs, nurses) and the outside sounds are heterogeneous with a significant load of heavy vehicles like trucks and buses, miking in various purposes, political meeting, advertisement and other social activities. Another cause of noise is traffic. Traffic management is inadequate for smooth flow of vehicles in the study area. Many drivers do not follow the traffic signals and drive the car uncontrolled. This helps to increase noise pollution. The sensitive locations like hospitals are not identified by "No-Horn" or "Silence Zone" signboards. In the absence of wide road, all the vehicles including the heavy ones have to pass through the narrow inner town roads and generate the huge noise. So noise is everywhere in Mymensingh Sadar.

5 SUMMARY AND CONCLUSION

5.1 SUMMARY OF THE FINDINGS

Hospital noise is a serious issue potentially linked to several types of negative reactions in patients. The present study was undertaken to determine the present status of noise pollution and its effect on patients at different times in the selected hospitals/clinics of Mymensingh Sadar Upazila.

Majority of the respondents (35%) were primary educated on the other hand HSC 23%), SSC 21%, other 12% and 9% respondents were university educated. Majority of them (62%) had not idea about noise pollution and 38% had the idea about noise pollution. Majority of the respondents (51%) had low and 8% had medium awareness level about noise pollution. It was observed that 73% respondents never consulted with anybody and 27% consulted with others about noise pollution. Seventy eight percent (78%) respondents had no idea about the rules and regulations and 22% of them know about the rules and regulations. Fifty seven percent (57%) respondents commented that noise pollution was not related to economic loss and the rest 43% commented that it was related to economic loss. There are two peak noise exposure time was identified within the time period of before afternoon 10 am to 12 pm (206 respondents) and evening peak time was 5 pm to 7 pm (203

respondents). Among the respondents, 78% had no idea and 22% had the idea about rules and regulations of noise pollution. Most of the respondents mentioned five types of problems were highly felt such as irritation (255), speech interference (248), lack of concentration (230), sleep disturbance (229) and temporary hearing loss (219).

Majority of the respondents were given their opinions about noise induced health hazards: headache, nausea, palpitation, nervousness/hypertension, mental stress, increased blood pressure, bad temperament/irritation, deafness/tinitus, loss of sleep/ insomnia, felt heat inside the body.

It was found that the private hospitals were very much crowd and Govt. hospitals were in better position in terms of noise pollution in Mymensingh.

In the Medical college hospital, Mymensingh, the highest level of noise at outdoor (102.9 dB), 2nd highest level of noise was in the hospital gates (102.2 dB) and the lowest level of noisy point was CCU (Shisso) (65.6 dB). Among the private hospitals, the highest noisy was Uposom private clinic, Patgodam (103.3 dB) and the least noisy was Liberty hospital, Maskanda (81.2 dB).

5.2 CONCLUSION

It was observed that the internal noise sources of the hospitals and health clinics were visitors' crowd, gathering, patients crying, telephones ringing, trolley, fan and the outside sounds were heterogeneous with a significant load of heavy vehicles like trucks and buses, miking in various purposes, political meeting, advertisement and other social activities. Another cause of noise was traffic jam. Traffic management was inadequate for smooth flow of vehicles in the study area. Many drivers did not follow the traffic signals and drive the car uncontrolled. This helped to increase noise pollution. The sensitive locations like hospitals were not identified by "No-Horn" or "Silence Zone" signboards. On the other hand location effects were the key factors on private clinics in the study areas. It was found that from Maskanda to Patgodam bridge point many private hospitals were established besides the roadside like umbrella. In opposite of Mymensingh medical college hospital, many high rise building were built on Dhaka Mymensingh highway road for private hospitals commercially. So, all the outside noises including vehicular horn were disturbed to the patients. It should be needed to settle the hospital/clinic 50 meter distances from the road and roadside portion must be sound protected. It was observed that the study areas noise pollution was the major problems on patients. So, policies should be needed in nationally to prevention of noise and local steps should be needed to maintain the rules for avoiding the noise pollution of patients' safety.

5.3 RECOMMENDATIONS FOR POLICY IMPLICATION

Local policies on noise seem inadequate in the prevention of annoyance, disturbance of the peace, and noise related physical effects. There is an obvious need for increased efforts to enforce more policies so that fewer people will be adversely affected by noise. The following steps can be taken for noise control:

- Implementation of regulations prohibiting use of hydraulic horns, as well as stopping import and marketing of hydraulic horns used by motor vehicles.
- Reduction of noise level in the hospitals and other important places by adopting engineering control methods which include regulation of spacing between source of noise and receiver.
- Establishment of new houses, schools, college and hospitals away from noisy areas/highways.
- Introduction of underground transportation system to reduce the level of noise by reducing the existing surface transport system.

REFERENCES

[1] Abel, S.M. "The Extra-auditory Effects of Noise and Annoyance: An Overview of Research", The Journal of Otolaryngology, 19. 1, 1-13, 2008.
[2] Banglapedia: National Encyclopedia of Bangladesh, Asiatic Society of Bangladesh, Dhaka, Bangladesh, 2004.
[3] Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D. H., "Guidelines for community noise. World Health Organization, Geneva", (157) 43-54, 1999.
[4] Department of Environment (DoE): National Action Plan for Bangladesh on Control and Prevention of Air Pollution and its likely Transboundary Effects, Baseline Studies, Department of Environment and Ministry of Environment and Forest, 1999.

[5] Occupational Safety and Health Administration (OSHA): online index and online report version America, 7, 76-80, 1983.
[6] Ulrich, R.; Zimring, C., "The role of the physical environment in the hospital of the 21st Century: a once-in-a-lifetime opportunity", The Center for Health Design, California, USA, 2004.
[7] Van Kempen, E. E. M. M.; Kruize, H.; Boshuizen, H. C.; Ameling, C. B.; Staatsen, B. A. M. and de Hollander, A. E. M., "The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A meta-analysis. Environ. Health Perspect", 110 (3), 307-317, 2002.
[8] World Health Organization (WHO): Annual report of Bangladesh 2006, article number, 54-76, 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 107-130
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

العناصر المعمارية في قلعة الحصن بحمص - سوريا (دراسة تحليلية)

Architectural elements in Krak des Chevaliers in Homs - Syria (Analytical study)

Mahmoud Ahmed Darwish

Professor of Islamic Archaeology,
Faculty of Arts - Minia University, Egypt

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 Castle established in (1031) and occupied by the Crusaders (1099), and renewed by Mamluk Sultans Baybars (1171) and Kalawoon (1285).

Castle retains many of the architectural elements dating to the Seljuks, the Crusaders and Mamluks. Seljuk buildings consisting of the eastern entrance of the inner fortress and the emergence of the church, which was a tower, the tower in the north-west along fences between them, the fence south of the entrance until the south east tower. Castle planning has consisted of two fences by six towers and composed the outer wall of the entrance, which consists of two square towers and the corridor between them, entrance leads to cruciform planning Dorqa'a on its sides two corridors around the inner fence, the interface extending on both sides of the entrance to the north and south where it ends in the north tower represents the emergence of the Church is currently in the south was offset by another tower in the position of the south tower current-east, there were four towers in the north western and south western corners and mid of the western and southern fence.

Crusaders have started to expand and develop the castle; they added the outer fence and some towers. They built the church and ring the external fence and a sloping wall in the south, trench behind the southern façade, tower commander in the upper floor of the south-west tower, the knight's hall, the corridor and the defensive tower which is located in front of the northern entrance.

Baybars built: two towers on the south side, curtain stone western and southern walls of the circular towers and the fence the second procedure of the fort, the eastern section of it, featuring a stable and hall guard and the corridor to it, the hall to the east entrance to the inner fort and restoration and construction of outer walls and half circular towers and main entrance, the Sultan Qalawoon the construction of a rectangular tower outside the southern facade of the fence.

The research presents Analytical study of the architectural elements of the castle to highlight the historical stages and renovations by Seljuks, Crusaders and Mamluks, following descriptive and analytical approaches to identify the architectural elements for each period of the historical periods experienced by the castle.

KEYWORDS: Krak des Chevaliers, Homs, Fort of foot, Kurds fortress, Mamluk fortifications, Crusader castles.

ملخص: أنشئت القلعة عام (1031م)، واحتلها الصليبيون (1099م), وعمرها الظاهر بيبرس (1171م) والسلطان قلاوون (1285م). وتحتفظ بالعديد من العناصر المعمارية السلجوقية والصليبية والمملوكية، حيث تضم التحصينات السلجوقية المباني الواقعة بين المدخل الشرقي للحصن الداخلي وبروز الكنيسة الذي كان يمثل برجا والبرج الواقع في الشمال الغربي إلى جانب الأسوار بينها وكذلك قسم من السور جنوبي المدخل حتى البرج الجنوبي الشرقي، وكان التخطيط من حصن ذي سورين عليه ستة أبراج ويتكون السور الخارجي من المدخل المكون من برجين مربعين بينهما ردهة، ويؤدي المدخل إلى دور قاعة متعامدة على جانبيها ممران، وتمتد الواجهة على جانبي المدخل حيث تنتهي في الشمال ببرج يمثل بروز الكنيسة كان يقابله في الجنوب برج آخر في موضع البرج الجنوبي الشرقي، وكان يوجد أربعة أبراج في الزاويتين الشمالية الغربية والجنوبية الغربية ومنتصف السورين الغربي والجنوبي.

بدأ الصليبيون في توسيع القلعة، فأضافوا السور الخارجي وبعض الأبراج، والكنيسة وحلقة الدفاع الخارجية والجدار المنحدر في الجنوب والخندق خلف الواجهة الجنوبية، وبرج القائد بالطابق العلوي من البرج الجنوبي الغربي وقاعة الفرسان والرواق الذي يتقدمها والبرج الدفاعي عند المدخل الشمالي.

وقام الظاهر بيبرس بتشييد: برجين على الجانب الجنوبي، والساتر الحجري للأسوار الغربية والجنوبية والأبراج الدائرية والسور الثاني للحصن الداخلي، والقسم الشرقي منه ويضم الاسطبل وقاعة الحراسة والممر الواصل إليها، والقاعة الواقعة شرقي مدخل الحصن الداخلي وترميم وبناء الأسوار الخارجية والأبراج النصف دائرية والمدخل الرئيسي، وقام السلطان قلاوون بتشييد البرج المستطيل بالواجهة الجنوبية للسور الخارجي.

Corresponding Author: Mahmoud Ahmed Darwish

يهدف البحث إلى دراسة تحليلية للعناصر المعمارية بالقلعة لإبراز المراحل التاريخية والتجديدات السلجوقية والصليبية والمملوكية، متبعا المنهجين الوصفي والتحليلي لتحديد العناصر المعمارية لكل فترة من الفترات التاريخية التي مرت بها القلعة.

كلمات دلالية: قلعة الحصن، حمص، حصن السفح، حصن الأكراد، التحصينات المملوكية، القلاع الصليبية.

1 مقدمة

تقع مدينة حمص في منطقة منبسطة من الأراضي الخصبة في وسط سورية، وتميل ميلا خفيفا نحو مجرى العاصي وبساتينه، وهي مركز المحافظة المسماة باسمها، لعل أقدم موقع سكني في مدينة حمص هو تل حمص أو قلعة أسامة، ويبتعد هذا التل عن نهر العاصي حوالي (2.5كم)، (شكل1).

وقد أثبتت اللقى الفخارية أن هذا الموقع كان مسكونا منذ النصف الثاني للألف الثالث قبل الميلاد، ولقد ورد اسم حمص محرفاً في وثائق ايبلا المملكة السورية الشهيرة. كانت تسمى أيام السلوقيين إيميسا (Emessa) وسميت حمص بعد انتشار العربية. ويظهر التنقيب الأثري أن اسم حمص إيميسا ظهر متأخرا عن تاريخ قطنة وقادش القريبتين منها.

شكل 1. موقع حمص وقلعة الحصن

نشأت هذه المدينة في النصف الثاني من الألف الثالث قبل الميلاد، وكان اسمها في ذلك الوقت حماة صوبا وقد ورد في وثائق إيبلا، وتعاقب عليها الأموريون والحيثيون والفينيقيون والأراميون واليونان والرومان والبيزنطيون والعرب والأتراك. فقد دخلها الإسكندر (331ق.م) ودشن عهده بإعادة ترميم سد بحيرة قطينة، وبعد وفاته (323ق.م)، آلت المنطقة لسلوقس نيكاتور، فاحتلها البطالمة، ثم استعادها ابنه أنطونيوس سولاتا (262ق.م). ومع ذلك عاد البطالمة عدة مرات فحكموا حمص مع سورية الداخلية، وأُطلق على المنطقة ما بين العاصي والفرات اسم (Parapotamia)، أي شبه ما بين النهرين.

ومن الممكن أن تكون حمص نفسها قد تم تأسيسها على يد سلوقس الأول حيث يذكر الفيلسوف سترابون قبيلة تدعى بأميساني تعيش حول العاصي في جنوب أفاميا وقد صنفها الرومان قبيلة عربية.

وفي منتصف القرن (2ق.م) عهد الملك السلوقي إسكندر بالا بحماية ابنه، إلى جامبليق أحد زعماء القبائل بحمص. كما كان لأمير حمص شمسيغرام أثر حاسم في دعم أنطيوخوس الثالث عشر للوصول إلى تاج آبائه السلوقيين (69ق.م) ومن آثار تلك المرحلة كتابات باليونانية منقوشة على أحجار بازلتية تعلو مدخل جامع أبو لبادة [1]،[2]،[3]،[4].

وكانت في العصر الروماني مستعمرة هامة واسمها "إميسيا - إيميزا". وفي العصر البزنطي حافظت أسرة شمسيغرام على مركزها السياسي والعسكري في حمص والرستن، وغدت صديقة لروما. ومع ذلك تعرض الأمير إسكندر بن شمسيغرام (جامبليق الأول) عام (31ق.م) إلى غضب ماركوس أنطونيوس الذي نفاه إلى روما ثم دبر اغتياله. ثم تولى السلطة جامبليق الثاني ثم شمسيغرام الثاني، الذي التقى أغريبا حاكم طبريا، وزوج ابنته لأخ هذا الحاكم، فشيد قصرا من ثلاثة طوابق على طريق طرابلس يدل على الثراء الفاحش، وبعد وفاته دفن في قبر هرمي الشكل خارج السور جنوبا، وتولى السلطة بعده ابنه عزيز ثم أخوه سهيم الذي عاصر نيرون. وانتهى أمر هذه الأسرة في القرن (1م) أيام الإمبراطور دوميسيان، لتبرز في القرن (2م) أسرة باسيانوس التي تولت كهانة معبد الشمس الكبير، واشتهر من أفرادها جوليا دومنا زوجة القائد الليبي الأصل سبتيموس سفيروس، والذي أصبح قائد جيش الدانوب وقاهر أعداء روما على حدودها الشمالية، ومن ثم إمبراطوراً لروما ومؤسسا لأسرة الأباطرة السيفيريين.

وقد استقبلت روما بالتبجيل أيام الإمبراطور إيلاغابال الحجر الأسود المنقول من معبد إله الشمس بحمص لكي يعبد إلى جانب أرباب روما، علما بأن الإمبراطور المذكور كان حتى عام (218م) كبير سدنة معبد الشمس في حمص. وصكت في عهده نقود ذهبية تحمل صورته من جهة وصورة الإله هليوغالوس على الوجه الآخر. عندما احتل بومبي سوريا (64ق.م) وقفت قبيلة أميساني إلى جانبهم واعترفت روما بقائدها شمسيغرام الأول كملك على حمص وكانت عاصمتها الرستن، وصلت مملكة حمص في عهد سلالة شمسيغرام إلى أقصى اتساعها حيث وصلت إلى وادي بعلبك غربا وتدمر شرقا وإلى الرستن شمالا وبيرود جنوبا.

وفي عهد ابن شمسيغرام الأول لامبليش أصبحت حمص عاصمة لمملكة حمص، وقد أثبت الحمصيون مرة أخرى ولاءهم لروما عندما أرسلوا جيشهم لنصرة يوليوس قيصر خلال حصاره على الإسكندرية (41ق.م)، خلال الحرب الأهلية التي نشبت في روما بين أوكتافيوس وماركوس أنطونيوس وقف لامبليش إلى جانب أوكتافيوس بينما ناصر أخاه أليكساس ماركوس انطونيوس الذي نجح في انتزاع العرش من شقيقه وقتله، ولكن مع انتصار أوكتافيوس في الحرب الأهلية تم إعدام أليكساس ونال لامبليش الثاني عرش والده. وفي عهد الملك سهم تم إرسال جيش من حمص لدعم الرومان في حصارهم للقدس عام (70م). وقد لعبت حمص دورا هاماً في التاريخ الروماني، حيث أصبحت بمثابة عاصمة لسوريا في عهد أسرة سيفيريوس، وقد عرفت أيضا بالأسرة السامية أو السورية أو الحمصية، حيث انحدر جل أفرادها من حمص، عدا مؤسسها الإمبراطور سيبتيموس سيفيروس الذي تزوج من الحمصية جوليا دومنا ابنة الكاهن الأعظم لإله الشمس في حمص، وأنجبت جوليا دومنا ابنين هما كركلا وغيتا. انتهى عهد هذه الأسرة مع آخر أباطرتها الكسندر سيفيروس (208-235م). ويعرف من حمص أيضا الفيلسوف الحمصي لونجينوس مستشار الملكة زنوبيا والطبيب الشهير مارليان.

ومع انتشار المسيحية في حمص على يد القديس بطرس ويوحنا الإنجيلي أنشئت كنيسة أم الزنار في قبو للعبادة سرا عام (59م) وكنيسة بربارة (أرشائيا)، وفي عام (307م) تولى الحكم الإمبراطور قسطنطين، الذي اعترف رسميا بالمسيحية، وأمرت أمه هيلانة الحورانية المولد، ببناء كنيسة حمص [5]،[6]،[7]،[8]،[9].

تعرضت حمص للغزو الفارسي (540م)، أيام كسرى أنو شروان وكذلك فيما بين عامي (611-614م) أيام شهربرز الساساني، كما وصلت عام 12هـ (633م) طلائع المسلمين عقب معركة أجنادين بقيادة أبي عبيدة بن الجراح، ثم تراجعت إلى فلسطين للمشاركة بمعركة اليرموك. وبعد فتح دمشق عاد أبو عبيدة بجنده لفتح حمص ولكنه لم يدخلها هذه المرة بل اتفق مع أهلها على مبلغ كبير من المال يدفع لبيت مال المسلمين. إلا أن حاكم حمص هربيس نقض الاتفاق مع المسلمين بتحريض من هرقل، مما اضطر أبو عبيدة إلى العودة من شيزر لإخضاع حمص وقد تم له ما أراد ومعه خالد بن الوليد، وقد أمن المسلمون أهل حمص على أنفسهم وسور مدينتهم وكنائسهم باستثناء كنيسة القديس يوحنا التي حولت للمسجد الكبير. وفي حمص مقامات لكل من جعفر بن أبي طالب وكعب الأحبار وعمر بن عبد العزيز وأبي موسى الأشعري وميسرة ابن مسروق وأبي ذر الغفاري وعبد الرحمن بن عوف ورابعة العدوية وخالد بن الوليد، الذي تنتسب المدينة لاسمه. وقد وسع المسلمون بعد تزايدهم بحمص الجامع الكبير، وثاروا على مروان الثاني أيام الأمويين وعلى الأمين أيام العباسيين وعلى المتوكل أيضاً وكان ينتقم منها في كل مرة بتخريبها، وينتقم من أهلها بالقتل والتشريد.

وقد تبعت للحمدانيين في الفترة (924-1019م)، وكان أبو فراس الحمداني أحد ولاتها، وقد تعرضت للحرق والتدمير من قبل البيزنطيين في الأعوام (969-983-995-1002م) فخسرت حمص معظم مبانيها وأجمل قصورها ومعابدها، وقد تصارع عليها بعد الحمدانيين أمراء البادية من بين مرداس، الموالون للفاطميين من جهة، والسلاجقة والأتابكة من جهة أخرى، وقاومت حمص الصليبيين وخضعت لهم مرتين بين عامي (1116-1126م). وفي عام (1136م) تبعت حمص للزنكيين وأمست مركزا لجنودهم ومن ثم للأيوبيين (1147م)، ومن بعدهم للمماليك حيث جدد الظاهر بيبرس بناء جامع خالد بن الوليد. وقد تعرضت حمص لهجمات هولاكو في منتصف القرن (13م) وتيمورلنك في نهاية القرن (14م) [10]، [11]، [12]، [13]، [14]، [15]، [16]، [17]، [18].

وصارت حمص أيام العثمانيين أحد الألوية الخمسة المرتبطة بطرابلس، وألحقت مع حماة بولاية الشام عام (1725م)، ثم آلت السلطة إلى إبراهيم باشا فيما بين (1832-1842م) وقد هدم أجزاء من قلعة حمص ليبني فيها مستودعا. وعاد العثمانيون عام (1866م) ليجعلوا من المدينة مركزاً لحكومة اللواء، ثم لتغدو بعد عام واحد قائممقامية تابعة لحماة [19]، [20]، [21]، [22]، [23].

2 قلعة الحصن

تعتبر قلعة الحصن من أهم القلاع السورية، [24]،[25]، [26]، (مولر، 1984). وتقع في منطقة استراتيجية مهمة تشرف على المنطقتين الوسطى والساحلية والبحر المتوسط. وتبعد عن مدينة حمص مسافة (60كم) الى الغرب منها، كما تبعد (35كم) عن الساحل السوري، وترتفع (750م) عن سطح البحر، وحوالي (140م) عن سطح الأرض المحيطة بها، وتحيط بهذا السهل سلسلتان من الجبال هما جبل الأنصارية في الشمال الغربي وسلسلة جبال لبنان في الجنوب الغربي.

وقد أقيمت القلعة في موقعٍ استراتيجي يخوله مراقبة الممر الواسع بين الساحل والداخل الذي يوفر ممرا سهلا للجيوش المسلمة الآتية من حمص أو حماة، (منذ العصور القديمة، كانت الدروبُ المهمة تمر بهذا المحور)، [27]، وتشرف أبراجها العليا على مسافات واسعة وتسيطر على المعابر التي تؤدي إلى مصياف والقدموس والكهف وقلعة الخوابي في الجبال الساحلية وعلى طريق طرابلس.

تعد القلعة من أعظم قلاع العالم وأشهرها من حيث منشآتها الدفاعية ومواد بنائها وهندستها الفريدة التي تحمل مزيجا من حضارات الشرق والغرب، في تناسقٍ يبرِز بوجه خاص كل المبادلات المهمة في الأسلوب بين الفن في الغرب والمشرق العربي، وخاصة في الأزمنة المتأخرة من الحضارة السورية في العهد الرومانيِ وأوائل العصور الوسطى. كما تعد من أروع ما خلفته لنا العصور الوسطى من فن العمارة وتحصيناتها العسكرية.

تمتد القلعة مع خندقها لمسافة (240مترا) من الشمال إلى الجنوب و (170مترا) من الشرق إلى الغرب. وارتفاع السور مع المنحدر (26مترا) عدا الأبراج الضخمة، (مدفيدكو، 2002)، ورغم أن القلعة لم تبن دفعة واحدة ولم يكن لها طابع واحد - حيث جرى توسيعها مرات عديدة وتناولتها الأيدي بالترميم والتوسيع والتحصين - إلا أنها تعتبر واحدة من أفضل التحصينات رغم أنها ليست أكبر القلاع التي شيدت في الحروب الصليبية من حيث اتساع المنطقة المسورة إلا أنها أضخمها وتحوي العديد من التعديلات التي أدخلت عليها في العصر الإسلامي.

2. 1 تاريخ قلعة الحصن

تمثل شبتون أو الحصن حاليا بلدة قديمة في التاريخ أخذت اسمها من نهر الشبتي الذي يجري على سفوح هضبتها من الشرق بين سهل البقيعة جنوبا وقرى الكيمة والدغلة شمالا وهو وادي سيلي يجري في الشتاء ويجف صيفا وصولا إلى نبع الناصرية. وهي أكبر التجمعات السكنية المنتشرة حولها تبعت شبتون إداريا إلى لبنان في العهد العثماني وسميت معاملة الحصن وتبعت اللاذقية عندما قسم الفرنسيون سورية لدويلات والآن هي تابعة لحمص، وينتمي سكان شبتون الأوائل إلى أصول أرامية وبذلك يكون عمر هذه البلدة حوالي (3500 سنة) وبحكم موقعها المهم على الممر بين الساحل والداخل في منتصف الطريق بين طرطوس وطرابلس من الغرب وحمص من الشرق اكتسبت أهميتها التجارية والعسكرية.

يعود بناء القلعة إلى الألف الثاني قبل الميلاد عندما هاجم تحتمس الثالث سورية وكان الحيثيون يتمركزون في تل حثي الذي يقع على طرف سهل البقيعة وقد نصحه أهالي شبتون (أي الحصن) ببناء حصن مكان القلعة الحالية لمراقبة وتمركز المصريون وهذا هو أول عمل لبناء القلعة.

وهناك من يقول ان مكان هذا الحصن كان قلعة بناها رمسيس الثاني اثناء غزوه لسورية في القرن (15ق.م) وبعد موقعة بحيرة قادش (قطينة) مع الحيثيين، [28]، سميت قلعة شبتون، تطور الحصن بناء وعمرانا بعد أن أدركوا أهميته من كل النواحي. ويذكر بعض المؤرخين أن اليونانيين بنوا معقلا عسكريا في المنطقة الوسطى بين مدينتهم طرابلس وحمص وسماه اليونانيون "بيرغس" أي الحصن أو المعقل. وبعد انتقال سلطات الحكم من السلوقيين إلى الرومان، أصبحت حمص تابعة للإمبراطورية الرومانية الشرقية في سوريا حيث اتسعت المدينة وقلعتها. وهناك عبارة مكتوبة باللاتينية على أحد جدران القلعة تقول: "إذا مُنحت النعمة, ومُنِحت الحكمة وفوقها الجمال، لا تدع التعجرف يقترن بها لأنه يذهب بها جميعا". وفى الفترة السورية بالعهد البيزنطي، نشأت بقرب البرج قرية مسيحية أصبحت مركزا أسقفيا يتبع مطرانية حمص اسمها أسقفية الحصن، وذكرت في التاريخ الكنائسي في عهد امبراطور القسطنطينية لاون الحكيم سنة (883م)، [29]،[30].

أنشئت قلعة الحصن، (الجلاد، محمد وليد، 1990)، [31] في عام (1031م) في أيام الدولة السلجوقية على يد أمير حمص المرداسي، شبل الدولة نصر رأس الدولة المرداسية بحلب، يوم كان الحصن ضعيفا ويسمى حصن السفح، (مدفيدكو، 2002)، وقام بوضع حامية كردية من أكراد الموصل أقاموا فيه مع عائلاتهم، مقابل حماية الطريق الرئيسية التي تربط حمص بحماة وطرابلس [32]. وأصبح الحصن يعرف عند المؤرخين العرب حصن الأكراد.

وسميت باسم كراك (كراتوم) الفرسان أي قلعة الفرسان (كراك دي شفاليه - Krak – Cratum des chevaliers) عندما احتل الصليبيون القلعة عام (1099م) واستقروا فيها عام (1110م), وقدمها ريمون الأول حاكم أمارة طرابلس عام (1142م) إلى الرهبان الاسبتارية الحربية وفي عام (1157م) كان في القلعة (700) فارسا من خيرة الفرسان الاسبتارية عدا المشاة. (ابن القلانسي، 1975).

كان هذا الحصن أضعف من الصمود بوجه هجمات الصليبيين. وكاد منذ عام (496هـ/1102م) أن يسقط بيد أمير طرابلس الكونت ريمون دي صنجيل الذي فضل رفع الحصار عنه وشن الغارة على إقليم حمص إثر وفاة حاكمها جناح الدولة حسين بن ملاعب. وبعد الاستيلاء على طرابلس عام (502هـ/1109م) وقعت الموادعة بين الفرنجة وأتابك دمشق طغتكين، على أن يمتنع الفرنجة عن أي عمل عدواني على الحصن مقابل غرامة. ولكن في عام (503هـ/1110م) قام تانكريد (Tancrède) أمير أنطاكية بالاستيلاء عليه إثر هجوم بقوات ضخمة لم تواجه بغير مقاومة ضعيفة.

وعندما بدأ الأوروبيين بتجهيز حملات إلى منطقة بلاد الشام من أجل السيطرة على بيت المقدس تحت دعوة البابا أوربان في مجمع كليرمونت (1098م) أدت إلى خروج حملات لحماية المسيحيين في بلاد الشام وبدأ الفرنجة بالتوافد وتأسيس إمارات متعددة من إنطاكية حتى القدس. ونظرا لأهمية موقعها الإستراتيجي فقد تم تسليم القلعة إلى ريمون دي صنجيل حيث بدأ بالتفكير في توسيع هذا الحصن وتطويره، وبناء عدة أقسام رئيسية فيه، حيث عدلوا في بنائه ووسعوه ليخدم أغراضهم العسكرية.

وفي عام (1142م) قام ريموند الثاني أمير طرابلس بتسليم القلعة إلى فرسان القديس يوحنا المعروفين بالإسبتارية أو فرسان المشفى، [33]، [34]. كما تم تسميتها فيما بعد فرسان مالطا ومنذ ذلك الحين بدأ المكان يعرف باسم حصن الفرسان، ولكن ما أن أصبح بيد الاسبتالية حتى أصبح موقعا إستراتيجيا من الدرجة الأولى بالنسبة إلى الصليبيين. حيث بنوا قلعة حصينة، وأعاد الإسبتارية بناء الدفاعات الجديدة والأقسام الرئيسية في القلعة، ولم يضيفوا لها سوى السور الخارجي وبعض الأبراج. فقد كانت القلعة - نظرا لأنها تقع على طريق الحج إلى القدس أو الأرض المقدسة - عبارة عن سكن لعدد من الفرسان من أجل أن يقوموا بتزويد الحجاج بالمؤن اللازمة، وكانت تتسع لحوالي أربعة آلاف جندي وأربعمائة فارس وحصان وكانت المؤن تكفي حوالي خمس سنوات للفرسان داخل القلعة.

بدأ الطور الثاني من إعمار القلعة بعد الأضرار البالغة التي ألحقها بها زلزال عام (1157) حيث يعود تاريخ الكنسية التي بنيت داخل القلعة. وقد وقع في عام (1170) زلزل جديد دمر القلعة وهدم الأسوار، ثم لم يلبث الفرنجة أن يعيدوا بناءها وبناء الكنيسة في الحصن. وقد خرج راي [24] بانطباع بأن الاسبتالية لم يستكملوا التحصينات التي قصدوا بناءها. وفي الحقيقة، يبدو أن معاهدة عام (626هـ/1229م)، بين الإمبراطور فريدريك الثاني والمالك الكامل، تدعم فكرة راي لأن المعاهدة لم تشملهم بينما تعهد الإمبراطور على عدم توسيع تحصينات حصن الأكراد [35].

ولكن وضع الصليبيين كان يتقهقر بالتدريج، رغم ذلك لم يتمكن السلطان نور الدين ولا صلاح الدين من الاستيلاء عليه على الرغم من رغبتهما الكبيرة في ذلك، لأن الاسبتالية كانوا من هناك يسببون الضرر الكبير للمسلمين ويجبرون حكام حماة وحمص على دفع أتاوات كبيرة. وكانوا كلما تردى وضع الصليبيين كلما عمل الاسبتالية على تعزيز تحصينه. وبعد أن فتح صلاح الدين الأيوبي مدينة القدس عام (583هـ/1187م) بدأ بتحرير عدد من القلاع والحصون وذلك أثناء مرور جيشه لاستعادة الساحل السوري دون أن يفلح في تحريرها.

وفي عام (1202م) حدث زلزال ثالث مدمر أحدث أضرارا كثيرة حيث بدأ طور ثالث من أعمار القلعة نتجت عنه حلقة الدفاع الخارجية والجدار المنحدر الضخم في الجنوب والمستودع الكائن خلف الواجهة الجنوبية وفي هذه الفترة لعبت القلعة دورا بالغ الأهمية كقاعدة هجومية لغارات الاستبارية ضد الأراضي القريبة. وفي تواريخ عدة (1207-1218-1229-1252م) تعرضت القلعة لهجمات حكام حلب. فقد حاول أحد أشقاء صلاح الدين عام (1206م) احتلال القلعة دون جدوى.

وقد تم البدء في بناء برج القائد في الطابق العلوي عام (1230م)، كما تم في عام (1250م) إنشاء صالة الفرسان التي تتضمن قاعتين وقاعة أخرى دائرية في الطابق الثاني من برج القائد في جنوب غرب الحصن. وفي عام (1255م) تم تشييد البرج الدفاعي المتقدم عند المدخل الشمالي للقلعة.

وفي عام (1267م) وبعد أن أخليت معظم الأراضي الواقعة إلى الشرق من القلعة من يد الفرنجة تحت تهديد جيش الملك الظاهر بيبرس ولكنه عندما علم بخبر وفاة لويس التاسع ملك فرنسا عام (669هـ/1270م)، أعد حملة واسعة على فرسان الاسبتالية. وشن السلطان بيبرس أول هجوم على منطقة الحصن ذاتها واستولى على قلاع ثلاث وستة عشر برجا محصنا في الجوار، وفي عام (668هـ/1270م) قصد حصن الأكراد، ولكنه لم يمتلك الجرأة بعد على الشروع بحصاره. وبدأ حصار القلعة حيث اضطرت للاستسلام تحت وطأة آلات الحصار والمدفعية بأعداد كبيرة، واستسلم الفرسان في مقابل خروجهم إلى طرابلس.

وقد غادر بيبرس القاهرة في عام 669هـ (1271م)، (ابن القلانسي، 1975). وظهر أمام حصن الأكراد وتم الاستيلاء على ضواحي الحصن، وبرج مدخل السور الثاني، والبرج الثالث الذي يحمي مقدمة الحصن [36]. وكلف حاكمها الجديد صارم الدين قايماز بأعمال إصلاح واسعة النطاق حيث شيد فيها برجين على الجانب الجنوبي. وأعطت هذه التجديدات إلى القلعة شكلها الحالي، وجرت أشغال لتدعيم التحصينات وشيدت أبراج دائرية جديدة وسور ثان في الغرب. حيث قام الظاهر بيبرس بترميم ما تصدع وتهدم من السور الخارجي والمدخل الرئيسي، وسجل ذلك بنص كتابي على هذا البرج نصه: بسم الله الرحمن الرحيم أمر بتجديد هذا الحصن المبارك في عهد دولة مولانا السلطان الملك الظاهر بيبرس العالم العادل المجاهد المظفر ركن الدنيا والدين أبو الفتح بيبرس قصيم أمير المؤمنين وذلك نهار الثلاثاء 25 شعبان الموافق 669هـ" (1271م).

وفي عام (1285م) تم تسليم القلعة من الظاهر بيبرس إلى الملك قلاوون وتم تشييد البرج المستطيل الضخم البارز عن الواجهة الجنوبية للسور الخارجي للقلعة، وفي أيام السلطان المالك الناصر محمد، تم ترميم متراس كان قد دمرته أمطار جارفة، وتم بناء مأذنة للجامع، وتحولت القلعة إلى مجرد ثكنة حتى الحقبة العثمانية،

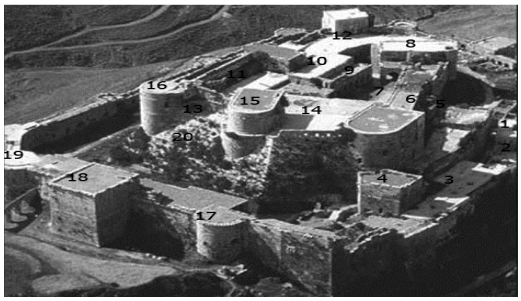
وأهملت إهمالا كبيرا حيث بنيت بداخلها منازل وسكن أهالي القرية المجاورة ومكثوا فيها قرابة قرنين وبنوا فيها بيوتا على أسطح الأبراج وقسموا القلعة لعدة حارات وأصبحت القلعة عبارة عن قرية صغيرة وامتدت إقامة السكان فيها حتى عام (1927م).

وفي (1857) قام عالم الآثار (Guillaume Rey) الفرنسي بأول دراسة أثرية عن القلعة، وفي عام (1927) قامت البعثة الأثرية الأولى بقيادة (Paul Dechamps) بالعمل على ترميم القلعة ونشر أول دراسة عنها عام (1934)، وسميت باسم قلعة الحصن، وقد بقيت حتى اليوم آثار محدودة جدا من الحصن الكردي الأساسي الذي شيد في العام (1031م) ووما قام به الصليبيون بعد زلزال عام (1170م) حيث أعاد فرسان القديس يوحنا تشييد الحصن بشكل شبه كلي.

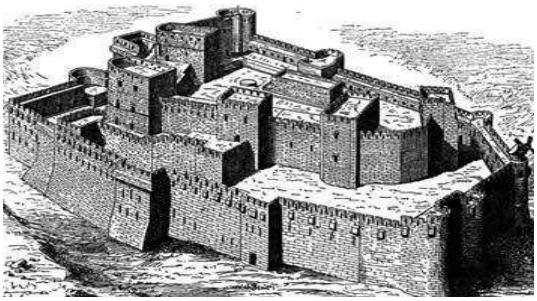
2. 2 وصف القلعة

استخدم الحجر كبير الحجم لتشييد كافة مباني القلعة، وكانت الأحجار الكلسية تجلب من مسافة (4كم) من بلدة مجاورة تدعى عمار الحصن. ويتميز الحجر الكلسي بأنه طيع أثناء النحت وخفة الوزن، وهي واحدة من أفضل نماذج التحصينات الفرنجية في المشرق حيث توجد قناة مائية قدت في الصخر وتعزل القلعة عن الجرف الممتد باتجاه الجنوب وهي تتألف من حلقتين متحدتين المركز من التحصينات موصولتين بمدخل طويل منحدر [37].

القلعة (شكل2) مؤلفة من سورين السور الخارجي [38]، [39]، ويتألف من ثلاثة عشر برجا دفاعيا بعضها نصف دائري والبعض الاخر مستطيل وحامية للسور الداخلي، أما السور الداخلي فمكون من خمسة أبراج وهي الأبراج الأساسية للقلعة الداخلية وهناك خندق مائي يفصل بين السورين الداخلي والخارجي يبلغ طوله قرابة (70م). ويوجد فناء أمامي داخل الحلقة الخارجية للتحصينات وفي الجنوب توجد قناة مائية عميقة قدت في الصخر كانت تستخدم كذلك كخزان للمياه (لوحة 1-2).



لوحة 1. قلعة الحصن من الجنوب الشرقي

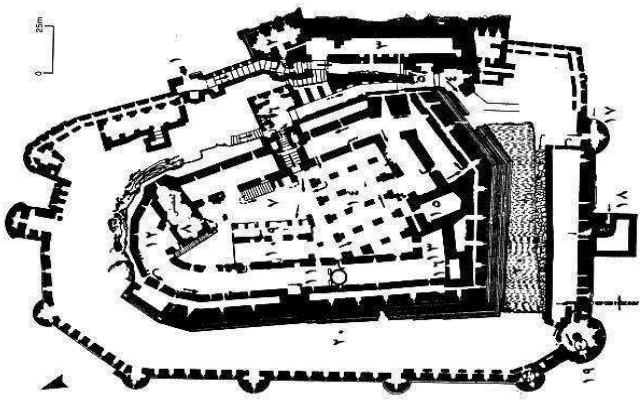


لوحة 2. قلعة الحصن من الشرق

ويعتبر الحصن الداخلي قلعة قائمة بذاتها فوق قاعدة صخرية مرتفعة. ولهذا الحصن ثلاثة أبواب مفتوحة على الخندق يمتاز بأبراجه العالية ذات الطّبقات المتعددة وأسواره السميكة المدعومة من الخارج بالجدران المائلة التي تقاوم الزلازل والمهاجمين. أما الحصن الخارجي فهو السور الخارجي ويتألف من عدة طبقات فيها القاعات والإسطبلات والمستودعات وغرف الحرس ومزود بثلاثة عشر برجا بعضها دائري وبعضها مربع ومستطيل، وهو أيضا محاط بخندق ومدعوم بالجدران المائلة، وغالبا ما وصف كتاب الحوليات المسلمون والمسيحيون في العصور الوسطى حصار حصن الأكراد [24]، [40]، [30]، [31].

ولكن المصدرين الأساسيين اللذين نعرض نصوصهما فهما ابن شداد والنويري، يتحدث ابن شداد عن أسوار ثلاثة، بينما ليس للحصن غير سورين أساسيين، ولعله قصد بالثالث الرواق المقبب المؤدي من السور الأول إلى الثاني، وهو يستعمل عبارة الباشورية ليشير إلى الأبراج الثلاثة التي تحمي المداخل الثلاثة، [42].

الحصن الخارجي هو السور الخارجي للقلعة وهو حصن قائم بذاته، يتألف من عدة طوابق. فيه القاعات والاصطبلات والمستودعات وغرف الجلوس. مزود بثلاثة عشر برجا بعضها دائري وبعضها مربع أو مستطيل، وهو محاط بخندق، [43]، [44]، [45]، [46]،[47].



شكل 2. تخطيط قلعة الحصن

1. الباب الرئيسي
2. غرفة الحرس المملوكية
3. الإسطبل الأول للخيل
4. برج الربط بين السورين
5. مدخل الحصن الداخلي
6. مدخل لحصن الداخلي
7. ساحة داخلية
8. الكنيسة
9. رواق قاعة الفرسان
10. قاعة اجتماع الفرسان
11. المطبخ
12. الحمامات
13. الفرن
14. مخازن مؤنة
15. برج الفرسان
16. برج قائد القلعة
17. برج الظاهر بيبيرس
18. برج دفاعي للسور الجنوبي
19. برج الظاهر بيبيرس
20. أسوار داخلية مائلة دفاعية

السور الشرقي: يحرس البوابة الثانوية الصغيرة في الواجهة الشمالية حصنان بارزان ملاصقان لهما تماما، أما الواجهة الشرقية فقد عدلت كثيرا تحت الحكم العربي ويحرس هذا الجناح ثلاث حصون بارزة مستطيلة الشكل صغيرة يحوي إحداها المدخل الرئيسي. ومن الصعب الكلام عن وجود تحصينات متقدمة مصنوعة من الخشب والتراب لحماية مدخله، كما اعتقد البارون راي (Rey)، [24]، وعلى أية حال لم يبق منها أي أثر، [48].

يقع المدخل الرئيسي للقلعة (لوحة 3-4-5-6) في منتصف الجانب الشرقي وكان يدخل اليه في الماضي بواسطة جسر متحرك وتعلو الباب الرئيسي كتابات عربية تشير الى تجديده من قبل السلطان المملوكي الظاهر بيبرس، والمدخل محصن بالمزاغل لرمي السهام والسقاطات لصب الزيت والقطران، حيث يؤدي إلى ردهة ذات تخطيط متعامد تتصدرها حجرة للحراسة وعلى الجانبين ممران مسقوفان بأقبية متقاطعة ومزودين بالمزاغل وينحرف الداخل يسارا إلى الدهليز الجنوبي الذي يصعد تدريجيا بدرجات عريضة حيث يفضي إلى ممر مزود بالمزاغل يؤدي إلى حجرة الحراسة المملوكية التي تتخذ تخطيطا إيوانيا مكونا من درقاعة وإيوانين على جانبيها ويتصدر الدرقاعة مزغل بينما يوجد بكل إيوان مزغلان واحد بكل جانب. وهناك ممر يتقدم حجرة الحراسة المملوكية يؤدي جنوبا إلى حجرة أخرى في جنوبها الأسطبل وفي غربه ممر ينتهي بمدخل إلى الحصن الداخلي وفي جنوبه البرج المحصور بين السورين الخارجي والداخلي.

لوحة 3. مدخل قلعة الحصن من الشرق

لوحة 4. مدخل قلعة الحصن من الشرق

لوحة 5. مدخل قلعة الحصن من الشرق

لوحة 6. الدرج وجزء من الجدار الشمالي الشرقي

يقع القسم الشرقي من السور في شمال وجنوب المدخل ويتكون من جدارين بينهما ممر والجدار الخارجي مزود بالمزاغل ويتقدم كل منها باب إلى الممر بحيث يمثل الممر سقيفة تتقدم الجدار الخارجي وقد أقيمت قاعة في الشمال بها خمسة مداخل إلى الممر وتنقسم هذه القاعة إلى خمسة أقسام بينها أكتاف تحمل عقودا.

أما القطاع الذي تعرض لأكبر تعديل في العصر المملوكي هو الواجهة الجنوبية الدفاعية للقلعة وبالأصل كانت مؤلفة من سور واق تحميه حصون بارزة نصف دائرية وشرفة مكواة متواصلة، ويقع على السور الجنوبي برجان أقامهما الظاهر بيبرس وكل منهما نصف دائري يضم ثلاثة مزاغل ويقع البرج الأول في الشرق أما الثاني فيقع في الزاوية الجنوبية الغربية وبينهما برج مربع أقامه السلطان قلاوون عام (1285) ويعلو البرج صف من الكوابيل الحجرية التي كانت تحمل السقاطات.

أما المسافة بين برج السلطان قلاوون والبرج الجنوبي الغربي فتوجد بها القناة التي كانت توصل المياه إلى الخندق الواقع بداخل القلعة بين السور الخارجي والحصن الداخلي، وهي تقوم على عقود مدببة ترتكز على دعامات وبكوشات العقود نوافذ ذات عقود مدببة (لوحة 7).

أما السور الغربي (لوحة 8) فيقع عليه خمسة أبراج نصف دائرية بكل منها ثلاثة مزاغل وبين الأبراج دخلات ذات مزاغل. ومن المرجح أن تكون هذه الأبراج من عهد الظاهر بيبرس حيث يضم كل منها ثلاثة مزاغل وتعلوها كوابيل حجرية تشبه برجي الظاهر بيبرس في الجنوب وبرج السلطان قلاوون، أما السور المحصور بين الأبراج فيضم مزاغل وتعلوه سقاطات حجرية وهذه السقاطات تشبه مثيلاتها التي تعلو المدخل، كما أن الكوابيل الحجرية على السور الغربي والأبراج المملوكية كانت عليها سقاطات أيضا وكل سقاطة محمولة على ثلاثة كوابيل وبين السقاطات فتحات السهام، كما أن الأحجار التي بنيت بها الأبراج تشبه الأحجار التي بنيت بها الأبراج المملوكية.

لوحة 7. السور الجنوبي وبرجا بيبرس وقلاوون والقناة

لوحة 8. أبراج السور الغربي الخارجي

وهناك تشابه بين هذا الجزء من السور وأسوار قلعة رشيد حيث الأبراج التي تتكون من ثلاثة مزاغل كما أن السور الواقع بينها يضم مزاغل ويتقدم السور من الداخل سقيفة مما يدل على أن السور كان من أكثر من طابق ويقوم القبو الذي يغطي السقيفة على دعامات كما هي الحال بقلعة قايتباي برشيد، كما أن السور يعلوه ممر مكشوف تحددة جدران بها سقاطات بينها فتحات لرمي السهام. وفي الجدار الشمالي برجان نصف دائريان بكل منهما ثلاثة مزاغل (لوحة 9).

الحصن الداخلي: [49] هو قلعة قائمة بذاتها فوق قاعدة صخرية مرتفعة يحيط بها خندق يفصلها عن السور الخارجي، أما الخندق المحيط به فمحفور في الصخر يعزله عن السور الخارجي، سلطت عليه أقنية تحمل إليه مياه الأمطار. والجدران الخاصة بهذا القسم مائلة من الجزء السفلي في الجنوب والغرب وجزء من الجدارين الشمالي والجنوبي (لوحة 10)، والحصن محاط بأسوار مزدوجة بينها ممر وزود الجدار الخارجي بالمزاغل ولهذا الحصن ثلاثة أبواب مفتوحة على الخندق، ويمتاز بأبراجه العالية، ويتألف من طابقين الأرضي ويضم فسحة سماوية تحيط بها الأقبية والعنابر وقاعة الاجتماعات، والكنيسة والمطعم والحجرات والمعاصر. والعلوي ويحتوي على أسطح مكشوفة وحجرات إقامة الجنود وأبراج.

لوحة 9. السور الغربي من الداخل

لوحة 10. الحصن الداخلي

والبوابة الرئيسية تتصل بباب القلعة الخارجي بواسطة دهليز طويل ينحدر تدريجيا حتى الباب مؤلفا منعطفا دفاعيا في منتصفه، ويقع المدخل في منتصف الجانب الشرقي وعلى جانبيه برجان مربعان يضم كل منهما حجرة مربعة للحراسة ويؤدي المدخل إلى درقاعة على جانبيها دخلتان تنتهي غربا بقسم مكشوف، وكان يقع على جانبي الدرقاعة ممران مسقوفان بعقود متقاطعة، وتمتد الواجهة على جانبي المدخل شمالا وجنوبا حيث يوجد ثلاثة مزاغل بكل قسم وتنتهي في الشمال ببروز نصف مثمن يمثل بروز الكنيسة.

تنتصب الواجهة الجنوبية الرئيسية للقلعة العلوية ابتداء من الخندق مباشرة وهي تتألف من ثلاثة أبراج نصف دائرية ضخمة تشرف على الدفاعات الخارجية وتبدو كأنها تبرز بصورة طبيعية عن الساتر الحجري الشديد الانحدار، وخلف الساتر المكسو بشكل رائع توجد شرفتان وقاعتان مقنطرتان يتم الوصول إليهما من الغرف الكبيرة الموجودة فوق الطابق الأرضي للقلعة العلوية، وتضم الأبراج الثلاثة كلها غرفا ذات أسقف من أقبية متقاطعة.

لوحة 11. برج الفرسان وبرج القائد

لوحة 12. برج الفرسان والبرج الجنوبي الشرقي

أما برج الفرسان (لوحة 11-12) فيتم الوصول إليه من أعلى المخازن ويقع في منتصف السور الجنوبي للحصن الداخلي، وللبرج مدخل معقود بعقد مدبب على جانبيه نافذتان وبالطابق الثاني نافذة مزدوجة تتكون من نافذتين مستطيلتين يعلوهما عقد عاتق نصف دائري أما الطابق الثالث فيضم نافذتين مزدوجتين تتكون كل منما من نافذتين مستطيلتين يعلوهما عقد عاتق ضحل.

أما البرج الجنوبي الغربي (لوحة 13-14) الذي يحوي غرفة حسنة التجهيز تعرف باسم مأوى السيد (Logis du maitre) والذي كان خاصا لقائد القلعة فيصعد إليه من سطح السور الواقع غربي حصن الفرسان ويتكون من طابقين يتم الوصول إليهما بسلم مروحي والأبواب والنوافذ بعضها يعلوه عتب مستقيم كما في الطابق الأول أو عقود مدببة كما في الطابق الثاني ويشرف هذا البرج على برج الظاهر بيبرس بالزاوية الجنوبية الغربية من الحصن الخارجي وكذلك على برج السلطان قلاوون.

لوحة 13. برج القائد

لوحة 14. المسافة بين برج القائد وبرج الظاهر بيبرس

أما البرج الجنوبي الشرقي (لوحة 15-16) فله أبواب على السطح الخاص بالمخازن والقاعة المحصورة بينه وبين برج الفرسان والسور المحصور بين البراج مزود بالمزاغل وبين برج الفرسان والبرج الجنوبي الشرقي قاعة ذات عقد مدبب مفتوح على سطح المخازن ويصعد إلى أعلاها بسلم من أمام مدخل برج الفرسان. أما السور الغربي من الحصن الداخلي ففي منتصفه برج نصف دائري (لوحة 17) وله مدخل مدبب كان يقع أعلى السطح الواقع غربي قاعة الفرسان، ويبدو أن هذا البرج أضيف على مراحل متعددة.

لوحة 15. البرج الجنوبي الشرقي من الحصن الداخلي

لوحة 16. داخل البرج الشرقي من الحصن الداخلي

لوحة 17. البرج الجدار الغربي من الحصن الداخلي

لوحة 18. الركن الشمالي الشرقي من الحصن الداخلي

أما الجزء الشمالي من الحصن الداخلي (لوحة 18-19-20) فيقع عليه برج في الزاوية الشمالية الغربية فيتكون من ثلاثة طوابق تتميز واجهة الطابق الأول بوجود ثلاث دخلات معقودة بعقود مدببة يعلوها صفان من العقود العاتقة المغيبة في الحائط يتكون كل صف منها من ثلاثة عقود ويعلو ذلك اثنتي عشر فتحة معقودة تضفي روعة خاصة على الواجهة الخارجية. والجزء السفلي من الدخلات مائل للخارج حتى يستوي مع الوجه الخرجي للبرج، ويوجد غربي البرج جدار مائل يستمر جنوبا، [50]، [51]، [52]. ويجاور هذا البرج نحو الشرق مدخل إلى الحصن الداخلي (لوحة 21) كما نجد صفين من المزاغل، وكان السور يتكون من طابقين يتقدم كل منهما ممر مقبي يقوم على دعامات، وفي الشرق يبرز الجزء الناتئ من الكنيسة فوق مستوى السور من الناحية الشرقية والذي يشكل نصف مثمن يبرز منه ثلاثة أضلاع وبه نافذة يعلوها مزغل. وفي جنوب بروز الكنيسة يقع المدخل الرئيسي الذي يتوسط الجدار الشرقي من الحصن الداخلي. ونستطيع أن نؤكد أن القسم المحصور بين المدخل والبرج الذي يتوسط الجدار الغربي هو الأقدم وأنه يعود إلى الفترة السلجوقية لتأثره بالأساليب البيزنطية.

لوحة 19. برج بنت الملك

لوحة 20. المنطقة الشرقية للحصن الداخلي والمدخل

تقع الساحة الداخلية المكشوفة (لوحة 22-23) في منتصف الحصن الداخلي وتتخذ تخطيطا مثلثا تقريبا قاعدته جنوبا حيث نجد في شرقها قاعة لإقامة الجنود وسلم يصعد إلى أعلى المخازن، وفي الشمال الشرقي الكنيسة التي تحولت إلى مسجد وفي الغرب قاعة الفرسان التي يتقدمها رواق ويتصدرها جناح يعرف بقاعة الاجتماعات أو القاعة الكبرى التي يتم فيها استقبال الفرسان للملوك الصليبيين. أما في الجنوب فتقع المخازن وأماكن إقامة الجنود.

لوحة 22. تفاصيل الحصن الداخلي

لوحة 23. الساحة التي تتوسط الحصن الداخلي

أما قاعة الفرسان (لوحة 24-25-26-27-28-29) فهي مستطيلة تمتد من الشمال إلى الجنوب ويتقدمها رواق يطل على الساحة حيث يوجد مدخلان يكتنفهما نوافذ يبلغ عددها خمس مزدانة بالأعمدة والعقود المنحوتة على الطراز القوطي وهي مثال رائع لفني العمارة والزخرفة القوطيين، وسقف القاعة والرواق مقام من عقود مدببة متشابكة ومتقاطعة تقوم على أظافر مندمجة بالجدار بمنتصف الدعامات تمثل عناصر نباتية.

لوحة 24. قاعة الفرسان وبرج بنت الملك

لوحة 25. الساحة وقاعة الفرسان

لوحة 26. مدخل إلى القاعة الكبرى

لوحة 27. سقف رواق قاعة الفرسان

وقد كانت النوافذ في الأصل ست ألغيت الجنوبية بعد إقامة المدخل الخاص بالقسم الواقع خلف القاعة والذي يضم المطبخ والحمامات (لوحة 27) والفرن، والذي يتضح أنه مضاف حتى أن عقده تجاوز مستوى واجهة الرواق كما ارتكز جنوبا بعيدا عن نقطة ارتكازه المفترضة أعلى فتحة العقد ومن ثم فقد تم إلغاء النافذة السادسة من واجهة الرواق. وقد كانت قاعة الفرسان أعلى ارتفاعا من الرواق، لذلك فقد كان يوجد طابق آخر أعلى الرواق كان يصعد إليه من الجنوب حيث يوجد باب معقود في منتصف الجدار الجنوبي.

لوحة 28. قاعة الفرسان

لوحة 29. نافذة برواق الفرسان

وفي جنوب الساحة نجد حجرات الحراسة والمخازن وفي جنوبها مخازن المؤن وبرج الفرسان وبرج القائد، وخلف القاعة والمخازن ممر مقبي يضم في الشمال الحمامات وفي الوسط المطبخ وفي الجنوب فرن دائري لصناعة الخبز وقاعات لنوم الجنود، وكانت الحمامات تضم أحواضا نصف بيضاوية من الرخام أعلاها قطعة رخامية بها ثقبان لتزويد الحوض بالماء الحار والبارد (لوحة 31-32).

لوحة 30. الكنيسة التي تحولت إلى المسجد

لوحة 31. المنبر بالمسجد

أما الكنيسة فتقع في الجهة الشمالية الشرقية ويتمثل تخطيطها في بلاطة مستعرضة مقسمة إلى ثلاثة أقسام بواسطة عقدين وكانت شرقية الكنيسة بارزة نحو الخارج شرقي البرج الشمالي الغربي للحصن الداخلي بشكل نصف مثمن وبها نافذة يعلوها مزغل وبالجدران دخلات نفذ بأوسطها في الجنوب محراب عندما تم تحويل الكنيسة في العهود الإسلامية إلى مسجد ووضع بجواره منبر حجري ذو جوسق تعلوه قبة تقوم على أربعة أعمدة وللمنبر خمس درجات، وتزين العقود بعض الجامات التي تضم رسوما قديمة بالفرسكو تمثل مراوح نخيلية ترجع إلى ما قبل تحويل الكنيسة إلى مسجد (لوحة 32-33-34).

لوحة 32. زخارف فرسكو داخل الكنيسة

لوحة 33. حمامات القلعة

لوحة 34. تفاصيل الحمام

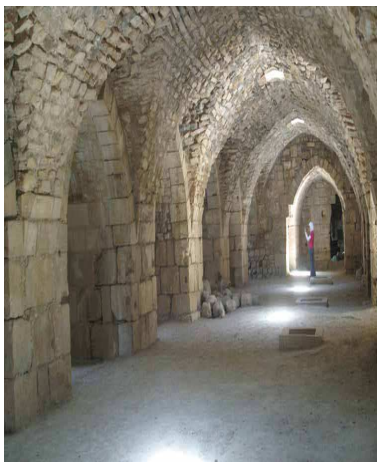
لوحة 35. سرداب الدخول إلى القلعة

وكانت السراديب والممرات داخل القلعة طويلة تعلوها أقبية مدببة من الحجر الغير منتظم (لوحة 35-36-37) وهناك ممرات تعلوها أقبية متقاطعة (لوحة 38-39-40)، كما كان يعلو درقاعات الأبراج قباب ضحلة (لوحة 41).

لوحة 36. أحد الممرات بالحصن الداخلي

لوحة 37. ممر مقبي

لوحة 38. ممر بالحصن الداخلي تعلوه أقبية متقاطعة



لوحة 39. امر بالحصن الداخلي تعلوه أقبية متقاطعة

لوحة 40. الممر المتجه إلى الجزء المركزي من القلعة

لوحة 41. قبة تعلو أحد الأبراج

3 الدراسة التحليلية

شيدت القلعة على عدة مراحل:

3. 1 العصور القديمة

يعود بناء القلعة إلى الألف الثاني قبل الميلاد في عهد تحتمس الثالث، وفي أيام رمسيس الثاني تطورت بناء وعمرانا وسميت قلعة شبتون، وعمرها اليونانيون وأطلقوا عليها "بيرغس" أي الحصن أو المعقل.

3. 2 العصر السلجوقي

أنشئت القلعة السلجوقية في عام (1031م) وسميت حصن السفح وهناك قسم من الأبنية المشيدة في حصن السفح باق في القلعة الحالية ويضم المباني الواقعة بين المدخل الشرقي للحصن الداخلي وبروز الكنيسة الذي كان يمثل برجا، والبرج الواقع في الشمال الغربي إلى جانب الأسوار الواقعة بينها وكذلك قسم من السور الواقع جنوبي المدخل حتى البرج الجنوبي الشرقي من الحصن.

وكان تخطيطها مكونا من حصن ذي سورين يبلغ الفاصل بينهما عشرة أمتار ويقع عليه ستة أبراج ويتكون السور الخارجي من المدخل الذي يتكون من برجين مربعين بينهما ردهة مقبية ويضم البرجان حجرتين للحراسة وكان الباب الذي يغلق الحصن ينزلق رأسيا، يؤدي المدخل إلى درقاعة متعامدة التخطيط على جانبيها ممران مسقوفان بأقبية متقاطعة يلتفان حول السور الداخلي وبهما مزاغل.

وتمتد الواجهة على جانبي المدخل شمالا وجنوبا بطول (33م) حيث نجد ثلاثة مزاغل بكل قسم وتنتهي في الشمال ببرج يمثل بروز الكيسة حاليا وكان يقابله في الجنوب برج آخر في موضع البرج الجوبي الشرقي الحالي، وقد كان يوجد برج ثالث في الزاوية الشمالية الغربية والزاوية الجنوبية الغربية وبرجان في منتصف السورين الغربي والجنوبي. ونلاحظ أن المزاغل كانت بدون دخلات ولكنها لا تعدو أن تكون فتحة ضيقة من الخارج واسعة من الداخل، وهذا يختلف عن مزاغل الصليبيين والمماليك على حد سواء حيث نفذت المزاغل بدخلات.

3. 3 التجديدات الصليبية

في عام (503هـ/1110م) بدأ الصليبيون في توسيع القلعة وتطويرها، وبناء عدة أقسام رئيسية فيها، حيث عدلوا في بنائها ووسعوها لتخدم أغراضهم العسكرية. وفي عام (1142م) بدأوا ببناء الأقسام الرئيسية ولم يضيفوا لها سوى السور الخارجي وبعض الأبراج. وفي عام (1157م) تم بناء الكنيسة.

وفي عام (1202م) بدأ طور ثالث من أعمار القلعة نتجت عنه حلقة الدفاع الخارجية والجدار المنحدر الضخم في الجنوب والمستودع الكائن خلف الواجهة الجنوبية، وقد تم البدء في بناء برج القائد في الطابق العلوي عام (1230م)، كما تم في عام (1250م) إنشاء قاعة الفرسان (27×7.5م) والرواق الذي يتقدمها وقاعة أخرى دائرية في الطابق الثاني من برج القائد في جنوب غرب الحصن. وفي عام (1255م) تم تشييد البرج الدفاعي المتقدم عند المدخل الشمالي للقلعة.

لقد كانت قلعة الحصن (حصن الأكراد) بسوريا واحدة من أفضل نماذج التحصينات الفرنجية في المشرق، وتشمل مجموعة نادرة من أعمال الدفاع كالأبراج المستديرة والجدران والمشربيات والأقبية التي تحت الأرض والزلاقة الخارجية فضلا عن مناعة الموقع العام، وكان يتكون من الحصن (Donjion) ومساكن الإقامة. وكان الحصن عبارة عن برج بسيط مربع الشكل على النمط النورماندي له في غالب الأحيان مدخل واحد مشيد بالحجارة القوية، أما الساحة الداخلية فهي أعلى من الساحة الخارجية ومشرفة عليها ومسيطرة على المهاجمين الذين قد ينجحون في اقتحام السور الخارجي، وبذلك يتهيأ للمدافعين فرصة التحكم في العدو فيقضون عليه.

وتتميز القلعة كذلك بأن مخططها يتألف من حلقتين متحدتين في المركز من التحصينات موصولتين بمدخل طويل منحدر، والحلقة الخارجية مضلعة تتألف من سور يحوى عددا من الشرفات الدفاعية ومقواة بحصون بارزه نصف دائرية، ويحرس البوابة الثانوية الصغيرة في الواجهة الشمالية حصنان بارزان ملاصقان لها تماما، وبالواجهة الشرقية ثلاثة حصون بارزة مستطيلة الشكل صغيرة يحوى أحدها المدخل الرئيسي، أما الواجهة الجنوبية فكانت تتألف مثل الواجهة الغربية من سور واحد تحميه حصون بارزة نصف دائرية وشرفة مكواة متواصلة، وقد زود السور الغربي بالمزاغل التي يبلغ عددها ستة بين كل برجين ويتكون البرج من ردهة مربعة عليها قبو متقاطع وبه مزاغل، ويتقدم السور الغربي دعامات بين المزاغل، (زكي، 1958).

يمكن تمييز ثلاثة طرز رئيسية ظهرت في العمائر ذات الطابع العسكري في الفترة الصليبية الأولى:

الطراز الفرنسي: التي نشأت في القرنين الحادي عشر والثاني عشر كقلعة حصن الفرسان وطرطوس وتتميز بقلاعها المقامة على المرتفعات في موانع منعزلة تحيط بها أسوار تتبع التضاريس الطبيعية للموقع، أما الجانب الأقل تحصينا من القلعة فكانت ترتكز فيه قوى الدفاع الرئيسية، وقد استخدمت الأبراج المستديرة في هذه الفترة.

الطراز المتأثر بالأسلوب البيزنطي: وتظهر فيه الملامح الخاصة بالقلاع الكلاسيكية والتي تأثر العرب بدورهم بها، ويتميز هذا الطراز بالجدران ذات القطع الحاد أي الملساء الأمر الذي يغنى عن تدعيم الجدران، بالإضافة إلى استعمال الأبراج المربعة، وقد تميزت القلاع ذات الطراز البيزنطي بأنها تتبع المخطط التالي: وجود فناء داخلي محاط بجدار تقوم في جوانبه الأربعة أبراج ويليه حائط داخلي أقل ارتفاعا من السور الخارجي، ويحيط بهذا البناء كله خندق عميق كان يملأ أحيانا بالماء ويتمثل هذا الطراز في قلعتي الوعيرة والحبيس.

الطراز المزدوج: الذي يجمع بين مزايا المدرسة الفرنسية والمظاهر المعمارية الشرقية السابق ذكرها، ويتمثل في قلعتي الكرك والشوبك (مونتريال)، (الكردى، 1974).

وعلى ذلك فقد كانت أسوار القلاع الفرنجية وأبراجها أقوى وأمنع من تلك التي تحيط بالقلاع البيزنطية والعربية السابقة على الدوام، ولا يلاحظ وجود طراز قياسي موحد واضح الملامح بين هذه القلاع في المرتفعات الفلسطينية، بينما تطابق القلاع المعاصرة في المناطق الساحلية المستوية طرازا ثابتا يستند بوضوح إلى التقاليد النورماندية.

ومن المرجح أنها تمثل مساهمة الصليبيين الرئيسية في تطوير العمارة العسكرية في المشرق العربي، وكانت القلاع تتألف كما في شمال فرنسا وجنوب انجلترا من برج متعدد الطبقات منيع هو البرج المحصن (donjion)، (مولر، 1984)، وكان استخدام هذا العنصر في القرن (12م) وتمثل في البرج المركزي المستدير الذي كان في البداية مربع الشكل ويسمى الخزنة (Keep) أي الجزء الأوسط أو الرئيسي في القلعة، وهو أمنع أجزاء القلعة وأقواها، وكذلك الاهتمام الشديد بالأسوار المزدوجة، وبصقل حجارتها كي لا تلتصق بها السلالم وأدوات التسلق التي يستعملها المهاجمون، (الكردى، حنان، 1974). وقد نظر بعين الاعتبار إلى أهمية موقع الحصن، ورؤى أن يقام في أضعف قطاعات السور، وكان قد تحول إلى الشكل المستدير لأسباب منها مقاومة السطح المستدير لطلقات المقذوف بشكل مؤثر، (زكى، 1958). كما تعزز الأسوار في أكثر الأحيان بأبراج زاوية مع خندق عريض (ditch) أو قناة مائية عريضة (tosse)، ومن بينها مثلا تل الصافية وصافيتا وقلعة يحمور، كما كانت تشاد أبراج محصنة من هذا الطراز في القلاع الأكبر (مثل قلعة صهيون).

وتلاحظ أن القلاع التي شيدها الصليبيون في القرن (12م) أخذت في الضخامة ولاسيما حينما بنى رجال الطوائف الدينية قلاعا لهم، أو عندما كانت تؤول إليهم قلاع النبلاء والأمراء، وكانت قلاع تلك الطوائف لا تأوي النساء مع أن مساكن كبار القادة والموظفين (داخل القلاع) اشتملت على جميع وسائل الراحة إلى جانب ما تتطلبه الضرورة العسكرية، (زكى، 1958، 1969).

وما أن توقف مد التوسع الفرنجي الذي جوبه مجابهة حاسمة اعتبارا من منتصف القرن الثاني عشر بتنامي قوة المسلمين حتى أخذت التحصينات الصليبية تفقد دورها الهجومي الذي كان سائدا، وتكتسب طابعا دفاعيا بصورة مضطردة، وكان لابد من تحصين القلاع في المناطق الحدودية أو المناطق الداخلية على وجه الخصوص كما حدث في قلعة صهيون، وتمت تقوية الأجنحة المعرضة منها بجدران متينة وأبراج حصينة بحيث تصبح منيعة على أدوات الحصار المحصنة التي أخذ المسلمون يستخدمونها، (مولر، 1984). وتلك الأبراج القوية كانت تتألف غالبا من طابقين وشرفه (terrace) تعتبر من المتانة التي لم يسبقها مثيل في العمارة العسكرية في القرن السابع عشر، فقد كانوا يشيدون تلك الحصون في بادئ الأمر في أسهل مكان دفاعي في القلعة، ولكنهم بعد التجربة وجدوا أن خير مكان يشيدون فيه هذا البرج هو المكان الذي يتطلب الدفاع فيه أقوى أعمال التحصين، وبناء على هذا الاعتبار وضعت أبراج مربعة منيعة في أقوى أعمال الدفاع في المملكة اللاتينية وهى صهيون والصبيبة، والمباني القوية التي شيدت فيما بعد في الكرك والمرقب، والبرجان الكبيران في قلعة الحاج في أنسب مكان في القلاع أي أشد المناطق خطرا على القلعة، (الكردي، 1974).

وقد شهد منتصف القرن الثالث عشر اهتماما بالتحصينات الفرنجية ومنها التحصينات الرئيسية للمدن، وخضعت لتحسينات مستمرة، فقد كانت المدن تحصن في البداية بأسوار بسيطة تحيط بها إلى درجة تجعلها آمنة ضد أي هجوم مباغت، إلا أن القلعة وحدها هي القوية إلى درجة تكفى لمقاومة حصار فعلي، وكانت الأسوار تحصن بأبراج بارزة (bastion) منخفضة أو أبراج مستطيلة الشكل عادة مقامة بفواصل منتظمة إلى حد ما تبلغ خمسة وعشرين إلى أربعين مترا، وتحف بالأسوار من جهة الخارج خنادق أو قنوات عريضة تملأ بالمياه، وكانت بوابات المدن بصورة عامة جيدة التحصين وغالبا ما تحرسها أبراج ملاصقة لها، أما الوصول إلى الداخل فكان محميا بمنعطف بزوايا قائمه غالبا بالإضافة إلى سلسلة من غرف البوابات التي يمكن أحكام إغلاقها وترمى بالنار من أعلى أو من الجوانب.

كما وجدنا اضمحلال أهمية البرج المنيع والذي كان يتوسط القلاع وكان يحتمي فيه المدافعون حتى اللحظة الأخيرة، فقد اضمحلت أهميته وأصبح لا يركن إليه، ولذلك لا نشاهده في القلاع التي بنيت منذ عام (1200م) فقد أهمل إلى حد ما.

ولقد أثبتت التجربة أن منعة القلاع قد أصبحت حينذاك في سلسلة الأبراج القوية التي تدعم أسوار القلعة، وكل برج منها يقوم فيه رجال بالقتال والدفاع ضد المهاجمين وكان كل جماعة في قلعة مستقلة، وذلك عندما ظهرت عيوب البرج المربع والتي وضحت في حروب الحصار المتعاقبة في الأرض المقدسة، حيث لم يكن مبناه يسمح إلا لحاميه محدودة العدد، ولم يكن باب البرج يسمح للحامية بالانسحاب عندما تضطر الأحوال، كما أنه من المساوئ الفنية التي تلازم كلا من البرج المربع وبرج السور المربع لأنهما معرضان من زواياهما للتدمير، فضلا عن أن شكلهما لا يسمح بوقايتهما التامة بواسطة النيران، (زكى، 1969).

واهتم الصليبيون بوضع سلاسل حديدية تربط بين القلاع عن بوابات الموانى، كما في صور وصيدا وجبيل وأبراج الحصار في عكا وبيروت واللاذقية وغيرها، وكان المرفأ ينفصل غالبا عن المدينة بأسوار مانعة، أما الأرصفة فكانت نادرة جدا وكانت السفن ترسو طبيعيا على الساحل الرملي المنبسط أو تلقي مراسيها ضمن المرفأ، واتجه الصليبيون إلى تقويه الجدران الساترة حتى تقاوم القصف أو اللغم (حفر الأنفاق تحتها) أو الهزات الأرضية عن طريق زيادة سماكات البناء وإقامة الأسوار التي تستدق تدريجيا بالارتفاع (جدران الحصون المنحدرة) (Tolos) على الطريقة العربية، واستخدام الأعمدة القديمة كمداميك في داخل الجدران.

وفى الوقت نفسه كانوا يزيدون من مناعة تلك الأبنية بزيادة عدد كوات الرمي فيها، وإقامة طبقات من الشرفات الدفاعية متراكبة فوق بعضها بعضا تخترقها فتحات الرمي، وببناء شرفات بارزة ذات كوى، وكانت الأبراج عادة مستطيلة الشكل إلا أنها أخذت تتحول أحيانا إلى أشكال نصف دائرية اعتبارا من أوائل القرن (13م) مع تقويتها بما يتناسب مع الإجراءات السابقة وتعديلها بحيث يمكن الرمي منها على طول الجدران المجاورة لها، وبحيث يمكنها المساهمة على هذا النحو في تعزيز الدفاع عنها.

وقد ركز المعماريون العسكريون اهتمامهم بشكل خاص على بناء البوابات، كذلك تقويه الجدران، وإقامة الحواجز، وزيادة عدد نقاط الرمي الجانبي في الداخل، وتجنب الأسوار المفردة، وبناء الأسوار المزدوجة عوضا عنها (كما في قلعة الحصن والمرقب)، (مولر، 1984).

وبعد انتهاء الحروب الصليبية كانت الحصيلة التي خرج بها الصليبيون فيما يتعلق بالعمارة العسكرية تتضمن وجوب إقامة خط دفاع ثان ضمن الساحة أو الباحة الرئيسية للقلعة، ووجوب بناء برج محصن أو خزنه تكون هي خط الدفاع والملجأ الأخير في حاله الهجوم، ووجوب وجود أبراج بارزة مستديرة أو مربعة الشكل تتخلل الأسوار الخارجية، (الكردي، 1974).

ويتضح أن الصليبيين جاءوا إلى هذه البلاد حاملين معهم مفاهيم خاصة معينة (بيزنطية ونورماندية وفرنسية) فيما يتعلق بالعمارة العسكرية، ومن ثم خرجوا متأثرين بما في بلادنا من طرز وأنماط خاصة بالمنطقة مخلفين ورائهم قلاعا وحصونا ظهر في معالمها مزيج حضارتين حضارة الشرق (العرب والمسلمين)، وحضارة الغرب (الصليبيين).

لقد انعكست كثير من التطورات المعمارية العسكرية التي انطبعت في البلاد المقدسة على المباني الأوربية، وكان المعماريون الأوربيون يبحثون عن أفضل الأساليب التي عرفت في سوريا كالأبواب ذات المرافق الكثيرة، وكالأبراج المستديرة في السور والحصون الوسطى التي استخدموها في مبانيهم، كما أنه عنى كثيرا بتأثير النيران الجانبية، ثم عرفت السقاطات والمتاريس، ومن ثم سادت في أوربا القلاع المتداخلة الحصون على الأقل لمدة نصف قرن وذلك بعد نجاحها في سوريا على الأساليب التي كانت قد استقرت فيها منذ أجيال طويلة، (زكى، 1958).

3. 4 العصر المملوكي

قام الظاهر بيبرس في عام 669هـ(1271م) بأعمال إصلاح واسعة النطاق أعطت إلى القلعة شكلها الحالي بشكل أساسي. حيث شيد فيها برجين على الجانب الجنوبي. وجرت أشغال لتدعيم التحصينات ببناء الساتر الحجري للأسوار الغربية والجنوبية للحصن الداخلي، وشيدت أبراج دائرية جديدة وسور ثان للحصن الداخلي مزود بالمزاغل بحيث أصبح هناك ممر عرضه ثلاثة أمتار في الغرب ومتر ونصف في الجنوب، ومن ثم أصبحت المزاغل تقع بدخلات. وقام ببناء القسم الشرقي من الحصن الخارجي والذي يضم الاسطبل وقاعة الحراسة والممر الواصل من المدخل إليها والقاعة الواقعة شرقي مدخل الحصن الداخلي. وقام بترميم ما تصدع وتهدم من السور الخارجي حيث أعاد بناء الأسوار الخارجية والبراج النصف دائرية والمدخل الرئيسي.

لذلك فإن ما ذكره ابن شداد من أن للقلعة ثلاثة أسوار صحيح، بينما تذكر جميع المراجع أنه ليس لها غير سورين أساسيين، وهو يقصد بذلك السور الأصلي السلجوقي والسور الثاني الذي أضافه بيبرس إليه ويضم مزاغل ذات دخلات وقد أصبح السوران يمثلان سورا واحدا يخترقه ممر كما سنجد في السور الغربي الذي

يرجع إلى الظاهر بيبرس والذي يشبه سور قلعة رشيد التي جددها الظاهر بيبرس أيضا. كما يستعمل ابن شداد عبارة الباشورية ليشير إلى المدخل الشرقي للقلعة حيث ينحرف الداخل يسارا إلى الممر وهو ما يذكرنا بأبواب مدينة بغداد.

وفي عام (1285م) قام السلطان قلاوون بتشييد البرج المستطيل بالواجهة الجنوبية للسور الخارجي.

وقد أقام المماليك العديد من القلاع لحماية الثغور المصرية والشامية، واختاروا المواقع الحصينة لهذه التحصينات، واستخدموا الأصول القديمة لاستحكاماتهم، فقد عنى الظاهر بيبرس بإنشاء الاستحكامات التي اشتملت على القلاع والمنارات، وقام بإصلاح العديد من تحصينات الثغور الشامية.

وتدل دراسة تخطيط الاستحكامات المملوكية بالثغور أنه حدث تحول في القواعد الهجومية خفيفة التحصين إلى المعاقل الدفاعية الأمنع تحصينا وذلك منذ منتصف القرن (13م)، وكان هناك ميل دائم إلى تعزيز القدرات الدفاعية للقلاع المنفردة، وزاد الاهتمام بتقوية الجدران الساترة التي تعتبر العمود الفقري لأية منظومة دفاعية بحيث تقاوم القصف أو اللغم أو الهزات الأرضية عن طريق زيادة سماكات البناء وإقامة الأسوار التي تستدق تدريجيا بالارتفاع، واستخدام الأعمدة القديمة كمداميك داخل الجدران، (مولر، 1984).

ونجد أن العناصر المعمارية قد تأثرت تأثرا كبيرا بالقلاع الشامية، وبنظره إلى مخطط السور الغربي لقلعة بغراس التي أجرى الظاهر بيبرس بها عده إصلاحات في عام 628هـ (1268م) حيث المزاغل العميقة المستطيلة الشكل والتي تنتهي بفتحات الرمي المثلثة، مما يرجح أن يكون سور القلعة قد أقيم على أساسات ترجع إلى عصر الظاهر بيبرس، (مولر، 1984).

فقد استولى الظاهر بيبرس على قلعة الحصن (حصن الأكراد) في عام 669هـ (1271م) وقام بعملية ترميم واسعة لعناصرها وكذلك تعميرها، أما القطاع الذي تعرض لأكبر تبديل وتعديل على يد العرب فهو الواجهة الجنوبية أو الجبهة الدفاعية الرئيسية للقلعة، حيث استدعت الأضرار الكبيرة التي لحقت بها أثناء الحصار تحصينها بشكل جيد، وكانت هذه الواجهة تتألف في الأصل مثلها مثل الواجهة الغربية الطويلة من سور واحد تحميه حصون بارزة نصف دائرية وشرفة مكواة متواصلة، ويوجد فناء أمامي داخل الحلقة الخارجية للتحصينات وفى الجنوب توجد قناة مائية عميقة قدت في الصخر، (مولر، 1984).

أما القسم الذي تم تعميره فيضم جزء من السور الخارجي يتكون من خمسة أبراج نصف دائرية، ويوجد ستة مزاغل بين كل برجين فيما عدا البرجان الثالث والرابع فيوجد بينهما سبعه مزاغل، ويتكون كل برج من الأبراج الخمسة من دورقاعة مربعة يعلوها قبوان متقاطعان وحولها ثلاثة مزاغل والمدخل والتي تمثل تخطيطا متعامدا، أما المزاغل الثلاثة فكل منها عبارة عن دخلة مستطيلة تنتهي بفتحة الرمي المثلثة، وتشبه مزاغل السور مزاغل الأبراج من حيث التخطيط، ومن أهم معالم هذا السور الدعامات المستطيلة من الداخل التي تحصر بينها وبينه ممرا، وتتشابه كذلك مزاغل السور الجنوبي من الحصن الداخلي ومزاغل القسم الجنوبي من السور الغربي من نفس الحصن مع مزاغل السور الغربي. كما جدد الظاهر بيبرس قلعة شقيف عام 666هـ (1268م)، وتشبه مزاغل السور الغربي منها مزاغل السور الغربي من حصن الأكراد، (مولر، 1984).

ومما لاشك فيه أن الأعمال التي قام بها جلبان الظاهري (الظاهر بيبرس) بقلعة البحر بصيدا، وبصفة خاصة في البرج الكبير الحجم ذو الطابقين والذي يعلوه سطح تحيط به دروة من الأعمال الهامة التي يمكن الاستناد عليها، حيث يتميز هذا البرج بالأقبية المتقاطعة التي تكون سقوفه، وتتميز هذه القلعة أيضا بالبرج الجنوبي الشرقي الدائري الذي يتكون من ثلاثة مزاغل، كما أن السورين الشرقي والجنوبي للقلعة بهما مزاغل مستطيلة تنتهي بفتحة الرمي المثلثة، (سالم، 1958).

وبالعودة إلى قلعة طبراكال (تل حمدون) نجد أصول العناصر التي سبق استعراضها من خلال أعمال الظاهر بيبرس بالشام، فهذه القلعة التي تقع في جنوب تركيا قد احتفظت بأصولها البيزنطية، وتم تحصينها تحصينا قويا في عام 607هـ (1211م) على يد الأرمن، (مولر، 1984).

ونجد تشابها واضحا بين مزاغل هذه القلعة والمزاغل بالقلاع التي قام بيبـرس بترميمها، مما يؤكد أن المزاغل ترجع إلى أصول بيزنطية، وأن بيبرس اعتمد على المزاغل الموجودة بهذه القلاع ولم يضف جديدا إليها، كما زودت الأسوار بأبراج دائرية بها مزاغل ولكنها أصغر حجما حيث نجد أن كل منها بشكل مثلث فقط، ويتكون كل برج من دورقاعة دائرية تفتح منها فتحات مثلثة إلى الخارج، أذن فإن بيبرس قد استخدم أشكال المزاغل بالأسوار والأبراج مما جعل الدورقاعة مربعة حتى تحيط بها المزاغل الثلاثة والمدخل، (مولر، 1984).

وتكرر الحال بقلعة يبلان كاليسي في جنوب تركيا، (مولر، 1984). أيضا حيث نجد أن مزاغل البرج الشمالي تشبه مزاغل أبراج قلاع الشام مع الزيادة في عدد المزاغل لذلك يتأكد أن بيبرس لم يجدد في شكل الدورقاعة، كما أننا نجد بهذه القلعة أبراجا تشبه أبراج قلعة طبراكال.

ومن ذلك يتأكد أن الظاهر بيبرس قد اهتم بالتحصينات اهتماما كبيرا، وأستمد العناصر المعمارية التي استخدمها في التحصينات من العناصر الموجودة، ولكن انتشر استخدامها، فقد كان تطور أنواع السلاح سببا لتوسيع المزاغل كذلك الاهتمام بالأسوار السميكة التي لا يمكن اختراقها أو لغمها أو ضربها بالدبابات (الكباش)، وقد اهتم كذلك بالأبراج الدائرية المدعمة بالمزاغل الثلاثة ويمثل كل منها من الداخل دورقاعة مربعة يعلوها قبوين متقاطعين وتفتح عليها أربعة أجنحة يمثل الأول منها مدخل البرج، أما الثلاثة الباقية فهي المزاغل التي يمثل كل منها دخلة مستطيلة تنتهي بفتحة الرمي المثلثة، كما زودت الأسوار بالمزاغل المتشابهة مع مزاغل الأبراج.

وقد سبق أن رأينا ذلك بقلعة القاهرة التي تتميز أبراجها بالتخطيط المتعامد، ووجدناه أيضا بأبراج بغداد وعلى سبيل المثال الباب الوسطاني حيث يتوسط البرج دورقاعة دائرية تحيط بها ثمانية أجنحة. (حميد، 1988). وسنجد عند دراسة تخطيط قلعة رشيد مدى التأثر بتخطيط هذه القلاع حيث أنها استمدت عناصرها الدفاعية منها كالمزاغل والأبراج.

4. العناصر المعمارية

4. 1 الأسوار والأبراج

كان أهم ما اعتمدت عليه الاستحكامات هو الأسوار التي تمثل خطا دفاعيا متكاملا، وحتى يستطيع هذا الخط أن يحقق مهمته بكفاءة لابد من سهولة تزويده بما يحتاج إليه، وتقوية بعض نقاطه على مسافات مختلفة بأبراج، وكان لابد من سهوله الاتصال بين الجند المدافعين عنه، وتنظيم العمل بينهم بالصورة المطلوبة، وهو أمر استدعى أن يخطط السور بمواصفات وقياسات دقيقة تفي بهذه المتطلبات، وقد انعكست هذه الأمور على عمارة وطريقة أنشاء الأسوار بما اشتملت عليه من عناصر معمارية مختلفة، (عثمان، 1985). ولذلك عني المعماريون العسكريون بالأسوار كأولى الخطوات الدفاعية التي تحمى الاستحكامات، وقد وجدنا أنماطا من الأسوار المحصنة التي أحيطت بالخنادق وألحقت بها الممرات والأبراج المتعددة الأضلاع والمربعة والدائرية والمستطيلة كذلك وجدنا الأسوار السميكة والمزدوجة والمتعددة

والعالية والمزودة بوسائل دفاعية كثيرة كالسقاطات والمزاغل، وقد روعي ميل الجدران إلى الداخل وحفر الخنادق حولها حتى لا يتمكن العدو من لغمها أو نقبها، وعنى المعماريون بتدعيم الأسوار بالأعمدة الجرانيتية والرخامية لتقوية الأساسات.

وتتضح فكرة الإعاقة للعدو المهاجم من خلال مانعين أساسيين متمثلين في السور الترابي وفى الخندق الذي يكلف العدو مشقة الهبوط والصعود ويسهل على المدافعين خلف الدراوي الحجرية والتي تمثل عناصر دفاعية أساسية متعددة ومتقاربة، ثم تطور الأسلوب نتيجة التجربة والممارسة فحتى تكون الإعاقة تامة للجيوش المهاجمة وحتى لاتصل بسهولة إلى المدن نتيجة إمكانية تسلق الحصون المتمثلة فى الأسوار الترابية كانت الفكرة في إنشاء حصون عالية يصعب تسلقها بجعلها عمودية تماما عند أسفلها، وكان تحقيق ذلك ببناء السور الذي بني أولا باللبن كما تشهد بذلك آثار العصر الهكسوسي والهيثي والفرعوني، ثم رغبة في زيادة متانته لمقاومة ضربات المهاجمين بنى السور بالحجر، وكان هذا التطوير محققا لإمكانيات أكبر في الدفاع ويزيد من إمكانية الدفاع اختيار موقع مرتفع للمدينة أصلا لتحقق رؤية أفضل، وليمكن من ركوب العدو المهاجم، ثم رؤي أيضا أن يكون لهذا السور موقعا هاما في الهجوم على العدو ولا يقتصر على موقف الدفاع السلبي، وحتى يحقق السور هذا الغرض صمم على أن يكون أعلاه على هيئة ممر أو ممشى يمكن الجند المدافعين من تأدية عملهم بمستو عال ويحقق للجند المشاة أو الركبان رؤية أفضل ومرمى أبعد وأوسع. (عثمان، 1985).

وظهرت الأسوار المزدوجة بحصن هيراكونبولس (الكوم الأحمر) من عهد الأسرة الثانية الفرعونية وتتألف من سورين أحدهما داخل الآخر والسور الخارجي أقل ارتفاعا من السور الداخلي واقل من نصف سمكه، ويتميز السور الداخلي بأنه يتخلل سطحه الخارجي دعامات ويكتنف مدخله برجان متقاربان، [52]، [53]. كما ظهر بشونة الزبيب، وحصن الكاب من الأسرة (6-10) ويفصل السورين فناء، وكان السور الخارجي منيعا يبلغ ارتفاعه (9م) وعرضه (11.5م) وله ممر متسع، وقد اقتصرت الحصون التي أنشئت على الجبال على نظام السور المزدوج. (زكي، 1968).

وقد أحيطت الحصون الأخمينية بثلاثة أسوار الأول ارتفاعه (18م) وسمكه (21.5م) وحائط يحيط بالقلعة ارتفاعه (9م) وسمكه (10م)، أما الحائط الثالث فهو كالأول والمسافة بينهما (24م) كما في أسوار سرجون، (مرابط، 1953).

وأحيطت الحصون الساسانية بسور مزدوج ووراءه خندق كما هي الحال في قصر شيرين، (مرابط، 1953)، وقد ظهرت الأسوار السميكة فسمك سور حصن الكاب الخارجي (11.5م)، [53]، أما حصن سمنه فسمكه (8-9م) من أسفل و (4م) من أعلى، وسمك جدران حصن بوهين (4.80م)، وسمك جدران حصن سيسيبي (4-5م)، (زكي، عبد الرحمن، 1968)، وسمك الأسوار الأخمينية (21.5م) للأول والثالث و(10م) للثاني، (مرابط، محمود فؤاد، 1953). أما أسوار الإسكندرية فسمكها (5م). (الفلكي، 1967). وتميزت الأديرة السورية بأسوارها، [55]، وكذلك الحال بالأديرة المصرية التى كانت أسوارها عالية يصعب تسلقها كما في أديرة وادي النطرون والقديس سمعان بأسوان (شيحة، 1988)، ودير الأنبا بولا بالبحر الأحمر.

وقد روعي في بناء السوار ميل الجدران إلى الداخل وهى ظاهرة نجدها في جميع أبنية قدماء المصريين، ولعلها ترجع إلى أن مواد البناء المستعملة كانت ضعيفة فكان لابد من تقوية الحصن بجعل قاعدته سميكة ما أمكن إذ هي المعرضة قبل كل جزء فيه للهجوم، (زكي، 1968)، وقد ظهر ذلك من بداية الأسرات، كما أن بصور مقابر بني حسن قلاع بجدران سميكة مائلة في جزئها الأسفل مستقيمة في جزئها الأعلى، (شكري، 1986)، وقد كان البيزنطيون، (زكى، 1958). يشيدون القلاع ذات الأسوار المائلة أيضا وأن قل سمك هذه الأسوار.

لقد أحيطت أسوار الحصون بخنادق فيحيط الزاوية الشمالية الشرقية لحصن سمنة الفرعوني خندق عميق، (زكي، 1968). وحفر المعمار الأخميني خندقا بين الحائطين الثاني والثالث لإحباط مساعي العدو في حفر سراديب تحت الأرض ولكسر هجماته أن أفلح في اختراق الحائطين الأولين، (مرابط، 1953).

وقد حصنت الأسوار بالأبراج والدعامات فقد تم تنفيذ دعامات أو أبراج بارزة بالأسوار الفرعونية لتتيح للمدافعين تحت الأسوار مساحة أوسع يستطيعون مراقبة كل من يقترب منه وتصويب سهامهم نحو من يحاول نقبه من الأعداء، (شكري، 1986)، ويعتبر حصن أمبوس (الأسرة 13) المثل الوحيد للتحصينات ذات الأبراج وهى مع ذلك أولية جدا في طرازها المعماري فان البرجين المشيدين في الزاوية الشمالية والجنوبية لا يسيطران على الأجناب المتصلة بها إلا من ناحية واحدة، وبدأت الأبراج تطويرا لفكرة الدعامات كما في حصن سيسيبى والتي يتراوح طولها بين (4-5م) وسمكها (4م)، ووجدت الأبراج الواضحة المعالم والمربعة التخطيط في حصن سمنة وهو أول مثال واضح بالعمارة الفرعونية، (زكي، 1968).

ونجد الأبراج في أسوار سرجون (8 ق.م) وهي على مسافات مضطردة كأنها قلاع صغيرة لرد الجيش المهاجم، (مرابط، 1953). كما نجد الأبراج المستديرة والمربعة بأسوار قصر شيرين في العصر الساساني، (مرابط، 1953). والأبراج المستديرة المختلفة الأحجام في مدينة رداع باليمن، (شيحة، 1987)، وكذلك بأسوار مدينة تنيس الرومانية، (لوبير، وصف مصر). وفى أركان أسوار حصن كراكلا (الحلابات) أبراج مربعة من العصر الروماني، (هاردنج، 1971). وأقيمت بأسوار مدينة رداع، (شيحة، 1987)، أبراج للمراقبة تتخللها فتحات للسهام ومكونة من عده طوابق وحجرات وصهاريج. وقد نفذت ممرات بالأسوار وبصفة خاصة بالقلاع البيزنطية والتي كانت تتميز بأسوارها الغير سميكة (نوعا)، وكانت أبراجها بارزة بروزا ضئيلا وموزعة على مسافات معينة بين كل منها والآخر دروة غير سميكة من الحجارة، الأمر الذي كان من أجله تبنى كوابيل يعتمد عليها ممشى السور، وفي بعض الأحيان كانت تبنى لها سلسلة من العقود الداخلية، (زكي، 1969).

ويرجع السبب في عدم الاهتمام بسمك الأسوار البيزنطية هو الاعتماد على الخندق الكبير الذي يحيط بالقلعة، وكان يتقدمه أكمة من التراب تسمى متراسا واستحكاما ترابيا، وعلى العموم فكانت الحصون البيزنطية تعتمد على عدد من الرجال وعلى الأعمال الدفاعية الخارجية (الخندق والمتراس الترابي) ولا تعنى كثيرا بالموقع المنيع أو بمتانة الأسوار أو بترتيب منسق لاستخدام النيران الساترة، (زكي، 1969).

أما القصور الأموية فقد دعمت أسوار تحصيناتها بالدعامات والأبراج المربعة والدائرية والمستطيلة والمتعددة الأضلاع، ففي قصر الوليد في مينيا أبراج دائرية في الزوايا ونصف دائرية في الأضلاع الثلاثة، [56]. وفى قصر هشام بالحير الغربي نجدها مستديرة ما عدا الزواية الشمالية الغربية، ودعمت أواسط الجدران بأبراج نصف دائرية ماعدا الشرقي حيث المدخل المكون من برجين نصف دائريين، أما قصبة مريدا (213هـ/828م) فنجد في بين كل برجين منها أبراج أصغر حجما من الأبراج الركنية ويقع المدخل بين برجين نصف دائريين، متأثر بالقلاع البيزنطية (سامح، 1964). كما استخدمت الأبراج المضلعة في البرجين اللذين يكتنفان باب قرطبة بمدينة قرمونة وهما مثمنا الشكل، وتم تدعيم الجدران الخارجية لرباط سوسة بثمانية أبراج نصف دائرية أربعة بالأركان وأربعة بالأضلاع وكلها دائرية فيما عدا أبراج المدخل في الجنوب وبرج الركن الجنوبي الشرقي فشكلها يقرب من المستطيل والأخير استخدم كقاعدة للمنار، ووجدت الأبراج والدعامات الدائرية والنصف دائرية بقصر الخرانة (62هـ/711م)، (شعيرة، 1979)، والطوبة (744م)، والمشتى (744م)، [56]، وخربة المفجر وقصر الحير الشرقي (729م).

لقد تميزت أسوار مدينة بغداد بأنها مزدوجة يبلغ سمك السور (35م) من أسفل و (12م) من أعلى، كما أن سمك السور الداخلي بمدينة الرقة يبلغ (5.85م) والخارجي (4.50م) وعرض الفاصل بين السورين (20.80م)، أما أسوار رباط المنستير، [56]، فهى سميكة ومرتفعة وأسوار رباط سوسة ضخمة يزيد ارتفاعها عن (8م) وتنتهي من أعلى بشرافات ماعدا المدخل (البكرى، 1911)، وقد وجدت الأسوار المزدوجة بمدينة قرطبة، [57]، أما قصبة مريدا فسورها سميك ويتألف من

أعلى من درب يسير على المحاربون وشرافات ودروات يحتمون خلفها، والدروات كتل مخروطية ويتخلل جسم الدروة فتحات تساعد المحارب على النظر إلى أسفل دون أن تصيبه أسهم الأعداء. وقد قصد من الأسوار السميكة كي تساعد على متانة الإنشاء من ناحية، وعلى عدم تمكين العدو من ثقبه بسهولة من ناحية ثانية، ومن ناحية ثالثة يوفر ممشى للجنود في أعلاه. (سالم، 1958).

ويتقدم الأسوار خنادق مملوءة بالمياه كما في مدينة بغداد حيث تحيط بالمدينة بعمق (6م) واتساع مثل ذلك، وكان الخندق يملأ بالماء عن طريق قناة، وأمام كل باب قنطرة لعبور الخندق وبنيت مسناة مجاورة للسور يصعب التسلق عليها من قاع الخندق، أما اتساع خندق مدينة الرقة فيبلغ (15.90م) من أعلاه، (زكى، 1958)، وكان يتم عبور الخندق بقناطر أمام الأبواب تمكن من العبور في حالة السلم وترفع في أوقات الحرب، (عثمان، 1985)، وقد استخدمت الدعامات الدائرية والنصف دائرية في قصر بلكوراه بسامراء، والمسجد الكبير أيضا، وكذلك مسجد أبى دلف، (العميد، 1976)، واستخدمت في المسجد الجامع بقرطبة (169هـ/385م) والجامع الكبير في القيروان (175هـ/773–774م) دعامات مستطيلة ومربعة. وبخان عطشان أبراج ركنية دائرية وأربعة أخرى نصف دائرية بالجدران أما برجا البوابة فهما مربعان بقصر الأخيضر، واستخدمت الدعامات الدائرية في الجامع الكبير ببغداد وكذلك بجامع الرقة وبأسوار مدينه بغداد (113) برجا نصف دائري، [57].

لقد أقيمت أسوار القاهرة باللبن وذلك في عصر جوهر، أما أسوار بدر الجمالي فأقيمت بالحجر والروابط الرخامية وهو أسلوب سبق استخدامه في مدينة المهدية ولم نر مثلا له من قبل ذلك في أسوار المدن، (عثمان، 1985)، كما تم تزويد هذه الأسوار بخطين للدفاع في وقت واحد بعمل خط دفاعي داخل السور بالإضافة إلى الخط الدفاعي أعلاه، كما تميزت الأسوار الفاطمية بزيادة سمكها، وكان بالممر الداخلي مزاغل على جانب وحجرات على الجانب الآخر. واستخدمت الأبراج المستديرة في باب الفتوح وباب زويلة والأبراج المربعة بباب القصر، ونجد أن صلاح الدين أنشأ أسوارا ضخمة لقلعته سمكها (3.0م) وارتفاعها يزيد عن (10م)، ويتخلل الأسوار ممر عرضه (0.90م) يؤدي إلى غرفة ضيقة، (ماهر، سعاد، 1985)، كما كانت أسوار الإسكندرية ضخمة ومزدوجة تعلوها أبراج عاليه، (لوبير، وصف مصر)، ويبلغ اتساع الممر (1.40م) وعرض الجدار الخارجي (1.0م) والداخلي (0.70م)، في حين كان سمك القسم الخارجي من سور قلعة صلاح الدين (1.25م) وسمك القسم الداخلي (0.65م). أما سور قلعة الجندي بسيناء (زكي، 1960)، فيبلغ مترين ويبلغ سمك سور قلعة جزيرة فرعون (1.60م) وتحتوى على ممرات أيضا، (هيئة الآثار المصرية، 1986).

ويتميز سور قلعة صلاح الدين بأن الممر يؤدى إلى غرف ضيقة مربعة طول كل منها (1.5م) وارتفاعها (2.25م) وهو نفس ارتفاع الممر، وقد صممت في الممر نوافذ لإضاءته ومن الخارج ليس بها فتحات فيما عدا فتحات الغرف، أما غرف الأبراج فطول كل منها يزيد عن (4.00م) وتنفتح في كل منها غرفتان جانبيتان، (ماهر، 1985)، على هيئة ذراعين وبكل غرفة منافذ للرماح. وقد أقيم خندق لقلعة صلاح الدين كما أقيم خندق آخر حول مدينة دمياط، [58]. أما أبراج قلعة صلاح الدين فمنها المستدير ومنها المربع فنجد الأبراج المستديرة والنصف دائرية في برج الماطر والمبلط والمقوصر والإمام والرملة والحداد والصحراء. أما الأبراج المربعة فهي برج كركليان والطرفة وهناك برج الصفة وهو مستطيل، أما البرج الواقع شمالي باب رشيد بمدينة الإسكندرية فيجمع الأسلوبين معا حيث نجد أنه يضم أربعة أقسام يمثل القسم الشمالي برجا دائريا، أما القسم الثاني فيشمل حجرتين ويقع جنوبي القسم الأول، ويشمل القسم الثالث حجرتين أيضا ويتقدمها ممر وحجرة أخرى، أما القسم الرابع فيضم برجا مربعا به حجرات لإقامة الحراس، كما نجد في قلعة جزيرة فرعون أبراجا مربعة ذات دورين وأحيانا ذات ثلاثة أدوار.

وقد بالغ الصليبيون في زيادة سمك جدران القلاع وعلى إطالة علوها وذلك لكي تقاوم الهجمات المباشرة والأسلحة الفتاكة ولم يعتمدوا على منشآت الدفاع الخارجية التي تقام أمام القلعة اقتصادا للجند، (زكي، 1958)، وزادوا سمك الأسوار التي تستدق تدريجيا مع ارتفاع السور، (عثمان، 1985)، وتجنب الصليبيون الأسوار المفردة، (مولر، 1984)، واستخدموا الأسوار المزدوجة كما في قلعة الحصن والمرقب. كما اتجهوا إلى تقوية الجدران الساترة حتى تقاوم القصف واللغم وحفر الأنفاق تحتها أو الهزات الأرضية عن طريق زيادة سماكات البناء وإقامة الأسوار التي تستدق تدريجيا بالارتفاع (جدران الحصون المنحدرة - Tolus) على الطريقة العربية، واستخدام الأعمدة القديمة كمداميك في الجدران، ونجد أن أسوار قلعة دمشق يبلغ سمكها (4.90م)، كما تم تحصين قلعة الشوبك، مونتريال (1115) بسور ضخم، (ماهر، 1985)، وكذلك الحال بحصن الكرك بالأردن (1142)، واستخدمت الأسوار السميكة بقلاع جنوب أوربا منها قلعة كيرينا بشمال قبرص. كما كانت الأسوار تحصن بأبراج بارزة منخفضة أو أبراج مستطيلة وتحف بالأسوار خنادق تملأ بالمياه، وكانت البوابات تحرسها أبراج والوصول إلى الداخل كان محميا بمنعطف بزوايا قائمة بالإضافة إلى غرف البوابات التي يمكن إحكام إغلاقها، (زكي، 1969).

ونجد الخنادق بكل من قلعة تل الصافية وصافيتا وقلعة يحمور، (زكي، 1969)، كذلك بقلعة المرقب حيث يفصل القلعة الداخلية عن القلعة الخارجية قناة مائية عريضة، (مولر، 1984)، كما نجد بقلعة الوعيرة خندقا في الشرق عرضه (15م) وفى الشمال خندق في الصخر تنحدر إليه الصخور الملساء، (الكردى، 1974)، ويحيط بقلعة دمشق خندق أيضا، (البنى، 1986)، كذلك بقلعة الشوبك (مونتريال) حيث يجاورها واد عميق يمثل خندقا يعمل على حماية القلعة وسكانها، (ماهر، 1985)، وقد دعمت الأسوار بالأبراج المختلفة الأشكال فمنها الأبراج المستطيلة بالواجهة الشرقية لقلعة الحصن حيث يوجد ثلاثة حصون بارزة مستطيلة الشكل صغيرة يحوي أحدها المدخل الرئيسي، كما أن جميع الأبراج بقلعتي الوعيرة والحبيس، مربعة أو مستطيلة، (الكردى، 1974).

ويوجد بقلعة الوعيرة برج مربع بكل زواية وفي قلعة يحمور برج مربع في الشمال الغربي والجنوب الشرقي ويتوسطها برج مربع، [59]، وظهرت الأبراج المربعة بقلعة عريمة، [59]، وعجلون بالأردن (1214-1215) وبها أربعة أبراج مربعة لكل منها دورين، وبقلعة جبيل بلبنان بكل ركن من أركانها، (مولر، 1984)، وبقلعة نمرود (بانياس) في الزواية الجنوبية الغربية، وبقلعة الشوبك (مونتريال) بالأردن، (ماهر، 1985)، وبقلعة الربض بالأردن (1184-1185) وبقلعة دمشق برجان مستطيلان بكل منهما ثلاث طبقات وبكل طبقه خمسة مزاغل، (الكردى، 1974)، وهذه الأبراج ترجع إلى المدرسة ذات الطراز المتأثر بالأسلوب البيزنطي، (البنى، 1986).

أما الأبراج الدائرية والنصف دائرية والتى استخدمت في الفترة الصليبية الأولى والتي تتبع المدرسة الفرنسية الأولى (ق11-12م) كقلعة طرطوس (الكردى، 1974)، وفى قلعة بيلان كاليسي بجنوب تركيا (ق8-10م)، (مولر، 1984)، وقلعة سلوقية بجنوب تركيا (ق8-10م)، (فولفغانغ مولر – فينر، 1984)، وقلعة بغراس بلواء الإسكندرونة (ق10 ق. م)، (مولر، 1984)، وقلعة المرقب بسوريا، (مولر، 1984)، وقلعة صيدا بلبنان (حصن البحر)، (مولر، 1984)، وقلعة الحصن بسوريا (1255م)، وقلعة نمرود ببانياس (1129-1132م)، [60]، وبقلعة الشوبك (مونتريال 1115)، (ماهر، 1985)، وقلعة تل حمدون (طبراكال) بجنوب تركيا، وقلعة كيرينا بشمال قبرص، وبمدينة قبرص وقلعة فماغوستا بشمال قبرص وأسوار المدينة، (مولر، 1984)، وقد تميزت الأبراج بميلها نحو الداخل وعلى سبيل المثال أبراج قلعة الربض، (هاردنج، 1971)، وتتميز أبراج قلعة حصن الأكراد بأن البرج يتكون من ردهة تؤدى إليها مدخل، وبالبرج ثلاثة مزاغل تكون مع المدخل مخططا متعامدا، (فولفغانغ مولر، 1984).

واستخدم الصليبيون الممرات التي تؤدى إلى أقسام القلعة منها قلعة دمشق، (البنى، 1986)، وقلعة حصن الكرك، (ماهر، 1985)، وفي قلعة حصن الأكراد بسوريا عنصر فريد حيث يوجد أمام السور من الخارج دعامات تشكل مع السور ممرا، وهذه الدعامات التي تحدد الممر الذي يتقدم السور بقلعة قايتباي برشيد، وقد

كان لبناء أغلب القلاع على منحدرات جبلية إلا القليل فقد تم تبليط المنحدرات المحيطة بهذه القلاع بالحجارة المستطيلة الشكل، مما يجعل التسلق عليها والوصول إلى القلعة أمر مستحيل ووجدنا ذلك بقلعة الحصن، (الكردى، 1974).

وقد أقيمت الحصون في عهد المرابطين والموحدين ولها أسوار مدعمة بالأبراج التي كانت عادة مستطيلة إلا أنها أخذت تتحول أحيانا إلى أشكال نصف دائرية اعتبارا من القرن (13م) فيما مع تقويتها بما يتناسب مع الإجراءات السابقة وتعديلها بحيث يمكن الرمي منها على طول الجدران المجاورة لها، ويتميز رباط ثيت بضخامة أسواره وارتفاعها (ق6هـ/12م). وقد شيد المرابطون والموحدون الأبراج السداسية الأشكال كالبرج المسدس المنعزل في حصن العقاب (لاسي نافاس دي تولوسا) بالقرب من جيان والبرج (البرانية) وهو تعبير أندلسي بحت عن الأبراج الخارجة عن نطاق السور وما لبث أن شاع هذا النوع في المدن التي تقع على الحدود بين المسلمين والنصارى مثل مينة القصور وبطليوس وبرج الذهب بأشبيلية وفى مدينة (لبلة) برج كثير الأضلاع يعرف باسم برج الذهب، وقد شاعت الأبراج المثمنة كما فى مدينه شريش وشنتمرية كما ظهر البرج المستدير في الأبراج التي تحيط بالبيازين في غرناطة (سالم، 1958. ماهر، 1985).

وراعى المرابطون والموحدون في أسوارهم الإكثار من الزوايا الداخلية والخارجية بحيث تمتد بشكل خطوط متعرجة، وميزة هذا النظام أن يترك الجنود أعداءهم يتقدمون إلى إحدى الزوايا ثم يندفعون عليهم من أعلى السور على الدروب فيفتكون بهم فتكا ذريعا، وقد ظل هذا النوع من الأسوار قائما في أسبانيا حتى أواخر العهد بدولة الإسلام(سالم، 1958).

أما أسوار الاستحكامات المملوكية فنجد استخدام السور المزدوج بمدينة الإسكندرية وكان يتألف من سور أساسي وسور أمامي متأثرا في ذلك بالعمارة البيزنطية والعمارة الإسلامية في الأندلس وبين السورين فناء مكشوف ويتخلل السور ممر ذو قبو اسطواني.

وزادت العناية بالأسوار لتقاوم القصف أو اللغم حيث تمت زيادة سمك الجدران والتي تستدق تدريجيا بالارتفاع مع استخدام الأعمدة الجرانيتية والبازلتية والرخامية لتدعيمها كما حفرت الخنادق حولها.

وقد أحيطت الأسوار بخندق عميق مملوء بالمياه وتتم تغذيه القناة من النيل تفتح على الخندق بقصبة من الحجر، أما عمق الخندق فيبلغ 8 أقدام (2.50م) ويبلغ اتساعه 30 قدما (8.0م)، ويحدده من الخارج جدار سمكه عشرة أقدام (2.7م)، وقد كان الوصول إلى مدخل القلعة يتم عن طريق ممر خشبي يرتكز على جدار يتقدم المدخل يتم رفعه وقت الحصار، وقد سبق أن وجدنا الخندق في الاستحكامات الفرعونية حيث أنه من العناصر الدفاعية الهامة، فوجد في حصن سمنة الفرعوني كما وجد بالحصون الأخمينية، واستمرت الخنادق بالحصون الإسلامية فوجدت بمدينه بغداد ووجدت كذلك المسناة (الرصيف) التي تجاور السور ويصعب التسلق عليها من قاع الخندق، كما أن الخندق ببغداد يستمد مياهه عن طريق قناة كما هي الحال في خندق قلعة رشيد، ووجد الخندق كذلك حول مدينه الرقة.

ووجدت الخنادق حول القاهرة ودمياط وكذلك القلاع الصليبية كقلعة تل الصافية وصافيتا ويحمور والمرقب والوعيرة ودمشق والشوبك (مونتريال)، وقد تم تدعيم أسوار قلعة رشيد بأربعة أبراج دائرية بالأركان تتميز بميلها نحو الداخل أيضا ويحيط بها الخندق والمسناة، وقد وجدت الأبراج الدائرية بأركان الحصون الرومانية والبيزنطية، واستمر استخدامها بالقصور الأموية ومدينة بغداد وخان عطشان وقصر الأخيضر وبقلعة صلاح الدين حيث بدأت تتضح معالمها الدفاعية وضوحا تاما.

كما ظهرت بالقلاع الصليبية كقلعة طرسوس وظهرت بقلعة كاليس بجنوب تركيا وسلوقية بجنوب تركيا وكذلك بقلعة بغراس بلواء الإسكندرونة وقلعة المرقب بسوريا وصيدا (حصن البحر) والحصن بسوريا ونمرود ببانياس والشوبك (مونتريال) وتل حمدون (طبراكال) بجنوب تركيا وكيرينا بشمال قبرص وبمدينة قبرص وقلعة فماغوستا بشمال قبرص وأسوار المدينة، ويدل ذلك دلالة واضحة أن الأبراج المستديرة قد بدأت في التطور منذ العصر البيزنطي، ونجد أن عددا من هذه القلاع يرجع إلى أصول بيزنطية وإلى القرن (8-10م) بصفة خاصة.

وقد وضحت المعالم الدفاعية كذلك بقلعة حصن الفرسان بسوريا (1255م) بأن البرج يتكون من ردهة يؤدى إليها مدخل وبالبرج ثلاثة مزاغل تكون مع المدخل تخطيطا متعامدا، وتشبه هذه الأبراج إلى حد كبير أبراج قلعة رشيد.

ونلاحظ الأبراج الدائرية بالاستحكامات فى عصر المرابطين الموحدين والتي ازدهر استخدامها منذ القرن (13م). وقد تم تدعيم أسوار قلعة رشيد بمزاغل يتميز كل منها بأنه عبارة عن دخلة نصف مخروطية تضيق نحو الداخل وعليه قبو نصف مخروطي أيضا وينتهي المزغل بفتحة الرمي، وقد وجدت المزاغل بأسوار أغلب التحصينات، ولكن الملفت للنظر هو مدى التشابه بين مزاغل قلعة رشيد والمزاغل الموجودة بقلعة الحصن بسوريا وقلعة بغراس وقلعة شقيف والمزاغل الموجوده بقلعة تل حمدون (طبراكال) جنوب تركيا، ويعود ذلك في رأينا إلى التجديدات التي أجرها الظاهر بيبرس بقلعة الحصن ونقلت إلى قلعة قايتباي برشيد، وهى تتناسب مع سمك الأسوار.

وزودت أسوار قلعة قايتباي بممر داخل السور يتم الوصول إليه بسلم حجري، ويؤدي هذا الممر إلى أدوار القلعة حيث يصعد إلى الدور العلوي من السور والأبراج ثم إلى السطح، ويحوى هذا الممر مزاغل بالسور ويعلوه قبو نصف اسطواني، وتشبه المزاغل بالممر مزاغل الأبراج بالدور العلوي وهى تقع داخل دخلات مستطيلة تنتهي بفتحة الرمي.

ويعود استخدام الممرات داخل الأسوار إلى الحصون البيزنطية التي كانت تتميز بأسوارها الغير سميكة وظهرت بوضوح فى أسوار القاهرة حيث كان بالممر مزاغل وحجرات كذلك بأسوار الإسكندرية وقلعة صلاح الدين وقلعة الجندي بسيناء.

إلا أن أهم ما تتميز به أسوار قلعة رشيد وقلعة الحصن هو ذلك الممر الذي يتقدم الأسوار من الداخل ويرتكز جانبه الخارجي على بائكة تمتد موازية للأسوار تقوم على دعامات مربعة مستطيلة تبلغ المسافات بينها اتساع المزاغل، وقد ساعدت هذه الدعامات والممر في زيادة سمك الأسوار بالأدوار العليا وإيجاد ممر يتقدم المزاغل أيضا.

وقد سبق أن رأينا هذه الظاهرة المعمارية الهامة بالقلاع البيزنطية التي كان يتم فيها اتباع أسلوبين الأول يتمثل في بناء كوابيل يعتمد عليها ممشى السور، أما الأسلوب الثاني فكان يتمثل في بناء سلسلة من العقود الداخلية ترتكز على دعامات وهذه الحالة هي التي وجدناها بقلعة رشيد.

وتنفرد قلعة حصن الأكراد بسوريا بهذا العنصر الفريد حيث توجد أمام السور دعامات تشكل مع السور ممرا، وهذه الدعامات مستطيلة تتقدم كل منها المنطقة المحصورة بين مزغلين.

لقد استخدمت الأحجار في بناء الأسوار إلا أنها من الداخل تنفرد بأنه تم بناءها بالحجر ثم بالطوب، ثم بالحجر مرة أخرى بمستوى أرضية الدور الأول العلوي، كما أنه اتبع في بناء الأسوار بناء وجهي الجدار ثم حشو البناء الداخلي بالطوب والحجر والمونة، كما دعمت الأسوار بالكتل الجرانيتية.

وقد استخدمت الأحجار والطوب بالاستحكامات منذ العصر الفرعوني وتحصينات بلاد الشام ويلاحظ في قصر الحير الغربي استخدام الحجر بارتفاع مترين ثم استخدام الطوب مع العوارض الخشبية بعد ذلك، واستخدمت الأحجار بأسوار الإسكندرية وقلعة صلاح الدين، كما تتميز أسوار تل من عصر المرابطين ببنائها بالحجر

غير المنجور ثم استخدام التابية (Beton) بعد ذلك، (إسماعيل، 1987)، وتتكون التابية من الحمرة والجير وكسرات الفخار والحجارة الصغيرة أو الزلط وتصب في حواجز خشبية كالخرسانة، وهى تتشابه إلى حد ما مع ما تم في قصر الحير مع اختلاف مواد البناء، ونجد أن هذا الأسلوب قد ظهر مره أخرى بقلعة رشيد.

أما استخدام الأعمدة القديمة فيعود إلى الحصون الفرعونية ومنها حصن هيراكونبولس (الكوم الأحمر) والتي تم غرسها بالجدران بحيث لا تظهر سوى رءوسها، وظهرت كذلك بأسوار القاهرة والقلاع المملوكية عامة كقلعة الإسكندرية والفرما والقلاع المملوكية بالشام، وظهرت كذلك بالقلاع الصليبية بالشام.

4 .2 المداخل

لقد ظهرت المداخل العالية التي يرتقى إليها بسلالم في برج من عصر الملك زوسر من بداية الأسرات وكان يرتقى إلى مدخله بسلم من حبل إلى نافذة عالية في أعلاه، (شكري، 1986)، وعرف المصريون المداخل ذات المرافق العديدة في شونة الزبيب في الألف الثانية قبل الميلاد، والغرض منه تكبيد العدو المهاجم للحصن أفدح الخسائر في محاولة الانطلاق من باب الحصن ولا سيما في أثناء الظلام أو عند انسحابه عند فشل هجومه، (زكى، 1969).

وفى عصر الملك منفتاح عندما ظهر الخطر على حدود مصر الشرقية والغربية والشمالية كان من نتائج حروب مصر في سوريا أن اقتبس مهندسوهم بعض التأثيرات المعمارية الخاصة بمباني حصون سوريا وجنوب آسيا الصغرى وتتألف من شبكة دفاعية على الأسلوب الكنعاني كما في معبد رمسيس بمدينة هابو، (زكي، 1968)، ويتميز جوسق رمسيس الثالث بأنه عبارة عن بناء على شكل مداخل القلاع وله برجان يتوسطها الباب، وبأعلى الأبراج توجد حليات من الحجر منحوتة على شكل شرفات بيضاوية هي بمثابة المزاغل، (مرابط، 1953).

وتوجد المداخل العالية بالدور الثاني بالحصون بالأديرة ويتم الوصول إليها بسلالم متحركة أو معابر متحركة ترفع بسلالم متحركة كما في أديره وادي النطرون، (ابراهيم، 1979)، وظهر ذلك بأديرة الأردن (ق4م) كما في برج أندروس، [55]، الذي يقع مدخله بالدور الأول علوي بارتفاع (5.60م)، وقد نقله الرومان إلى المباني الحربية في ألمانيا واستمر في المغرب طوال العصر الروماني ومطلع العصر القوطي، وحدث هذا التجديد عند تشييد الجوسق بدير أبو فانيو بطيبة وأبراج دير المحرق بأسيوط وأديره وادي النطرون، [55].

ولم يستخدم الرومان أو البيزنطيون هذا الأسلوب في حصونهم بل أنهم استخدموا المدخل المستقيم الذي يؤدى مباشره إلى فناء الحصن، (زكى، 1969)، ويتم الدخول من الباب إلى ردهة تفتح على الفناء بمدخل يساوي فى اتساعه نفس اتساع الردهة كما في حصن كراكلا (الحلابات) بالأردن، (هاردنج، 1971).

وهناك نوع آخر من المداخل ظهر في الحصون الأخمينية في أسوار سرجون (القرن 8 ق.م)، حيث توجد بأبواب القلاع مداخل عميقة بها ممرات متتابعة لتعطيل العدو في حاله دخول القلعة، ويبلغ عمق المدخل (67م)، (مرابط، 1953).

واستمرت المداخل التي ينحصر كل منها بين برجين في قصبة مريدا التي يبعد برجاها عن بعضهما أربعة أمتار ويفتح المدخل على فناء صغير، (سامح، 1964)، ويلي مدخل خان عطشان دهليز مستطيل يقع على الفناء المكشوف، أما في مدينة بغداد فنجد المداخل المنكسرة، وفى قصر الطوبة مدخلان يكتنف كل منهما برجان مربعان ويؤدى المدخل إلى ردهة مستطيلة تفتح على الفناء بعقد بنفس ارتفاع الردهة، [57].

وفى قصر المشتى نجد المدخل يكتنفه برجان نصف مثمني الشكل ويؤدى الى ردهة مستطيله بها مدخل بنفس اتساع المدخل الرئيسي، ويحيط بمدخل خربة المفجر برجان، ويكتنف مدخل قصر الحير الشرقي برجان ويؤدي إلى ردهة مستطيلة، [57]، تفتح على الفناء بمدخل بدون أكتاف.

ويحيط بمدخل قصر الحير الغربي برجان نصف دائريان، [57]، ويؤدى مدخل قصر الوليد في مينيا (705-705م) إلى ردهة مستطيلة تفتح على الفناء.

وعلى ذلك فقد وجدنا تأثيرات شمال أفريقية وتأثيرات البيزنطية وتأثيرات شرقية حيث أن تخطيط قصبة مريدا متأثر بالقلاع البيزنطية في شمال أفريقية (ق 6-7م) كما في تمجاد وطبنة وستيف، [57]، كما نقل الأندلسيون عن البيزنطيين الأبراج المضلعة أو كثيرة الضلوع.

ومما هو جدير بالذكر أن المداخل المنحنية والتي ظهرت بمدينه بغداد قد سبق ظهورها بمدخل قلعة مدينه أنقره الجنوبي التي شيدها ميخائيل الثالث عام (859م)، ويرجح أن العباسيين قد نقلوا هذا النظام المعماري من إقليم ما وراء النهر حيث شوهد هذا الأسلوب في قلعة جنبس التي بنيت قبل الإسلام، (زكى، 1969)، وقد توقف هذا الأسلوب إلى أن عاد مرة أخرى في القرن الثاني عشر ولكن استمر الأسلوب البيزنطي في المداخل والمكون المدخل فيه من باب يكتنفه برجان ويؤدى هذا الباب إلى ردهة تفتح على الفناء، وما سنراه في القلاع المملوكية، واستمر حتى عصر محمد على بدون استخدام الأبراج.

وقد وجدنا أن لبعض المداخل أبواب حديدية منزلقة تجرى من أسفل إلى أعلى وهى عبارة عن شبكة حديدية ويليها ممر مغطى بقبو وقد فتحت في أعلاه ست فتحات لإلقاء السوائل الساخنة وذلك بخان عطشان أيضا، [55]، وقد كان لمداخل مدينة بغداد أبواب صفحت مصاريعها بالحديد، [55]، وقد استمد هذا الأسلوب من العمارة الحربية الرومانية.

واستمرت المداخل ذات الأبراج والردهة في مدينة القاهرة فنجد أن باب الفتوح (480هـ/1087م) يتكون من برجين مستديرين يتوسطهما المدخل وفى جانبي البرجين طاقتان كبيرتان تدور حول فتحتيهما حلية مكونة من اسطوانات صغيرة وأعلى المدخل كوابيل على هيئه كبش بقرنين وهذا النموذج لا نظير له في العمارة الإسلامية. ويشبه باب زويلة باب النصر من حيث أنه يكتنفه برجان مستطيلان ينتهيان إلى الشكل المستدير وهما مصمتان، ويدخل من البوابة إلى ممر مغطى بقبة منخفضة. أما باب النصر فيكتنفه برجان مربعان يتوسطهما باب شاهق ويبرز البرجان بمقدار (4.5م)، ونجد أن جميع الأبواب مصمتة حتى ارتفاع الطابقين، كما تم مراعاة أن تكون الأبراج بارزة في قواعدها إلى الخارج منحنية انحناء شديدا إلى ارتفاع ملحوظ مما يزيد في ثباتها ومناعتها، ووجد ذلك واضحا في أبراج قلعة صلاح الدين بعد ذلك.

لقد استخدمت الأبواب ذات المرفق في قلعة صلاح الدين ثلاث مرات، وفي قلعة الجندي بسيناء، كما استخدمت في قلعة حلب وقلعة دمشق، وقد انتقل هذا الأسلوب إلى أقصى المغرب في قصبة وادية في رباط مراكش، كما أننا نلاحظ هذا الأسلوب الرائع في حصن الفرسان (الأكراد) بشمال سوريا، (زكى، 1969).

وقد ابتدع المرابطون نظاما للمداخل ذات المرافق يختلف عن نظام المدن البيزنطية ذات العقدين المتقابلين اللذين يفتح أحدهما إلى داخل المدينة والآخر خارجها فهذه الأبواب المبتكرة يمثل الممر الواصل بين فتحتي الباب منحنيا بزاوية منكسرة قائمة في شكل المرفق، وقد أنشأ الموحدون أبوابا ذات مرفقين وأخرى ذات ثلاثة مرافق ولم يسقفوا أجزاء من الممرات الواقعة بين مداخل الأبواب ومخارجها حتى يساعد ذلك المدافعين على قذف المهاجمين بالنبال أو النار الإغريقية، ومن أروع الأمثلة الباقية التي تمثل هذه المراحل باب أغانو بسور مراكش وباب الرواح بسور رباط الفتح الذي يلتوي الطريق بمدخله التواءات أربعة، وباب قصبة رباط الفاتح، (عثمان، 1985). ويتميز هذا الباب وكذلك باب طليطلة بأن كلا منهما له بابان كبيران بعدهما ردهتان تقوم فوق كل منها قبة، (ماهر، 1985)، إلا أن الأسلوب الذي

استمر سائدا في العمارة الحربية في أوربا والشرق عامة، هو أسلوب المداخل التي تنحصر بين أبراج بارزة كما في قلعة الحصن وقلعة القنطرة بشمال قبرص، (مولر، 1984).

أما المداخل المملوكية فقد استمر بقلعة رشيد المدخل المستمد من الأصول الرومانية والذي سبق أن رأيناه بحصن كراكلا (الحلابات) وهو الذي ساد جميع الحصون الرومانية والبيزنطية، ويؤدى المدخل إلى ردهة تفتح على الفناء بمدخل مساو لاتساعها.

4.3 المزاغل

لقد استخدمت المزاغل في جميع الاستحكامات الحربية على مر العصور، وقد وجدت في القلاع الأخمينية، (مرابط، 1953). واستمر استخدامها في القلاع الرومانية والساسانية والبيزنطية والقلاع الإسلامية أيضا، وكان شكل المزغل عبارة عن شق بالجدار يستطيع المدافع من خلاله استخدام وسائل الدفاع ضد العدو المهاجم من خارج القلعة.

وقد استخدمت المزاغل بالأسوار والأبراج على السواء فنجد أعلى واجهة البرجين بباب زويلة ثلاث مزاغل، كما توجد بسور قلعة صلاح الدين وأبراجها فتحات أعدت على شكل مخروطي يبلغ عددها ثلاثة في كل غرفة، أما غرف الأبراج فبكل منها ثلاثة في المتوسط ويزيد هذا العدد ليبلغ ستة في برج الحداد، (ماهر، 1985)، وتسعة في البرج الشمالي الغربي.

وهناك مزاغل بالبرج الواقع شمالي باب رشيد بمدينة الإسكندرية يبلغ عددها تسعه مزاغل أربعة بالبرج الدائري تقع بدخلات وواحدة بالحجرة الملحقة به بدون دخله، ومزغلان بدخلتين بالحجرة الأولى بكل من القسمين الثاني والثالث وهناك مزغلان بدخلة مشتركه بالجدار الجنوبي للبرج المربع، كما زود البرج الواقع جنوب باب رشيد بالمزاغل أيضا، [58]، كما أن أبراج وأسوار قلعة جزيرة فرعون مزوده بالمزاغل ونجدها في الأبراج في ثلاثة اتجاهات.

لقد كان الصليبيون يزيدون من مناعة الأسوار بزيادة عدد المزاغل فيها ونجد المزاغل منتشرة بجميع الأبراج والحصون والأسوار، فنجد بأبراج قلعة عجلون بالأردن بكل برج مزغلين، [60]، كذلك بقلعة صيدا (حصن البحر) بلبنان، (مولر، 1984)، وقلعة الوعيرة، حيث نجد مزاغل متسعة من الداخل وضيقه من الخارج كما نجد بقلعة الربض مزاغل ذات دخلات، (مولر، 1984)، ونجد في أبراج قلعة تل حمدون (طبراكال) مزاغل تشبه مزاغل الأسوار بقلعة الحصن، (هاردنج، 1971)، والتي سنجدها فيما بعد بقلعة رشيد.

وفى عام (1480م) بدأ ظهور المزاغل المكيفة للمدافع في قلعة بودروم باليونان حيث كيف الجناح المتاخم منها للبحر لتراكيب مدافع فيه وجرت تقويته بحصون بارزه ضخمه منها برج فرنسا وبه مزغلان وبرج إيطاليا وهو مربع وحصن كاريتو، ويلاحظ أن المزاغل تتسع بالخارج وبصفة خاصة بالسور الشمالي وبرج كاريتو، (هاردنج، 1971).

وقد سبق أن رأينا المزاغل التي تم تعديلها لتلاءم المدافع في قلعة رشيد حيث تم توسيع مزاغل الأسوار بالقسم الخارجي منها لتتلاءم مع وضع المدافع التي تم إضافتها إلى القلعة، ونظرا لارتفاع عيارات المدافع بعد ذلك فقد تم رفع الجدران التي تقع بها وتم تنفيذ متاريس منزلقة من الرمال أو الأحجار وهذا ما وجد بقلعة بودروم باليونان، وسنجده فيما بعد بقلاع محمد علي على ساحل البحر المتوسط بوضوح.

ونعود إلى المزاغل بالاستحكامات المملوكية فنجد استمرار الشكل التقليدي للمزاغل المثلثة التخطيط وذلك حتى النصف الثاني من القرن (15م)، حيث تم تغيير أشكالها لتتلاءم مع استخدام المدافع، وقد وجدنا ذلك بقلعة رشيد حيث تم توسيع الفتحات الخاصة بالمزاغل في القسم الخارجي منها وأصبح اتساعها فى المداخل والخارج (0.85م) بينما يبلغ في المنتصف (0.60م).

كما نجد مزاغل قلعة رشيد شكلا نصف مخروطي ينتهي بفتحه المزغل، وقد سبق أن رأينا المزاغل التي تقع بدخلات نصف مخروطيه والتي تسمح بالتحرك في حرية كافية، ويعلو كل مزغل قبو نصف مخروطي (متناقص) قائم على جانبيه في برج الصفة وبرج كركيان بقلعة صلاح الدين.

وتم تغيير مزاغل البرج الشمالي الشرقي عندما أعيد بناؤه إلى الشكل المتعدد الأضلاع وشبه المنحرف بسبب زيادة عدد مزاغل البرج من ثلاثة إلى أربعة، وتشبه هذه المزاغل مثيلاتها بقلعة قايتباي بالسكندرية، كما أن هناك نوعا من المزاغل ألمستطيله التي تنتهي بفتحه مثلثه أيضا بالدور الثاني من قلعتي رشيد والإسكندرية، وقد سبق أن رأينا ذلك بقلاع الشام التي جددها بيبرس كما في قلعة الحصن (حصن الأكراد).

4.4 السقاطات

وهى عبارة عن دروات من الحجارة أو الخشب ذات فتحات تبرز عن الحائط بواسطة كوابيل وتقام فوق أسوار الحصون أو في أعلى مداخلها، ويستطيع الجنود من خلال الفتحات إلقاء المقذوفات أو السائل الحار على الرجال الذين يقتحمون القلعة، وقد ظلت السقاطة مجهولة مدة طويلة إلا أن أقدم سقاطة استخدمت في العمارة هى السقاطة الموجودة بدار قيطة بسوريا وعليها تاريخها وهو (551م)، كما استخدمت السقاطة أيضا فوق أبواب قصر الحير الغربي (109هـ/729م) والذي شيده الخليفة هشام، وكذلك نشاهد في قصر الحير الشرقي (110هـ/731م)، وفى قصر بالميرا الذي يعود إلى هشام أيضا، [62]، من ذلك يتضح أن أصل السقاطات يرجع إلى العصر البيزنطي وهو تحويل لشكل المزغل حتى يتمكن المدافعون التصويب في أكثر من اتجاه على الجانبين وفى المواجهة ونحو أسفل الأسوار.

وظهرت الفتحات التي يمكن من خلالها صب المواد الحارقة على العدو أعلى مداخل القلاع والحصون فوجدت في قصر الأخيضر، [57]، وتوجد في سقف المدخل وتصل إلى أرضية السطح العلوي فوق الباب أو المدخل بحيث يتمكن المدافعون من قذف المهاجمين بالسهام والحراب ورمى القذائف من أحجار وزيت مغلي فوق رءوس الأعداء.

وقد ظهرت هذه السقاطات بمصر بالأديرة فنجد أنه ظهرت سقاطتين بالواجهة الشمالية لحصن أبو مقار وسقاطتين في السور الغربي القديم لدير أنبا بولا وسقاطة في الجدار الشرقي في الحصن الدير المحرق، وكانت تستخدم هذه السقاطات، (ابراهيم، 1979). فى ألقاء الزيوت المغلية على البربر، وتتخذ السقاطات شكلا مستطيلا، وظهرت الشقوق في أبواب مدينة القاهرة والعصر الأيوبي أيضا، [61].

وقد استخدم الصليبيون عنصر السقاطة البارزة ذات المزاغل وأقاموا طبقات منها متراكبة فوق بعضها بعضا تخترقها المزاغل ومنها على سبيل المثال ما وجد بقلعة حصن الكرك وتل حمدون (طبراكال)، كما نقل الصليبيون فكرة السقاطة عن المعماريين العرب بعد مرور عدة أعوام طويلة، فقد وجدت في قلاع جايار (1184م) وشاتيلون (1186) ونوروتيش (1187) وونشستر (1193)، (زكى، 1969)، واستمر استخدامها في جميع الاستحكامات الشرقية والغربية على حد سواء.

وأصبحت المشربيات البارزة من العناصر المعمارية الحربية التي تقوم مقام المزاغل بل يستطيع المدافع من خلالها التصويب إلى جميع الاتجاهات، وقد كان استخدامها نتيجة الخبرة المكتسبة وإدراكا لمواطن القصور في أسلوب التحصين، حيث اتضح أنه كلما أرتفع السور تعسر على المدافعين من فوقه أن يصيبوا هدفا واقعا في تلك المساحة لأنهم مضطرون إلى إلقاء مقذوفاتهم حسب ميل معين لاضطرارهم خلف المتاريس دون التمكن من إلقاءها إلا إذا خرجوا من بين المتاريس، وحينئذ يعرضون أنفسهم لنيران المهاجمين، وهذه المنطقة التي لم يكن يمكن إصابة العدو فيها هي التي سميت بالمنطقة الميتة (Angle Morts) وفى وجودها خطر كبير على كيان أساس السور ولاسيما عندما يتعرض للنقب والثقب بالآلات الثاقبة أو حرق أحجاره، (عثمان، 1985)، فاخترعت السقاطات التي استمر استخدامها ولم نجدها في قلاع محمد على بالساحل، وقد حل محلها استخدام دروات أعلى الأسطح للضرب من خلفها، فلم تعد هناك حاجة إلى إلقاء الزيت المعلى، وقد أدى استخدام البنادق إلى قلة أهمية السقاطات وذلك منذ العصر المملوكي.

4.5 الحواصل

انتشر استخدام الحواصل كمأوى للجنود وتقع بمحاذاة السور الخارجي للقلاع والحصون، وقد استمد ذلك من العمارة الحربية البيزنطية وانتشر في قصور بادية الشام كما في قصر الحير الغربي وقصر الوليد في مينيا، [57]، وتحيط بالفناء، وتقع مداخلها في أواسط الجدران المطلة على الفناء ووجدت كذلك بخان عطشان، [57]، ورباط المنستير.

وقد استمر استخدام الحواصل على هذه المنوال في العديد من الاستحكامات فوجد في قلعة طبراكال (تل حمدون) بجنوب تركيا وقلعة كيرينا بشمال قبرص، (مولر، 1984).

إلا أنها لم تظهر بقلعة رشيد حيث اقتصرت على حواصل البرج الداخلي، وإن كانت هذه الحواصل بنفس تخطيطها المستمد من العمارة البيزنطية وقد عادت إلى الظهور في قلعة محمد على بعد ذلك.

ويظهر في الأعمال التي قام بها محمد علي بقلعة قايتباي بالإسكندرية أنه قام ببناء صف من الحواصل في الشرق والغرب والجنوب وذلك لأقامه الجنود، وهى تتقدم الأسوار الخارجية ويقع بينها وبين هذه الأسوار ممر مكشوف يسمح بحركة المدافع بالمزاغل وتتكون هذه الحواصل من حجرات لها مداخل لا تتوسط الجدران الخارجية ولكنها على الجانب وبجوار المدخل نافذة بالأسياخ الحديدية، ويعلو الحاصل قبو نصف اسطواني وفى الجدار الخلفي نافذة مزغلية للتهوية.

أما قلاع الساحل فقد أقيمت حواصلها ملاصقه لجدار الواجهة ولكل من هذه الحواصل مدخل على الفناء، وقد زودت بالمزاغل، أما أسقفها فمن البراطيم الخشبية، أما حواصل المنطقة الشمالية التي تقع بها المدافع فتعلوها أقبية نصف اسطوانية، وكذلك الحال بالنسبة للحواصل التي أضيفت في الشرق والغرب في عصر إسماعيل.

4.6 البرج الداخلي وبرج المراقبة

وجدنا في حصن الكاب أنه يتألف من بنائين مربعين محاطين بالأسوار أحدهما داخل الآخر، (زكى، 1968)، ووجد بالتحصينات الفارسية الأخمينيين (القرن4-6ق.م) صرح ضخم يتوسط القلعة يعتبر الملجأ الأخير للمدافعين يسمى (donjion)، (مرابط، 1953).

وقد استمر هذا البرج في العمارة البيزنطية، وأحيطت الأديرة السورية بالأسوار حيث كانت الأديرة الملجأ الأخير للسكان وقت الخطر مما يدل على أن الاستحكامات السورية كانت أساسا للاستحكامات المصرية في هذه الفترة والتي قامت على أصول بيزنطيه، (زكى، 1958)، وقد كان هذا البرج عبارة عن بناء مربع أو مستطيل مكون في معظم الأحيان من ثلاثة طوابق تضم عددا من الحجرات وكنيسة وصهريج ومخازن وغيرها، ويعلوه برج صغير للمراقبة (راقوبة) كما في أديره وادي النطرون ودير القديس سمعان بأسوان ودير المحرق بأسيوط، كما استخدم هذا البرج في الاستحكامات الحربية كمخزن للسلاح والعتاد، (شيحة، 1987).

وتضم قلعة رداع باليمن بعض الأبراج للمراقبة تتخللها فتحات للسهام ومكونة من عدة طوابق وحجرات وصهاريج للمياه، (الكردى، 1974).

ويمثل البرج الداخلي مساهمة الصليبيين الرئيسية في تطوير العمارة العسكرية في المشرق العربي، وكانت هذه القلاع تتألف كما هو حالها في شمال فرنسا وجنوب انجلترا من برج متعدد الطبقات هو البرج المحصن، وقد كان استخدام هذا العنصر في القرن الثاني عشر والذي تمثل في البرج المركزي المستدير والذي كان في البداية مربع الشكل ويسمى الخزنة أي الجزء الأوسط أو الرئيسي في القلعة، وهذا الحصن هو أمنع أجزاء القلعة وأقواها ورؤى أن يقام في أضعف قطاعات السور وكان الحصن حينذاك قد تحول إلى الشكل المستدير لأسباب منها مقاومة البرج المستدير لطلقات المقذوف بشكل مؤثر (زكى، 1958).

وتلك الأبراج القوية التي بدأ الصليبيون يشيدونها في صافيتا وكرك مؤاب وصهيون وجبلة وعكا وفى أماكن أخرى كالتي تتألف غالبا من طابقين وشرفة (terrace) تعتبر من المتانة التي لم يسبقها مثيل في العمارة العسكرية، فقد كانوا يشيدون تلك الحصون في القلاع التي تحتاج إلى تقويه أعمال الدفاع ومنها حصون صهيون والصبيبة والمباني القوية التي شيدت فيما بعد في الكرك والمرقب والبرجان الكبيران في قلعة الحاج في أنسب مكان في القلاع أي أشد المناطق خطرا على القلعة، (الكردى، 1974)، وقد ظهر أيضا بقلعة الحصن وهو مربع على النمط النورماندي وله مدخل واحد بالحجارة القوية، (مولر، 1984)، وبقلعة الحبيس والوعيرة بالأردن وفى قلعة بلفور (1140م)، (زكى، 1969)، ويتوسط حصن الكرك برج داخلي، (ماهر، 1985)، وقلعة صافيتا بسوريا، وقد اتخذ هذا البرج شكلا سداسيا في قلعة كليرمونت باليونان، (مولر، 1984)، وقد اضمحلت أهميه البرج الداخلي، (زكى، 1969)، منذ عام (1200م)، وقل وجوده في القلاع منذ هذا الفارغ.

وبعد انتهاء الحروب الصليبية كانت الحصيلة التي خرج بها الصليبيون فيما يتعلق بالعمارة العسكرية تتضمن وجوب إقامة خط دفاع ثان ضمن الساحة الرئيسية للقلعة، ووجوب بناء برج محصن أو خزنة تكون هي خط الدفاع أو الملجأ الأخير في حالة الهجوم، ووجود وجود أبراج بارزة مستديرة أو مربعة الشكل تتخلل الأسوار الخارجية، (الكردى، 1974).

وقد اتضحت عيوب البرج المربع في حروب الحصار المتعاقبة في الأراضي المقدسة حيث لم يكن مبناه يسمح إلا لحامية محدودة العدد ما لم يكن باب البرج يسمح للحامية بالانسحاب عندما تضطر الأحوال، كما أنه من المساوئ الفنية التي تلازم كلا من البرج المربع وبرج السور المربع أنهما معرضان من زواياهما للتدمير فضلا عن أن شكلهما لا يسمح بوقايتهما التامة بواسطة النيران، (زكى، 1969). ومما هو جدير بالذكر أن البرج الداخلي كان نادر الوجود بالقلاع الأرمينية، (مولر، 1984).

ونستطيع أن نذكر أن انتقال تخطيط القلاع ذي البرج الداخلي المحاط بسور مدعم بالمزاغل كان على يد الظاهر بيبرس وقد اتخذ ذلك التخطيط لفناره برشيد، وأن كنا نستطيع أن نقول أن من المحتمل أن يكون قد أجرى تعديلات أو إضافات بموقع فنار الإسكندرية أكثر مما ذكرت المصادر من أنه أضاف مسجدا فقط، وسوف نستند في ذلك على العناصر الدفاعية في عهد بيبرس ومثيلاتها في عهد قايتباي لنتمكن من نسبة كل عنصر إلى عصره بقدر الإمكان.

وقد سبق ظهور البرج الداخلي والبنائين المحاطين بالأسوار أحدهما داخل الآخر بحصن الكاب كما وجد بالحصون الأخمينية واستمر في العمارة البيزنطية والأديرة، وأخذ الصليبيون بقلاعهم بالشام في القرن الثاني عشر، وكان البرج المستدير مستمدا تخطيطه من القلاع الفرنسية والانجليزية بعد أن كان قبل ذلك يتبع التخطيط المربع.

وهذا يعني أن أصل هذا البرج كان مربعا تحول بعد ذلك إلى التخطيط الدائري في القرن الثاني عشر بالشام مستمدا أصوله من أوربا، وقد وجدناه مربعا بقلعة الحصن التي أجرى بها الظاهر بيبرس بعض الإصلاحات، وهو على النمط النورماندي المستمد من الأصول البيزنطية.

الخاتمة ونتائج البحث

أثبت البحث أن القلعة شيدت على مراحل؛ حيث يعود بناءها إلى الألف الثاني قبل الميلاد في عهد فرعون مصر تحتمس الثالث، وفي أيام رمسيس الثاني تطور الحصن بناء وعمرانا وسمي قلعة شبتون. وقد عمرها اليونانيون وأطلقوا عليها "بيرغس" أي الحصن أو المعقل.

أنشئت القلعة الحالية في العصر السلجوقي، وهناك قسم من الأبنية المشيدة في باق في القلعة الحالية ويضم المباني الواقعة بين المدخل الشرقي للحصن الداخلي وبروز الكنيسة الذي كان يمثل برجا، والبرج الواقع في الشمال الغربي إلى جانب الأسوار الواقعة بينها، وكذلك قسم من السور الواقع جنوبي المدخل حتى البرج الجنوبي الشرقي من الحصن.

كان تخطيط القلعة السلجوقية مكونا من حصن ذي سورين يبلغ الفاصل بينهما عشرة أمتار وعليه ستة أبراج، ويتكون السور الخارجي من المدخل المكون من برجين مربعين بينهما ردهة مقببة ويضم البرجان حجرتين للحراسة وكان الباب الذي يغلق الحصن ينزلق رأسيا، يؤدي المدخل إلى درقاعة متعامدة التخطيط على جانبيها ممران مسقوفان بأقبية متقاطعة حول السور الداخلي وبهما مزاغل.

كانت الواجهة تمتد على جانبي المدخل حيث نجد ثلاثة مزاغل بكل قسم وتنتهي في الشمال ببرج يمثل بروز الكنيسة حاليا وكان يقابله في الجنوب برج آخر في موضع البرج الجنوبي الشرقي الحالي، وقد كان يوجد برج ثالث في الزاوية الشمالية الغربية والزاوية الجنوبية الغربية وبرجان في منتصف السورين الغربي والجنوبي.

كانت المزاغل السلجوقية والصليبية بدون دخلات ولا تعدو أن تكون فتحة ضيقة من الخارج واسعة من الداخل، وهذا يختلف عن مزاغل الصليبيين والمماليك على حد سواء حيث نفذت المزاغل بدخلات.

قام الصليبيون بتوسيع القلعة وتطويرها وبناء عدة أقسام رئيسية فيها، حيث عدلوا في بنائها ووسعوها لتخدم أغراضهم العسكرية، وبدأوا ببناء الأقسام الرئيسية ولم يضيفوا لها سوى السور الخارجي وبعض الأبراج، وأقاموا الكنيسة في موضع أحد الأبراج السلجوقية.

قاموا بأعمار القلعة ببناء حلقة الدفاع الخارجية والجدار المنحدر الضخم في الجنوب والمستودع الكائن خلف الواجهة الجنوبية، وبناء برج القائد في الطابق العلوي وقاعة الفرسان والرواق الذي يتقدمها وقاعة أخرى دائرية في الطابق الثاني من برج القائد في جنوب غرب الحصن، وشيدوا البرج الدفاعي المتقدم عند المدخل الشمالي للقلعة.

قام الظاهر بيبرس بأعمال إصلاح واسعة النطاق أعطت إلى القلعة شكلها الحالي بشكل أساسي، حيث شيد فيها برجين على الجانب الجنوبي، وجرت أشغال لتدعيم التحصينات ببناء الساتر الحجري للأسوار الغربية والجنوبية للحصن الداخلي، وشيدت أبراج دائرية جديدة وسور ثان للحصن الداخلي مزود بالمزاغل. وأصبح هناك ممر عرضه ثلاثة أمتار في الغرب ومتر ونصف في الجنوب، وأصبحت المزاغل تقع بدخلات.

قام بيبرس ببناء القسم الشرقي من الحصن الخارجي والذي يضم الاسطبل وقاعة الحراسة والممر الواصل من المدخل إليها والقاعة الواقعة شرقي مدخل الحصن الداخلي. وقام بترميم ما تصدع وتهدم من السور الخارجي حيث أعاد بناء الأسوار الخارجية والبراج النصف دائرية والمدخل الرئيسي.

ثبت أن للقلعة ثلاثة أسوار صحيح، على عكس ما تذكره جميع المراجع أنه ليس للحصن غير سورين أساسيين، والمقصود بذلك السور الأصلي السلجوقي والسور الثاني الذي أضافه بيبرس إليه ويضم مزاغل ذات دخلات وقد أصبح السوران يمثلان سورا واحدا يخترقه ممر كما سنجد في السور الغربي الذي يرجع إلى الظاهر بيبرس.

كان المدخل الشرقي للقلعة باشوري الشكل حيث ينحرف الداخل يسارا إلى الممر وهو ما يذكرنا بأبواب مدينة بغداد.

المراجع العربية

- ابراهيم، حجاجي (1979). الحصون الدفاعية في الأديرة المصرية، مخطوط رسالة ماجستير، آداب سوهاج، ص ص50-59.
- ابن القلانسي (1975). دائرة المعارف، بيروت،11، ص ص143-147.
- إسماعيل، عثمان (1987). عمارة ومميزات أبواب الموحدين الأثرية وبرباط الفتح، مجلة المتحف، 2/3، ص122.
- البنى، عدنان (1986). قلعة دمشق، مجلة الحوليات الأثرية السورية، دمشق، ص33.
- الجلاد، محمد وليد (1990). قلعة الحصن (حصن الأكراد)- دراسة تاريخية وأثرية.
- حميد، عبد العزيز (1988). التحصينات الدفاعية في بغداد الشرقية، الجيش والسلاح، 3، بغداد، ص376 شكل7.
- زكى، عبد الرحمن (1958). العمارة العسكرية في العصور الوسطى، المجلة التاريخية، 7، ص ص111-123-124-128:132 شكل3-4.
- زكي، عبد الرحمن (1960). قلعة صلاح الدين وقلاع إسلامية معاصرة، ص ص118-119.
- زكي، عبد الرحمن (1968). الجيش في مصر القديمة، 1، ص ص47-65-69-73-74-81-93. شكل2-3.
- زكى، عبد الرحمن (1969). القلاع في الحروب الصليبية، المجلة التاريخية، 15، ص ص8-56-57-58-59-69-72- 73-74-75-89.
- سالم، السيد عبد العزيز (19 أكتوبر 1958). المساجد والقصور في الأندلس، إقرأ، ص ص132-135-136.
- سالم، السيد عبد العزيز (1968). تاريخ مدينة صيدا في العصر الإسلامي، الإسكندرية، ص ص177-187-180-181.
- سامح، كمال الدين (1964). العمارة في صدر الإسلام، القاهرة، ص ص114-115.

- شعيرة، محمد عبد الهادي (1979). من تاريخ التحصينات العربية في القرنين الأول والثاني للهجرة، دراسات في الآثار الإسلامية، ص439.
- شكري، محمد أنور (1986). العمارة في مصر القديمة، القاهرة، ص ص85-86.
- شيحة، مصطفى (1987). رداع مدينة الآثار باليمن، مجلة المتحف العربي، 2/3، ص104.
- شيحة، مصطفى (1988). دراسات في العمارة والفنون القبطية، هيئه الآثار المصرية - القاهرة، شكل 3-4.
- عثمان، محمد عبد الستار (1985). العمارة الحربية بين النظرية والتطبيق، مجلة كلية الملك خالد العسكرية، 7، ص ص13-138-139-143-144-148-151-169.
- العميد، طاهر مظفر (1976). العمارة العباسية في سامراء في عهدي المعتصم والمتوكل، بغداد، ص ص23-24-40-46.
- الفلكي، محمود باشا (1967). الإسكندرية القديمة، ترجمة محمود صالح الفلكي، الإسكندرية، ص63.
- الكردى، حنان (1974). القلاع الأثرية في الأردن، الأردن، ص ص2-3-4-10-11. ص14. ص16.
- لوبير، جراتيان (وصف مصر)، ، 2، دراسة عن مدينة الإسكندرية، ص ص40-371.
- ماهر، سعاد (1985). العمارة الإسلامية عبر العصور، جدة، جزءان، ص ص876-871-920-921-923.
- مدفيدكو واوسيبوف، سيرغي وديمتري (2002). سوريا دليل سياحي، ترجمة عياد عيد، دار الينابيع – دمشق، ص ص355-359.
- مرابط، محمود فؤاد (1953). الفنون الجميلة عند القدماء، القاهرة، ص ص10-41-72-90-155-156-272.
- مولر، فولفغانغ – فينر (1984). القلاع في الحروب الصليبية، ترجمة محمد وليد الجلاد، دار الفكر – دمشق، ص ص12-16-20-29-30-31-76-31-76-78-107 شكل5-12-14-15-21-24-25-27-30-31.
- هاردنج، لانكستر (1971). آثار الأردن، تعريب سليمان موسى، ط2، الأردن، ص ص14-191 شكل14-33.
- هيئة الآثار المصرية (1986). قلعة جزيرة فرعون، القاهرة.

REFERENCES

[1] McFarland. Dumper & others (2007). Cities of the Middle East and North Africa: A Historical Encyclopedia. ABC-CLIO.
[2] Kennedy, H. (2007). The Great Arab Conquests: How the Spread of Islam Changed the World We Live in. Da Capo Press.
[3] Carter & others (2008). Syria & Lebanon. Lonely Planet.
[4] Fahlbusch & others (2008). The Encyclopedia of Christianity, 5: Si-Z. Wm. B. Eerdmans Publishing.
[5] Talhami, Gh. H. (2001). Syria and the Palestinians. University Press of Florida.
[6] Wright, C. A. (2003). Little Foods of the Mediterranean: 500 Fabulous Recipes for Antipasti, Tapas, Hors d'œuvre, Meze, and More. The Harvard Common Press.
[7] Commins, D. (2004). Historical Dictionary of Syria: 2nd Edition. Scarecrow Press.
[8] Carter, Terry; Dunston & others (2004). Syria & Lebanon. Lonely Planet.
[9] Room, A. (2006). Placenames of the World: Origins and Meanings of the Names for 6,600 Countries, Cities, Territories, Natural Features, and Historic Sites.
[10] Baylson, J. C. (1987). Territorial Allocation by Imperial Rivalry: The Human Legacy in the Near East. University of Chicago, Dept. of Geography.
[11] Seale & others (1990). Asad of Syria: The Struggle for the Middle East. University of California Press.
[12] Shatzmiller, M. (1994). Labour in the medieval Islamic world. BRILL.
[13] Gil, Moshe (1997). A History of Palestine, 634-1099. Cambridge University Press.
[14] Winckler, O. (1998). Demographic developments and population policies in Ba'athist Syria.
[15] Cleveland, W. L. (2000). A History of the Modern Middle East: 2nd Edition. Sussex Academic Press.
[16] Ball, W. (2000). Rome in the East: The Transformation of an Empire. Routledge.
[17] Mannheim, I. (2001). Syria & Lebanon Handbook: The Travel Guide. Footprint Travel Guides.
[18] Beattie & others (2001). The Rough Guide to Syria. Rough Guides.
[19] Besant, W. (1881). The Survey of Western Palestine: Special Papers on Topography, Archaeology, Manners and Customs, Etc. The Committee of the Palestine Exploration Fund.
[20] le Strange, G. (1890). Palestine Under the Moslems: A Description of Syria and the Holy Land from A.D. 650 to 1500. Committee of the Palestine Exploration Fund.
[21] Cook, Th. (1907). Cook's Handbook for Palestine and Syria. Thos. Cook & Son.
[22] Herbermann, Ch. G. (1913). The Catholic Encyclopedia: An International Work of Reference on the Constitution, Doctrine, Discipline, and History of the Catholic Church. Universal Knowledge Foundation..
[23] Shaw, E. K. (1977). History of the Ottoman Empire and Modern Turkey. Cambridge University Press.
[24] Rey (1871). Étude sur les monuments de l'architecture militaire des croisés en Syrie, Paris, pp.39-46-65-67,
[25] Berchm, M. V. – Fatio. Voyage, 1, pp.135-163.
[26] Deshamps, Chateaux, 1, constaining full bibliographiecal data, Fidden – Thomson, pp.76-82, pls.38-50.
[27] Lepage, J.(2002). Castles and Fortified Cities of Medieval Europe: An Illustrated History, McFarland, p.77.
[28] Healy, M. (1993). Qadesh 1300 B.C, Clash of the Warrior Kings. Osprey Publishing.

[29] Moritz Sobernheim. Mémoires publiés par les members de l'Institut Français d'Archéologie Orientale du Caire, sous la direction de M. É. Chassinat, 25.
[30] Van Berchem, Max (1909). Matériaux pour Un Corpus Inscriptionum Arabicarum, 2, Syrie du nord, par Moritz Sobernheim, 1, le Caire, pp.15-16-64-69.
[31] Van Berchem, Max (1902). Journal Asiatique. XIX, p.446 et suiv.
[32] Moritz Sobernheim. Mémoires publiés par les members de l'Institut Français d'Archéologie Orientale du Caire, sous la direction de M. É. Chassinat, 25, p.15.
[33] Deschamps, P. (1964). Terre Sainte Romane, Yonne - La Pierre-qui-Vire, Zodiaque.
[34] Biller, T. (2006). éd. Der Crac des Chevaliers, die Baugeschichte einer Ordensburg der Kreuzfahrerzeit, Schnell & Steiner – Regensburg.
[35] Roehricht, Geschichte des Königreichs Jerusalem, p.787, note 2.
[36] Moritz Sobernheim. Mémoires publiés, 25, p.18.
[37] Albright, W. F. (1936), Archaeological Exploration and Excavation in Palestine and Syria, 1935, American Journal of Archaeology (Archaeological Institute of America, 40 (1): 154–167.
[38] Kaufmann J.E and H.W. Kaufmann (2001). The Medieval Fortress. Cambridge, MA. Da Capo Press. Sahner, Christian C. (31 Jan 2009). A Medieval Castle in the Middle East, the Wall Street Journal.N.
[39] Roehricht, Geschichte des Königreichs Jerusalem, pp.954-955, notes 2 et 3;
[40] Max von Oppenheim, Inschriften aus Syrien, Mesopotamien und Kleinasien, Arab. Inschriften bearbeitet von Max van Berchem, 10.
[41] Moritz Sobernheim. Mémoires publiés par les members de l'Institut Français d'Archéologie Orientale du Caire, sous la direction de M. É. Chassinat, 25, p.17.
[42] Albright, W. F. (1936), Archaeological Exploration and Excavation in Palestine and Syria, 1935. American Journal of Archaeology, Archaeological Institute of America, 40 (1): pp.154–167.
[43] Cathcart King, D. J. (1949), The Taking of Le Krak des Chevaliers in 1271, Antiquity 23 (90): pp.83-92.
[44] Smail, R. C. (1973). The Crusaders in Syria and the Holy Land, London: Thames and Hudson.
[45] Setton, Kenneth M.; Hazard, Harry W. (1977), A History of the Crusades: The Art And Architecture of the Crusader, Madison: University of Wisconsin Press.
[46] Folda, Jaroslav; French, Pamela (1982), "Crusader Frescoes at Crac des Chevaliers and Marqab Castle", Dumbarton Oaks Papers (Dumbarton Oaks, Trustees for Harvard University) 36: pp.177–210.
[47] Moritz Sobernheim. Mémoires publiés par les members de l'Institut Français d'Archéologie Orientale du Caire, sous la direction de M. É. Chassinat, 25, p.16.
[48] Terry Carter, & others (July 2008), Lonely Planet Syria and Lebanon, 3rd ed., pp.133-35.
[49] Norwich, J. ed. (1975). Great Architecture of the World. London: Mitchell Beazley Publishers, p.108. Reprint edition: Da Capo Press, April 1991.
[50] Stierlin H. (1977). Comprendre l'Architecture Universelle 1. Paris: Office du Livre S.A. Fribourg, p.170.
[51] Fletcher B. (1987). A History of Architecture. Boston: Butterworths, p356.
[52] Quibell, J. E. Hierakonopolis, p.19.
[53] Petrie, F. The Royal Tombs, II, p.V.
[54] De Villard, Monneret (1928). Deyr el Muharraqh, Milan, pp.31-33-34.
[55] Creswell, (1952–1959). Early Muslim Architecture, II, oxford, pp.33-35-57-61-181-102, figs.15-16-19-22-26-30-33-35-38-40-44-46-50.
[56] Comite de consereation des Monument de L'Art Atabe, (1912). pls.17-22.
[57] Deschamps. Chateaux, I. pp.49-57-154.
[58] Johns, C. N. Medieval Ajlun Quarterly, I, p.21.
[59] Creswell, Muslim Architecture of Egypt, p.336. pl.54 C-56A-B.
[60] Creswell, A Short Account of Early Muslim Architecture, p.121-122.
[61] Schlumberger. Deacriptien in Syria, XX, pp.366-372.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 131-139
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dissipation behavior of Chlorfenapyr on Citrus and Tomato in Egypt

Fayza A. Sdeek[1], Amany R. Morsy[2], Hannem M. Arafa[1], and Essam Kamel[3]

[1]Residue Dept., Central Agricultural Pesticides Laboratory, Agricultural Research Center, Egypt

[2]Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Benha University, Egypt

[3]Toxicology Unit, Animal Health Research Institute, Dokki, Egypt

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: Improper uses of pesticides leads to occupational, environmental and food security risks.
Ethyl acetate followed by GC determination for the analysis of chlorfenapyr residues in orange and tomatoes were performed. Chlorfenapyr accuracy, repeatability, linearity and specificity were investigated. Pesticide regression coefficients (R(2)) were 0.9953 and 0.9901 in orange and tomatoes, respectively. LODs were 2.3 and 2.4 µg/kg, respectively, while LOQs were 8.0 and 7.8 µg/kg, respectively. Recovery% was ranged from 91.12% to 96.54%. The Half-life values ($t_{1/2}$) were 2.85 and 2.89 days for orange and tomato, respectively. The PHI was 21 and 10 days for orange and tomato, respectively.
Detection of Chlorfenapyr PHI residues in this work highlights on the urgent needs for good implementation in Good Agriculture Practices and continuous control for these crops to minimize the health risk to consumption and improve exports.

KEYWORDS: Chlorfenapyr, Citrus, Tomato, Egypt.

1 INTRODUCTION

Despite its requirement for agricultural production, inappropriate use of pesticide will lead to environmental and food contamination. Hence, the use of pesticide should be under rigorous monitoring to ensure food safety **(Kapoor *et al*. 2013)**.

Chlorfenapyr was found in a grapefruit sample imported from South Africa at 0.016 mg/kg (The MRL is 0.01 mg/kg). Chlorfenapyr was reported in imported nectarine sample from South Africa at 0.04 mg/kg (The MRL is 0.01 mg/kg). Also, Chlorfenapyr residue was isolated from granadilla sample from Colombia at 0.029 mg/kg (The MRL is 0.01 mg/kg), **(Pesticides Residues in Food, 2014)**.

Oranges are one of the most exported fruits of Egypt, ranking second in the world in orange exports. Egyptian oranges are of the highest quality, thus accepted by all countries around the world such as the Russian Federation, Saudi Arabia, United Kingdom etc... Egypt orange exports have reached 1.1 million tons in 2013 **(International Trade Center, 2015)**.

Chlorfenapyr is one of pesticides detected in exported European Union mandarins above the permissible limits **(European Food Safety Authority, 2014)**.

The tomato is the edible, often red fruit/berry of the nightshade, commonly known as a tomato plant. They are harvested from January to December. Tomato, *Lycopersicon esculentum* is an important vegetable crop grown all over the world. Also, it is one of the first horticultural crops in Egypt, grown in covered greenhouses and in open fields. Many dangerous pests in tomato in recent years have been appearing **(Barakat *et al*., 2015)**. The pest has caused serious damages to tomato in invaded areas and it is currently considered a key agricultural threat to European and North African tomato production **(Desneux *et al*., 2010** and **Garcia and Vercher, 2010).**

On the other side, chemical pesticides remain to be having an important role in insect pest management even with the improvement of other control methods as mass-trapping, plant resistance...etc. Generally, pesticides play an important role

Corresponding Author: Amany R. Morsy

in increasing agricultural production, but their random use causes destructive effects on human health **(Soomro *et al*., 2008)** in addition to the untargeted organisms **(Akobundu, 1987)** and finally distribute the agri-system and environment. Ninety nine percent of all poisoning cases occur in developing countries. The farmers in the fields are at high risk of being poisoned **(UNDP, 2001)**.

Uses of pesticides depend on different chemistries and with different modes of action is an important module for integrated pest management strategy. Hence, pesticides will continue to be an integral constituent of pest management programs due to their effectiveness and simple use **(Braham and Hajji, 2011)**.

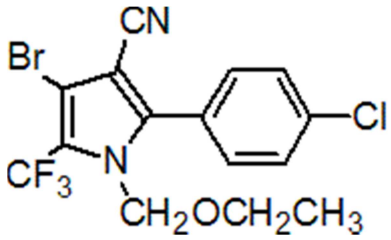
So, this study aimed to determine the dissipation rate, half-life values (t_{50}) and pre-harvest interval (PHI) for the two studied crops.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PESTICIDE

Chlorfenapyr is a pesticide, and a pro-insecticide (meaning it is metabolized into an active insecticide after entering the host), derived from a class of microbially produced compounds known as halogenated pyrroles **(US EPA, 2001)**.

Chemical Name: 4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-(ethoxymethyl)-5- (trifluoromethyl)-pyrrole-3-carbonitrile



Structural Formula

2.2 CHEMICALS AND REAGENTS

All reagent solvents were HPLC grade. Ethyl acetate, Sodium bicarbonate and sodium sulphate from El-Nasr pharmaceutical chemical company (Egypt). Chlorfenapyr references standard were 99% purchased from Sigma Aldrich. Chlorfenapyr formulation (Challenger super® SC 24% WV) from Basf Limited Egypt.

2.3 FIELD EXPERIMENT

The cultivated area with citrus (orange) and tomato (1 Fadden each) was at Qaluobia district, Egypt. The tested area was subdivided to three parts, and two randomized sites were treated with the tested pesticides formulations at the rate of 144 g.a.i/ha for chlorfenapyr. One plot was left as a control without treatment.

A knapsack sprayer equipped with one nozzle was used for applying formulations of tested pesticides after water dilution rate of 1000 L /ha.

2.4 SAMPLING

Sampling was randomly collecting from various places of the experimental plots according to the **FAO/WHO recommendations (1986)**. 3 replicate samples about 2.5 kg of orange and tomato were collected from pesticide-treated fields. Samples were taken 2 h after the pesticide application. Subsequent samples were taken at 1, 3, 7, 10, 15, and 21 days after treatment. During experiment, a control sample was taken in each sampling time. After samples collection, samples were packed in plastic bags and transported to the laboratory in an ice box. The samples were homogenized using a food processor (Thermomix, Vorwerk). Each sample homogenate was done where three representative samples of 15 g were taken. Then, samples were placed into polyethylene 50 ml centrifuge tube and frozen at −20°C until analysis.

2.5 EXTRACTION (EURL-FV, 2010)

1) Weigh 3.0 g sodium hydrogen carbonate (NaHCO3) to 10 ± 0.1g sample in a 50 m. centrifuge tube.
2) Add 10 g sodium sulphate (Na2SO4) and 20 ± 0.1ml ethyl acetate and extract by shaking (30 sec) and ultrasonication (3 min), max 35°C.
3) Centrifuge 3 minutes at 3200 g.
4) Filtrate the crude extract through a 0.20 µm PTFE filter.
5) Inject to GC for analysis of dried fruits (water content of Ca 20%) addition of water is needed before extraction. Add 750 g cold water (4°C) to 500 g dried fruits and homogenate the sample. Weigh 25 g sample corresponding 10 g dried fruit and add 20 ml ethyl acetate.

2.6 INSTRUMENT AND INJECTION CONDITION

Gas chromatography (Hewlett Packard 7890) with a microelectron capture detector (µECD) was used.

Column: HB-5 capillary column (30 m x 0.25 mm, µm film thickness).

Nitrogen was the gas carrier.

Inlet 250°C

Flow rate: 3 ml/ min

Detector temperature: 220 °C

RT: 6 min

Condition: The temperature program was 200°C for 1 minute, then increase 5°C/minute till become 280°C and hold for 5 minutes.

2.7 RESIDUE HALF-LIFE ESTIMATION (T0.5):

The half-life time (t0.5) for each investigated pesticides were calculated using the following equation of **Moye et al., (1987)**.

$$\text{Half-life} = \frac{\text{Elapsed time X log 2}}{\log\left[\frac{\text{Beginning amount}}{\text{Ending amount}}\right]}$$

2.8 STATISTICAL ANALYSIS

Data obtained were statistically analysed for descriptive statistics, Q squares and ANOVA test at significant level of $P < 0.05$ using **SPSS 14 (2006).**

3 RESULTS AND DISCUSSION

METHOD VALIDATION

The residue analysis in orange and tomato matrices and detection of Chlorfenapyr using gas chromatography were performed. Recoveries were measured by comparing peak areas of the spiked samples with external standards in ethyl acetate and matrices matched control prepared from unfortified extracts. The specificity of method indicated that there was no interference from solvent and matrix. Quantification was performed using standard curve prepared by stock solution in ethyl acetate. Good linearity was done between the ranges of 0.01 to 1.0 µg/ml with a correlation coefficient of 0.9994 (Fig., 1).

Precision of the method was determined by analyzing the orange and tomato samples at the 1.0 mg/kg spiked level with six replicates by different analyst and different day. Mean recoveries of Chlorfenapyr at difference fortification levels validated the procedures adopted for extraction and analysis of Chlorfenapyr residues from orange and tomato samples. The mean recovery achieved were 91.12% and 96.54% for orange and tomato, respectively. LODs were recorded to be 2.3 and 2.4 µg/kg for orange and tomatoes, respectively. LOQs were 8.0 and 7.8 µg/kg for orange and tomatoes, respectively (Table, 1). These results was nearly similar to the earlier studies indicated that the mean recovery of Chlorfenapyr in orange and tomatoes were 89% and 93% as well as LOQs were between 0.05 and 0.01 mg/kg using GC-ECD detector (**Kim, 1994, Lindsell, 1994, EFSA and 2013)**. Also, these results are similar to that reported by **Moi *et al.,* (2007**) but on GC-MS and LC MSMS.

Table (1): Parameter of Chlorfenapyr analytical method validation.

Parameter	Orange	Tomato
LODs	2.3 µg/kg	2.4 µg/kg
LOQs	8.0 µg/kg	7.8 µg/kg
Recovery %	91.12%	96.54%

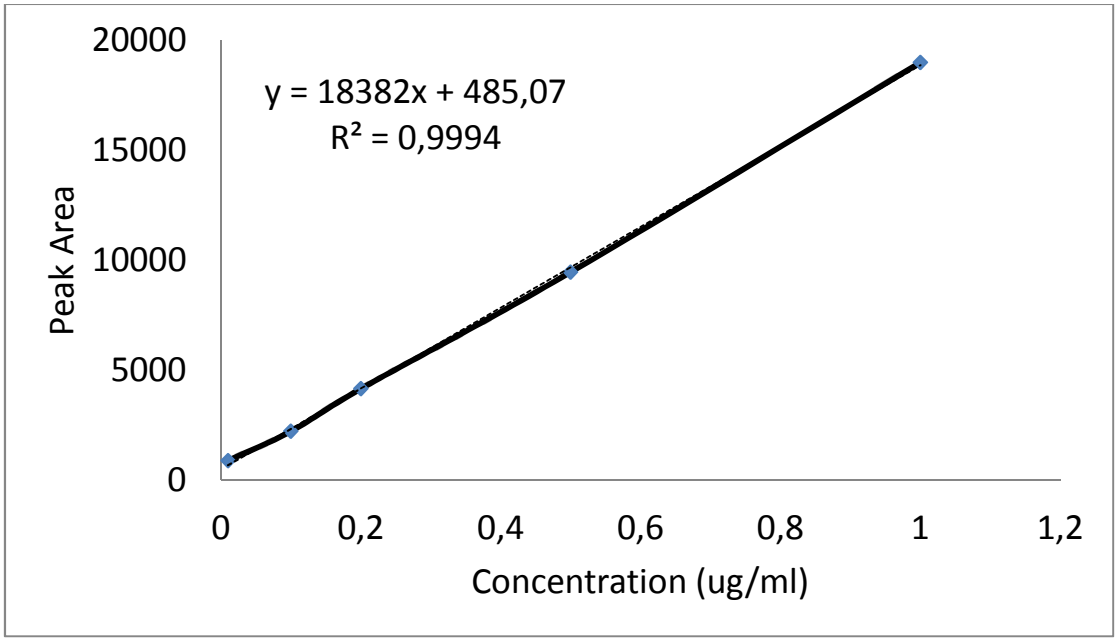


Fig. (1): Calibration curve for Chlorfenapyr in ethyl actate.

DISSIPATION OF CHLORFENAPYR IN ORANGE

The dissipation rate of chlorfenapyr in orange was exhibited first order kinetics. The regression equations and half-life value for chlorfenapyr are summarized in Table (2) and Fig. (2).

The Half-life values ($t_{1/2}$) were calculated mathematically and graphically to be 2.857 days (2 days and 20.58 hour). This observation was similar to that reported by **Fantke *et al.* (2014)** who recorded that the half-life of chlorfenapyr in plant was ranged from 2.35−4.86 day. Otherwise, it is lower than that reported by **Lim *et al*. (2011**) who recorded that the biological half-lives of chlorfenapyr was about 3.5 days in Chwinamul. While, the half-life in this study was higher than those recorded for Grape (1.796 day) by **Abdallah *et al*. (2014)**. The differences in recorded half-life could be regarded to difference in cultivation plant and/or temperature, or climate changes during spraying.

In this study, the PHI of chlorfenapyr in orange was calculated to be 21 Days (Table, 2). This observation become orange safe for human consumption and exportation after 21 days of application where the residue level was equal to the maximum residue level (0.01 mg/ kg) recorded by **EU (2005a)**.

The residue level of chlorfenapyr in orange samples obtained from this experiment conducted at Qaluobia district, Egypt, in summer season, at August 2015, the mean sunshine period during the experiment was about 13 h /day while the maximum temperature ranged between 38ºC and 41ºC during 0 to 21 days after application.

The prolonged sunshine hours and higher temperature in summer period (with low moisture) at Qaluobia district could be favoured faster degradation of chlorfenapyr pesticide. These results parallel to that obtained by **Kandil *et al.* (2011),** who concluded that the residues of chlorfenapyr were greatly deteriorated when exposed to UV-Rays sunlight and high temperature. The most prominent effect was related to the impact of UV-rays incomparable to direct sunlight.

Table 2: Dissipation of Chlorfenapyr residue in Orange

Time after treatment (days)	Residues (mg/kg),	Dissipation %	Persistence
Initial *	1.63 ± 0.13**	-	100
1	1.2 ± 0.14	26.38	73.61
3	0.71 ± 0.08	40.83	65.4
7	0.3 ± 0.04	57.74	18.4
10	0.15 ± 0.011	95.1	9.2
15	0.06 ± 0.01	96.3	3,7
21	0.01 ± 0.008	99.4	0.6
PHI	21 days		
$t_{0.5}$ (days)	2.857 days		
MRL	0.01 mg/ kg **(EU, 2005a)**		

*Initial *: one hour after application*
*** Data represented as mean ± SE*
LOD 0.05 mg/kg

HALF-LIFE CALCULATION IN ORANGE

1. MATHEMATICALLY

According to equation

$$\text{Half-life} = \frac{\text{Elapsed time X log 2}}{\log\left[\frac{\text{Beginning amount}}{\text{Ending amount}}\right]}$$

$$\text{Half-life} = \frac{21 \text{ X } 0.301}{2.212} = 2.857 \text{ days} = 2 \text{ days and } 20.58 \text{ hour}$$

2. GRAPHICALLY

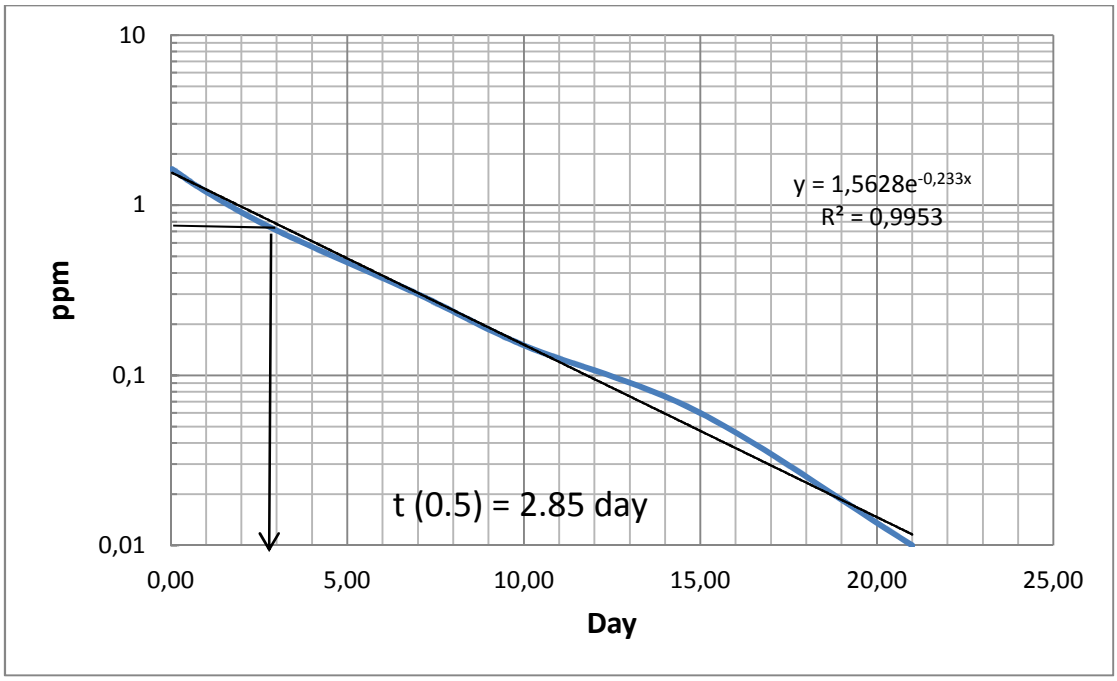


Fig. (2) Decline in chlorfenapyr residues over time following its application to orange and t-half graphically on semi log pattern

DISSIPATION OF CHLORFENAPYR IN TOMATOES

Pattern of dissipation of chlorfenapyr in tomato followed first order kinetics also. The half-life was calculated mathematically and graphically using semi-log technique to be 2 days and 21.37 hour (Table, 3 and Fig., 3). This result is nearly similar to that obtained in Orange in this study. This could be explained by the fact that the two studies were performed in the same area and time (climate condition).

In this study, the calculated PHI was 10 days where its residue level reaches to 0.01 mg/kg, according to European Union MRL **(EU, 2005b)**. This result differ than that of **Galietta *et al*. (2011)** who recorded that 16 days after application are necessary to meet the European MRL requirements for chlorfenapyr in tomato**.**

The timeout of chlorfenapyr in tomato in Egypt is of 10 days. Although Codex Alimentarius does not have an established MRL value, while the EU established 0.01 mg/Kg. According to the mathematical model adjusted, 10 days after application are necessary to meet the European MRL requirements.

This result confirms that the residues of chlorfenapyr were greatly deteriorated when exposed to direct sunlight with its ultraviolet light (UV), especially with the prolongation of the sunlight exposure period (**Kandil *et al*., 2011)**. Taking in consideration that, the study was performed during September with sunlight period about 13 hours and temperature ranged between 37 and 41°C. In addition to, tomato has a smooth surface, facilitate the pesticide dropping from tomato fruit. Results further refer that the rate of degradation of chlorfenapyr varied according to period of exposure to direct sunlight.

Generally speaking the effect of ultraviolet light (UV) on the degradation of pesticides is of considerable interest to scientists in that field, UV-rays exerts chemicals changes on chlorfenapyr pesticide such as hydrolysis, oxidation and isomerization. When such reactions occur under field conditions, they induce considerable environmental contamination and produce serious pesticide residues on and in agricultural products (**Hou *et al*., 2005** and **Kandil *et al*., 2011**).

This appears to be the reason for the lower level residues on '0' day at Qaluobia district, where the chemical was exposed to sunlight for a longer period. This study proved that residue of chlorfenapyr when sprayed at the recommended dosage will become safe after 10^{th} day where tomato samples were lower than 0.01 mg/Kg.

Table 3 : Dissipation of Chlorfenapyr residue in Tomato

Time after treatment (days)	Residues (mg/kg)	Dissipation %	Persistence
Initial *	0.11 ± 0.05	-	100
1	0.084 ± 0.02	23.63	76.36
3	0.055 ± 0.01	34.6	65.4
7	0.024 ± 0.01	81.6	18.4
10	0.01 ± 0.002	90.9	9.09
15	0.005 ± 0.001	96.3	3.7
21	ND	-	0.6
PHI	10 days		
$t_{0.5}$ (days)	2.89 Day		
MRL	0.01 mg/ kg **(EU, 2005b)**		

Initial *: one hour after application
** Data represented as mean ± SE
ND: Non Detectable

HALF-LIFE CALCULATION IN TOMATO:

1- MATHEMATICALLY

$$\text{Half-life} = \frac{10 \text{ X } 0.301}{1.041} = 2.89 \text{ days} = 2 \text{ days and } 21.37 \text{ hour}$$

2-GRAPHICALLY

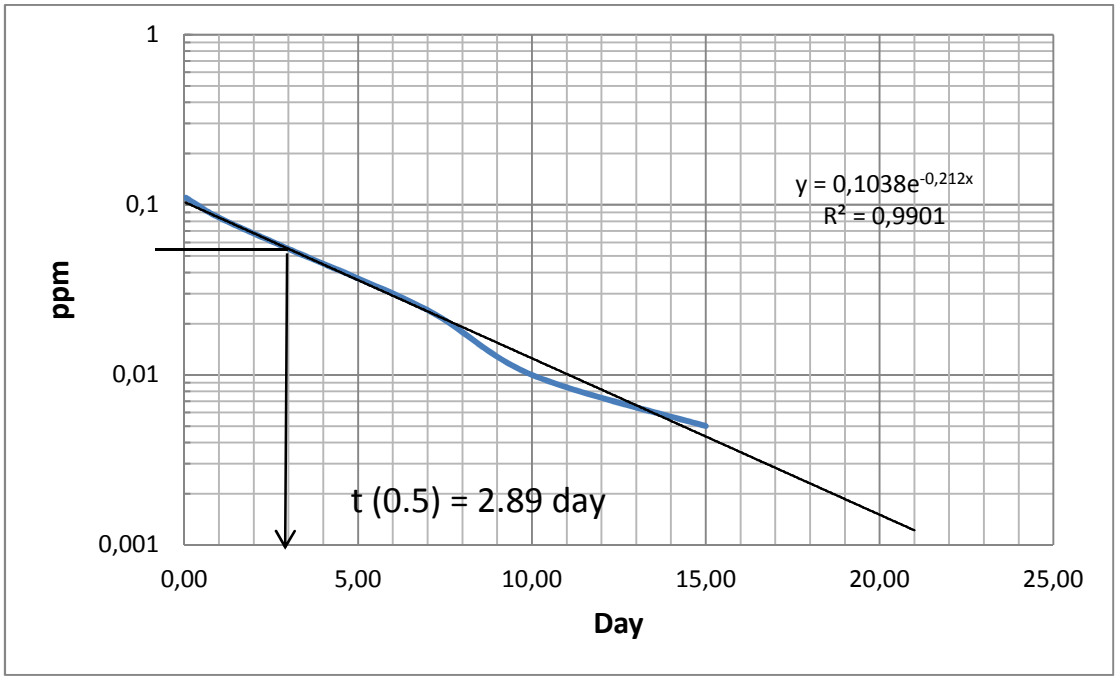


Fig. (3) Decline in chlorfenapyr residues over time following its application to tomato and t-half graphically on semi log pattern

4 CONCLUSION

The time out of chlorfenapyr for orange to be exported to the EU must be reviewed in Egypt in order to meet the MRL requirements. The EU has a MRL of 0.01 mg/kg **(EU, 2005a)**, therefore to meet such condition, according to our experimental data, 21 days after application should be required.

Residue levels of chlorfenapyr in tomato proved that, the required time for crop clearance was 10 days according to EU MRL requirements (0.01 mg/kg) **(EU, 2012)**.

Our results reinforce the significant in order to improve dissipation curves for the registered pesticides in Egypt under local temperature and conditions to escape problems that may cause the rejection of the exported economical crops.

REFERENCES

[1] Abdallah, O.A., Almaz, M.M., Arief, M.H. and Abd El-Aleem, A.H. (2014): Dissipation Behavior of Chlorfenapyr and Difenoconazole Residues in/on Grapes (Vitis vinifera L.). Nature and Science 2014;12(1) 49-54.

[2] Akobundu, I.O., (1987). Safe use of herbicides. In: Weed Science in the Tropics. Principles and Practices. John Wiley & Sons, New York, pp. 318-334.

[3] Barakat, A.S.T., Kordy, A.M., Abdel Rahman, T.A., Randa M. Gouda and Moataza A.M. Ibrahiem (2015): Biological Activity of some Natural Plant Extracts and Bio-Pesticides against Tomato Leafminer, Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their Residues on Tomato Fruits. Current Science International, 4 (1): 10-18.

[4] Braham, M. and L. Hajji, (2011). Management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) with Pesticides on Tomatoes. Pesticides – Pest Engineering, pp. 333-354.

[5] Desneux, N., E. Wajnber, K.A.G. Wyckhuys, G. Burgio, S.C.A. Arpaia, S.C.A. Narvaez-Vasque, J.G. lezCabrera, D.C. Ruescas, E. Tabone, J. Frandon, J. Pizzol, C. Poncet, T. Cabello and Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crop by *Tuta absoluta*: ecology , geographic expansion and prospects for biological control. J. Pest Sci., 83: 197-215.

[6] EFSA (2013). Scientific support for preparing an EU position for the 45th Session of the Codex Committee on Pesticide Residues (CCPR)1 European Food Safety Authority, EFSA Journal; 11 (7): 3312.

[7] EU (2005a): Part A of Annex I to Reg. 396/2005. Oranges, Code number 0110020, MRL values, EU Pesticide Database, http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN

[8] EU (2005b): Part A of Annex I to Reg. 396/2005. Tomatoes, Code number 0231010, MRL values, EU Pesticide Database, http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eupesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN

[9] EU (2012). 'Pesticide residues and maximum residue levels, 899/2012, 6.10.2012.

[10] EURL-FV (2010): Analysis of pesticide residues in fruit and vegetables with ethyl acetate extraction using gas and liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection 0.1. European Union Reference Laboratory for residues of pesticides. Pesticides in fruits and vegetables. http://www.crl-pesticides.eu/library/docs/fv/ethyl_ acetate_extraction.pdf

[11] European Food Safety Authority (2014). The 2011 European Union Report on Pesticide Residues in Food, Scientific Report of EFSA. EFSA Journal; 12 (5): 3694, 511 pp.

[12] Fantke, P., Gillespie, P.W.; Juraske, R. and Jolliet, O. (2014): Estimating Half-Lives for Pesticide Dissipation from Plants. | Environ. Sci. Technol., 48, 8588−8602

[13] FAO/WHO (1986). Recommended Methods of Sampling for Determination of Pesticide Residues, vol. 8, 2nd edition, 1986.

[14] Galietta, G.; Egana, E.; Gemelli, F.; Maeso, D.; Casco, N.; Conde, P. and Nunez, S. (2011). Pesticide dissipation curves in peach, pear and tomato crops in Uruguay. Journal of Environmental Science and Health Part B, 46: 35–40

[15] Garcia, M.F. and R. Vercher, 2010. Descripción, originy expansión de *Tuta absoluta* (Lepidoptera; Gelechiidae. Phytoma, Paradis, 20: 16-20.

[16] Hou, Y.; Cao, Y.S.; Liu, H.H. and Lu, Y. (2005). Photocatalytic degradation of chlorfenapyr. J. Shanghai Jiao tong, Univ. Agric. Sci., 23: 289-293.

[17] International Trade Center (2015). Fresh Fruits & Vegetables Middle East, February 2015, http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracen.org/Content/Exporters/Market_Data_and_Information/Market_information/Market_Insider/Fruit_and_Vegetables/Middle%20East%20Fruits%20and%20Vegetables%20February%202015.pdf

[18] John Ayto (1989). "20th Century Words", Cambridge University Press.
[19] Kandil, M.A.; Swelam, E.S.; Abu-Zahw, M.M. and Shalby, M.A. (2011). Effect of Light and Temperature on Chlorfenapyr and Identification of its Main Degradation Products.nResearch Journal of Environmental Toxicology, 5: 316-322.
[20] Kapoor, U., Srivastava, M.K., Srivastava, A.K., Patel, D.K., Garg, V. and Srivastava, L.P. (2013): Analysis of imidacloprid residues in fruits, vegetables, cereals, fruit juices, and baby foods, and daily intake estimation in and around Lucknow, India. Environmental Toxicology and Chemistry, 32(3), 723–727.
[21] Kim, D. (1994): CL 303,630: Independent laboratory validation of GC method M 2284 for the determination of CL 303,630 residues in whole oranges by Huntingdon Analytical Services. Huntingdon Analytical Services; Middleport NY; United States of America. Cited from Lunn, D.; MacLachlan, D. and Shan, W.:Chlorfenapyr http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/ Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation12/Chlorfenapyr.pdf
[22] Lim, J.S.; Hong, J.H.; Lee, C.R., Han, K.T.; Lee, Y.R. and Lee, K.S. (2011): Establishment of Pre-Harvest Residue Limit(PHRL) of Insecticide Chlorfenapyr and Fungicide Fenarimol during Cultivation of Chwinamul (Aster scaber). Korean J Environ Agric (2011): 30 (1): 52-59.
[23] Lindsell S. (1994): Gas chromatographic method for the determination of AC 303,630 residues in tomatoes. Cyanamid of Great Britain Ltd.; Gosport Hampshire PO13 0AS; United Kingdom. Cited from Lunn, D.; MacLachlan, D. and Shan, W.:Chlorfenapyr http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/ JMPR/Evaluation12/Chlorfenapyr.pdf
[24] Mol, H.G.J.; Rooseboom, A.; Dam, R.; Roding, M.; Arondeus, K. and Sunarto, S. (2007): Modification and re-validation of the ethyl acetate-based multi-residue method for pesticides in produce. Anal Bioanal Chem. 2007 Nov; 389(6): 1715–1754.
[25] Moye, H. A.; Malagodi, M.H.; Yoh, J.; Leibee, G.L.; Ku, C.C. and Wislocki, P.G. (1987). Residues of avermectin B1a rotational crop and soils following soil treatment with (C14) avermectin B1a. Journal Agriculture and Food Chemistry, 35: 859-864.
[26] Pesticides Residues in Food (2014). Department of Agricultures, Food and the Marine http://www.pcs.agriculture.gov.ie/media/pesticides/content/foodsafety/2014%20Pesticide%20Residues%20in%20Food.pdf
[27] Pihlström, T. (2010): Method Validation and Quality Control Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed (Document No. SANCO/10684/2009). http://www.crl-pesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2009_10684.pdf
[28] Soomro, A.M., Seehar, G.M., Bhangar, M.I. and Channa, N.A. (2008). Pesticides in the blood samples of spray workers at agriculture environment: The toxicological evaluation. Pak. J. Anal. Environ. Chem., 9(1): 32-37.
[29] SPSS 14 (2006): "Statistical Package for Social Science, SPSS for windows Release 14.0.0, 12 June, 2006." Standard Version, Copyright SPSS Inc., 1989-2006, All Rights Reserved, Copyright ® SPSS Inc.
[30] US EPA (2001). "Pesticide Fact Sheet: Chlorfenapyr" (PDF). Retrieved 2014-09-09.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 140-153
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Imparting Multi-functional Performance on Cellulosic Fabrics via Nanotechnology

J. I. Abd El-Thalouth[1] and H.M. Mashaly[2]

[1]Faculty of Applied Arts, Helwan University, Cairo, Egypt

[2]Textile Research Division, National Research Center, Dokki, Cairo, Egypt

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: Three different metal oxides namely TiO_2 , MgO and ZnO in the nano particle size (NPs)form were prepared through chemical methods and characterized by transmission electron microscope (TEM) to evaluate its particle size and size distribution. The cotton and viscose fabrics were first pre-treated separately with the NPs metal oxides and then printed with pastes containing reactive and/or natural dyes. The colour strength (K/S) of pre-treated fabrics with nanoparticles were measured and compared with the untreated one. The existence of NPs on the fabrics during printing process highly increase the K/S of the printed goods irrespective of the nature of the colour or the kind of fabrics to be print. However, the value of the K/S of the printed goods depends on: (a) the nature of the metal oxide, (2) its concentration, (c) the nature of the colour, and (d) the nature of the printed fabric. Besides the NPs-treatment leads to produce a coloured fabrics with excellent antibacterial and very good UV protection properties and very good fastness properties.

KEYWORDS: Cellulosic Fabrics, Nanotechnology, transmission electron microscope.

1 INTRODUCTION

Nanotechnology is considered to be one of the most important emerging technologies worldwide. It is an innovation driver for many sectors of industry [(1)].

Known advantages of utilizing nanotechnology in textile sector can be discussed in terms of: (1) more effective, i.e. more active and large surface areas per unit weight, (2) minimal impacts on physical and mechanical properties, i.e. hand, strength, and air permeability, (3) minimal use of chemicals, (4) low energy consumption and costs, and (5) lower environmental impacts[(2)].

In the last decades, several research and industrial efforts have been devoted to the development of new products for enhancing the quality of human life. The textile production, one of the most relevant and ever-advancing industrial field around the world, is not an exception. In particular, with a rising awareness in personal health and hygiene, the textiles with antimicrobial properties are becoming an appealing field for both manufacturers and researchers [(3-10)].

Human beings are often infected by microorganisms such as bacterium, mold, yeast, virus, etc., in living environment [(11)]. In recent years, antimicrobial agents that have been used industrially have included quaternary ammonium salts, metal salts solutions, and antibiotics. Unfortunately, some of these agents are toxic or poorly effective, which makes them not suitable for application in health foods, filters, and textiles, and for the exclusions of pollution. In contrast, silver is a non-toxic, non-tolerant disinfectant that can reduce many bacterial infections significantly [(12)].

Using nanotechnology in enhanced functionalization of textile to produce smart fabric with antibacterial, stain resistant, and UV protection properties has been increased dramatically [(13-17)]. The application of nanoparticles, especially metal oxides and nano-metals, to impart cellulosic fabric with multifunctional performances was the object of this study improving its hydrophilicity, antibacterial properties, and UV-resistance.

The present research article involves three major objectives: (1) the use of chemical methods to synthesis three metal oxide NPs (TiO_2, MgO and ZnO) under different conditions to reduce their particle size; (2) functionalization and modification of cotton and viscose fabrics by surface treatment with the prepared metal oxide NPs; (3) improvement of printing properties of NPs-treated cotton and viscose fabrics with reactive and natural dyes by increasing the dye affinity and (4) evaluation of the colour fastness, antibacterial properties, and UV protection of the NPs-treated fabrics.

2 EXPERIMENTAL

2.1 SUBSTRATE

2.1.1 COTTON FABRIC

Scoured cotton fabrics 140 g/m^2 were supplied from Misr for Spinning and Weaving Company, Mahalla El- Kobra., Egypt. Cotton fabric was further treated with a solution containing 2g/L nonionic detergent (Hostapal ® CV-Clariant), at 60 ^{0}C for 30 minutes, then the fabrics were thoroughly rinsed with water and air dried at room temperature.

2.1.2 VISCOSE FABRIC

Scoured viscose fabrics 110 g/m^2 were supplied from El- Shorpagy Company, Cairo ., Egypt. Viscose fabric was further treated with a solution containing 2g/L nonionic detergent (Hostapal ® CV-Clariant), at 50 ^{0}C for 30 minutes, then the fabrics were thoroughly rinsed with water and air dried at room temperature.

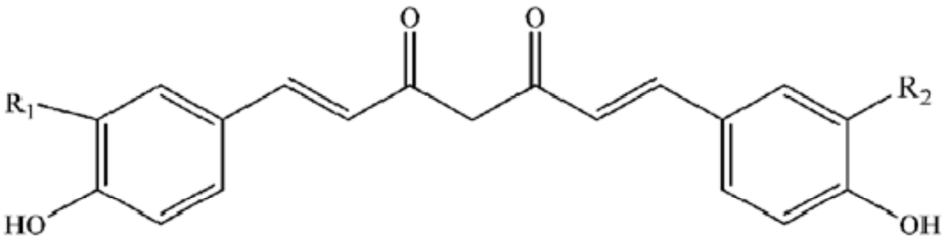
2.2 MATERIALS

2.2.1 DYESTUFFS

The following different two dyes were used:

2.2.1.1 NATURAL DYES

Curcuma Longo L, known as turmeric which are used as colouring agent and also medical properties[18]. Its major active matter is Curcumin, along with small amounts of demethoxy curcumin and bisdemethoxy Curcumin (Scheme 1) [19].



R1 = OCH_3, R2 = OCH_3 - curcumin
R1 = R2 = H - bisdemethoxycurcumin
R1 = OCH_3, R2 = H - demethoxycurcumin

Scheme 1: Structure of Curcumin and its analoge

2.2.1.2 REACTIVE DYE

Reactive dye namely Suncion Red P2B OH Young Industrial LTD.

2.2.2 THICKENER

Sodium alginate of medium viscosity under the commercial name Daico thickener RE was kindly supplied from Daico Chemica Industry S.A.E Cairo, Egypt.

2.3 METHODS

2.3.1 SYNTHESIS OF METAL OXIDES

2.3.1.1 SYNTHESIS OF ZNO NANO PARTICLES

Zinc oxide nano particles were synthesized [20,21]. Synthesis was carried out at a high degree of super saturation in order to achieve a nucleation rate much greater than the growth rate (5.5 g) $ZnCl_2$ (98%) was dissolved in 200 mL of water at 90ºC in an oil bath. Then 16 mL of 5 M NaOH (pellet min.99%) aqueous solution was added drop-wise to the zinc chloride solution with a gentle stirring over a period of 10 min at 90ºC. The particles were separated from the supernatant dispersion by sedimentation. The supernatant solution was discarded and the remaining suspension was washed five times with distilled water to lower the concentration of NaCl below 6-10M. Each time, the dilution ratio between the concentrated suspension and the washing solution was about 1:10. The complete removal of NaCl from the suspension was checked using a solution of $AgNO_3$. The purified particles were then peptized with 2-propanol (98%) in an ultrasonic bath for 10 min at room temperature. The peptization process is necessary to disrupt the micro-agglomerates and to release the nano particles of zinc oxide.

The particles were then collected by centrifugation at 6,000 rpm for 15 min. The washing procedure was repeated three times. Thermal treatment of the particles at 250ºC for 5 h leads to the formation of ZnO[22].

TREATMENT OF COTTON AND VISCOSE FABRICS BY ZNO NANO PARTICLES

The samples were impregnated in ZnO treatment bath (conc. 0.5 % - 2 % wof), using liquor ratio of 1:30, in presence of dispersing agent in order to suspend the ZnO in water to obtain homogenous solution. After padding, the samples were squeezed to 80% pick up, then they were dried at 60^0C .The treated fabrics were cured at 140 ^{0}C for 10 min. Finally treated fabrics were washed at 60 ^{0}C for 20 min. followed by drying.

2.3.1.2 PREPARATION OF TiO_2 NANO PARTICLES

Titanium tetra chloride ($TiCl_4$) of 3.5 ml was added to 50 ml deionized water in ice bath and the process was done under fume hood followed by the addition of 35 ml of ethanol with vigorous stirring for 30 min at room temperature. Drops of ammonium hydroxide were added wisely into solution of the titanium tetra chloride ($TiCl_4$), ethanol and deionized water to neutralize it and precipitate was obtained. After stirring vigorously, the solution was made to settle for twelve hours. Then, precipitate was centrifuged. The obtained precipitate was washed with deionized water until the removals of chloride ion and was centrifugally separated. Then, using oven, the precipitate was dried at 200°C to remove part of the absorbed water for 4 hours and finally amorphous TiO_2 was obtained. The obtained amorphous TiO_2 was calcinated at the temperatures of 400°C for four hours step by step. Finally, the powder TiO_2 nanomaterial was obtained [23-26]

TREATMENT OF COTTON AND VISCOSE FABRICS BY TiO_2 NANO PARTICLES

The fabrics treated with TiO_2 nanoparticles via exhaustion method. the fabrics were treated with 4 different percentages of TiO_2 nanoparticles (0.5 % - 2 %wof) at 80 ^{0}C for 20 min. in the presence of wetting agent in dyeing machine. The liquor ratio of exhaustion bath was 1:10. After 20 min. The treated cotton and viscose fabrics were cured at 140 ^{0}C for 10 min. Finally treated cotton and viscose fabrics were washed at 60 ^{0}C for 20 min. followed by drying.

2.3.1.3 SYNTHESIS OF MGO NANOPARTICLES

MgO nano particlesare usually synthesized by hydrothermal or sol–gel techniques [27-30]. In this experiment, nano-MgO was synthesized by the sol–gel method. To prepare nanoparticles of MgO, 100 g of MgCl •6H 2O was first dissolved in 500 ml of distilled water in a 1L beaker, into which 50 ml of 1N NaOH solution was added. The solution was then rapidly stirred for 4 h to generate the magnesium hydroxide precipitates. The suspension was centrifuged at 3000rpm for 5 min to obtain the

$Mg(OH)_2$ gel, washed several times with distilled water and dried at 60 ^{0}C for 24h. The dried powder was finally calcinated in air under 450 ^{0}C for 2 hour and MgO nanoparticles were such made.

TREATMENT OF COTTON AND VISCOSE FABRICS BY MgO NANO PARTICLES

The fabrics treated with MgO nanoparticles via exhaustion method. The fabrics were treated with 4 different percentages of MgO nanoparticles (0.5 % - 2 % wof) for 20 min. in the presence of wetting agent in dyeing machine. The liquor ratio of exhaustion bath was 1:20. After 20 min. The treated fabrics were cured at 120 ^{0}C for 3 min. Finally treated fabrics were washed at 60 ^{0}C for 10 min. followed by drying.

2.3.2 PRINTING

Both cotton and viscose after pretreatment with MgO, TiO_2 and ZnO of different concentration was subjected to printing through screen printing technique. Followed by steaming at 100-103 ^{o}C for 15 minutes for the samples printed with reactive dye and at 120 ^{o}C for 20 minutes for the samples printed using natural dye[31] .

Preparation of reactive dye printing paste:

The printing paste of the reactive dye was prepared according to the following recipe:

Reactive dye	30 g
Thickener	40 g
Urea	100 g
Resist salt	10 g
Sodium bicarbonate	30 g
Water	X g
Total	1000 g

Preparation of natural dye printing paste:

Curcuma (natural colour)	100 g
Thickener (alginate)	40 g
Diamonium phosphate	12.5 g
Urea	40 g
Water	X g
Total	1000 g

2.4 MEASUREMENTS AND ANALYSES

2.4.1 METAL OXIDES PARTICLE SIZE

The synthesized powder was determined after appropriate sample dilution with distilled water and freshly prepared by transition electron microscope (TEM). One drop of each emulsion was mounted on a copper grid covered by a thin film of carbon and after drying, the samples were examined by TEM (Model EM-1230; Jeol, Germany) at high voltage (hV) 100 kV and with resolution ca. 10 A . The average vesicle size distribution was determined either by volume or number of the particles in the drop.

2.4.2 COLOR STRENGTH

The colorimetric analysis of the dyed samples was performed using a Hunter Lab ultra Scan® PRO spectrophotometer. The corresponding colour strength value (K/S) was assessed by applying the **Kubelka Munk** equation as follows.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (1)$$

Where,

R = decimal fraction of the reflection of the dyed fabric,

K = absorption coefficient, and S = scattering coefficient

2.4.3 FASTNESS TESTING

The dyed samples were subjected to rubbing, washing, perspiration and light according to standard ISO methods, ISO 105-X12 (1987), ISO 105-co4 (1989), ISO105-EO4 (1989), ISO 105-BO2 (1988) respectively.

2.4.4 ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Biological activity of untreated and NPs-treated cotton was tested by Kirby-Bauer modified method [32-33].Plates were incubated with filamentous gram-positive bacteria as staphylococcus aureus (S.aureus) and gram-negative bacteria as Escherichia coli (E.coli) at 35-37 °C for 24-48 hours. For the disc diffusion, the zone diameters were measured with slipping calipers of the national committee for clinical laboratory standards.

2.4.5 THE TOTAL COLOUR DIFFERENCE (ΔE)

CIE Lab Difference:

Now, in a lot of dye houses, there is a datamatch system which helps colorist to obtain different shades and to judge about the acceptance of these shades against a particular standard. The most widely used equation is CIE lab difference equation.

($\Delta E = L^2 + \{(a^2 + b^2)\}^{1/2}$

a: represents the red – green axis

b: the yellow – blue axis

L: describes lightness

3 RESULTS AND DISCUSSION

The main aim of the present work is to investigate the effect of pretreatment with metal oxides in the nanoform particles in improving the printability of cellulosic fabrics and enhance their ultraviolet and microbial protection. To achieve this goal, TiO_2, ZnO and MgO in the nanoparticles form were prepared according to the procedure indicated in the experimental section. The particle size of the prepared metal oxides were monitored using transmission Electron Microscopy (TEM).

To start with TEM investigation of the particle size of the synthesized metal oxides. Figures 1,2 and 3 show the TEM micrographs of ZnO, TiO_2 and MgO respectively.

A close examination of the TEM micrographs signifies an average of 10:42, 9:94 and 17:37 nm for the synthesized ZnO, TiO_2 and MgO respectively.

Samples of cotton and viscose fabrics were treated with the prepared nanoparticle size of the aforementioned metal oxides at four different concentrations (0.5, 1, 1.5 and 2% wof) as indicate in the experimental section. The pretreated samples were subjected to printing with either reactive or natural dye, followed by fixation, washing and drying. The K/S as well as the colour fastness properties of the treated and printed samples, in addition to their antibacterial properties and UV protection of the NPs- treated fabrics were also investigated.

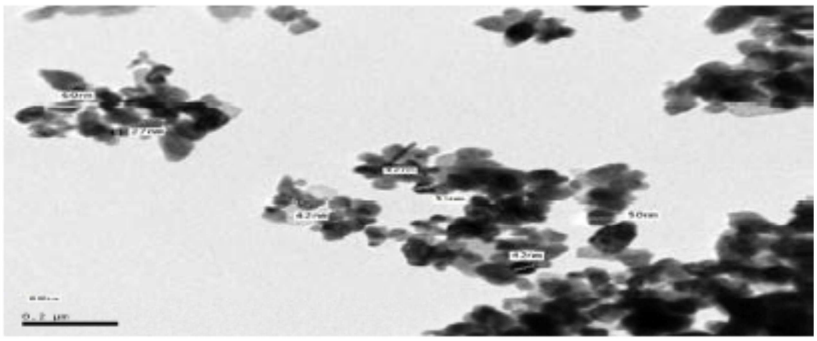


Figure 1: (TEM) of ZnO nano particles

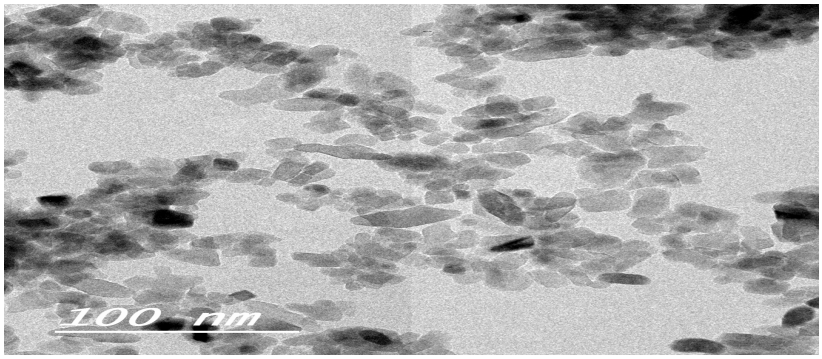


Figure 2: (TEM) of TiO_2 nano particles

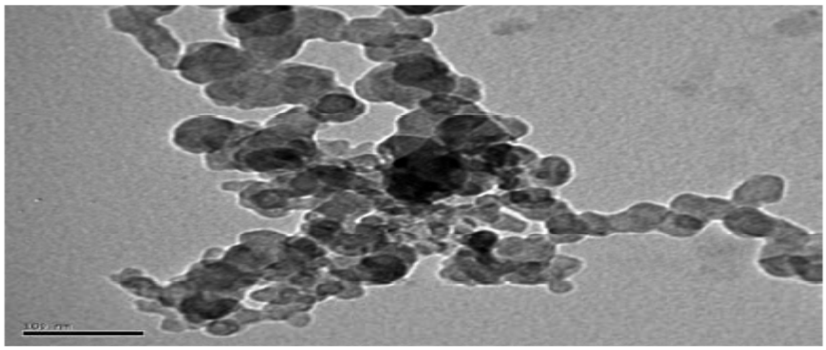


Figure 3: (TEM) of MgO nano particles

3.1 EFFECT OF TREATING WITH NANOPARTICLES ON COLOUR STRENGTH OF CELLULOSIC FABRICS

3.1.1 ON USING REACTIVE DYE

Nanotechnology is concerned with materials whose structures exhibit significantly novel and improved physical, chemical and biological properties, phenomena and functionality due to their nano scaled size [(34)].

To investigate this functionality, 12 samples were first treated with ZnO, MgO and TiO_2 nano respectively. For each type of oxide four concentrations were used to optimize the most proper concentration. The concentrations used were 0.5, 1, 1.5, and 2 % wof respectively.

The aforementioned concentration of oxides were applied to two kinds of cellulosic fabrics i.e. cotton and viscose. The pretreated samples were subjected to screen printing using a reactive dye namely Suncion red P2B (as detailed in the experimental section), steamed at the mentioned temperature, then washed and finely subjected to K/S measurement. The results of K/S were illustrated in table I.

Table I: Effect of pretreatment of cotton fabrics with different NPs metal oxides on the K/S of fabrics printed with reactive dye:

Nature of Nano particles	Concentration	K/S
Blank	-	13.04
ZnO	0.5	14.31
	1.0	14.61
	1.5	15.05
	2.0	14.69
MgO	0.5	14.17
	1.0	15.38
	1.5	15.15
	2.0	14.69
TiO_2	0.5	16.54
	1.0	15.68
	1.5	14.26
	2.0	14.08

The reactive dye used was Suncion Red P2B

It is clear from the data of table I, that the K/S value of cotton samples depends on:

(a) Nature of nano oxide used. (b) Its concentration. The K/S values were found to have the order of TiO_2 > MgO > ZnO nano particles respectively. However, there were found variations in the concentrations as will be discussed.

It is also clear from the data that the higher K/S value was achieved on using TiO_2 nano particles. It is obviously seen also that even at lower concentration at 0.5 % wof of TiO_2 nano particles, the K/S was increased from 13.04 to 16.54. i.e. by almost 26.04%, while increasing the concentration of TiO_2 nano particles more than 0.5% , i.e. 1, 1.5 and 2 % wof cause a slightly decrease, this means that treatment of cotton fabrics with lower concentration of TiO_2 0.5% is so sufficient to achieve a remarkable increase in the K/S values. The increase in K/S value at lower concentration of TiO_2, may be due to the rule of Ti^{+4} ions which causes an increase in the +ve charges i.e. more ionic attraction with the reactive anionic dyes, while increasing the concentration of TiO_2 nano particles more than 0.5% i.e. from 1, 1.5 and 2 % respectively causes a slightly increase in K/S when compared by the untreated samples. Hence optimum conditions for treatment with TiO_2 was found to be at a lower concentration as 0.5 % wof.

Furthermore, it is also clear from the data of table 1 that the K/S values were found to follow the order of TiO_2 > MgO > ZnO which means that modifying cotton fabrics with MgO nano particles were found to achieve higher K/S values when compared with that of ZnO.

We can obviously illustrated from the data of table I that the higher K/S values of the fabric treated with MgO nano particles was 1% while increasing the concentration the concentration of MgO nano particles more than 1% i.e. from 1.5 and 2 % wof causes a slightly decrease in K/S when compared with the optimum one (1% wof MgO), while when comparing these values with those of untreated samples, it is obviously illustrated that the incorporation of the MgO nano particles on the cotton fabrics have a significant effect on improving its printability, this phenomena may be due to the negative surface charge which was deduced for the ZnO NPs, and it was investigated that the illumination can increase the dye reaction with the fabrics, ended in an increase in the value of K/S values after washing.

Table I also comprises the data of treating cotton fabrics with four concentrations of ZnO NPs viz 0.5, 1, 1.5, 2 % wof. As it is clear from the data that as the concentration of ZnO NPs increase, the K/S increases too, i.e. increasing the concentration of ZnO from 0.5 to 1 to 1.5, was accompanied by an increase in the K/S values from 13.04 (blank sample), to 14.31, to 14.61, to 15.05 respectively. Which means that the highest K/S value for the ZnO NPs treatment was achieved at a concentration of 1.5 %. While increasing the concentration of ZnO NPs, more than 1.5 i.e. 2% causes a slightly decrease up to 14.69 which may be due to the un uniform distribution of the particles on the cotton fabrics at relatively high concentration and hence cause a slight decrease in K/S.

The K/S values of viscose fabrics treated with the aforementioned NPs and printed with the reactive dye were illustrated in table II.

Table II: Effect of pretreatment of viscose fabric with different NPs metal oxides on the K/S of fabrics printed with reactive dye:

Nature of Nano particles	Concentration	K/S
Blank	-	28.66
ZnO	0.5	29.34
	1.0	29.04
	1.5	29.51
	2.0	29.51
MgO	0.5	29.05
	1.0	29.46
	1.5	29.71
	2.0	29.65
TiO_2	0.5	30.36
	1.0	28.77
	1.5	28.15
	2.0	25.71

The reactive dye used was Suncion Red P2B

As it is clear from the data, that the K/S of the viscose treated fabrics was found to be depends on the nature of NPs used as well as the concentration of the NPs the same trend was also observed in case of cotton fabrics.

On comparing the data we can illustrated that the highest K/S was found to be at 0.5% for TiO_2 and 1.5 % for MgO and 1.5% for ZnO. Furthermore TiO_2 NPs achieved the higher K/S values with a concentration of 0.5 % wof which was 30.36 while. All the treated samples were found to achieve higher K/S values when compared to that of the untreated sample.

On comparing the data of Table I with that of Table II, it is clear that the K/S for viscose before and after treatment with the current 3 metal oxides at any specific concentration is much higher than that of cotton samples.

It is worthy to mention that viscose fabrics are cellulosic fabrics like cotton but it have much number of amorphous regions when compared to the latter. These amorphous regions found in viscose fabrics due to the influence of NaOH during its preparation, causes an opening up to the structure of cellulosic fabrics and hence, ended in a higher ability of viscose fabrics for dye uptake and even for further wet process.

From all previously mentioned discussion we can illustrate the higher ability of viscose fabric to dye uptake that, the K/S of the untreated viscose fabric was 28.66 in contrast to 13.04 for the cotton fabric, i.e. increase in the K/S by almost the double.

This ability of viscose fabrics wasn't only for dye molecule but also for all the particles in contact with it to treat with, i.e. facilitates its reaction with the metal oxide NPs particles irrespective of its kind and/or concentration and hence treated viscose fabrics were found to be more affected with this modification when compared to that of cotton at the same conditions.

As it is clear the table II that the TiO_2 NPs was found to achieve higher K/S values when used to treated viscose fabrics. This increase was found to be depending on the concentration of TiO_2NPs used. i.e. the higher K/S values (30.36) was achieved with 0.5%wof Tio_2 NPs while increasing the concentration of TiO_2NPs while increasing the concentration of TiO_2 NPs from 1, to 1.5, to 2 % was found to cause a slightly decrease in K/S values which were 28.77, 28.81, and 28.15 respectively. While on using MgO NPs , the order differs completely, the higher K/S was achieved when treated viscose fabrics with a concentration of 1.5% wof MgO NPs which was 29.71 while at lower concentration of MgO, there was found to cause a slightly decrease while achieve a higher values for K/S when compared to the blank sample.

In case of ZnO NPs which used to cause a slightly increase in K/S when compared to the other particles (TiO_2 NPs and MgO) the highest K/S value was achieved at a concentration of 1.5% wof ZnO NPs which was 25.51 while increasing the concentration up to 2 % wof ZnO have no influence on the values of K/S fabrics i.e. it reaches the optimum at such concentration.

From the previous study it can be concluded that treating of cellulosic fabrics with metal oxides i.e. TiO_2, ZnO and MgO in the nano from improves its printability with reactive dyes. However, the % increase in K/S depends on: a) the nature of the metal oxide used, b) its concentration, and c) the nature or the cellulosic fabric used, i.e. nature of regenerated fabrics.

3.1.2 ON USING NATURAL DYE

The word natural dye comprises all the dyes and pigment derived from the nature sources like plants, animal and minerals. Natural dyes can be used to dye different natural and man-made materials[35].

Curcuma longa L. known as turmeric, which used as a coloruring agent , and also has medicinal properties[36]. Curcuma Long L., which belongs to the Zingiberaceae family. The pigments in the colourant extracts obtained from Curcuma collectively known as Curcuminoids, the major constituent being Curcumin, along with small amounts of demethoxy curcumin and bisdemethoxy curcumin Scheme (1).

Cotton has no inherent affinity for most natural dyes. However the affinity of cotton can be modified to make it dyeable with natural dyes by the use of metallic salts mordants or the process of cationization which creates positively charged sites on Cotton or by addition of NaOH or enzymes[37].

From all above, and to achieve the goal of improving the printability of cotton fabrics with the natural dyes. Cotton samples were treated with the mentioned three kinds of NPs metal oxides viz TiO_2, ZnO, MgO at four concentration for each oxide . viz 0.5, 1, 1.5 and 2% wof. The treated samples were printed with Curcuma colour, dried, steamed, washed and finally assisedfor K/S measurements. The results were shown in table III.

On investigating the data of table III we can easily observed that regardless of the kind of NPs used in treating cotton fabrics and /or the concentration used. The K/S was found to be enhanced and improved by this modification. These improvements were found to be depends on the nature of NPs used and/or its concentration.

Table III: Effect of pretreatment of cotton fabric with different NPs metal oxides on the K/S of fabrics printed with natural dye:

Nature of Nano particles	Concentration	K/S
Blank	-	1.39
ZnO	0.5	1.80
	1.0	1.73
	1.5	1.58
	2.0	1.77
MgO	0.5	1.75
	1.0	1.66
	1.5	1.40
	2.0	1.72
TiO_2	0.5	1.84
	1.0	1.33
	1.5	1.44
	2.0	1.76

The Natural dye used was Curcuma longa L

The highest K/S values were achieved when treating cotton fabrics with TiO_2 NPs. As at a lower concentration of TiO_2 NPs (0.5 % wof) it achieves 1.84 values compared with 1.39 of the untreated sample. While increasing the concentration more than that have no remarkable effect.

According to previous reports [38-40]. Preparation of TiO_2-nanosol and the gel formation /fixation of titania cluster onto cotton fabric involve a number of interactions that may be categorized an represented as follow:

1) Preparation of TiO_2-nano sol

$\equiv Ti(OR) + H_2O \rightarrow \equiv TiOH + ROH$ Hydrolys≡ Tis (1)

$\equiv TiOH + \equiv TiOH \rightarrow \equiv Ti\text{-}O\text{-}Ti \equiv + H_2O$ Condensation and/or (2)

$\equiv TiOH + \equiv Ti(OR) \rightarrow \equiv Ti\text{-}O\text{-}Ti \equiv + ROH$ Condensation (3)

Where R: is an organic group, and, Ti-O-Ti is a colloidal oxide network in the sol form.

2) Gel formation/fixation of titania-cluster onto cotton fabric[40]

TiO_2 –nano sol network $\xrightarrow{heat}$ Gel formation (4)

Titania ——— OH + Cell.OH $\xrightarrow{heat}$ Nano-TiO_2- Loaded cotton fabric (5)

As it is obvious from the previous scheme that incorporation of Tio_2 NPs into the cotton fabrics enhance its surface as it causes an +ve charge surface which intern create host guest for the natural dye. By another meaning treating cotton fabrics with TiO_2 NPs can increase its affinity towards the natural curcuma dye.

The increase in K/S values was found to be also in case of MgO as well as ZnO NPs. Treating cotton fabrics with MgO NPs causes an increase in K/S values or an enhance in the cotton printability slightly more than that treated with ZnO NPs.

The metal oxides such as TiO_2, MgO and ZnO are of particular interest because of their stability under harsh process conditions and generally regarded as safe materials to human beings and animals [41,42].

So from all above we can easily illustrate the application of the bio nano composite to the textile cotton materials aimed at producing not only functional textiles but also for improving its printability with natural dye even without any need for mordant addition.

Table IV showed the data of K/S values for viscose fabrics treated with ZnO NPs, MgO, and TiO_2 NPs. All samples in question were found to have K/S values higher than that of the untreated blank sample. While the extent of improving varies, depends on the kind and/or the concentration of NPs oxide used.

Table IV: Effect of pretreatment of viscose fabric with different NPs metal oxides on the K/S of fabrics printed with natural dye:

Nature of Nano particles	Concentration	K/S
Blank	-	1.13
ZnO	0.5	1.34
	1.0	1.29
	1.5	1.12
	2.0	1.32
MgO	0.5	1.10
	1.0	1.20
	1.5	1.10
	2.0	0.88
TiO_2	0.5	1.23
	1.0	1.81
	1.5	1.87
	2.0	1.48

The Natural dye used was Curcuma longa L

As previously mentioned the highest K/S were achieved when treated with TiO_2 NPs followed by treating with ZnO NPs ended with MgO NPs. All previously oxides NPs can easily achieve an improvement into the cellulosic surface by introduce a +ve charged surface, which in terms create a similar case to protenic fabrics which ended in an increase in the printability of these fabrics.

However, the magnitude of improvement in K/S in case of viscose fabrics is less than that of cotton; also the K/S of untreated viscose is less than that of cotton. This may be due to the larger amount of amorphous regions in viscose compare with that of cotton. Hence viscose comprises high present of free OH- groups when compared to that of cotton. These free hydroxyl groups in terms causes an increase in its negatively charged surface, and hence caused a difficulty when printed with natural dye. That was obviously illustrated from the results of table IV, that regardless the kind and/or the concentration of NPs oxides used the K/S values were found to be less than that of cotton.

3.2 Effect of treatment of cellulosic fabrics with NP oxides on the fastness properties of reactive & natural prints

The samples pretreated with NPs of TiO_2 , ZnO or MgO and printed with either reactive or natural dye which acquire the highest K/S was chosen and subjected to overall colour fastness measurements. The printed untreated cotton and viscose fabrics were also measured under the same conditions for the sake of comparison. Table 5 represent the data of overall colour fastness properties, i.e. for washing, rubbing (wet and dry), and perspiration (acidic and alkaline).

It is clear from the data of Table V that the overall colour fastness properties ranges between good to very good depending on: (a) the nature of dye used, (b) the kind of fabric, (c) the nature of the nano-particles used in pretreatment and its concentration.

However, it is also clear from table V that in all cases the values of the overall colour fastness for the pretreated fabrics is nearly equal or slightly better than that of the untreated fabric.

Table V: Fastness properties of cotton and viscosic samples treated with NP metal oxideas and printed with reactive and natural dyes:

Kind of fabric	Sample	Dye	Rubbing		Washing		Perspiration			
			Wet	Dry	St.	Alt.	Acidic		Akaline	
							St.	Alt.	St.	Alt.
Cotton	Blank	Reactive dye	3	3-4	3-4	3-4	3	3-4	2-3	3
	ZnO 1.5%		4	4	3-4	4	3-4	4	4	4
	MgO 1.5%		3-4	4	4	4	3-4	4	3-4	4
	TiO_2 o.5%		3-4	3-4	4	4	3-4	4	4	4
Viscose	Blank		4	4	3	3-4	3-4	3-4	3	3-4
	ZnO 1.5%		3-4	3-4	4	4	3	4	4	4
	MgO 1.5%		4	4	4	4-5	3-4	4	3-4	4
	TiO_2 o.5%		3-4	3-4	4	4	4	4	3-4	4
Cotton	Blank	Natural dye	2-3	3	2-3	3	3-4	3-4	4	4
	ZnO 2%		4	4	5	3-4	3-4	4	4	4
	MgO 1.5%		4	4	4	4	3-4	4	4	4-5
	TiO_2 0.5%		4	4	3-4	4	3-4	4	4	4-5
Viscose	Blank		3-4	3-4	3	3	3-4	3-4	3-4	4
	ZnO 2%		4	4	3-4	4	3-4	4	4	4
	MgO 1.5%		4	4	4	4	4	4	4	4
	TiO_2 0.5%		4	4	4	4	4	4	4	4-5

St: staining Alt: Alteration

3.3 THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF TREATED AND UNTREATED PRINTED CELLULOSIC FABRICS

The antibacterial properties can be imparted to the textile materials by chemically or physically incorporation functional agents onto the fibers or fabrics [43-45].

Table VI: Effect of antibacterial activity for treated cotton samples

Sample	Dye	Staph. G (+ve)	E.C.C. G (-ve)
Blank	Natural dye	0.0	0.5
ZnO 2%		10.0	6.5
MgO 1.5%		17	9.0
TiO_2 0.5%		10.5	13.5
Blank	Reactive dye	9.5	6.0
ZnO 1.5%		20.5	16.0
MgO 1.5%		17.0	12.0
TiO_2 0.5%		18.0	13.0

Table VI show the dependence of the antibacterial activity of the cotton reactive and natural prints, respective on the kind of NPs oxide used viz, ZnO (0%), MgO (1.5%) and TiO_2 (o.5%), for natural dyes, and Zn (1.5%), Mg 1.5% and TiO2 0.5 for reactive cotton prints.

When observing table 6, in case of natural cotton prints. The highest value of antibacterial was achieved on treating with TiO_2 NPs. These means that TiO2 is preferable to other inorganic forms of titanium because of its higher efficiency in preventing infection.

It is clear from table 6 that, the untreated cotton fabric sample has no reduction in the bacterial count against both staph. G(+ve) or E.C.C G(-ve). While in the nano- TiO_2 treated cotton sample has exhibited better reduction of bacterial count % and this is because nano-TiO_2 has photo catalytic effect and when exposed to light, photons with energy equal to or greater than the bond gap of the titanium dioxide excite electrons up to the conduction band. The excited electrons within the crystal structure react with oxygen atoms in the air, creating free-radical oxygen. These oxygen atoms are powerful oxidizing agents, which can break down the cell wall of microorganisms through oxidation- reduction reaction [46].

While in case of ZnO, it is clear from table 6 that it also characterized by antibacterial activity, this activity may be related to the induction of oxidative stress due to generation of reactive oxygen species, which may cause the degradation of the membrane structure of the cell.

This antibacterial modification was found to be not also in the case of TiO_2 NPs treated sample but also for the other oxides NP. i.e. for the case of ZnO as well as MgO regardless the day used. i.e. the ability of the fabric to overcome the action of growing the bacteria was found to be un affected by the nature of dye used.

3.4 THE UV PROTECTION FOR THE TREATED AND UNTREATED PRINTED CELLULOSIC FABRICS

Table VII represent the data of fading of viscose fabric samples pretreated with the aforementioned nano metal oxides followed by printing with either reactive or natural dye.

Table VII: The rate of fading of cotton fabrics dyed with reactive red and natural yellow dyes after irradiation time 0-105 hrs.

Time of Irradiation In hrs		Samples printed with Reactive red				Samples printed with Natural yellow			
	Sample tested	**L**	**A**	**B**	**ΔE**	**L**	**A**	**B**	**ΔE**
0h	**Blank**	43.20	55.73	8.04	68.90	77.01	3.29	32.50	31.58
	ZnO 2%	44.56	56.83	6.67	68,86	76.68	2.29	34.65	33.72
	MgO 1.5%	44.25	57.29	8.02	69.54	77.48	2.73	32.35	31.34
	TiO_2 0.5 %	42.97	57.29	9.44	70.90	77.62	2.83	23.13	34.11
35h	**Blank**	45.96	56.56	9.29	66.80	83.02	2.11	35.07	30.28
	ZnO 2%	47.23	56.07	7.51	67.33	83.77	1.12	26.44	32.72
	MgO 1.5%	46.22	57.26	9.03	68.01	83.01	1.85	25.21	32.14
	TiO_2 0.5 %	45	58.34	10.46	69.48	84.48	1.63	25.15	35.01
70h	**Blank**	46.96	55.31	9.39	69.80	87.02	2.11	10.39	32.58
	ZnO 2%	47.23	52.21	8.51	68.33	84.77	1.0	22.51	32.92
	MgO 1.5%	47.22	53.49	8.13	69.01	84.01	1.45	21.13	33.34
	TiO_2 0.5 %	48.51	52.34	8.17	70.48	83.48	1.53	21.17	35.61
105h	**Blank**	50.17	49.92	6.44	67.80	85.82	1.11	18.19	32.59
	ZnO 2%	49.79	49.35	7.38	68.83	85.37	1.0	18.12	34.73
	MgO 1.5%	47.89	51.45	7.94	69.71	85.31	1.05	18.65	32.84
	TiO_2 0.5 %	48.71	53.91	9.14	71.28	85.41	1.23	18.71	33.21

It is worthy to mention that, We have measured ΔE for all printed samples before irradiation and after irradiation from 0 to 105 hours according to CMC 2:1 equation which gives more accurate results, the results indicates that the color alteration ΔE between the treated samples with ZnO, MgO and TiO_2 nano particles and the untreated dyed are small but the alteration rate differ between the treated and the untreated fabrics with the different nano powder. i.e following the order o.5% wof of TiO_2 > 1.5% wof of MgO >and finally 2% wof of ZnO nano particles this holds true for all the pretreated viscose fabrics since the effect of using the nano particles as anti UV absorbent before printing give better results. This in case of the reactive dye as well as in case of natural dye, but with less effect.

REFERENCES

[1] R.R. Kirupakar; India, 6, 14 (2008).

[2] L.W.C Miles; " The production and properties of printing paste in textile printing" Revised Second Ed. Society of Dyers and Colorists, Chapter 7 (2003).

[3] J.M. Yang, H.T. Lin, T.H. Hu, C.C. Chen; " Wettability and antibacterial assessment of chitosan containing radiation-induced nonwoven fabric of polypropylene-g-acrylic acid"; Journal of Applied Polymer Science 90, 1331-1336, (2003).

[4] Y. Gao, R. Cranston; "Recent advanced in antimicrobial treatments of textiles"; Textile Research Journal; 78, 60-72, (2008).

[5] N. Ladhari, M.H.V. Baouab, A.B. Dekhil, A. Bakhrouf, P. Niquette; "Antibacterial activity of quaternary ammonium salt grafted cotton"; Journal of Textile Institute, 98, 209-218, (2007).

[6] R. Dastjerdi, M. Montazer; A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on anti-microbial properties; Colloids Surf.B., 79, 5-18, (2008).

[7] L. Mao, L. Murphy; " Durable fastness for textiles. AATCC Review, 28-31, (2011).

[8] I Perelshtein, G. Applerot, N. Perkas, G Guibert, S. Mikhailov, A. Gedanken; "Sonochemical coating of silver nanoparticles on textile fabrics (nylon, 1558 polyester and cotton) and their antibacterial activity. Nanotechnology, 19, 1-6, (2008).

[9] F. Zhang, X. Wu, Y. Chen, H. Lin; " Application of silver nanoparticles to cotton fabric as an antibacterial textile finish"; Fibres Polymer, 10, 496-501, (2009).

[10] L.C. Giannossa, D. Longano, N. Ditaranto, M. A. Nitti, F. Paladini, M. Pollini, M. Rai, A. Sannino, A. valentini and N.Cioffi; " Metal nanoantimicrobials for textile applications"; Nanotechnol Review , 4, 1-23, (2013).

[11] H. J. Lee, S. Y.Yeo & S. H. Jeong, "Antibacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textiles fabrics", Journal of Materials Science, 38, 2199–2204, (2003).

[12] S. H. Jeong, Y. H. Hwang, & S. C. Yi, "Antibacterial properties of padded PP/PE nonwovens incorporating nano-sized silver colloids"; Journal of Materials Science, 40, 5413–5418(2005).

[13] J.K. Patra, & S.Gouda, , "Application of nanotechnology in textile engineering: An overview", J Eng Technol Res 5, 104-111. (2013)

[14] M. Radetić, "Functionalization of textile materials with TiO2 nanoparticles", J Photochem Photobiology C: Photochem Rev 16, 62–76. (2013).

[15] M. Montazer, E.Pakdel, & A.Behzadnia, "A Novel Feature of Nano TiO2on Textile: Anti-felting and Anti-bacterial Wool", Journal of Applied Polymer Science 121, 3407-3413. (2011).

[16] M. Joshi, & A. Bhattacharyya, "Nanotechnology –a new route to high-performance functional textiles", Text Prog 43, 155–233. (2011).

[17] R. Dastjerdi, M. Montazer, & S. Shahsavan, "A new method to stabilize nano-particles on textile surfaces", Colloid Surf A 345, 202-210. (2009).

[18] S. Han, Y. Yang; " Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin, Dyes and Pigments", 64, 157-16, (2005).

[19] M. Mohammad, K. Loghman;" Antibacterial Dyeing of Polyamide using Turmeric as a Natural Dye", AUTEX Research Journal, 13, 51-56, (2013).

[20] Kathirvelu S, D'Souza L, Dhura B. UV protection finishing of textiles using ZnO nanoparticles. Indian J Fiber Textil Res. 2009 Sep; 34:267–73.

[21] Kwon YJ, Kim KH, Lim CS, Shim KB. Alumina phase transformation behavior on titania-doped nano α-alumina by a solid liquid process. J Ceramic Proc Res. 2002; 3:146–9.

[22] HM Mashaly, RA Abdelghaffar, MM Kamel, BM Youssef; "Dyeing of Polyester Fabric Using Nano Disperse Dyes and Improving their Light Fastness Using ZnO Nano Powder", Indian Journal of Science and Technology 7, 7, 960-967,(2014).

[23] Stotaw Talbachew Hayle and Girma Goro Gonfa; "Synthesis and characterization of titanium oxide nanomaterials using sol-gel method", American Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2(1): 1-7 (2014).

[24] Y. Bessekhouad, D. Robert, and J.V. Weber, "Preparation of TiO_2 nanoparticles by sol-gel route", International Journal of photo-energy. 5:154-155(2003).

[25] N. Shahruz, and M. M. Hossian, "Synthesis and size control of TiO2 photocatalyst nanoparticles preparation using sol-gel method", World Appl. Sci. J., 12(11): 1981-1986(2011).

[26] R. Vijayalakshmi and V. Rajendran, "Synthesis and characterization of nano titanium dioxide via different methods", Arch. Appl. Sci., 4 (2):1183-1190 (2012).

[27] Nagappa, B. and G.T. Chandrappa, 2007. Mesoporous nanocrystalline magnesium oxide for environmental remediation. Microporous and Mesoporous Materials, 106(1–3): 212-218.

[28] Aramendý´a, Ma A., V. Borau, C. Jiménez, J.M. Marinas, J.R. Ruiz and F.J. Urbano, 2003. Influence of the preparation method on the structural and surface properties of various magnesium oxides and their catalytic activity in the Meerwein–Ponndorf–Verley reaction. Applied Catalysis A: General, 244(2): 207-215.
[29] Henrist, C., J.P. Mathieu, C. Vogels, A. Rulmont and R. Cloots, 2003. Morphological study of magnesium hydroxide nanoparticles precipitated in dilute aqueous solution. Journal of Crystal Growth, 249(1–2): 321-330.
[30] Zhou, Q., J.W. Yang, Y.Z. Wang, Y.H. Wu and D.Z. Wang, 2008. Preparation of nano-MgO/Carboncomposites from sucrose-assisted synthesis for highly efficient dehydrochlorination process. Materials Letters, 62(12–13): 1887-1889.
[31] M. Kamel, A. A. Ragheb, K. Haggag and I. Abd El-Thalouth; "Isolation, Chemical Modification and Rheological Characterisation of Leucaena Gum"; Starch/Starke 44, 374 (1992).
[32] Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C. & Turck, M. (1966), "Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method", Am J Clin Pathol 45, 493–496.
[33] Matsen, J.M., Koepcke, M.J. & Quie, P.G. (1969), "Evaluation of the Bauer-Kirby-Sherris-Turck single-disc diffusion method of antibiotic susceptibility testing", *Antim Agent Chem* 9, 445–453.
[34] Z. L. Wang; "Characterizatiopn of Nanophase Materials". Wiley-VCH, Weinheim, Germany, ISBN-13: 9783527298372, p.406, (2000).
[35] T. Wakida, S. Choi, S. Tokino; " Effect of Low Temperature Plasma Treatment on Color of Wool and Nylon 6 Fabric Dyed with Natural Dyes"; Textile Research Journal, 68, pp. 848-853, (1998).
[36] S. Han and Y. Yang; "Antimicrobial Activity of Wool Fabric Treated with Curcumin, Dyes and Pigments", 64, pp. 157-16, (2005).
[37] D. Gupta and P. Gupta; "Convention on Natural Dyes", Colourage, 49, pp. 87-89, (2002).
[38] W. A. Daoud, J. H. Xin and Y. H. Zhang; " Surface Functionalization of Cellulose Fibres with Titanium Dioxide Nanoparticles and their Combined Bactericidal Activities", Surface science, 599, no. 1-3, pp 69-75,(2005).
[39] A. Bozzi, T. Yuranova, i. Guasaquillo, D. laub and J. Kiwi, " self- Cleaning of modified cotton Textiles by TiO2 at Low Temperatures under Daylight Irradiation, " Journal Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 174, No.2, pp. 156-164, (2005).
[40] J.H. Xin, W.A. Daoud and Y. Y. Kong, "a New Approach to UV-blocking treatment for Cotton fabrics"; Textile Research Journal, 74, pp. 97-100, (2004).
[41] I. Perelshtein, G. Applerot, N. Perkas, E. Wehrschuetz-Sigl, A. Hasmann, G Guebitz, A. Gedanken;" CuO-Cotton nanocomposite: formation, morphology, and antibacterial activity", Surface Coat Technology, 204, pp. 54-57, (2009).
[42] OV. Abramov, A. Gedanken, Y. Koltypin, N. Perkas, I. Perelshtein, E. Joyce, TJ. Mason; "Pilot scale sonochmical coating of nano-particles onto textiles to produce biocidal fabric", Surface Coat Technology, 204, pp. 718-722, (2009).
[43] V. Bobbarala, Ed., Antimicrobial Agents, In Tech: Rijeka, Croatia,(2012).
[44] HJ. Lee, SY Yeo, SH Jeong. "Antibacterial effect of nano sized silver colloidal solution on textile fabrics. Journal of Mater Science, 38, 2199, (2003).
[45] ER. Trotman, Dyeing and chemical technology bof textile fibres. John wiley & Sons Inc.: NY, (1984).
[46] S.S. Subhranshu, P. Jeyaraman and V. Vinita, " Sono chemical coating of Ag-TiO2 Nanoparticles on Textile Fabrics for stain Repellency and Self-Cleaning- The Indian Scenario: A Review, " Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 9, No. 6, pp. 519-525, (2010).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 154-159
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effet à court terme du non labour avec paillage sur le rendement du haricot nain à Mulungu, à l'Est de la RD Congo

[Short-term effect of no-tillage with mulch on beans yield at Mulungu, in the eastern DR Congo]

Tony M. Muliele

Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, INERA,
13, Avenue des Cliniques, Kinshasa/Gombe, B.P 2037, Kinshasa 1,
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: Conservation agriculture techniques (e.g. no-tillage with mulching) have been much promoted as an alternative to conventional tillage in many cropping systems. However, adoption of no-tillage with mulching will only be widely adopted if competitive yields are demonstrated with its use. Our objective was to assess the short-term effect of no-tillage with mulch on the yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Bush bean yield with manual tillage without mulch (T0), no-tillage with banana residues (T1) and no-tillage with *Tripascum laxum* mulch (T2) were compared during two consecutives growing seasons. Banana residues and *T. laxum* mulch were applied at the rate of 12.5 tons dry matter ha^{-1} an^{-1}. A significant (P<0.01) increase in bean yield was found in the first growing season ('season 2011A') for T0 compared to T1 and T2. In the second growing season ('season 2011B'), tillage systems did not significantly affect bean yield, but higher yield was observed in T2 (865 kg ha^{-1}) relative to T0 (660 kg ha^{-1}) and T1 (597 kg ha^{-1}). Based on soil properties of the study site, conversion from manual tillage system to no-tillage with mulching may not have negative effect on bean yield in the long term. However, in order to increase mulching efficiency, the quality of mulch should be taken into account.

KEYWORDS: legume, growing season, zero tillage, organic residues, nitisols.

RESUME: L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet à court terme du non labour avec paillage sur le rendement du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Le haricot de type nain a été semé sur des parcelles labourées et non paillées (T0), des parcelles en non labour avec un paillage de résidus de bananier (T1) ou de feuilles de *Tripsacum laxum* (T2). Le paillage a été appliqué à la dose de 12,5 tonnes de matière sèche ha^{-1} an^{-1}. Le rendement du haricot a été évalué pendant deux saisons culturales consécutives. A la première saison culturale ('saison 2011A'), T0 a donné un re4ndement significativement (P<0,01) supérieur à ceux de deux autres traitements. A la deuxième saison ('saison 2011B'), par contre, aucun traitement n'a amélioré de manière significative le rendement du haricot. Toutefois, le rendement le plus élevé a été obtenu sous T2 (865 kg ha^{-1}) comparé à T0 (660 kg ha^{-1}) et T1 (597 kg ha^{-1}). Pour le site d'étude, la conversion des parcelles préalablement soumises au travail manuel du sol en non labour avec paillage n'aurait donc pas d'impact négatif sur le rendement du haricot dans le long terme. Toutefois, le choix de résidus organiques pour le paillage serait nécessaire pour accroitre l'efficience de leur utilisation.

MOTS-CLEFS: légumineuse, labour zéro, résidus organiques, saison culturale, nitisols.

Corresponding Author: Tony M. Muliele

1 INTRODUCTION

Dans les territoires de Walungu et Kabare en province du Sud-Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo (RD Congo), le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est l'une des principales cultures vivrières. Il est cultivé principalement en association culturale avec d'autres cultures, notamment le maïs, le bananier et le manioc ou en monoculture [1]. Tant pour la monoculture que l'association culturale, le semis de haricot est précédé d'un labour manuel à la houe (15-20 cm de profondeur) pour préparer le lit de semence ([1] ; [2]). Les agriculteurs considèrent que le travail du sol favorise la croissance et accroit le rendement du haricot. Toutefois, peu de données chiffrées existent pour soutenir cette affirmation.

Dans le cas d'une association culturale, notamment l'association bananier-haricot, [2] ont rapporté que le travail manuel du sol affecte négativement les racines du bananier localisées dans la couche du sol labourée et la croissance du bananier des jeunes plantations. Les auteurs ont également observé que i) le travail du sol améliorait de façon temporaire la structure du sol, ii) la recolonisation racinaire du bananier consécutive au travail du sol nécessite plusieurs mois (3 à 4 mois), iii) la suppression du travail manuel du sol n'a pas d'impact négatif sur le système racinaire du bananier. Ainsi, le non labour avec paillage serait une alternative adéquate dans une association culturale bananier-haricot.

Par ailleurs, il est important d'indiquer que l'étude susmentionnée, conduite en association culturale (bananier-haricot) dans laquelle les plantes sont soumises à la compétition pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux ; ne permet pas d'évaluer, en conditions de non labour avec paillage, le comportement du haricot en monoculture. Des études conduites dans d'autres régions du monde ont cependant montré que le non labour avec paillage, une variante de l'agriculture de conservation, offre des bénéfices potentiels qui permettent d'accroître le rendement des cultures tout en minimisant les conséquences négatives sur les ressources de base (par exemple, l'eau, le sol et l'environnement naturel immédiat). Le non labour avec paillage préserve la structure du sol, contrôle l'érosion hydrique, stimule l'activité biologique et accroît la diversité biologique ([3] ; [4]), conserve l'humidité du sol et accroît la teneur en matière organique ([5] ; [6]). Toutefois, le non labour avec paillage peut nécessiter des apports de résidus organiques (paillage) à l'installation des plantations, ce qui est onéreux et demande la disponibilité des résidus organiques. Alors que la suppression de mauvaises s'accroît avec la quantité de mulch, une couche épaisse de mulch peut gêner le semis ([5] ; [7]). Les résultats du non labour avec paillage peuvent varier suivant le climat et le temps nécessaire pour le sol de s'y adapter [5].

Dans la perspective de la promotion de la culture sans labour (non labour avec paillage) dans la zone d'étude, il est nécessaire d'évaluer le comportement de différentes cultures dans les systèmes de culture de transition, du labour au non labour. En effet, le non labour avec paillage ne sera adopté dans la zone d'étude que lorsqu'il permettra d'obtenir des rendements compétitifs à ceux du travail manuel du sol. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'effet à court termes du non labour avec paillage sur le rendement du haricot en culture pure. L'effet du paillage pouvant varier suivant la qualité de résidus organiques, deux des trois types de résidus organiques utilisés dans une expérience parallèle conduite en association bananier-haricot [2] ont été appliqués.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette expérience a été menée à Mulungu (2,335°S, 28,788°E, 1699 m d'altitude), un centre de recherche de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA) situé en province du Sud-Kivu en RD Congo. Le site a un climat tropical avec trois mois de saison sèche (Aw3 selon la classification de Köppen, [8]. La distribution annuelle des pluies est bimodale ('saison A' et 'saison B') avec une moyenne annuelle variable entre 1500-1800 mm. La Fig. 1 présente la distribution mensuelle des pluies au cours de la période de l'expérimentation. La quantité totale de pluies varie très peu entre les deux saisons culturales (553 mm en 'saison 2011A' vs. 533 mm en saison '2011B'), mais les pluviosités d'octobre et novembre 2010 ('saison 2011A') sont plus faibles par rapport à la moyenne des années 2008-2011. La température moyenne annuelle est de 19,1°C. Le sol est de texture argileuse (0-40 cm) [2], et appartient à la classe de nitisols [9], développé sur cendres volcaniques. Les principales caractéristiques chimiques du sol prélevé en aout 2010 sont présentées au Tableau 1.

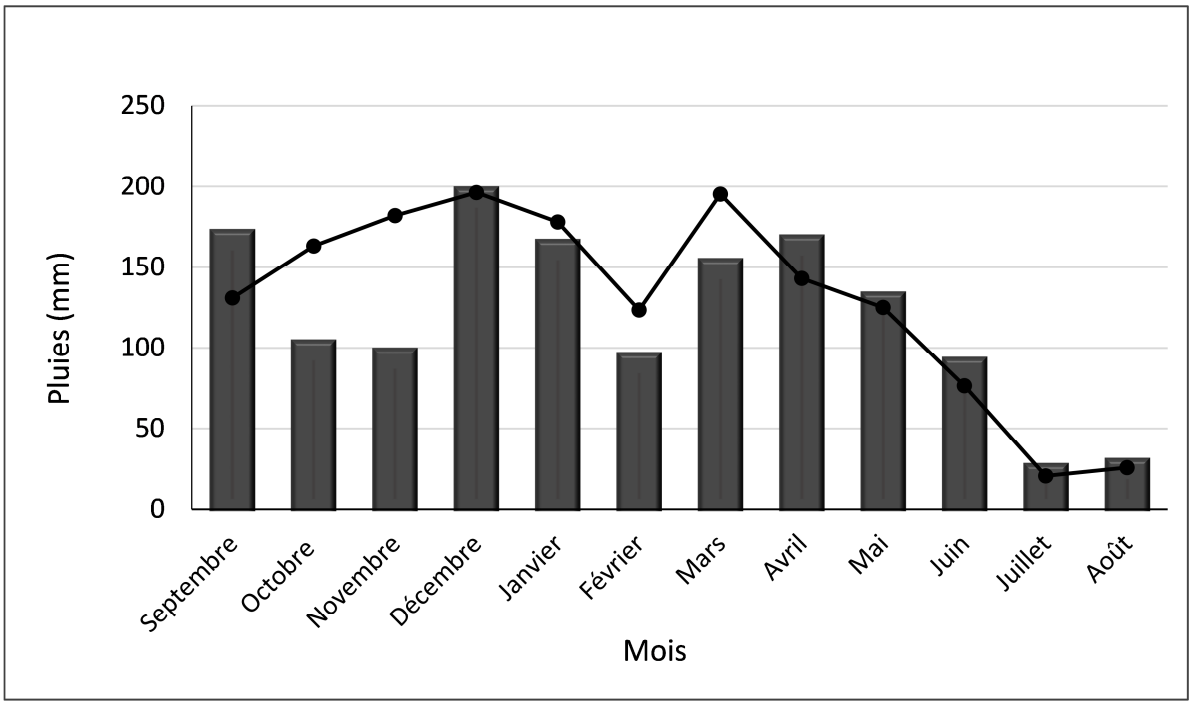


Fig. 1. Distribution mensuelle des pluies de septembre 2010 à aout 2011. La ligne continue indique la moyenne mensuelle de 2008 à 2011. (Source : Antenne GCRN, INERA Mulungu)

Tableau 1. Propriétés chimiques du sol (0-20 cm de profondeur) au site de Mulungu.

Propriétés	Valeurs
N_{total} (%)	0,42±0,01
C_{total} (%)	5,15±0,15
Ca échangeable ($cmol_c.kg^{-1}$)	18,98±0,75
Mg échangeable ($cmol_c.kg^{-1}$)	4,47±0,19
K échangeable ($cmol_c.kg^{-1}$)	1,23±0,16
P assimilable ($mg.kg^{-1}$)	86,39±4,24
pH (H_2O)	6,3±0,04

Echantillons prélevés en août 2010. Valeurs = moyennes ± erreur standard (n=4).

Source: Muliele et al. (2015).

L'essai expérimental a été installé en septembre 2010 et suivi pendant 2 saisons culturales consécutives, la 'saison 2011A' (septembre à décembre 2010) et la 'saison 2011B' (février à mai 2011). Trois ans avant la mise en place de l'essai, le terrain était soumis au travail manuel (deux labours manuels par an) du sol pour préparer le lit de semence de haricot. A la récolte du haricot, les feuilles sur pied et les gousses sont transportées du champ vers les habitations où le battage est généralement pratiqué. Cette pratique paysanne courante (labour sans paillage) a constitué le traitement témoin ou T0. Deux traitements alternatifs ont été comparés à T0 : Non labour + paillage de résidus de bananiers (T1) et Non labour + paillage de *Tripsacum laxum* (T2). Les résidus de bananier et les feuilles de *Tripsacum laxum* ont été appliqués à la dose de 12,5 tonnes de matière sèche (MS) ha^{-1} an^{-1}. Le dispositif expérimental était le bloc complet randomisé à trois répétitions. Chaque unité élémentaire mesurait 9,6 m² (3 m x 3,20 m). Le haricot de type nain (variété 'Ngwaku-Ngwaku', rendement actuel (Programme National Légumineuses/INERA) : 800-1200 kg ha^{-1}) a été semé trois jours après l'application des traitements, aux écartements de 40 cm x 20 cm, deux graines par poquet (250.000 plants ha^{-1}). Aucun engrais minéral ou pesticide n'a été appliqué. Les principales pratiques culturales appliquées étaient le labour manuel avant le semis de haricot (T0), le paillage (T1 et T2) et le sarclage (tous les traitements). Après récolte et battage, les graines de haricot des plants du 'net plot' (tous les plants de la parcelle élémentaire sauf les plants de la bordure) ont été séchées au soleil puis pesées au moyen d'une balance de pesage. Le poids moyen de chaque traitement a été calculé pour déterminer le rendement (kg ha^{-1}). En plus du rendement du haricot, la densité apparente du sol (méthode gravimétrique) et la teneur en eau volumétrique ont été mesurées à la 'saison 2011A'

uniquement. Ces mesures ont été faites sur 0-5 cm du sol (profondeur du sol susceptible d'être affectée par les traitements dans le court terme), trois répétitions par parcelle élémentaire ; 1, 7 et 9 semaines après l'application des traitements.

L'analyse de la variance (ANOVA) pour un dispositif bloc complet randomisé a été faite au moyen du logiciel SPSS (version 11,0). Les moyennes des traitements significativement différents au seuil α = 0,05 ont été séparées à l'aide du test de Student-Newman-Keuls.

3 RESULTATS

La Fig. 2 montre qu'à la 'saison 2011A', le rendement du haricot sous T0 s'accroit de 38 et 31% et est significativement supérieur (P<0,01) à ceux des traitements T1 et T2 respectivement. A la 'saison 2011B', par contre, le rendement de haricot décroit suivant cet ordre : T2 > T0 > T1. Le rendement de T1 est plus proche de celui de T0. Toutefois, l'analyse statistique n'a pas révélé d'effet traitement significatif (P=0,0861). De la 'saison 2011A' à la 'saison 2011B', le rendement a diminué sous T0 et T1 par rapport à T2 qui induit un accroissement de rendement de 19% en 'saison 2011B'. Toutes saisons confondues, le rendement moyen est similaire à celui obtenu à la 'saison 2011A' : T0 (859 kg ha^{-1}) > T2 (783 kg ha^{-1}) > T1 (614 kg ha^{-1}). Contrairement à la saison culturale, l'analyse statistique a révélé des effets traitement et, interaction traitement*saison culturale significatifs (0,01<P<0,05) sur le rendement moyen du haricot.

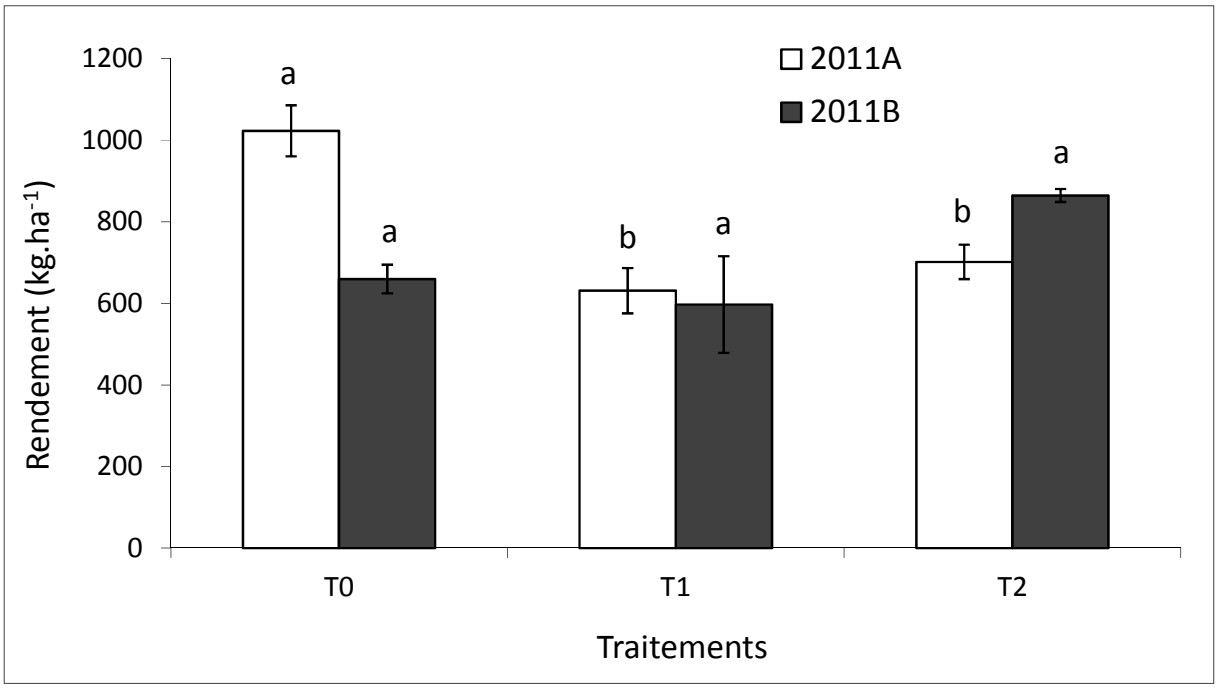


Fig. 2. Rendement de haricot (moyennes ± erreur standard, n=3) à Mulungu, en fonction de traitements et de la saison culturale. Pour une saison culturale donnée, les moyennes des traitements ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (α = 0,05).

La densité apparente varie entre 0,66 g cm^{-3} sous T0, une semaine après le labour manuel du sol, et 0,82 g cm^{-3} sous T1 à la 9^{ième} semaine après l'application des traitements (Tableau 2). Dans tous les traitements, les valeurs de densité apparente tendent à augmenter avec le temps. Sur les parcelles de T0, en particulier, cette augmentation est plus importante entre la première et la cinquième semaine après le travail manuel du sol (0,66 à 0,75 g cm^{-3}). Pour les trois périodes d'observation, la teneur en eau volumétrique du sol varie faiblement (29 à 34%) en fonction des traitements (Tableau 2). Pour ces deux propriétés du sol, l'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives entre les traitements.

Tableau 2. Evolution de la densité apparente et de la teneur en eau volumétrique (0-5 cm) du sol (moyennes ± écart-type, n=3). Mesures faites à la 'saison 2011A', 1, 5 et 9 semaines après l'application des traitements.

	Traitement	Semaines après application des traitements		
		Semaine 1	Semaine 5	Semaine 9
Densité apparente (g cm^{-3})	T0	0,66±0,06	0,75±0,06	0,78±0,06
	T1	0,75±0,05	0,79±0,04	0,82±0,07
	T2	0,78±0,06	0,80±0,08	0,79±0,10
Teneur en eau volumétrique (%)	T0	34,8±1,9	30,4±3,7	29,3±6,6
	T1	33,7±4,1	29,9±5,8	25,3±6,1
	T2	33,9±3,9	29,6±4,5	32,2±8,0

4 DISCUSSION

Le traitement T0 (parcelles labourées et non paillées) a donné un rendement significativement supérieur à T1 et T2 (parcelles en non labour et paillées) à la 'saison 2011A' (Fig. 2). Cette même tendance, rapportée pour d'autres cultures notamment le soja [10] et le maïs [11] ; serait liée à l'altération de la structure du sol généralement observée dans des systèmes de cultures de transition, du labour au non labour ([11] ; [12]). En effet, bien que non significatives à toutes les dates d'observation, le travail du sol a permis de maintenir des valeurs de densité apparente relativement plus faibles sous T0 par rapport à T1 et T2 (Tableau 2). A la 'saison 2011B', par contre, le travail du sol préalable au semis de haricot n'a pas amélioré le rendement du haricot. Au contraire, la réduction de rendement sous T0 (36%) est plus importante par rapport à celle observée sous T1 (5%, Fig. 2). La teneur en eau du sol ('saison 2011A', Tableau 2) a varié légèrement entre les traitements, ceci pourrait être lié à la forte pluviosité du site d'étude. Du fait de la réduction de la densité apparente consécutive au travail du sol et d'une pluviosité quasi-égale entre les deux saisons culturales (Fig. 2), la baisse de rendement observée sur les parcelles labourées et non paillées (T0) à la 'saison 2011B' ne semble donc pas être essentiellement liée aux contraintes de densité apparente et d'humidité du sol. D'autres facteurs non pris en compte dans cette étude, notamment l'incidence des maladies et la pression des ravageurs pourraient également affecter le rendement du haricot. Pour les deux saisons culturales, le rendement de T1 est plus faible que celui T2. Le rendement s'accroît de 19% sous T2 à la 'saison 2011B' alors qu'il diminue légèrement sous T1 (Fig. 2). La différence entre ces deux traitements en non labour et paillés peut être liée à la qualité (composition chimique) des résidus organiques (résidus de bananier et feuilles de *T. laxum*) utilisés comme mulch. L'absence d'effet traitement sur le rendement obtenu à la 'saison 2011B' pourrait indiquer une re-structuration, dans le court-terme (8 mois après la suppression du labour et apport du mulch) du sol de l'essai, riche en matière organique et éléments minéraux (Tableau 1).

Mise à part le travail manuel du sol (T0), les faibles valeurs de densité apparente mesurées sur le sol étudié ici (≤0,82 g cm^{-3}) pourraient s'expliquer par sa texture argileuse, la forte teneur en matière organique (Tableau 2) ainsi que la nature du sol, dérivé de cendres volcaniques. Des valeurs <1,00 g cm^{-3} ont été également mesurées dans les horizons de surface des nitisols formés sur cendres volcaniques, sols caractérisés par de bonnes propriétés physiques du sol notamment une structure micro-agrégée bien développée ([13] ; [14]), d'autres régions du monde. La pratique du travail manuel dans le but d'ameublir le sol du site expérimental ne parait donc pas nécessaire. Toutefois, un des principaux avantages du travail du sol étant la destruction de mauvaises herbes [15], la pratique du paillage dont l'un des effets bénéfiques est le contrôle de mauvaises herbes [16] serait nécessaire. Pour le site d'étude, le non labour avec paillage paraît donc une alternative adéquate au travail du sol. Il faudrait cependant vérifier si cette même tendance se confirme dans le long terme et sur d'autres types de sol dans les conditions écoclimatiques et édaphiques similaires.

5 CONCLUSIONS

Cette étude a montré qu'à la première saison culturale, les parcelles en non labour avec paillage de résidus de bananier (T1) et les parcelles en non labour avec paillage de *Tripsacum laxum* (T2) ont donné des rendements significativement inférieurs à celui des parcelles labourées et non paillées (T0). A la deuxième saison culturale, les traitements n'ont pas affecté de manière significative le rendement du haricot. Toutefois, le rendement le plus élevé (865 kg ha^{-1}) a été observé sous T2 comparé aux traitements T0 (660 kg ha^{-1}) et T1 (597 kg ha^{-1}). Dans les conditions édaphiques du site expérimental, la conversion des parcelles préalablement soumises au travail manuel du sol et non paillées en non labour avec paillage n'aurait pas d'impact négatif sur le rendement du haricot dans le long terme. La pratique du labour manuel dans le but de préparer le lit de semence de haricot ne parait donc pas nécessaire. Toutefois, il faudrait vérifier cette tendance dans le long terme et sur d'autres types de sol dans les environs.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à l'Ingénieur Adolphe Ombeni pour le concourt dans le suivi de l'essai et la collecte des données.

REFERENCES

[1] Dowiya N.B., Rweyemamu C.L. and Maerere A.P.,"Banana (*Musa* spp. Colla) cropping systems, production constraints and cultivar preferences in Eastern Democratic Republic of Congo",*Journal of Animal and Plant Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 341-356, 2009.

[2] Muliele M.T., van Asten P.J.A. and Bielders C.L., "Short- and medium-term impact of manual tillage and no-tillage with mulching on banana roots and yields in banana-bean intercropping systems in the East African Highlands", *Field Crops Research*, vol. 171, pp. 1-10, 2015.

[3] Derpsch, R.,Friedrich, T., Kassam, A. and Hongwen, L., "Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits", *International Journal of Agriculture Biology and Engineering,* vol. 3, no. 1, pp. 1–25, 2010.

[4] Rühlemann L., Schmidtke K. and Bellingrath-Kimura S. "Short-term effects of differentiated tillage on dry matter production and grain yield of Autumn and Spring sown grain legumes grown monocropped and intercropped with cereal grains in organic farming", *Plant Production Science,* vol. 18, no. 1, pp. 76-92, 2015.

[5] Malecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z. and Dobrzeniecki T., "The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 36, no. 3, pp. 217-226, 2012.

[6] Chen Y., Liu S., Li H., Li H.F., Song C.Y, Cruse R.M. and Zhang X.Y., "Effects of conservation tillage on corn and soybean yield in the humid continental climate region of Northeast China", *Soil and Tillage Research,* vol. 115-116, pp. 56-61, 2011.

[7] Teasdale, J.R. and Mohler, C.L., "The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches", Weeds *Science,* vol. 48, no. 3, pp. 385-392, 2000.

[8] Peel M.C., Finlayson B.L. and McMahon T.A., "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification", *Hydrology and Earth System Sciences,* vol. 11, pp.1633–1644, 2007.

[9] FAO-UNESCO, "Soil Map of the World. Revised legend. World Resources Report 60", FAO, Rome, 2001.

[10] McGregor K., Cullum R., Mutchle, C. and Johnson J., "Long-term no-till and conventional till soybean yields (1983-1999)", *Bulletin* 1146. Mississippi State University, 2006.

[11] Aikins S., Afuakwa J. and Owusu-Akuoko O."Effect of four different tillage practices on maize performance under rainfed conditions", *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 3, no.1, pp. 25-30, 2012.

[12] Reicosky, D. and Saxton, K.E. The benefits of no-tillage", In Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C., Reicosky, D.C., Ribeiro, F., Justice, S.E. and Hobbs, P.R. (Eds), *No-tillage seeding in conservation agriculture,* Wallingford, UK: CABI, 2nd edition, pp.11–20, 2007.

[13] Delvaux B. et Guyot P. "Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ. Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies intensives de la Martinique", *Fruits*, vol.44, no. 12, pp.633-647, 1989.

[14] Pochet G., Van der Velde M., Vanclooster M. and Delvaux B., "Hydric properties of high charge, halloysitic clay soils from the tropical South Pacific region", *Geoderma,* vol. 138, pp. 96-109, 2007.

[15] Lepecki J. and Barbec S., "Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens", *Soil and Tillage Research*, vol. 43, pp. 169-184, 1997.

[16] Araya M., Stratification and spatial distribution of the banana (*Musa* AAA, Cavendish subgroup, cvs 'Valery' and 'Grande Naine') root system. In: Turner D.W. and Rosales F.E. (Eds), *Banana root system: towards a better understanding for its productive management,* INIBAP Proceedings of an International symposium, pp. 83-103, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 160-165
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE DANS LE SUIVI EVOLUTIF ET THERAPEUTIQUE DE LA THROMBOSE VEINEUSE CEREBRALE: A PROPOS D'UN CAS

[MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN MONITORING AND SCALABLE THERAPEUTIC OF CEREBRAL VENOUS TRHOMBOSIS: A CASE REPORT]

Bénilde Marie Ange Tiemtore-Kambou[1], Raphael Kabore[2], Nina-Astrid Nde-Ouédraogo[3], Wilfried Ouedraogo[4], Ali Ouedraogo Pakisba[5], Ousséini Diallo[6], and Rabiou Cissé[7]

[1]Assistante, Université Ouaga I professeur Joseph Ki-Zerbo, Service d'imagerie médicale, Burkina Faso

[2]Médecin neurologue service de neurologie, Hôpital Blaise Compaoré, Ouagadougou, Burkina Faso

[3]Assistante, Université Ouaga I Professeur Joseph Ki –Zerbo, Service d'imagerie médicale, Burkina Faso

[4]Radiologue service d'imagerie médicale Polyclinique Notre Dame de la paix, Ouagadougou, Burkina Faso

[5]Radiologue service d'imagerie médicale Polyclinique Notre Dame de la Paix, Ouagadougou, Burkina Faso

[6]Maitre de conférence agrégé de radiodiagnostic et imagerie médicale, Université Ouaga I Pr Joseph ki-Zerbo, Service d'imagerie médicale, Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo, Ouagadougou, Burkina Faso

[7]Professeur titulaire de radiodiagnostic et imagerie médicale, Université Ouaga I Professeur Joseph Ki-Zerbo, Service d'imagerie médicale, Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo, Ouagadougou, 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: Due to its clinical polymorphism diagnosis of cerebral venous thrombosis is often hidden. This could influence its low diagnostic rate by not referring cases not diagnosed as clinical imaging.
MRI allows the diagnosis by showing the thrombus and the occluded vein. The prognosis is usually reserved compared to arterial thrombosis diagnosis but deserves to be placed early to avoid disabling sequelae.
We report a patient is 37 years with no particular history in which MRI led to the diagnosis of cerebral venous thrombosis on T1 and T2 sequences in the right lateral sinus and veno MRI in the acute phase. There were no parenchymal lesions. One month later a check showed recanalization of the right lateral sinus.
These could not they participate in determining the duration of antithrombotic treatment not justified for the moment of consensus?

KEYWORDS: cerebral thrombosis, lateral sinus, MRI, MRI angiography.

RESUME: De part son polymorphisme clinique le diagnostic de thrombose veineuse cérébrale est souvent occulté. Cela pourrait influer sur son faible taux diagnostique en n'évoquant pas les cas non diagnostiqués à la clinique comme à l'imagerie.
L'IRM permet de poser le diagnostic en montrant le thrombus et la veine occluse. Le pronostic est le plus souvent réservé comparativement à la thrombose artérielle mais le diagnostic gagne à être posé tôt pour éviter les séquelles invalidantes.

Corresponding Author: Bénilde Marie Ange Tiemtore-Kambou

Nous rapportons le cas d'une patiente de 37 ans sans antécédent particulier chez qui l'IRM a permis de poser le diagnostic de thrombose veineuse cérébrale sur les séquences T1 et T2 au niveau du sinus latéral droit et sur la veino IRM à la phase aigüe. Il n'y avait pas de lésions parenchymateuses. Quarante jours plus tard un contrôle montrait une reperméabilisation du sinus latéral droit.

Ces aspects pourraient t – ils intervenir dans la définition de la durée du traitement antithrombotique qui ne justifie pas pour l'instant de consensus ?

MOTS-CLEFS: Thrombose cérébrale, sinus latéral, IRM, veino IRM.

1 INTRODUCTION

La thrombose veineuse cérébrale (TVC) est une affection qui touche environ cinq personnes par million d'habitant et représente 0,5% de tous les AVC [1]. La moyenne d'âge est de 39,1 ans, mais les âges extrêmes coexistent [2].

Le diagnostic reste une priorité pour le clinicien car l'évolution et le pronostic des TVC demeure peu prévisible. Ce diagnostic repose le plus souvent sur les examens neuroradiologiques non invasifs. L'IRM avec AngioRM comme l'examen de référence permettent actuellement un diagnostic précoce de TVC [3].

Nous rapportons le cas d'une patiente qui a bénéficié d'une IRM ayant permis de faire le diagnostic de thrombose en phase aigüe avec les séquences T1 et T2 et sous angio IRM sans utiliser la séquence T2 * qui est la plus sensible.

L'examen IRM réalisé un mois plus tard sous traitement anticoagulant montre des signes qui sont à connaitre pour tout radiologue et pourrait servir pour évaluer le traitement anticoagulant et préjuger de sa durée.

2 OBSERVATION

B A 37 ans consultait en neurologie pour une hémicrânie droite accompagnée d'une baisse de l'acuité visuelle ainsi que de troubles de l'élocution à type de dysarthrie. Comme antécédent elle avait une cervicalgie régressive en 4 jours avant le début de la symptomatologie. Elle était en surpoids avec un IMC = 30. Il n'y avait pas d'hypertension artérielle, pas de contraception hormonale au long cours.

L'examen clinique retrouvait un état général conservé, des conjonctives colorées, un bon état d'hydratation. Il n'y avait pas de déficit moteur. Le bilan de thrombophilie était négatif. La résistance à la CRP activée était normale, les facteurs 5 étaient normaux, la glycémie était à 5,32 mmol/l ; les globules blancs étaient à 10 130 /ul. La CRP était à 14,51 ml/g. Le cholestérol total était à 6,37 mmol/l avec HDL=0,88 mmol/l et LDL =4,99 mmol/l.

Les D-Dimères étaient augmentés à 2025,89 ng /ml

Un scanner thoraco-abdomino pelvien à la recherche de foyer infectieux était normal.

La consultation ORL était normale.

Une IRM cérébrale fut demandée et montra un hypersignal au niveau du sinus longitudinal supérieur droit en coupe axiale T1 et T1 avec injection de gadolinium en axial et coronal (figure 1 A, B et C) et une absence de visualisation du sinus latéral droit sur l'angio MR (figure 1 D). Il n'y avait pas de lésion parenchymateuse.

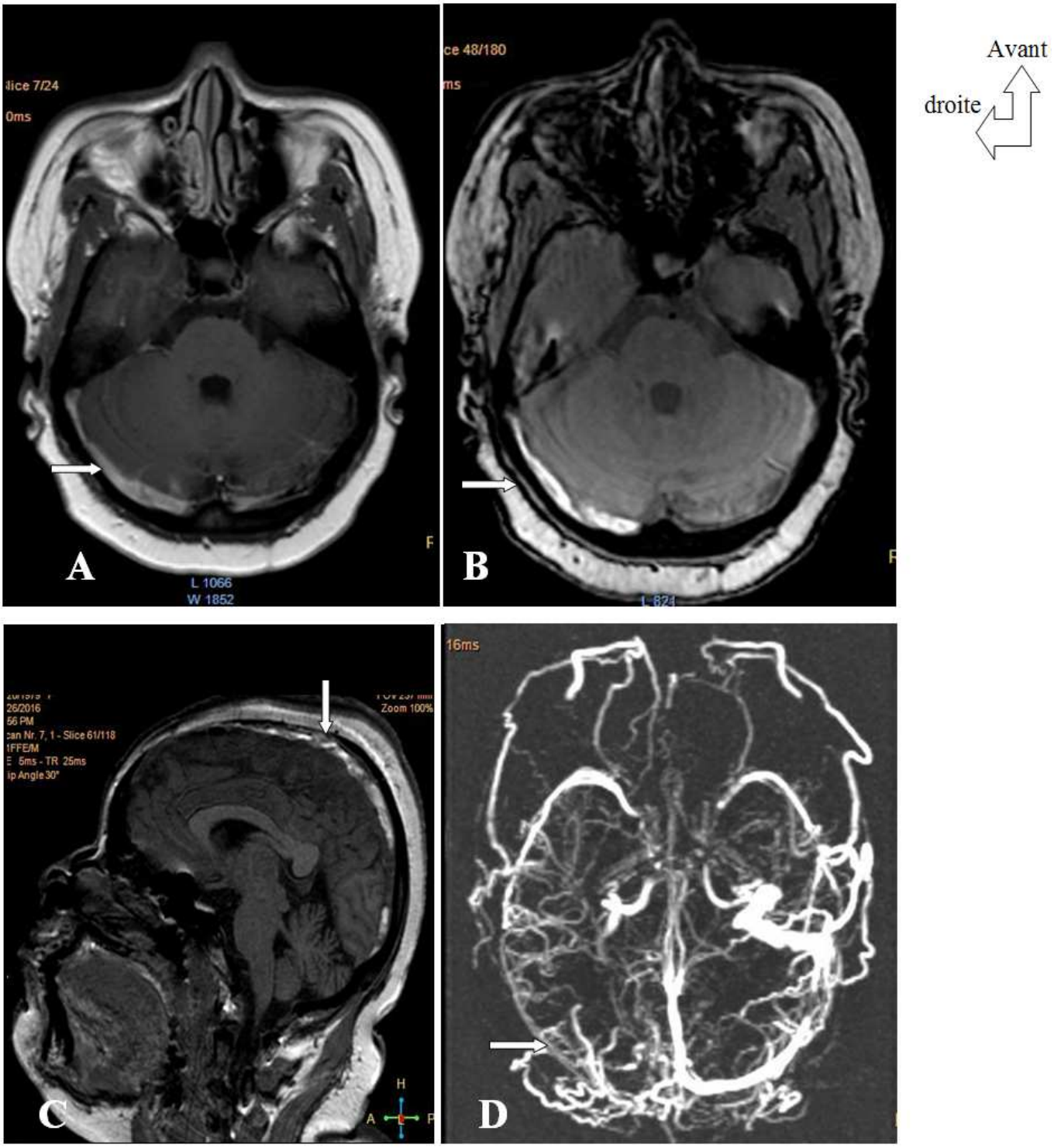


Fig. 1. (A) T1 axial avec injection de gadolinium (B) T1 axial sans injection (C) T1 Sagittal avec injection de gadolinium : Le sinus lateral droit apparait en hypersignal. (D) Reconstruction 3 D MIP veino IRM ; vide de signal du sinus latéral droit qui n'est pas visualisé.

Un traitement fut institué le même jour par une héparine de bas poids moleculaire (Lovenox) à 0,8 ml toutes les 12 h et anticoagulant oral Préviscan 20 ml 1 comprimé par jour.

Lorsque l'INR obtenu au bout de 72 h fut normalisée le traitement fut poursuivi par l'antivitamine K. L'évolution se fit par la régression des céphalées dès le lendemain.

Un contrôle des D-Dimères deux mois plus tard était à 146 ,33 ng/ml.

L'IRM cérébrale de contrôle réalisée au 40 ème jour montrait une reperméabilisation du sinus latéral droit (figure 2 B et C).

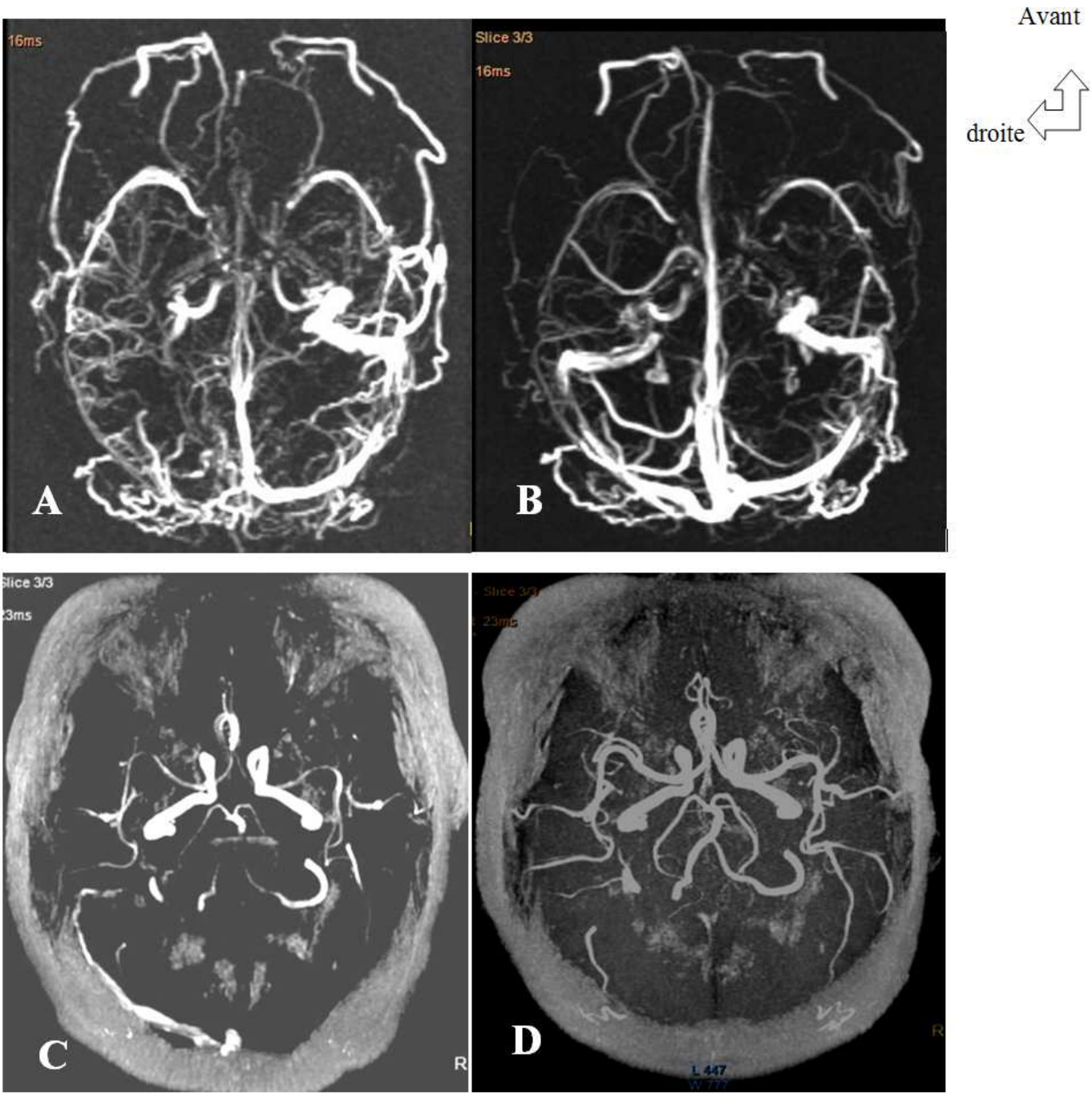


Fig. 2. Trombose veineuse à la période d'état en veino IRM (A) et reconstruction MIP (C) Contrôle à 40 jours sous héparinothérapie puis antivitamines K (B et C): Reperméabilisation du sinus latéral droit.

3 DISCUSSION

De nombreuses études ont montré que la thrombose veineuse cérébrale est une maladie multigénique et multifactorielle. [3], [4], [5].

Les causes de la thrombose sont très nombreuses à savoir les facteurs prothrombotiques (le déficit de la protéine C ou S) les états prothrombotiques telles que la grossesse et de la période périnatale ou néoplasique, les infections , la déshydratation ou même certains médicaments [6], [7]. Dans notre cas aucune cause n'a été retrouvée. Selon certains auteurs l'étiologie n'est retrouvée que lors du suivi [4].

Les causes intracrâniennes focales qui sont visibles sur l'imagerie cérébrale sont en fait relativement rares, elles devraient être connues pour ne pas passer à côté de causes curables. Il peut exister des lésions parenchymateuses à type d'hyper signaux en cas de thrombose du sinus latéral au niveau mastoïdien homolatéral à la thrombose correspondant à un œdème secondaire à la congestion veineuse liée à la thrombose [6]. Cela n'a pas été retrouvé dans notre cas.

L'IRM est supérieure au scanner pour détecter la thrombose isolée exceptionnelle des veines corticales, mais aussi pour l'évaluation des dommages parenchymateux dans la thrombose veineuse [7], [8], [9].

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) en collaboration avec la veino MR est la technique la plus sensible pour le diagnostic de thrombose veineuse. L'aspect en IRM est l'absence de vide de flux normal en T1 et T2 pondéré. Les changements de signal dépendent de l'âge de la thrombose et de la quantité de flux résiduel. [1], [6].

La séquence T2* est supérieure dans la détection de thrombose veineuse en comparaison avec d'autres techniques [1], [6] [10], [11].

Nous avons constaté que les séquences classiques ne sont pas satisfaisantes dans la détection de la phase aiguë ce qui n'a pas été le cas puisque notre diagnostic a pu être établi sur les séquences T1, T2 et FLAIR. La veino MR peut parfaitement démontrer le thrombus, les petits détails de la veine, et les collatérales surtout avec l'injection de contraste [1].

La lésion apparaît souvent hyperintense en T2, FLAIR, hypointense en T1 sans gadolinium avec une topographie cortico sous corticale mais sans distribution artérielle.

L'hématome intracrânien primitif qui peut avoir les mêmes aspects au niveau parenchymateux s'élimine par la topographie corticale et sous corticale, le caractère multifocal et l'aspect irrégulier des lésions.

La reperméabilisation traduit la résorption du caillot mais pourrait-elle permettre l'arrêt de l'héparinothérapie ? En effet le manque de consensus sur la durée du traitement pourrait-il suivre l'évolution de reperméablisation ? Une étude à grande échelle de suivi des patients ayant une TVC avec héparinithérapie et contrôle après un certain délai pourrait permettre de répondre à cette question.

4 CONCLUSION

La thrombose veineuse cérébrale qui tient sa place parmi les causes des AVC gagne à être diagnostiquée tôt pour éviter les séquelles invalidantes.

L'IRM qui représente le gold standard dans ces séquences T2* et Veino MR permet de poser un diagnostic rapide. Le traitement pourrait se baser sur les aspects de reperméabilisation bien décrits à l'IRM pour la durée de l'héparinothérapie.

REFERENCES

[1] F. Bidar, F. Faeghi, A Ghorbani," Assessment of cerebral venous sinus thrombosis using T2*-weighted gradient echo magnetic resonance imaging sequences",Iranian Journal of Neurology; Vol. 15, no. 2, pp. 96-99, 2016.

[2] J. Stam, "Thrombosis of the cerebral veins and sinuses", The New England Journal of Medicine, vol. 352 , no. ,pp. 1791-8, 2005

[3] El Midaoui, Z. Souirti, O. Messouak, MF. Belahsen , « Thrombose veineuse cérébrale » Annales de medécine et thérapeutique , Vol. 1, no 1, pp. 44 – 50, 2009

[4] JM. Ferro, P. Canhao, J. Stam, MG. Bousser, F. Barinagarrementeria, "Prognosis of cerebral Vein and dural sinus thrombosis: results of the International Study on Cerebral Vein and Dural Sinus Thrombosis (ISCVT)", Stroke, vol. 35, no. 3, pp. 664-70. 2004.

[5] U. Fischera, K. Nedeltcheva , J. Grallab, C. Brekenfeldb, M . Arnolda, « Thromboses veineuses cérébrales: mise à jour » Forum Médical Suisse, vol.8, no. 41, pp. 766– 772, 2008.

[6] I. Crassard, A. Ameri, D. Rougemont, M-G. Bousser, « Les thromboses veineuses cérébrales », Encyclopédie Médico-Chirugicale neurologie, vol. 9, no 3, pp. 1-14, 2012.

[7] F. Bonneville, “Imaging of cerebral venous thrombosis”.Diagnostic and Interventional Imaging, vol. 95, no. 2, pp. 1145-1150, 2014.

[8] P. Favrole, JP. Guichard, I.Crassard, M-G. Bousser, H. Chabriat, “Diffusion-weighted imaging of intravascular clots in cerebral venous thrombosis” Stroke, vol. 35, no.1, pp. 99–103, 2004.

[9] B. Naggara, B H. Yahia, G. Guarnieri, S. Rodrigo, C. Oppenheim, J.-F. Meder, "Thrombophlébite cérébrale", Feuillets de Radiologie, vol.46, n° 2, pp. 155-160,2006.

[10] FA. Fellner, C. Fellner, FT. Aichner, G. Molzer, “Importance of T2*-weighted gradient-echo MRI for diagnosis of cortical vein thrombosis”, European Journal of Radiology, vol. 56, no. 2, pp. 235-9, 2005.

[11] M. Selim, J. Fink, I Linfante, S. Kumar, G. Schlaug, LR .Caplan, “Diagnosis of cerebral venous thrombosis with echo-planar T2*-weighted magnetic resonance imaging” Archives of Neurology, vol. 59, no. 6 , pp. 1021-6, 2002.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 166-190
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

APERÇU GENERAL SUR LES EQUATIONS AUX DERIVEES PARTIELLES NON LINEAIRES

[OVERVIEW ON NON-LINEAR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS]

Théodore Mapendo Wendo

Département de Mathématique-physique,
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi (ISP-IDJWI),
Idjwi, Sud-Kivu, 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 mathematical notion of nonlinear partial derivatives equations are registered in full in Mathematical Analysis. This concept has several applications in other disciplines such as physics, economics, demography, chemistry, differential geometry and infinitesimal, etc. Presented with diversified forms, this notion remains essential in the progress of all research in pure and applied mathematics. It borrows concepts of topology and functional analysis for a better understanding. The question is at what level mathematics are for research and our contribution in this article. For this, we present the theory and develop some methods of solving equations to nonlinear partial differential equations.

KEYWORDS: metric space, topological space, normed vector space, space of SOBOLEV, equation of KORTEWEG and VRIES, REACTION-RELEASE equation, Navier-Stokes equation.

RESUME: La notion mathématique d'équations aux dérivées partielles non linéaires s'inscrit en intégralité en Analyse mathématique. Cette notion trouve plusieurs applications dans d'autres disciplines comme la physique, l'économie, la démographie, la chimie, la géométrie différentielle et infinitésimale, etc. Présentée avec des formes diversifiées, cette notion reste incontournable dans le progrès de toute recherche en mathématique pure ou appliquée. Elle emprunte des notions de topologie et d'analyse fonctionnelle pour une meilleure compréhension. La question est de savoir à quel niveau les matheux en sont pour la recherche et notre apport dans le présent article. Pour cela, nous présentons la théorie et développons quelques méthodes de résolution des équations aux dérivées partielles non linéaires.

MOTS-CLEFS: Espace métrique, espace topologique, espace vectoriel normé, espace de SOBOLEV, équation de KORTEWEG et de VRIES, équation de REACTION-DIFFUSION, équation de NAVIER-STOKES.

1 INTRO0DUCTION

1.1 NOTE LIMINAIRE

Des notions d'équations différentielles apparaissent dans différentes branches des mathématiques comme nous le présentons dans cet article. Nous supposons que nos lecteurs ont un baguage suffisant en cette matière et notre propos n'en est pas un exposé exhaustif ; plutôt un éclaircissement intelligentiel tenant compte de notre niveau de culture en mathématique. Les notions de topologie et d'espaces fonctionnels sont présentées dans ce travail du faite que les solutions des équations aux dérivées partielles non linéaires sont des fonctions définies dans un espace fonctionnel qui n'est rien d'autre qu'un ensemble d'application d'une certaine forme d'un ouvert A vers un ouvert B. Les équations aux dérivées partielles non linéaires sont présentées sans tenir compte de leurs applications.

1.2 GENERALITES

1.2.1 QUELQUES NOTIONS DE TOPOLOGIE ET D'ANALYSE FONCTIONNELLE

La topologie est la partie des mathématiques qui étudie les notions, à priori intuitives, de continuité et de limite. L'analyse fonctionnelle quant à elle, étudie la nature et les propriétés des fonctions.

1.2.1.1 ESPACE MÉTRIQUE

Soit **E** un ensemble non-vide.

- Une distance entre deux éléments de **E** est toute application

$$d: \quad E \times E \longrightarrow \mathbb{R}_+$$
$$(x, y) \longrightarrow \ d(x, y)$$

Vérifiant les conditions suivantes :

(1) $\forall x, y \in E, d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$: Axiome de séparation

(2) $\forall x, y \in E, d(x, y) = d(y, x)$: Symétrique

(3) $\forall x, y, z \in E, d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$: Inégalité triangulaire

- Un espace métrique est tout ensemble non vide **E** dont on a défini une distance d entre deux éléments. On le note par (**E**, d) et ses éléments sont appelés des points.

Exemples

1. **E** $= \mathbb{R}$ est un espace métrique pour

$$d_1(x, y) = |x - y| \; et \; d_2(x, y) = \sqrt{|x - y|}$$

2. **E** $= \mathbb{R}^n (n \geq 2)$: est espace métrique pour

$$d_1(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (y_i - x_i)^2}$$

avec $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ et $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$

$$d_2(x, y) = \sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|$$

et

$$d_3(x, y) = \max_{1 \leq i \leq n} \{|x_i - y_i|\}$$

3. L'ensemble $\mathfrak{B}(\mathbb{A}, \mathbb{R})$, des fonctions numériques réelles bornées sur $\mathbb{A}$**,** est un espace métrique pour la distance

$$d(f, g) = sup_{x \in \mathbb{A}} \{|g(x) - f(x)|\}$$

4. L'ensemble $\mathcal{K}(\Delta, \mathbb{R})$, des fonctions numériques réelles continues sur l'intervalle fermé et borné $\Delta = [a, b]$, est un espace métrique pour les distances :

$d_1(f, g) = sup_{x \in \mathbb{A}} \{|g(x) - f(x)|\}$: distance de la convergence uniforme

$d_2(f, g) = \int_{\Delta} \{|g(x) - f(x)|\} \, dx$: distance de la convergence moyenne

$d_3(f, g) = \sqrt{\int_{\Delta} |g(x) - f(x)|^2 \, dx}$: distance de la convergence en moyenne quadratique.

Remarques

- ❖ On dit qu'une suite (x_n) d'un espace métrique X converge ou est convergente s'il existe un point $x \in X$ vérifiant :

$$\forall \varepsilon > 0, \exists N \in \mathbb{N} / \forall n, et\ n \geq N \Longrightarrow d(x_n, x) < \varepsilon$$

❖ On dit qu'une suite (x_n) d'un espace métrique X est une suite de CAUCHY si

$$\forall \varepsilon > 0, \exists N \in \frac{\mathbb{N}}{\forall n}, m \in \mathbb{N}, n \geq N\ et\ m \geq N \Longrightarrow d(x_n, x_m) < \varepsilon$$

1.2.1.2 ESPACE TOPOLOGIQUE

DÉFINITION

La structure d'espace topologique peut se définir de deux manières équivalentes suivantes :

1. Soit **E** un ensemble non vide. On dit qu'on a défini une structure topologique sur **E** si l'on a défini un ensemble £ des parties de **E** (ce qu'on appelle ouvert de **E**) vérifiant les conditions suivantes :
   (1) **E** et ϕ appartiennent à £ ;
   (2) Toute réunion (finie ou infinie) d'éléments de £ est un élément de £ ;
   (3) Toute intersection d'éléments de £ est un élément de £.
2. Soit **E** un ensemble non vide. On dit qu'on a défini une structure topologique sur **E**, si à chaque point a de **E**, on associe un ensemble **V**(a) des parties de **E** (qu'on appelle voisinage de a) vérifiant les conditions suivantes :
   (1) Tout voisinage de a contient a ;
   (2) Toute intersection finie des voisinages de a est un voisinage de a
   (3) Toute partie de **E** contenant un voisinage de a est un voisinage de a
   (4) Si **V** est un voisinage de a, alors V contient un voisinage $\mathbf{V_1}$ de a tel que **V** soit un voisinage de tout point de $\mathbf{V_1}$

Remarques

❖ Le passage de l'une de ces définitions à l'autre se fait par l'intermédiaire des définitions suivantes :
   (1) Si les ouverts sont donnés, on appelle voisinage d'un point a, toute partie de **E** contenant un ouvert contenant a
   (2) Si les voisinages sont donnés, on appelle ouvert de **E**, toute partie de **E** qui est voisinage de chacun de ses points. Dans ce cas, le couple (**E**, £) et (**E**, **V**(x)) sont appelés espaces topologiques.

❖ Soient **E** un espace topologique. **O** un ouvert de **E** et **A** une partie non vide de **E**.
   (1) On appelle trace de **O** sur **A**, l'intersection **O** ∩ **A** ;
   (2) La topologie induite sur **A** par la topologie de **E** est structure topologique dont les ouverts sont les traces sur **A** des ouverts de **E**. L'ensemble A, muni de cette structure, est appelé sous-espace topologique de **E**.

AUTRES NOTIONS

Soient (**E**, £) un espace topologique et A une partie non vide de E.

- On appelle intérieur de **A**, l'ensemble noté $intA$ et défini par la réunion des ouverts contenus dans **A**, c'est-à-dire

$$\boldsymbol{int}\mathbf{A} = \bigcup_{\substack{\boldsymbol{\Omega} \subset \mathbb{A} \\ \boldsymbol{\Omega} \in £}} \boldsymbol{\Omega}$$

- On appelle ensemble fermé d'un espace topologique, le complémentaire d'un ouvert ; c'est-à-dire un ensemble **F** est dit fermé si et seulement si :

$$\mathbf{F} = \complement_E^A$$

- On appelle fermeture de **A**, l'ensemble noté $\overline{\mathbf{A}}$ et défini par l'intersection de tous les fermés contenant **A** ; c'est-à-dire,

$$\overline{\mathbf{A}} = \bigcap_{\substack{\mathbf{F}\supset\mathbf{A} \\ \mathbf{F}\in\mathcal{F}}} \mathbf{F}$$

Où $\mathcal{F}$ désigne l'ensemble des fermés de **E**.

- On dit que **A** est une partie dense dans **E** si et seulement si :

$$\overline{\mathbf{A}} = \mathbf{E}$$

- On appelle frontière de **A**, l'ensemble noté et défini par :

$$\partial\mathbf{A} = \overline{\mathbf{A}} \setminus \mathbf{A}$$

- On dit que x est un point frontière de **A** si et seulement si **V** de x contient un point de A et un point complémentaire de **A**.
- Axiome de HAUSDORFF (HAUSDAFF) : Quels que soient les éléments distincts a et b d'un espace topologique **E**, il existe un voisinage **H** de a et un voisinage **V** de b sans point commun ($\mathbf{H} \cap \mathbf{V} = \emptyset$).
- On dit qu'un espace topologique est séparé s'il vérifie l'axiome de HAUSDORFF.
- On dit qu'un espace topologique est séparable s'il existe une partie dénombrable **B** de **E**, dense dans **E**.
- **A** est un ensemble frontière si son complémentaire est dense dans **E** :

$$\overline{\mathbf{E} \setminus \mathbf{A}} = \mathbf{E}$$

- On dit qu'un espace topologique est convexe s'il n'est pas réunion de deux ensembles ouverts non vides disjoints.
- On dit que **A** est un ensemble convexe si le sous-espace **A** de **E** est convexe

1.2.1.3 ESPACE VECTORIEL NORMÉ

DÉFINITION

Soit **E** un espace vectoriel sur un corps $\mathbb{K}$ des nombres réels ou complexes.

E est dit normé si l'on a défini, sur **E**, une application à valeurs dans $\mathbb{R}_+$ qui, à tout vecteur x de **E**, associe un nombre réel positif noté $\|x\|$ et appelé norme de x, ayant les propriétés suivantes :

(1) $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x = 0$

(2) $\forall\lambda \in \mathbb{K}, \forall x \in \mathbf{E}, \|\lambda \cdot x\| = |\lambda| \cdot \|x\|$

(3) $\forall x, y \in \mathbf{E}, \|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$: Inégalité triangulaire

EXEMPLES

1. L'ensemble $\mathbb{R}$ est un espace vectoriel sur lui-même. Il est normé par l'application

$$\|\cdot\| : \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}_+ : x \to \|x\| = |x|$$

2. L'ensemble $\mathbb{R}^n (n \geq 2)$ est un $\mathbb{R}$-espace vectoriel. Il est normé par les applications :

$$N_1 : \mathbb{R}^n \longrightarrow \mathbb{R}_+ : x \to N_1(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}, \qquad x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$$

$$N_2 : \mathbb{R}^n \longrightarrow \mathbb{R}_+ : x \to N_2(x) = \sum_{i=1}^{n} |x_i|$$

$$N_3 : \mathbb{R}^n \longrightarrow \mathbb{R}_+ : x \to N_3(x) = \max_{1\leq i\leq n}\{|x_i|\}$$

3. L'application « module » est une norme sur $\mathbb{C}$

$$|\cdot| : \mathbb{C} \longrightarrow \mathbb{R}_+ : z \longrightarrow |z|$$

CONSÉQUENCES

1. $\forall x, y \in E, |\|x\| - \|y\|| \leq \|x - y\|$
2. Un espace vectoriel normé **E** a une structure naturelle d'espace métrique. Il suffit de définir la distance entre deux vecteurs x et y par :

$$d : \quad E \times E \longrightarrow \mathbb{R}_+$$
$$(x, y) \longrightarrow d(x, y) = \|x - y\|$$

En effet, $\forall x, y, z \in \mathbf{E}$, on a :

(1) $d(x, y) = 0 \Leftrightarrow \|x - y\| = 0 \Leftrightarrow x - y = 0 \Leftrightarrow x = y$

(2) $d(x, y) = \|x - y\| = \|-(y - x)\| = \|y - x\| = d(y, x)$

(3) $d(x, y) = \|x - y\| = \|x - z + z - y\| = \|(x - z) + (z - y)\| \leq \|x - y\| + \|z - y\|$

3. La distance $d(x, y) = \|x - y\|$ vérifie les conditions suivantes :

(1) $d(x + z, y + z) = d(x, y)$: Invariance par translation

(2) $d(\lambda x, \lambda y) = |\lambda| \cdot d(x, y)$

PROPOSITION

Si $\{\boldsymbol{x_n}\}$ et $\{\boldsymbol{y_n}\}$ sont deux suites d'éléments d'un espace vectoriel normé **E** convergent respectivement vers x et y et, λ et θ sont des nombres réels, alors :

$$\lim_{n \to \infty} (\lambda x_n + \theta y_n) = \lambda x + \theta y$$

REMARQUES

- On dit qu'espace vectoriel **E** est convexe si, lorsqu'il contient deux points x et y, alors il contient le segment d'extrémité x et y. Autrement dit :

E est convexe $\Leftrightarrow \forall x, y \in \mathbf{E}, \exists \lambda \in [0,1] / \lambda x + (1 - \lambda) \in \mathbf{E}$

- Un espace vectoriel normé, complet pour la distance d associée à sa norme, est un espace de BANACH.
- On appelle espace vectoriel euclidien ou espace préhilbertien, tout espace vectoriel sur lequel est défini un produit scalaire.

- Un espace de HILBERT est un espace de BANACH dont la norme est définie à partir d'un produit scalaire.

1.2.1.4 ESPACE DE SOBOLEV $\mathbf{W^{m,p}(\Omega)}$

DÉFINITION

a) Nous supposons connue la définition des applications mesurables par la mesure de LEBESGUE et la définition de $\mathbf{L^1(\Omega)}$**,** espace des fonctions sommables sur Ω, muni de la norme définie par :

$$\|f\|_1 = \int_\Omega |f(\Omega)| dx$$

On les appelle espace $\mathrm{L^P}(\Omega)$ ou encore les fonctions de puissance p-ième sommable sur Ω, l'espace défini par :

$$\mathrm{L^P}(\Omega, \mathbb{C}) = \{\mathrm{u\ mesurable\ sur\ } \Omega, \mathrm{à\ valeur\ dans\ } \mathbb{C} \mathrm{\ tel\ que\ } |\mathrm{u}|^{\mathrm{p}} \in \mathrm{L}^1\}$$

b) Soit Ω un ouvert de $\mathbb{R}^n$. Pour $m \in \mathbb{N}$ et $1 \leq p \leq \infty$, l'espace de SOBOLEV, noté $\mathrm{W^{m,p}}(\Omega)$, est un espace fonctionnel constitué des fonctions de $\mathrm{L^P}(\Omega)$ dont les dérivées partielles jusqu'à l'ordre m, au sens des distributions, s'identifient à des fonctions de $\mathrm{L^P}(\Omega)$

THÉORÈME D'INJECTION

On suppose $p \geq 1 \; et \; m \in \mathbb{N}$.

(1) Si $n > m \cdot p$ pour tout q tel que $p \leq q \leq \frac{np}{(n-m)}$, alors on a la propriété :

$$W^{m,p}(\mathbb{R}^n) \to L^q(\mathbb{R}^n)$$

(2) Pour $p = 1$, on a : $W^{m,1}(\mathbb{R}^n) \to C_b(\mathbb{R}^n)$

(3) Si $n = m \cdot p$ et $p > 1$, alors $\forall q/p \leq q \leq \infty$, on a la propriété

$$W^{m,p}(\mathbb{R}^n) \to L^q(\mathbb{R}^n)$$

(4) Si $p > 1$, alors $0 < \lambda \leq 1 - \frac{n}{p} \Rightarrow W^{1,p}(\mathbb{R}^n) \longrightarrow C_b^{0,\lambda}(\mathbb{R}^n)$

(5) Si $mp > n$ lorsque $\frac{n}{p} \notin \mathbb{N}$ et si j est tel que $(j-1)p < n < jp$, alors :

- $0 < \lambda \leq j - \frac{n}{p} \Rightarrow W^{m,p}(\mathbb{R}^n) \longrightarrow C_b^{m-j,\lambda}(\mathbb{R}^n)$
- Si $\frac{n}{p} \in \mathbb{N} \; et \; m \geq j = \frac{n}{p} + 1$ alors $W^{m,p}(\mathbb{R}^n) \longrightarrow C_b^{m-\frac{n}{p-1},\lambda}(\mathbb{R}^n); \forall \lambda < 1$

REMARQUES

- ❖ Les espaces des SOBOLEV fournissent un cadre fonctionnel convenable pour la plupart des problèmes aux limites elliptiques de la physique.
- ❖ Le théorème d'injection présente l'importance convenable sur l'appartenance des éléments de $W^{m,p}(\Omega)$ à des espaces $L^q(\Omega)$, avec $p > q$.
- ❖ Soit **X** un espace vectoriel sur un corps commutatif $\mathbb{K}$ et $\mathbf{X}^*$ son dual (c'est-à-dire l'espace de formes linéaire sur **X**). Soient p et q deux entiers positifs ou nuls. On appelle tenseur p fois covariant et q fois contravariant ou tenseur d'espace $\binom{p}{q}$, toute application $(p+q)$ linéaire de :

$$(\mathbf{X}^*)^{\mathbf{p}} \times \mathbf{X}^{\mathbf{q}} = \underbrace{\mathbf{X}^* \times \ldots \times \mathbf{X}^*}_{P \; facteurs} \times \underbrace{\mathbf{X} \times \ldots \times \mathbf{X}}_{q \; facteurs}$$

dans le corps $\mathbb{K}$

1.3 UN MOT SUR LES EQUATIONS DIFFERENTIELLES

1.3.1 DÉFINITIONS

DÉFINITION 1

Une équation différentielle est une équation qui comporte des dérivées.

EXEMPLES

1. $\frac{dy}{dx} = x + 5$
2. $\frac{d^2y}{dx^2} + 3\frac{dy}{dx} + 2y = 0$
3. $xy' + y = 3$
4. $y''' + 2(y'')^2 + y' = cosx$
5. $(y'')^2 + (y')^3 + 3y = x^2$
6. $\frac{\partial Z}{\partial x} = Z + x\frac{\partial Z}{\partial y}$

7. $\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2} = x^2 + y$

DÉFINITION 2

On parle de l'équation différentielle ordinaire lorsque les dérivées s'entendent par rapport à une seule variable indépendante s'il y en a. C'est le cas des exemples de 1 jusqu'à 5 ci-dessus.

DÉFINITION 3

Une équation différentielle sera dite aux dérivées partielles s'il y a deux variables indépendantes ou plus et les dérivées sont dites dérivées partielles. C'est le cas des exemples 6. et 7. ci-dessus.

DÉFINITION 4

1°) L'ordre d'une équation différentielle est celui de la dérivée dont l'ordre est le plus élevé qui y figure. Les équations 1, 3 et 6 ci-dessus sont du premier ordre.

2°) Le degré d'une équation différentielle, si celle-ci peut être écrite comme un polynôme où les indéterminées sont les dérivées, est le degré de la dérivée dont l'ordre est du deuxième degré.

1.3.2 RÉSOLUTION

1°) On appelle solution ou intégrale d'une équation différentielle, toute fonction vérifiant cette équation.

2°) On appelle solution générale ou intégrale générale d'une équation différentielle, toute fonction $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ dépendant des variables indépendantes $x_1, x_2, \dots, x_n$ et d'une ou plusieurs constantes lorsque l'équation est du premier ou du n^{è} degré.

3°) On appelle solution particulière d'une équation différentielle, toute équation déduite de la solution générale suivant certaines conditions.

4°) Résoudre une équation différentielle, c'est déterminer sa solution générale ou particulière selon que les conditions initiales et/ou conditions aux limites ne sont pas données ou sont données.

2 EQUATIONS NON LINEAIRES

2.1 NOTIONS

DÉFINITION 1

Les notions telles que $p = \frac{\partial Z}{\partial x}, q = \frac{\partial Z}{\partial y}, s = \frac{\partial^2 Z}{\partial x \partial y}$ $r = \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2}$ et $t = \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}$ sont appelées notations de MONGE.

EXEMPLE

Les équations $x\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial y} = z \; et \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + 3\frac{\partial^2 Z}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2} = 0$ deviennent simultanément $xp + yq = z$ et $r + 3s + t = 0$

DÉFINITION 2

1°) Les équations aux dérivées partielles sont dites linéaires lorsqu'elles sont du premier degré en p et q.

EXEMPLES

1) $px + qy = 3z$
2) $px^2 + qy = z^3$

2°) Si non, elles sont dites non linéaires

EXEMPLES

1) $p^2 + q^2 = 1$
2) $p + lnq = 3z^3$

2.1.1 RÉSOLUTIONS

SOLUTIONS COMPLÈTES ET SINGULIÈRES

Soit l'équation aux dérivées partielles non linéaires, d'ordre un :

$$f(x, y, z, p, q) = 0 \qquad (2.1)$$

tirée de

$$g(x, y, z, a, b) = 0 \qquad (2.2)$$

En éliminant les constantes arbitraires a et b. On dit alors que (2.2) est la (ou une) solution complète de (2.1).

Cette solution complète représente une famille de surfaces à deux paramètres qui peut avoir ou ne pas avoir d'enveloppe. Pour trouver celle-ci, si elle existe, on élimine a et b entre :

$$g = 0, \quad \frac{\partial g}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial g}{\partial b} = 0$$

- Si l'équation obtenue par l'élimination

$$\lambda(x, y, z) = 0 \qquad (2.3)$$

vérifie (2.1), alors on l'appelle solution singulière de (2.1).

- Si $\lambda\xi(x, y, z) \cdot \eta(x, y, z)$ et si $\xi = 0$ vérifie (2.1) $\eta = 0$ ne vérifie pas (2.1), amors $\xi = 0$ est la solution singulière.

Comme dans le cas des équations différentielles ordinaires la solution singulière peut s'obtenir à partir de l'équation aux dérivées partielles en éliminant p et q entre :

$$q = 0, \frac{\partial f}{\partial p} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial f}{\partial q} = 0$$

EXEMPLE 1

$z = px + qy - (p^2 + q^2)$ possède, comme solution complète, $z = ax + by - (a^2 + b^2)$

Posons $g(x, y, z) = z - ax - by + a^2 + b^2$, alors

$$\begin{cases} g(x, y, z, a, b) = 0 \\ \dfrac{\partial g}{\partial a} = 0 \\ \dfrac{\partial g}{\partial b} = 0 \end{cases} \qquad \Longrightarrow \begin{cases} z - ax - by + a^2 + b^2 = 0 \\ -x + 2a = 0 \\ -y + 2b = 0 \end{cases}$$

En éliminant a et b entre ces équations, on a :

$$z = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}y^2 - \frac{1}{4}(x^2 + y^2) = \frac{1}{4}(x^2 + y^2)$$

Cette solution vérifie l'équation différentielle et c'est la solution singulière.

La solution complète représente une famille de plans à deux paramètres, qui enveloppe le paraboloïde $x^2 + y^2 = 4z$.

SOLUTION GÉNÉRALE

Si, dans la solution complète (2.2), l'une des constantes, soit b, est remplacée par une fonction connue de l'autre constante, soit $b = \emptyset(a)$, alors $g(x, y, z, a, \emptyset(a)) = 0$ est une famille de surfaces de (2.1) à un paramètre. Si entre famille de surfaces a une enveloppe, son équation peut se trouver comme d'habitude en éliminant a entre $g(x, y, z, a, \emptyset(a)) = 0$ et $g(x, y, z, a, \emptyset(a)) = 0$ et $\frac{\partial}{\partial a} g(x, y, z, a, \emptyset(a)) = 0$ et en déterminant lequel facteur du résultat qui vérifie (2.1)

EXEMPLE 2

On pose $b = \emptyset(a) = a$ dans la solution complète de l'exemple 1. Alors g devient $g(x, y, z, a) = z - a(x + y) + 2a^2$ et le résultat de l'élimination est $z = \frac{1}{8}(x + y)^2$.

On vérifie aisément que cette fonction satisfait l'équation différentielle de l'exemple 1. Il s'agit d'un cylindre parabolique dont les génératrices sont parallèles au plan XOY.

En considérant $\emptyset(a)$ comme variant arbitrairement, on a ce qu'on appelle solution générale de l'équation différentielle.

Ainsi, dans l'exemple 2, $8z = (x + y)^2$ fait partie de la solution générale de l'équation différentielle de l'exemple 1.

Lorsque $b = \emptyset(a)$, $\emptyset$ étant arbitraire, est utilisé, l'élimination de a entre $g = 0$ et $\frac{\partial g}{\partial a} = 0$ n'est pas possible ; on ne peut donc exprimer la solution générale par une seule équation comportant une fonction arbitraire, comme dans le cas de l'équation linéaire.

MÉTHODES GÉNÉRALES

Avant d'étudier la méthode générale de résolution de (2.1), nous donnerons des procédés spéciaux pour résoudre quatre types d'équations.

- **Quatre types particuliers**

Type 1 : $f(p, q) = 0$

La solution complète de cette équation est :

$$z = ax + h(a)y + c \qquad (2.4)$$

Où $f(p, q) = 0$ *et* a et c sont des constante arbitraires.

Les équations nécessaires pour déterminer la solution singulière sont :

$$z = ax + h'(a)y + c, 0 = x + h'(a)y, a = 1$$

Il n'y a pas de solution singulière. La solution générale est obtenue en posant $c = \emptyset(a)$, $\emptyset$ étant arbitraire, et en éliminant a entre

$$z = ax + h(a)y + \emptyset(a) \qquad (2.5)$$

et $ax + h'(a)y + \emptyset'(a) = 0$. L'équation (2.5) pour une fonction donnée $\emptyset(a)$ représente une famille de plans à un paramètre et son enveloppe est une surface développée.

Exemple 3 : Résoudre $p^2 + q^2 = 1$.

$p^2 + q^2 = 1$

$\Leftrightarrow p^2 + q^2 - 1 = 0 : f(p, q) = p^2 + q^2 - 1$ et

$h[a, h(a)] = 0 \Longrightarrow a^2 + [h(a)]^2 - 1 = 0$

$\Rightarrow h(a) = (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}$

Une solution complète est $z = ax + (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}y + C$. En posant :

$$a = sec\alpha, h(a) = tg\alpha \text{ et } z = xsec\alpha + ytg\alpha + C.$$

Si on pose $C = \emptyset(a) = 0$, alors le résultat de l'élimination de α entre

$z = xsec\alpha + ytg\alpha, 0 = xtg\alpha + ysec\alpha \; ou \; 0 = xsin\alpha + y \; est \; z^2 = x^2 - y^2$.

Cette surface développable (cône) fait partie de la solution générale de l'équation différentielle donnée. Remarquer qu'on aurait pu prendre $h(a) = (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}y$ et obtenir comme solution complète $z = ax - (a^2 - 1)y + C$

<u>Type 2</u> : $z = px + qy + f(p, q)$

La solution complète de cette équation est : $z = ax + by + f(a, b)$. Cette équation est connue sous le nom d'équation de CLAIRAUT généralisée. Cette solution complète représente de plans à deux paramètres. La solution singulière, si elle existe, est une surface ayant la famille de plans de la solution complète comme plans tangents.

Exemple 4 : Résoudre $z = px + qy + 3p^{\frac{1}{3}}q^{\frac{1}{3}}$

Une solution complète est $z = px + qy + 3a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}}$. Cherchons la solution singulière :

$$\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial z}{\partial b} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x + 3 \cdot \frac{1}{3} a^{\frac{1}{3}-1} b^{\frac{1}{3}} = 0 \\ y + 3 \cdot \frac{1}{3} a^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{3}-1} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x + a^{\frac{-2}{3}} b^{\frac{1}{3}} = 0 \\ x + a^{\frac{1}{3}} b^{\frac{-2}{3}} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = -a^{\frac{-2}{3}} b^{\frac{1}{3}} \\ x = -a^{\frac{1}{3}} b^{\frac{-2}{3}} \end{cases}$$

D'où

$$ax + by = a.-a^{\frac{-2}{3}}b^{\frac{1}{3}} + b.-a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{-2}{3}} = -a^{\frac{-2}{3}+1}b^{\frac{1}{3}} - a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{-2}{3}+1}$$

$$= -a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}} - a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}} = -2a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}}$$

$$x \cdot y = -a^{\frac{-2}{3}}b^{\frac{1}{3}} \cdot -a^{\frac{+1}{3}} \cdot b^{\frac{-2}{3}} = -a^{\frac{-2}{3}+\frac{1}{3}} \cdot b^{\frac{1}{3}-\frac{2}{3}} = -a^{\frac{-1}{3}}b^{\frac{-1}{3}}$$

En substituant dans la solution complète, on obtient :

$$z = -2a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}} + 3a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}} = a^{\frac{1}{3}}b^{\frac{1}{3}}$$

$$= \frac{1}{a^{\frac{-1}{3}}b^{\frac{-1}{3}}} = \frac{1}{xy} \Leftrightarrow xyz = 1$$

<u>Type 3</u> : $f(x, p, q) = 0$

Posons $z = F(x + ay) = F(u)$ où a est une constante arbitraire.

Alors $p = \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{dz}{du}\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{dz}{du}$ et q $= \frac{dz}{du}\frac{\partial u}{\partial y} = a\frac{dz}{du}$

Lorsque ces valeurs sont reportées dans l'équation différentielle donnée, on obtient une équation différentielle ordinaire d'ordre 1, $f\left(z, \frac{dz}{du}, a\frac{dz}{du}\right) = 0$ dont la solution est la solution complète cherchée.

Exemple 5 : Résoudre $z = p^2 + q^2$

Posons $z = F(x + ay) = F(u)$. Alors $p = \frac{dz}{du}, q = a\left(\frac{dz}{du}\right)^2$ et l'équation différentielle donnée se ramène à $z = \left(\frac{dz}{du}\right)^2 + a^2\left(\frac{dz}{du}\right)^2$.

En résolvant $\frac{dz}{du} = \frac{\sqrt{z}}{\sqrt{1-a^2}}$ ou $\frac{dz}{\sqrt{z}} = \frac{1}{\sqrt{1-a^2}}du$, on obtient : $2\sqrt{z} = \frac{1}{\sqrt{1-a^2}}u + k$.

En posant $k = b$, on trouve : $2\sqrt{z} = \frac{1}{\sqrt{1-a^2}}u + b$.

Ainsi une solution complète est $4(1 + a^2)z = (x + ay + b)^2$, famille de cylindres paraboliques.

En prenant les dérivées par rapport à a et b, on a $8az - 2(x + ay + b)y = 0$,

$x + ay + b = 0$. La solution singulière est $z = 0$.

<u>Type 4</u> : $f_1(x, p) = f_2(y, q)$

Posons $f_1(x, p) = a$, $f_2(y, q) = a$ où a est une constante arbitraire et résolvons pour obtenir $p = F_1(x, p) \; et \; q = F_2(y, q)$.

Puisque z est une fonction de $x\ et\ y$, $dz = pdx + qdy = F_1(x,a)dx + F_2(y,a)dx$.

$$z = \int F_1(x,a)dx + \int F_2(y,a)dx \qquad (2.6)$$

contenant deux constantes arbitraires, est la solution cherchée.

Exemple 6 : Résoudre $p - x^2 = q - y^2$

En posant $p - x^2 = a\ et\ q - y^2 = a$, on obtient $p = a + x^2, q = a + y^2$

En intégrant on a :

$$\int dz = \int pdx + qdy$$
$$\Leftrightarrow z = \int (a + x^2)dx + \int (a + y^2)dy$$
$$\Leftrightarrow z = ax + \frac{x^3}{3} + ay - \frac{y^3}{3} + b$$

Il n'y a pas de solution singulière.

Remarque : Transformations

Comme dans le cas d'équations différentielles ordinaires, il est quelque fois possible de trouver un changement de variable qui ramène l'équation donnée à une équation de l'un de quatre types précédents.

La combinaison px, par exemple, suggère la transformation $X = lnx$, puisqu'alors

$$p = \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial z}{\partial X}\frac{dX}{dx} = \frac{1}{x}\frac{\partial z}{\partial x}\ et\ px = \frac{\partial z}{\partial X}$$

Ainsi $q = px + p^2x^2$ devient $\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{\partial z}{\partial X} + \left(\frac{\partial z}{\partial X}\right)^2$, équation du type 1. De même, la combinaison qy suggère la transformation $Z = lnz$, puisqu'alors

$p = \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{dz}{dX}\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x}\ et \frac{p}{z} = \frac{\partial z}{\partial x}$, de même que $\frac{q}{z} = \frac{\partial z}{\partial x}$.

Ainsi $\frac{q}{z} = \left(\frac{q}{z}\right)^2$ devient $\frac{\partial z}{\partial y} = \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2$, de type 1.

- **Méthode de CHARPIT**

Considérons l'équation aux dérivées partielles (2.1) : $f(x,y,z,p,q) = 0$.

Puisque z est une fonction de x et y, on a :

$$dz = pdx + qdy \qquad (2.7)$$

Posons $p = u(x,y,z,a)$ où a est une constante arbitraire. Substituons dans (2.1) et résolvons pour obtenir $q = v(x,y,z,a.)$.

Pour ces expressions de p et q, (2.7) devient :

$$dz = udx + vdy \qquad (2.8)$$

Si on peut intégrer (2.8) et que l'on puisse obtenir :

$$g(x,y,z,a,b = 0) \qquad (2.9)$$

alors c'est la solution complète de (2.1)

Exemple 7 : Résoudre $pq + qx = y$

On prend $p = a - x$, on reporte dans $pq + qx = y$ et on résout par rapport $q = \frac{y}{a}$. En reportant dans $dz = pdx + qdy$, on a $dz = (a - z)dx + (\frac{y}{a})dy$, équation intégrale dont la solution $z = ax - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}\frac{y^2}{a} + k$ ou $2az = 2a^2x^2 - ax^2 + y^2 + b$, avec $b = k$

Puisque la réussite de ce procédé dépend du bon choix de l'expression de p, on ne peut le donner comme procédé systématique.

- **Méthode générale**

Elle consiste à trouver une équation

$$F(x,y,z,p,q)=0 \qquad (2.10)$$

telle que le système formé par les équations (2.1) et (2.10) ait pour solution

$p=P(x,y,z)$ et $q=Q(x,y,z)$; c'est-à-dire :

$$\Delta=\begin{vmatrix}\frac{\partial f}{\partial p} & \frac{\partial f}{\partial q}\\ \frac{\partial F}{\partial p} & \frac{\partial F}{\partial q}\end{vmatrix}\neq 0 \qquad (2.11)$$

identiquement et celle que, pour ces expressions de p et q, l'équation aux dérivées partielles (2.8) c'est-à-dire $dz=pdx+qdy=P(x,y,z)dx+Q(x,y,z)dy$ soit intégrable ; c'est-à-dire $P\frac{\partial Q}{\partial z}-Q\frac{\partial P}{\partial z}-\frac{\partial P}{\partial y}+\frac{\partial Q}{\partial x}=\frac{\partial q}{\partial x}-\frac{\partial p}{\partial y}=0$

En dérivant (2.1) et (2.10) partiellement par rapport à x et y, on trouve :

$$\frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}+\frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial x}=0 \qquad (2.12)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}+q\frac{\partial f}{\partial z}+\frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}=0 \qquad (2.13)$$

$$\frac{\partial F}{\partial x}+p\frac{\partial F}{\partial z}+\frac{\partial F}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial F}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}=0 \qquad (2.14)$$

$$\frac{\partial F}{\partial y}+q\frac{\partial F}{\partial z}+\frac{\partial F}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial F}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}=0 \qquad (2.15)$$

En multipliant $(2.12),(2.13),(2.14)\ et\ (2.15)$ respectivement par $\frac{\partial F}{\partial p}$, $\frac{\partial F}{\partial q}$, $-\frac{\partial f}{\partial p}$ et $\frac{\partial f}{\partial q}$ on trouve :

$$\frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial F}{\partial p}+p\frac{\partial f}{\partial z}\frac{\partial F}{\partial p}+\frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial x}\frac{\partial F}{\partial p}+\frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial x}\frac{\partial F}{\partial p}=0 \qquad (2.16)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}\frac{\partial F}{\partial q}+q\frac{\partial f}{\partial z}\frac{\partial F}{\partial q}+\frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}\frac{\partial F}{\partial q}+\frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}\frac{\partial F}{\partial q}=0 \qquad (2.17)$$

$$-\frac{\partial F}{\partial x}\frac{\partial f}{\partial p}-p\frac{\partial F}{\partial z}\frac{\partial f}{\partial p}-\frac{\partial F}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}\frac{\partial f}{\partial p}-\frac{\partial F}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}\frac{\partial f}{\partial p}=0 \qquad (2.18)$$

$$\frac{\partial F}{\partial y}\frac{\partial f}{\partial q}+q\frac{\partial F}{\partial z}\frac{\partial f}{\partial q}+\frac{\partial F}{\partial p}\frac{\partial p}{\partial y}\frac{\partial f}{\partial q}+\frac{\partial F}{\partial q}\frac{\partial q}{\partial y}\frac{\partial f}{\partial q}=0 \qquad (2.19)$$

La somme $(2.16)+(2.17)+(2.18)+(2.19)$ donne :

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}\right)\frac{\partial F}{\partial p}+\left(\frac{\partial f}{\partial y}+q\frac{\partial f}{\partial z}\right)\frac{\partial F}{\partial q}\cdot\frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial F}{\partial y}-\left(p\frac{\partial f}{\partial p}+q\frac{\partial f}{\partial q}\right)\frac{\partial F}{\partial z}=0$$

C'est une équation aux dérivées partielles en F, considérée comme fonction des variables x,y,z,p,q. Le système est :

$$\frac{dp}{\frac{\partial f}{\partial x}+p\frac{\partial f}{\partial z}}=\frac{dq}{\frac{\partial f}{\partial y}+q\frac{\partial f}{\partial z}}=\frac{dx}{-\frac{\partial f}{\partial p}}=\frac{dy}{-\frac{\partial f}{\partial q}}=\frac{dz}{-\left(p\frac{\partial f}{\partial p}+q\frac{\partial f}{\partial q}\right)}\frac{dF}{0} \qquad (2.20)$$

Ainsi, on peut prendre, pour (2.10), toute solution de ce système qui contient p ou q, ou les deux, qui contiennent une constante arbitraire, et pour laquelle (2.11) soit vérifiée.

Exemple 8 : Résoudre $q=-xp+p^2$

Soit $f=p^2-xp-q$

- $\frac{\partial f}{\partial x}=-p,\frac{\partial f}{\partial y}=0,\frac{\partial f}{\partial p}=2p-x,\frac{\partial f}{\partial q}-1$

- $\frac{\partial f}{\partial x} + p\frac{\partial f}{\partial z} = -p, \frac{\partial f}{\partial y} + q\frac{\partial f}{\partial z} = 0, -\frac{\partial f}{\partial p} = -2p + x = 1, -\left(p\frac{\partial f}{\partial p} + q\frac{\partial f}{\partial q}\right) = -2p^2 + xp$ +q

Le système (2.20) est

$$\frac{dp}{-p} = \frac{dz}{0} = \frac{dx}{-2p+x} = \frac{dy}{1} = \frac{dz}{-2p^2 + xp + q}$$

De $\frac{dp}{-p} = \frac{dy}{1}$, on a :

$$\int \frac{dp}{-p} = \int dy$$

$$\Leftrightarrow lnp = -y + lna$$

$$\Leftrightarrow p = ae^{-y}$$

En utilisant l'équation différentielle donnée, $q = -xp + p^2 = -axe^{-y} + a^2\, e^{-2y}$

D'où, $dz = pdx + qdy$ devient :

$$dz = ae^{-y}dy + (-axe^{-y} + a^2\, e^{-2y})dy$$

$$\Leftrightarrow z = \int ae^{-y}dx + \int (-axe^{-y} + a^2\, e^{-2y})dy$$

$$\Leftrightarrow z = axe^{-y} - \frac{1}{2}a^2\, e^{-2y} + C$$

En posant $C = b$, on a :

$$z = axe^{-y} - \frac{1}{2}a^2\, e^{-2y} + b$$

Il n'y a pas de solution singulière.

2.2 SYSTÈMES HYPERBOLIQUES NON LINÉAIRES

On se propose de considérer des systèmes de la forme :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i} F_i(u) = 0 \qquad (2.21)$$

u est un vecteur à n composantes et F_i une fonction régulière de $\mathbb{R}^n$ dans $\mathbb{R}^n$ dont le gradient est une matrice $A_i(u)$.

Le système (2.21) est non linéaire hyperbolique si les A_i sont des fonctions non linéaire de u et si les valeurs propres de la matrice $\sum_{i=1}^{n} F_i(u)\xi_i$ sont toutes réelles pour tout vecteur $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) \in \mathbb{R}^n$.

De tels systèmes se rencontrent dans de nombreux domaines de la physique (Mécanique de fluides, Magnétohydrodynamique, combustion,…). Ils correspondent à des problèmes physiques célèbres, comme le calcul de la traînée et de la portance d'une aile d'un avion ou la propagation d'une onde de choc.

Pour comprendre la difficulté du problème, on peut considérer un modèle « abstrait » qui le décrit la distribution des vitesses d'un fluide monodimensionnel sans force extérieur. Le mouvement des particules est donné par l'équation différentielle ordinaire :

$$\dot{X}(t) = u(x(t), t) \qquad (2.22)$$

La relation fondamentale de la Mécanique conduit à écrire :

$$\begin{aligned} o = \ddot{x} &= \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x}\dot{x}(t) \\ &= \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x}u \\ &= \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{u^2}{2}\right) \end{aligned} \qquad (2.23)$$

L'équation ainsi obtenue est dite de BURGERS.

On déduit de (2.23) que $\frac{du}{dt}(x(t),t)=0$ et donc que u est constante le long des solutions de (2.22) ; ce qui implique ensuite que les courbes définies par (2.22) sont en fait des droites.

Cela permet de construire les solutions de l'équation de BURGERS :

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{u^2}{2}\right)=0 \qquad (2.24)$$

$u(x,0)=\varphi(x)$ pour une donnée initiale régulière φ et pendant un temps petit, en inversant l'équation $t\varphi(\xi_x)+\xi_x$, avec $u(x,t)=\varphi(\xi,x)$.

Un tel procédé n'est possible que tant que l'équation (2.24) cesse d'être résoluble. Or, l'équation (2.24) d'être résoluble dès que les deux droites caractéristiques se rencontrent, ce qui correspond à un choc entre les molécules de fluides et empêche que la solution reste continue.

Donc on est conduit à chercher une solution discontinue de (2.23) après le choc ; c'est-à-dire une fonction u-mesurale et bornée qui vérifie (2.24) au sens des distributions.

En particulier, si elle est discontinue le long d'une courbe $x=S(t)$, dite courbe de choc, elle devra vérifier la relation de saut :

$S'(-t)=\frac{1}{2}(u^+ + u^-)$, où u^+et u^- désignent les vitesses du fluide avant et après choc. Une telle relation, qui est contenue dans la formulation (2.24), au sens de distribution est dite relation de RANKINE-HUGONIOT.

En fait, un choc correspond à une perte d'information et, sur des exemples simples, on voit que la relation (2.24) ne suffit pas à assurer l'unicité de la solution.

Il convient d'ajouter une condition supplémentaire qui signifie que les caractéristiques restent dans le choc.

Une telle condition est dite condition d'entropie et celle est, dans cet exemple, équivalente à la condition $u^+ < u^-$ qui signifie que, dans un choc, la vitesse diminue.

On est donc conduit à résoudre l'équation (2.24) dans le cadre des fonctions qui admettent des discontinuités et qui vérifient de plus la relation d'entropie.

La vérification de cette relation d'entropie introduit une difficulté car elle fait intervenir les courbes de choc, qui sont elles-mêmes des inconnues du problème. Pour simplifier, on introduit une fonction $\eta(u)$, strictement convexe, quelconque et on note $g(u)$ la primitive de la fonction $\eta'(u)\cdot u$.

On remarque que là où u est une solution régulière, elle vérifie la relation :

$$\frac{\partial}{\partial t}\eta(u)+\frac{\partial}{\partial x}g(u)=0 \qquad (2.25)$$

Cela cesse d'être vrai là où il y a des discontinuités, car la condition de sauf pour le premier membre de (2.25) est en général différente de la relation de RANKINE-HUGONIOT.

Ainsi, $\frac{\partial}{\partial t}\eta(u)+\frac{\partial}{\partial x}g(u)$ est une distribution dont le support est porté par l'ensemble des point singuliers de u. Il est facile de voir que la relation $u^+ > u^-$ est équivalente au fait que cette distribution est négative.

Une solution faible entropique est donc une fonction qui vérifie au sens des distributions les équations et inéquations :

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{u^2}{2}\right)=0, \frac{\partial \eta}{\partial t}(u)+\frac{\partial g}{\partial x}(u)\leq 0 \qquad (2.26)$$

Dans le cas scalaire, on généralise ces notions à un système de η variables et on trouve (2.21) ; c'est-à-dire,

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}F_i(u)=0.$$

A toute fonction $\eta(u)$, on associe alors une fonction $G(u)$ définie par :

$$G(u)=(g_1,g_2,\dots,g_n); {g'}_i(u)=\eta'(u)F'(u) \qquad (2.27)$$

et on démontre qu'il existe une unique fonction u, solution au sens des distributions dans $\mathbb{R}_x^n \times [0,\infty]$ du problème :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} + \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i} F_i(u) = 0 \\ \dfrac{\partial \eta}{\partial t}(u) + \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i} g_i(u) \leq 0 \\ u(x,0) = \varphi(x) \end{cases} \tag{2.28}$$

Un des outils importants ici est l'utilisation des espaces de fonctions à variable bornée qui, en gros, sont des espaces de fonction dont les dérivées, au sens des distributions, sont des mesures. Ces espaces sont assez vastes pour contenir des fonctions discontinues à des théorèmes de convergence adaptés aux problèmes non linéaires.

Par exemple la suite de fonctions $U_n(x)\sin(nx)$ n'est pas uniformément à variable bornée. Une idée de base pour la construction de la solution est d'introduire l'équation perturbée :

$$\frac{\partial u_\varepsilon}{\partial t} + \sum \frac{\partial}{\partial x_i} F_i(u) = \xi u_\varepsilon, \tag{2.29}$$

$u(x,0) = \varphi(x)$.

C'est une équation paramétrique non linéaire dont la résolution beaucoup plus facile car la présence du laplacien empêche la formation de chocs.

Lorsque ε tend vers zéro, u_ε convergent vers une solution de (2.21). De plus, si on multiplie par $\eta'(u_\varepsilon)$, on obtient :

$$\frac{\partial}{\partial t}\eta(u_\varepsilon) + \sum_{i=1}^{n} g_i\,(u_\varepsilon) = \varepsilon\Delta\eta(u_\varepsilon) - \varepsilon\eta''(u_\varepsilon)|\nabla u_\varepsilon|^2 \tag{2.30}$$

Comme $\eta''(u_\varepsilon)$ est positif, on déduit la relation :

$$\frac{\partial}{\partial t}\eta(u_\varepsilon) + \sum \frac{\partial}{\partial x_i} g_i\,(u_\varepsilon) \leq \varepsilon\Delta\eta(u_\varepsilon).$$

Par suite u_ε est donc borné. Donc, $\varepsilon\Delta\eta(u_\varepsilon) = \Delta(\varepsilon\eta(u_\varepsilon))$ converge vers zéro au sens des distributions. On obtient ainsi l'inégalité d'entropie.

Dans la plupart des problèmes physiques, u n'est pas un scalaire mais un vecteur. On obtient donc l'équation de la forme (2.21) c'est-à-dire

$$\frac{\partial u_\varepsilon}{\partial t} + \sum \frac{\partial}{\partial x_i} F_i(u) = 0$$

Or, comme dans le cas scalaire, ces systèmes génèrent des ondes de chocs.

Donc il est indispensable de chercher des solutions faibles.

On est amené à généraliser la relation de saut et la condition d'entropie. Pour l'entropie, une condition supplémentaire apparait car $\eta(u)$ est maintenant u e fonction de m variables réelles. On peut multiplier, à gauche l'équation (2.21) trouvée par le vecteur $\nabla\eta(u)$, mais il n'existe pas en général de fonctions $g_i(u)$ de m variable qui vérifie la relation

$$\begin{aligned} \nabla g_i(u) &= \nabla\eta(u)\nabla F_i(u) \\ &= (K_1(u), K_2(u), \dots, K_m(u)), \end{aligned} \tag{2.31}$$

car le vecteur figurant à droite de (2.31) n'est en général pas un vecteur gradient, il faut que l'on ait les relations

$$\frac{\partial K_i(u)}{\partial u_j} = \frac{\partial k_j(u)}{\partial u_i}$$

Un calcul simple montre que ces relations sont équivalentes à la relation matricielle

$$\nabla^2\eta(u)\nabla F_i(u) = \left(\nabla F_i F_i(u)^* \nabla^2\eta(u)\right) \tag{2.32}$$

où ce qui revient au même, à la symétrie des matrices $\nabla^2\eta(u)\nabla A_i(u)$. Il se trouve que la plupart des systèmes hyperboliques possèdent une fonction $\eta(u)$ qui vérifie les propriétés de commutation (2.32). Cette fonction coïncide, à un éventuel changement de signe près, avec la fonction d'entropie introduite en thermodynamique.

Ce fait justifie apriori le nom de fonctions d'entropie pour $\eta(u)$ et de flux d'entropie pour $g(u) = g\big(g_1(u), g_2(u), \dots, g_n(u)\big)$. Cette notion a deux conséquences importantes.

D'une part, elle conduit à caractériser les solutions des systèmes pour les équations et inéquations

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} + \sum \dfrac{\partial}{\partial x_i} F_i(u) = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial t}\eta(u) + \sum \dfrac{\partial}{\partial x_i} g_i\,(u) \le 0 \end{cases} \qquad (2.33)$$

satisfaite au sens des distributions ; d'autre part, dans la phase de régularité, avec le données initiales régulières, le système (2.21) est équivalent à :

$$\nabla^2\,\eta(u)\frac{\partial u}{\partial t} + \sum_{i=1}^{n} \nabla^2\eta(u)F'_i(u)\frac{\partial u}{\partial x_i} = 0 \qquad (2.34)$$

qui constituent un système symétrique hyperbolique. Ces considérations justifient l'importance pratique des systèmes symétriques, dont les applications s'étendent bien au-delà des équations de MAXWELL et de DURAC.

Bien que les systèmes hyperboliques non linéaires aient suscité depuis long temps l'intérêt des mathématiciens (par exemple, en 1930, COURANT et FRIEDRICHS étudiaient les problèmes hyperboliques posés par le vol supersonique), on ne dispose pas de théorèmes permettant de prouver, dans un cadre assez général, l'existence et l'unicité de la solution d'un tel système. Pour u vecteur, le seul théorème actuellement disponible est relatif à une seule variable d'espace. Une démonstration a été donnée par GLIMM en 1966 sous des hypothèses assez générales. A part un traitement particulier du problème d'élasticité non linéaire, dû à DI PERNA, elle a été améliorée depuis.

Le modèle monodimensionnel est cependant très étudié car il correspond, par exemple, à la propagation d'une onde de choc dans un piston de moteur à explosion.

Il permet aussi de considérer des problèmes possédant une symétrie sphérique, comme le problème de l'explosion de la poudre autour des masses critiques d'une bombe atomique.

3 EQUATION DE KORTEWEG ET DE VRIES

3.1 DÉFINITION

C'est une équation aux dérivées partielles non linéaires et dispersive pour une fonction ∅ de deux variables réelles *x* et *t* :

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial^3}{\partial x^3} + 6\phi\ \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0,$$

Admettant des solutions « ondes solitaires» de la forme

$$\phi(\mathrm{x},\mathrm{t}) = -\frac{\mathrm{C}}{2}\left[\mathrm{Ch}^2\,\frac{\sqrt{2}}{2}(\mathrm{x}-\mathrm{Ct})\right]^{-1}$$

$$= \frac{-C}{2\left[\mathrm{Ch}^2\frac{\sqrt{2}}{2}(\mathrm{x}-\mathrm{Ct})\right]}$$

avec C>0 et qui sont des ondes qui se propagent avec une vitesse C sans déformer .Cette situation est fondamentalement différente de celle qui peut se produire dans un modèle linéaire.

3.2 APPLICATIONS

Une vague scélérate est une vague océanique très haute, modélisable comme solution particulière d'équations non linéaires, telles que l'équation de l'onde de BOUSSINESQ ou l'équation de KORTEWEG et DE VRIES.

3.3 VARIANTES

Il existe de nombreuses variantes d'équation d'onde de KORTEWEG et de VRIES. EN particulier, on peut lister les équations suivantes :

1. Equation de KORTEWEG-DE VRIES(KdV)

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}+6\phi\frac{\partial \phi}{\partial x}=0$$

2. Equation de KOREWEG-DE VRIES cylindrique

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}-6\phi\ \frac{\partial \phi}{\partial x}+\frac{\phi}{2t}=0$$

3. Equation de KORTEWEG-DE VRIES déformée

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial^3}{\partial x^2}-2\eta\phi^3-\frac{3\phi\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2}{2(\eta+u^2)}\right)=0$$

4. Equation de KORTEWEG-DE VRIES généralisée première forme

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}=\frac{\partial^5 \phi}{\partial x^5}$$

5. Equation de KORTEWEG-DE VRIES généralisée deuxième forme

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}+\frac{\partial}{\partial x}f(u)=0$$

6. Equation de KORTEWEG-DE VRIES du 7^{e} ordre de Lax

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left\{35\phi^5+70\left[\phi^2\frac{\partial^2}{\partial x^2}+u\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2\right]+7\left[2\phi\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4}+3\left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}\right)^2+4\frac{\partial}{\partial x}\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}\right]+\frac{\partial^6 \phi}{\partial x^6}\right\}=0$$

7. Equation de KORTEWEG-DE VRIES modifiée, première forme

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}\pm 6\phi^2\ \frac{\partial u}{\partial x}=0$$

8. Equation de KORTEWEG-DE VRIES modifiée, deuxième forme

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}-\frac{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^3}{8}+\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)\left(Ae^{a\phi}+B+Ce^{-a\phi}\right)=0$$

9. Equation de KORTEWEG-DE VRIES sphérique

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}-6\Phi\frac{\partial \phi}{\partial x}+\frac{\phi}{t}=0$$

10. Super équation de KORTEWEG-DE VRIES

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}=6\ \Phi\frac{\partial \phi}{\partial x}-\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}+3\phi\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} \qquad (i)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t}=3\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)\varphi+6\phi\frac{\partial \varphi}{\partial x}-4\frac{\partial^3 \varphi}{\partial x^3} \qquad (ii)$$

11. Equation de KORTEWEG-DE VRIES de transition

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}+\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}-6f(t)\ \Phi\frac{\partial \phi}{\partial x}=0$$

12. Equation de KORTEWEG-DE VRIES à coefficients variables

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \beta t^n \frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3} + \alpha t^n \phi \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0$$

13. Equation de KORTEWEG-DE VRIES-BURGERS

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \lambda \frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3} + 2\phi \frac{\partial \phi}{\partial x} - \alpha \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = 0$$

4 LES EQUATIONS DE REACTION-DIFFUSION

Cette partie sera consacrée aux équations de réaction-diffusion pour lesquelles le comportement asymptotique est le problème essentiel. On aura en général, un nombre fini d'ondes solitaires. Mais, le rapport de parenté avec les équations différentielles ordinaires est bien plus important et on peut obtenir, dans certains cas, des démonstrations complètes :on s'appuie en particulier sur la théorie des systèmes dynamiques.

Les équations (ou systèmes) de réaction-diffusion s'écrivent sous la forme :

$$\frac{\partial \boldsymbol{\phi}}{\partial t} = \boldsymbol{\mathcal{D}}(\boldsymbol{\phi})\Delta\boldsymbol{\phi} + \boldsymbol{F}(\boldsymbol{\phi}) \qquad (\mathbf{2.35})$$

où $\phi(x,t)$ est une fonction vectorielle à valeurs dans $\mathbb{R}^n$ définie par la variable x parcourant un ouvert Ω de $\mathbb{R}^n$. Lorsque Ω est différent de $\mathbb{R}^n$, on suppose que $\phi(x,t)$ vérifie sur le bord des conditions aux limites classiques.

Dans cette équation, F est une fonction non linéaire régulière définie dans $\mathbb{R}^n$ et à valeurs dans $\mathbb{R}^n$; Δ désigne le laplacien usuel et $\boldsymbol{\mathcal{D}}_\phi$ est une matrice symétrique positive ou définie positive d'ordre 2. Lorsque $\boldsymbol{\mathcal{D}}$ est définie positive, le problème non linéaire est parabolique dégénéré. Dans tous les cas, des méthodes de perturbation permettent de prouver que, pour toute donnée $\phi_0(x)$ définie à l'instant$t = 0$, il existe au moins pour tout t petit et positif, une solution du système (2.35) qui vérifie :

$$\phi(x,0) = \phi_0(x)$$

Ces équations interviennent dans la description de phénomènes non linéaires dans lesquels la dépendance en espace introduit une évolution du type brownien. La dynamique des populations peut être modélisée par des équations de réaction-diffusion(en biologie mathématique). On les rencontre aussi dans la modélisation des réactions chimiques et, en particulier, dans les phénomènes de combustion, lorsque la vitesse de propagation de la flamme est assez lente par rapport à la cinétique chimique, contrairement au régime de détonation qui, lui, relève des systèmes hyperboliques.

Les théorèmes d'existence globale et certains résultats asymptotiques, reposent sur la notion de région invariante que l'on va décrire sur un exemple simple.

Supposons, pour simplifier, que $\Omega = \mathbb{R}$. on considère des solutions $\phi(x,t)$ qui tendent vers des limites finies ϕ^+et ϕ^- lorsque x tend vers plus ou moins l'infini.

On dira qu'une région Q de $\mathbb{R}^n$ (contenant ϕ^+et ϕ^-) est invariante si l'appartenance de ϕ_0 à Q pour tout x réel entraine pour $t > 0$(éventuellement petit), la relation $\phi(x,t) \in Q$.

La notion de région invariante, conduit à étudier, pour t fixé, le comportement des courbes $x \to \phi(x,t)$ dans $\mathbb{R}^n$.

C'est la généralisation aux équations aux dérivées partielles de l'analyse faite, pour les équations différentielles ordinaires, à l'aide du plan des phases. On a par exemple le théorème suivant :

THÉORÈME

Supposons que (ϕ) est une matrice diagonale. Alors tout cube $Q = \prod_{i=1}^{n}]a_i, b_i[\ ;\ a_i < b_i$ de $\mathbb{R}^n$ à faces parallèles aux hyperplans de coordonnées telles que, sur chaque face, le champ F soit rentrant, est une région invariante.

PREUVE

En effet, si la courbe $\phi(x,t)$ venait de sortir de Q, alors, il y aurait une valeur limite (x^*, t^*) pour laquelle $\phi(x,t)$ atteindrait la frontière de Q, par exemple sur la face $x_i = b_i$. Cela entrainerait sur $Q_i(x^*, t^*)$.

On écrit alors la i-éme composante de l'équation (2.35) pour obtenir :

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial t} - \boldsymbol{\mathcal{D}_i(\phi)} \frac{\boldsymbol{\partial^2 \phi_i}}{\boldsymbol{\partial x^2}} - \boldsymbol{F_i(\phi)} = \mathbf{0} \qquad (\mathbf{2.36})$$

Comme (x^*, t^*) est un maximum de ϕ_i pour $x^* \in \mathbb{R}$ et $0 < t < t^*$, on a $\frac{\partial \phi_i}{\partial t}(x^*, t^*) > 0$ et $\frac{\partial^2 \phi_i}{\partial x^2}(x^*, t^*) < 0$. Comme F rentre dans Q et $\phi_i(x^*, t^*) = b_i$, on a $F_i(\phi) < 0$.

Ainsi, le premier terme de (2.36) est une somme des termes positifs dont un au moins strictement rentrant, ce qui conduit à une contradiction. De plus, une analyse plus précise permet de montrer que $Q = \prod_{i=1}^{n}]a_i, b_i[$ est une région invariante même si **F**, au lieu d'être strictement rentrant, est rentrant ou tangent.

L'existence d'une région invariante compacte permet d'obtenir, pour la solution (2.35), une majoration uniforme dans $L^\infty(\Omega)$.

On en déduit que, pour $t < T, \frac{d\phi}{dt} - \Delta\phi$ est uniformément bornée dans $L^\infty(\Omega)$ et, donc, d'après les propriétés des problèmes paraboliques, très régulière. Il en résulte ensuite que la solution est définie et régulière, non seulement pour t petit, mais pour $t > 0$. On se propose dans ce qui suit de décrire trois exemples significatifs.

EXEMPLE1

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} - \phi(\alpha - \phi)(1 - \phi), 0 < \alpha < 1$$

L'expression explicite $f(\phi) = -\phi(\alpha - \phi)(1 - \phi)$ n'est donnée que pour simplifier les calculs.

En fait, comme on peut facilement le constater, seules interviennent les propriétés géométriques globales de f.

Il convient de comparer l'équation de l'exemple (2.35) à l'équation différentielle ordinaire :

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = f(\phi) = -\phi(\alpha - \phi)(1 - \phi) \qquad (2.37)$$

On remarque que 0, α et 1 sont des points stationnaires pour l'équation (2.37) ; que 0 et 1 sont des points stables 1. Cette équation a été introduite par FISCHER en 1973 et utilisée pour décrire des problèmes de génétique des populations ou de propagation de flamme.

Il est naturel de chercher à décrire l'existence de fronts et leur stabilité ; ce qui conduit à chercher des solutions de la forme $\phi(x, t) = \phi(x - Ct)$. Reportant l'exemple 1, on obtient l'équation différentielle ordinaire :

$$-C\phi' = \phi'' - \phi(\alpha - \phi)(1 - \emptyset) \qquad (2.38)$$

En introduisant la valeur $\psi = \phi'$ on obtient le système :

$$\begin{cases} \phi' = \psi \\ \psi' = -C\psi + \phi(\alpha - \phi)(1 - \phi) = -C\psi - F(\phi) \end{cases} \qquad (2.39)$$

Un front ou onde solitaire est alors une solution de (2.39) qui vérifie les relations

$$\lim_{\xi \to +\infty} \phi(\xi) = 1, \lim_{\xi \to -\infty} \phi(\xi) = 0, \lim_{|\xi| \to \infty} \psi(\xi) = 0, \qquad (2.40)$$

On supposera désormais que la fonction $F(\phi)$ vérifie la relation

$$\int_0^1 F(\phi) d\phi > 0 \qquad (241)$$

et on obtient le point M par la relation

$$\alpha < M < 1, \int_0^1 F(\phi) d\phi = 0 \qquad (2.42)$$

Le point (0, 0) est un point hyperbolique pour le système (2.39) et il a donc une solution de (2.39) vérifiant :

$$\lim_{\xi \to -\infty} (\phi(\xi), \psi(\xi)) = 0,$$

tangente à la direction hyperbolique répulsive.

Lorsque ξ augmente, ψ augmente jusqu'à ce que $(\phi(\xi), \psi(\xi))$ rencontre la courbe $C\psi = -F(\phi)$.

Puis ψ diminue o obtient alors deux possibilité : soit $(\phi(\xi), \psi(\xi))$ recoupe l'intervalle $[0,1]$ en un point $M_c > M$, soit $(\phi(\xi), \psi(\xi))$ recoupe la courbe $C\psi = -F(\phi)$ en un point $\phi > 1$. Ces deux circonstance dépendent du choix de C. La première se produit pour C petit et pour C grand.

On montre alors que le point M_c est une fonction croissante de C et qu'il existe donc une unique valeur $C^* > 0$, telle que $M_{C^*} = 1$.Elle correspond au front, orbite de (2.39),connectant les points hyperboliques (0,0) et (1,0).

De plus, il est clair que $\phi(x - C^*t)$ est une onde solitaire, il en est de même de toute solution translatée. On peut alors montrer en utilisant des théorèmes de comparaison pour des équations paraboliques non linéaires, le résultat de stabilité suivant, dû à FIFE et MAC LEUD.

Supposons que la donnée initiale $\phi_0(x)$ est majorée et minorée par deux ondes solitaires translatées.

Plus précisément, il existe A et B positifs, éventuellement grands, tels que l'on ait :

$$\phi(x - A) < \phi_0(x) < \phi(x + B)\ \forall x \in \mathbb{R}.$$

Alors il existe un nombre D tel que $\phi(x,t)$, solution de (2.39), converge vers $\phi(x - C^*t - D)$.

La situation décrite dans le type de problème est donc radicalement différente de celle que l'on rencontre pour les équations de KORTEWEG-DE VRIES. Il n'y a qu'une onde solitaire (à une translation près) et sa vitesse est caractéristique du problème. On a pu démontrer son existence et sa stabilité en utilisant les techniques des équations différentielles ordinaires et la monotonie.

L'exemple 1est particulièrement simple car il est scalaire. Cela correspond à des situations très simples dans lesquelles une seule quantité(ou le rapport de deux quantités) interviennent. Dans le cas des systèmes, la situation est bien plus complexe.

EXEMPLE 2 : LE SYSTÈME DE FITZUGH ET NAGUMO

Dans leurs travaux sur la propagation de l'influx nerveux, HODGKIN et HUXLEY observèrent les phénomènes suivants :

- Il existe un seuil d'excitation : toute excitation inférieure à ce seuil ne produit pas de phénomène visible ;
- Au-dessus du seuil d'excitation, on obtient un signal qui a une forme constante et se propage à la vitesse constante.

HODGKIN et HUXLEY ont conjoncture que ce comportement était dû à la diffusion et l'interaction non linéaire entre un potentiel électrique et les réactions entre eux de plusieurs ions et, donc, que ce mécanisme était contrôlé par un système d'équation de réaction-diffusion.

Le travail mathématique a consisté alors à montrer que les solutions du système d'HODGKIN-HUXLEY avaient un comportement conforme à l'expérience (existence de seuil et apparition d'ondes solitaires stables).Sans en démontrer la validité, cela rend plausibles les équations HODGKIN-HUXLEY .ces propriétés ont été démontrées par C.CONLEY et plusieurs de ces élèves en utilisant une généralisation, en dimension infinie, des théorèmes de perturbation et de l'indice de MORSE utilisé dans la théorie des équations différentielles ordinaires. Il n'est bien sûr pas possible de décrire ici ces travaux, mais on peut donner certaines idées en remplaçant le système de HODGKIN-HUXLEY par le système plus simple, ayant les propriétés asymptotiques équivalentes, dû à FITZUGH et NAGOMO.

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + f(\psi) - \phi \qquad (2.43)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \varepsilon(\sigma\psi - \lambda\phi) \qquad (2.44)$$

Comme dans l'exemple précédent $f(\psi)$ a le comportement qualificatif de la cubique

$$f(\psi) = -\psi(\psi - a)(\psi - b); 0 < a < b.$$

Les nombres σ, λ et ε sont des constantes positives et la droite $\sigma\psi - \lambda\phi = 0$ rencontre la courbe $\phi = f(\psi)$ uniquement au point 0.

On observe en premier lieu l'existence de deux familles de régions invariantes, celles qui sont limitées par des grands rectangles **R** et celles qui sont limitées par des petits rectangles **r** .

EXEMPLE 3 : LA RÉACTION DE BIELOUZON-ZABOTINSKI

En 1959, BIELOUZON a découvert, dans l'oxydation l'acine malonique par le bromate de potassium, en présence d'ions sérum, des mécanismes de structuration spatiotemporels autoentretenus qui se présentent comme une superposition d'ondes solitaires radicales.

L'analyse des mécanismes de réaction conduit à écrire un système à trois inconnues principales :

$X \equiv BrO_2$,$Y = Br^-$ et Z forme oxydée de l'ion cérum. On a alors le système :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial X}{\partial t} = D\dfrac{\partial^2 X}{\partial x^2} + \alpha(Y - XY + X - \beta X^2) \\ \dfrac{\partial Y}{\partial t} = \dfrac{1}{\alpha}(\lambda Z - Y - XY) \\ \dfrac{\partial Z}{\partial t} = \delta(X - Z) \end{cases} \qquad (2.45)$$

où $D, \alpha, \beta, \lambda, \delta$ désignent les constantes positives. Comme X, Y, Z désignent des concentrations de produits chimiques, il est naturel de décider qu'on se limite aux solutions du système (2.45) positives et bornées.

En fait, on montre facilement que si a, b, c vérifient les inégalités :

$$a > max\left(1, \frac{1}{\beta}\right), c > a, b > \lambda c,$$

la région

$$R = \{0 < X \leq a, 0 < Y \leq b, 0 < Z \leq c\}$$

est invariante pour le système (2.45).

le système différentiel ordinaire associe à (2.45) obtient en supprimant la viscosité, a deux point stationnaires (0, 0, 0) et $\left(X_0, \frac{\lambda X_0}{1+X_0}, X_0\right)$ où X_0 est la solution positive d'une équation du second degré.

Lorsque β est petit, ce point est instable, et on peut prouver l'existence de solution homogène en espace et périodiques en temps, par contre pour β grand, le point stationnaire est stable et il n'y a pas de solution homogène périodique en temps. On écrit alors le système différentiel correspondant qui a une solution onde stationnaire.

Introduisant comme dans les exemples précédents la nouvelle variable $N = \frac{dX}{d\varepsilon}$ et $\varepsilon = x - Ct$, on obtient un nouveau système différentiel qui possède bien la nouvelle solution stationnaire $\left(X_0, \frac{\lambda X_0}{1+X_0}, 0\right)$; par contre, ce point est instable et on peut prouver qu'il existe dans son voisinage une solution périodique, donc une onde solitaire périodique, qui, elle sera stable pour le système d'évolution. On a ainsi montré que, pour β assez grand, on observe un phénomène en espace-temps.

5 LES EQUATIONS DE NAVIER-STOKES

La résolution des équations de NAVIER-STOKES constitue l'un des problèmes du prix du millénaire. Le défi consiste à faire progresser les théories mathématiques liées aux équations de NAVIER-STOKES dans le but d'expliquer des phénomènes tels que le mouvement des vagues produit par un tableau en déplacement.

En Mécanique des fluides, des équations de NAVIER-STOKES sont des équations aux dérivées partielles non linéaires qui décrivent le mouvement des fluides newtoniens (visqueux) dans l'approximation des milieux continus. Elles modélisent par exemple le mouvement de l'air de l'atmosphère, les courants océaniques, l'écoulement de l'eau dans un tuyau et de nombreux autres phénomènes d'écoulement de fluides. Elles sont nommées d'après deux physiciens de XIX^e siècle : CLAUDE NAVIER et GEORGES STOKES.

Pour un gaz peu dense, il est possible de dériver ces équations à partir de l'équation de BOLTZMANN.

5.1 LOI DE CONSERVATION

Il existe bien des formes d'équations de NAVIER-STOKES. Nous n'en présentons que certaines. Ces formes dépendent aussi des notations utilisées. Ainsi, il existe plusieurs façons équivalentes d'exprimer les équations de conservation en termes d'opérateurs différentiels.

La formulation différentielle de ces équations en coordonnées cartésiennes est :

- Equation de continuité (ou équation de bilan de masse)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \vec{v}) = 0$$

- Equation de bilan d'énergie

$$\frac{\partial \rho e}{\partial t} + div[(\rho e + p)\vec{v}] = div\left(\bar{\bar{T}} \cdot \vec{V}\right) + \rho \vec{f} \cdot \vec{v} - div(\vec{q}) + r$$

- Equation de bilan de la quantité de mouvement

$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + div(\rho \vec{v} \oplus \vec{v}) = -gr\vec{a}d(p) + div\left(\bar{\bar{T}}\right) + \rho \vec{f}$$

Dans ces équations :

- t représente le temps (Unité SI : s)
- ρ désigne la masse volumique du fluide (Unité SI : $\mathrm{kgm^{-3}}$)
- $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$ désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide (Unité SI : $\mathrm{ms^{-1}}$)
- p désigne la pression (Unité SI : Pa)
- $\bar{\bar{T}} = \left(T_{i,j}\right)_{i,j}$ est le tenseur des contraintes visqueuses (Unité SI : Pa)
- $\vec{f}$ désigne la résultante des forces massiques s'exerçant dans le fluide (Unité SI : $\mathrm{Nkg^{-1}}$)
- e est l'énergie totale par unité de masse (Unité SI : $\mathrm{Jkg^{-1}}$)
- $\vec{q}$ est le flux de chaleur perdu par conduction thermique (Unité SI : $\mathrm{Jm^{-1}s^{-1}}$)
- r représente la perte de chaleur volumique due au rayonnement (Unité SI : $\mathrm{Jm^{-3}s^{-1}}$)
- $div =$ divergence
- $gr\vec{a}d =$ gradient

REMARQUES

- L'énergie totale peut se décomposer en énergie interne u et en énergie cinétique selon

$$e = u + \frac{1}{2}\vec{v} \cdot \vec{v} = u + v^2$$

- Coordonnées cartésiennes

$$\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2}, \frac{\partial}{\partial x_3}\right)$$

est un opérateur de dérivation spatiale du premier ordre. Les opérateurs gradient, divergence et laplacien peuvent s'écrire à l'aide de cet opérateur :

- $div\vec{a} = \vec{\nabla}\vec{a}$
- $gr\vec{a}dA = \vec{\nabla}\vec{a}$
- $\Delta A = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}A)\nabla^2 A$

5.2 LOI DE COMPORTEMENT DE FLUIDE NEWTONIEN, HYPOTHESE DE STOKES

En première approximation, pour de nombreux fluides usuels comme l'eau et l'air, le tenseur des contraintes visqueuses est proportionnel à la partie symétrique du tenseur de taux de déformation (hypothèse du fluide newtonien) et le flux de chaleur est proportionnel au gradient de la température (loi de FOURIER) ; c'est-à-dire,

$$\bar{\bar{T}} = \mu\left[\left(\vec{\nabla} \oplus \vec{v}\right) + \overline{(\vec{\nabla} \oplus \vec{v})t}\right] + \eta(\vec{\nabla}\vec{v})\overline{\mathrm{T}}$$

$$\vec{q} = -\lambda\vec{\nabla}T$$

avec:

- μ la viscosité dynamique (Unité SI : Poiseille « Po » avec 1Po=0,1 Pa.s)
- $\bar{\bar{T}}$ le tenseur (Unité SI : Pa)
- λ la conductivité thermique du fluide (Unité SI : $\mathrm{Wk^{-1}m^{-1}}$)
- T la température (Unité SI : K)

Tous les fluides pour lesquels cette hypothèse est vérifiée sont appelées fluides newtoniens. On lui adjoint généralement l'hypothèse de STOKES : $3\eta + 2\mu = 0$

Cette hypothèse se révèle totalement fausse mais elle est couramment utilisée dans l'Aérodynamique.

EXPRESSION POUR LES ÉCOULEMENTS DE FLUIDES INCOMPRESSIBLES

Pour u fluide visqueux newtonien et lorsque l'écoulement est incompressible, l'équation de l'énergie est découplée des équations de continuité et de quantité de mouvement, c'est-à-dire qu'on peut déterminer l vitesse et la pression indépendamment de l'équation de l'énergie.

L'expression des équations de continuité et de quantité de mouvement sont considérablement simplifiées. Ainsi, on obtient l' :

- Equation de continuité appelée équation d'incompressibilité :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{v} = 0$$

- Equation de bilan de quantité de mouvement :

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \left(\vec{v} \cdot \vec{\nabla}\right)\vec{v} = \frac{1}{\rho}\vec{\nabla}p + v\nabla^2\vec{v} + \vec{f}$$

avec,

- $v = \frac{\mu}{\rho}$ désignant la viscosité cinématique du fluide (Unité SI : $\mathrm{m^2s^{-1}}$)
- $\left(\vec{v}\vec{\nabla}\right)\vec{v}$ le terme de convection que l'on peut décomposer en coordonnées cartésiennes :

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0;$$

- $\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + v\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2}\right) + gx$
- $\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x\frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + v\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2}\right) + gy$
- $\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y\frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z\frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + v\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2}\right) + gz$

5.3 INTERPRÉTATION

L'équation de conservation de la quantité de mouvement se déduit de la relation fondamentale de la dynamique (aussi appelée seconde loi de newton) : $m\vec{a} = \sum F$ en l'appliquant dans le contexte des milieux continus. Le membre de droite fait apparaître deux types de forces :

- Les forces intérieures (ou contraintes) :
    - Liées à la pression : existent même lorsque le fluide n'est pas en mouvement (on parle de la contrainte hydrostatique).
    - Liées à la viscosité : traduisent la résistance du fluide à la déformation. Le terme contenant la viscosité de volume η disparaît si le fluide est incompressible ; les déformations se font alors à volume constant (on parle de fluide isovolumique).
- Les forces extérieures :
    - Les efforts volumiques : peuvent être des forces de gravité ($\vec{f} = \vec{g}$) ou électromagnétique $\vec{f} = \frac{q}{p}(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$ par exemple ;
    - Les efforts surfaciques : correspondent, la plupart de temps, aux conditions aux limites imposées par un obstacle ou une paroi solide. Le membre de gauche exprime l'accélération du fluide. Pour comprendre d'où provient cette expression, il est utile de rappeler que deux points de vue peuvent être adoptés pour décrire le mouvement dans un milieu continu.

- La description lagrangienne suit chaque particule le long de sa trajectoire : la valeur d'une variable (température, pression, vitesse,…) dépend de l'instant t et de particule considérée (identifiée par sa position $\vec{\varepsilon}$ à l'instant t_0 de référence).
- La description eulérienne est associée un repère indépendant du mouvement du fluide, généralement fixé : la valeur des variables fluides, dépend alors du temps t et de la pression d'observation $\vec{x}$.

5.4 ORIGINE DU TERME D'ADVECTION

Le terme d'advection caractéristique des équations de NAVIER-STOKES a une origine mathématique simple inhérente entre une différentielle totale exacte et les dérivées partielles.

En effet, pour une particule fluide, l'accélération est donnée par :

$$\frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} = \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \sum \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt}$$

avec : ρ la densité du fluide, $\vec{v}$ le vecteur vitesse et $\{x\}$ les coordonnées spatiales considérées.

- En coordonnées cartésienne, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial y}\frac{dy}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial z}\frac{dz}{dt} \\ &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} + v_x \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial z} \end{aligned}$$

- En coordonnées cylindriques, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial r}\frac{dr}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \theta}\frac{d\theta}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial z}\frac{dz}{dt} \\ &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} + v_r \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r}\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial z} \end{aligned}$$

- En coordonnées sphériques :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial r}\frac{dr}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \theta}\frac{d\theta}{dt} + \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \phi}\frac{d\phi}{dt} \\ &= \frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} + v_r \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial r} + \frac{v_\theta}{v sin\theta}\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \theta} + \frac{v_\phi}{v}\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial \phi} \end{aligned}$$

Quelles que soient les coordonnées, on retrouve donc le terme d'advection :

$$\frac{\partial \rho \vec{v}}{dt} = \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla})\rho \vec{v} = \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \oplus \vec{v})$$

Comme souvent, la formulation de l'accélération sous forme des dérivées partielles permet une recherche plus facile de solution à des problèmes particuliers, l'intégration des dérivées partielle étant généralement facilitée en comparaison des équations comportant des différentielles exactes. Ici, cette démarche conduit à l'apparition du terme d'advection qui rend compte du transport de matière, découplé de la variation intrinsèque de la vitesse due à des forces externes aux fluides.

Dans le cas d'un fluide incompressible, ce terme d'advection peut se décomposer

$$(g\vec{r}ad\vec{v}) = (r\vec{o}t\vec{v}) \Lambda \vec{v} + g\vec{r}ad\left(\frac{v^2}{2}\right)$$

On peut alors définir le pseudovecteur verticité :

$$\vec{\omega} = r\vec{o}t\vec{v}$$

On peut aussi définir le vecteur dit lamb :

$$\vec{l} = \vec{\omega} \Lambda \vec{v}$$

6 CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous avons réalisé un texte de degré de compréhension abordable et qui pourra servir pour les recherches ultérieures en mathématiques sur les équations aux dérivées partielles. Nous avons présenté les résultats suivants :

- Quelques définitions et méthodes de résolution d'une équation aux dérivées partielles non linéaires du premier ordre.
- Systèmes hyperboliques non linéaires qui sont des équations aux dérivées partielles non linéaires rencontrées en physique et en sciences de l'ingénieur. Ces systèmes constituent un domaine où la différence entre le comportement des problèmes linéaires et les problèmes non linéaires apparait de manière évidente, mais ils présentent deux inconvénients : il n'existe que des résultats partiels et la plupart des questions restent largement ouvertes surtout les applications concernant ma mécanique des fluides compressibles.
- Equations de KORTEWEG et de VRIES qui constituent un modèle mathématique pour les vagues en faible profondeur. Ce sont aussi des équations aux dérivées partielles dont on connait les solutions.
- Equations de Réaction-diffusion qui sont aussi des équations aux dérivées partielles non linéaires pour lesquelles le comportement asymptotique est le problème essentiel. Ces équations trouvent leurs applications en physique, en chimie, en biologie (écologie), etc.
- Equations de NAVIER- STOKES qui sont aussi des équations aux dérivées partielles non linéaires applicables surtout en mécanique des fluides. La solution de ces équations est l'un des problèmes du prix du millénaire du Clay Mathematics Institute (CMI), une organisation sans but lucratif visant l'amélioration des recherches en Mathématiques. Une organisation fondée par l'Américain London Clay en 1999.

Par cet article, nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé tous les points sur les équations aux dérivées partielles non linéaires. Le champ reste largement ouvert aux matheux chercheurs à venir.

REFERENCES

[1] AYERS JR.F (1972), *Theory and Problems of Differential Equations*, MC GRAW-Hill, New-York, 1st Edition
[2] BORDAS C. (1995), *Equations aux dérivées partielles non linéaires*. *In Encyclopaedia universalis*, Corpus 7, Paris
[3] DEMENGEL F. et DEMENGEL G.(2007), *Espaces fonctionnels : utilisation dans la résolution des équations aux dérivées partielles*, CNRS Editions, Paris
[4] GERMAINE R. et ANDRE (1966), *Le cours de l'APM II Eléments de topologie*, Paris.
[5] WALTER R. (1995), *Principes d'analyse mathématique*, Paris.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 191-214
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

RESOLUTION DES SYSTEMES D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES LINAIRES A COEFFICIENTS CONSTANTS

[RESOLUTION OF SYSTEMS OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS ON CONSTANT COEFFICIENTS]

Théodore Mapendo Wendo

Département de Mathématique-physique,
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi (ISP-IDJWI),
Idjwi, Sud-Kivu, 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: In mathematical analysis, methods were developed for solving differential equations as there is no general method for solving these equations. However, in Algebra, the simultaneous equations are those for which the roots all check equations, they form the system of equations. We note in the study of differential equations that the system of differential equations is not very developed yet many books to refer analysis but not explicitly. And these systems can be put in matrix form. This allows the resolution of these systems by using the matrices being given various operations on the matrix and determinant calculation. The ideal of this article is to make the public interested in mathematics, clear text with a more understandable language on solving linear ordinary differential equations systems with constant coefficients. Our research is limited to the case of linear differential equations with constant coefficients. We do not claim to theorize on solving ordinary linear differential equation systems with constant coefficients less and extend applications.

KEYWORDS: homogeneous equation, inhomogeneous equation, differential system, solving a normal system.

RESUME: En Analyse mathématique, des méthodes sont développées pour la résolution des équations différentielles car il n'existe pas de méthode générale de résolution pour toutes ces équations. Cependant, en Algèbre, les équations simultanées sont celles pour lesquelles les racines vérifient toutes les équations, elles forment le système d'équations. Nous remarquons pendant l'étude des équations différentielles que, le système d'équations différentielles n'est pas très développé pourtant beaucoup de livres d'Analyse en font référence mais de manière non explicite. Et ces systèmes peuvent se mettre sous forme matricielle. Ce qui permet la résolution de ces systèmes en se servant des matrices étant données diverses opérations sur le calcul matriciel et déterminant. L'idéal de cet article est de mettre à la disposition du public intéressé par les mathématiques, un texte clair avec un langage plus compréhensible sur la résolution des systèmes d'équations différentielles linéaires ordinaires à coefficients constants. Notre recherche se limite au cas de système d'équations différentielles linéaires à coefficients constants. Nous n'avons pas de prétention à élaborer une théorie sur la résolution les systèmes d'équation différentielles linéaires ordinaires à coefficients constants moins en étendre des applications.

MOTS-CLEFS: équation homogène, équation non homogène, système différentiel, résolution d'un système normal.

Corresponding Author: Théodore Mapendo Wendo

1 INTRODUCTION

1.1 NOTE LIMINAIRE

Le lecteur du présent article devra être familier aux notions élémentaires traitant des équations différentielles telles que leurs définitions et leurs résolutions. $3 + 4 = 7$ est une simple opération d'Arithmétique. $3 + y = 7$ est une équation, par la présence d'une inconnue qu'il faille déterminer pendant la résolution. L'inconnue peut intervenir dans l'équation à l'aide d'un opérateur (être mathématique de transformation). C'est ainsi que nous avons par exemple $3 + \sqrt[4]{y} = 7$, une équation irrationnelle ; $\log_2 3 + y = 7$, une équation logarithmique ; $e^{3+y} = 7$, une équation exponentielle ; $\tan^{-1}(3 + y) = 7$, une équation trigonométrique ; $\int(3 + y)dy = 7$, une équation intégrale ; $3 + y' = 7$ ou $3 + \frac{dy}{dx} = 7$ est une équation différentielle ; etc. Parmi les équations différentielles nous distinguons les équations différentielles ordinaires (qui sont des équations dans lesquelles nous avons une seule variable indépendante) et les équations aux dérivées partielles (dans lesquelles nous avons plus d'une variable indépendante). Des équations différentielles ordinaires, nous trouvons celles à coefficients constants et d'autres à coefficients variables. L'ensemble des équations à coefficients constants forme un système d'équations qu'on peut écrire sous forme d'une matrice et effectuer diverses opérations dans cet angle. Ceci est le socle de cette étude.

1.2 GENERALITES

DEFINITION 1

On appelle équation différentielle, toute équation établissant une relation entre la variable indépendante x, la fonction inconnue $y = f(x)$ et ses dérivées $y', y'', \dots, y^{(n)}$.

Symboliquement on peut l'écrire comme suit:

$F\left(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}\right) = 0$ ou $f(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{d^2x}, \dots, \frac{d^ny}{dx^n}) = 0$

EXEMPLES :

1. $\frac{dy}{dx} = 2x.$
2. $y''^2 = (1 + y')^3.$
3. $\frac{d^2y}{dx^2} + y = 0.$
4. $\frac{d^2y}{x^2} = -a \sin x.$
5. $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$

DEFINTION 2

On appelle ordre d'une équation différentielle ; l'ordre de la dérivée la plus élevée contenue dans cette équation.

Exemples : 1)$y' - 2xy^2 + 5 = 0$ est une équation différentielle du premier ordre.

2) $y'' + ky - by - \sin x = 0.$ est une équation differentielle du second ordre.

DEFINTION 3

On appelle degré d'une équation différentielle ; l'exposant de la puissance la plus élevée.

Ex :1) $y'' - y'^7 + 5y^2 + 2x = 1.$ 1 est de degré 3

2) $(y'')^2 = (1 + y'^2)^3$ est du second degré.

DEFINITION 4 :

On appelle équation différentielle linéaire d'ordre n, toute équation différentielle de la forme : $\mathrm{p_0 y^n + p_1 y^{(n-1)} + \cdots + p_{n-1} y' + p_n y = Q}$ où $\mathrm{p_0, p_1, p_{n-1}, \ldots, p_n}$ sont des fonctions de x ou des constantes avec $p_0 \neq 0$.

EXEMPLES:

1) $xy''' + 2xy'' - 5y' - xy = \sin x.$

2) $y'' - 3y' + 2y = 0$

En particulier :

*si Q=0, alors l'équation différentielle linéaire est dite « **homogène » ;** tous les termes sont de degré en y et ses dérivées.

*si l'équation est de la forme

$\mathrm{p_{0(ax+b)^n} y^n + p_{1\,(ax+b)^{(n-1)}} y^{(n-1)} + \cdots + p_{n-1\,(ax+b)} y' + p_n y = 0}$, alors elle est dite de LEGENDRE.

DEFINITION 5

Une solution ou intégrale d'une équation différentielle est une relation entre les variables intervenant dans cette équation et d'après laquelle l'équation est satisfaite identiquement. Ainsi,

(1) $y = a \sin x$ est une solution de l'équation différentielle

(2) $\frac{d^2y}{dx^1}$+ y =0 car en différentiant (1), il vient

(3) $\frac{d^2y}{dx^2}$ = - a sin x

Si maintenant, nous substituons (1) et (3) dans (2) nous obtenons

$-a\sin x + a \sin x = 0$, la relation qui montre que (2) est satisfaite. Ici, a est une constante arbitraire.

On peut montrer de la même façon que y = b cos x est une solution de (2) pour une valeur quelconque b.

La relation : (4) y = c_1 sin x + c_2 cos x est encore solution plus générale de (2)

En effet, en donnant des valeurs particulières à c_1 et c_2 , on voit que la solution (4) comprend des solutions (1) et (4). Les constantes arbitraires c_1 et c_2 qui apparaissent dans ces solutions sont appelées constantes d'intégration. Une solution telle que (4) qui contient un nombre des constantes essentiellement arbitraires égale à l'ordre de l'équation est appelée « solution générale ou intégrale complète »

Les solutions que l'on obtient en donnant des valeurs particulières aux constantes sont appelées « solution particulières ou intégrales particulières ».

En pratique, on obtient une solution particulière à partir de la solution générale à l'aide de certaines conditions qu'on impose à cette solution générale.

1.3 INTEGRATION D'UNE EQUATION DIFFERENTIELLE

1.3.1 EQUATION DU 1ER DEGRE

DÉFINITIONS ET THÉORÈME :

- Une équation différentielle ordinaire du premier ordre est toute équation de la forme $f(x, y, y') = 0$.

Lorsque cette équation est résolue eny', on peut la mettre sous la forme y'= $f(x, y)$. Dans ce cas, on a le théorème suivant sur l'existence et l'unicité de la solution.

Théorème : Existence de solution.

Si dans l'équation $y'=f(x,y)$, la fonction $f(x,y)$ et sa dérivée partielle $\frac{\partial f}{\partial y}$ sont continues dans un certain domaine D du plan oxy et si (x_0,y_0) est un point de D, alors il existe une solution unique $y=\varphi(x)$ satisfaisant à la condition $y=y_o$ lorsque $x=x_0$.

La condition selon laquelle « $y = y_0$» lorsque $x = x_0$ s'appelle condition initiale.

- On appelle solution générale d'une équation du premier ordre, une fonction $y=\varphi(x,c)$ dépendant d'une constante C et satisfaisant aux conditions suivantes :

- Quelle que soit la constante C, elle vérifie l'équation différentielle.
- Quelle que soit la condition initiale $y = y_0$ pour $x = x_0$, il existe $C= C_0$ tel que $y=\phi(x,c_0)$ vérifie la condition initiale donnée.

Lorsqu'on cherche la solution générale d'une équation différentielle ; on est souvent conduit à une relation implicite $\phi(x,y,c) = 0$ que l'on appelle « intégrale générale de l'équation différentielle »

- On appelle solution particulière, toute fonction $y = \varphi(x,c_0)$ déduite de la solution générale en posant $c = c_0$. La relation $f(x,y,c_0)$ est dite alors intégrale particulière de l'équation.
- Résoudre ou intégrer une équation différentielle consiste à chercher sa solution générale ou son intégrale générale.

Géométriquement, l'intégrale générale représente une famille des courbes planes dépendant d'un paramètre C. Ces courbes sont appelées courbes intégrales de l'équation différentielle donnée. Une intégrale particulière est représentée par une courbe de cette famille passant par un point du plan.

- On appelle « Isocline » de l'équation différentielle $F(x,y,y')=0$, le lieu géometrique des points vérifiant la résolution $y'=c$; c une constante. A chaque valeur c correspond une isocline. Il est évident que pour la valeur c, l'isocline aura pour équation $f(x,y)=c$. Lorsqu'on a une fonction comportant une constante arbitraire ; cela se fera en éliminant ses constantes $(n+1)$ relations : la fonction elle-même et la $n^{ième}$ relation obtenue en dérivant par rapport à la variable indépendante.

Dans ce cas, la fonction est une intégrale (solution) de l'équation différentielle obtenue.

EXEMPLE :

Trouver l'équation différentielle de la famille des paraboles $y = x^2$. Formons un système $\begin{cases} y = cx^2 \\ y' = 2cx \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} c = \frac{y}{x^2} \\ y' = \frac{2yx}{x^2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} c = \frac{y}{x^2} \\ y' = \frac{2y}{x} \end{cases}$ $\Leftrightarrow$ $xy'-2y=0$, $x\neq 0$.

- On appelle équation à variables séparées, toute équation de la forme $F(x)dx + G(y)dy = 0$ (1), son intégrale générale est $\int F(x) + \int G(x)dy = c$ (2), dans la quelle c est une constante arbitraire. Les équations qui ne sont pas données sous la forme simple (1) appelées équations à variables séparables peuvent souvent être ramenées à cette forme au moyen de la règle suivante pour séparer les variables :
    - Chasser les dénominateurs des fractions et, si l'équation comprend des dérivées, multiplier par la différentielle de la variable indépendante.
    - Réunir tous les termes contenant la même différentielle en un seul terme. Si alors, l'équation prend la forme $xydx + x'y'dy = 0$ où x, x' sont des fonctions de x seulement et y, y' des fractions de y seulement, elle peut être ramenée à la forme (1) en divisant par $x'y$.
    - Intégrer chaque partie séparément, comme dans (2).

EXEMPLES :

Intégré les équations suivantes :

1) $xdx + ydy = 0 \Leftrightarrow \int xdx + ydy = c_1 \Leftrightarrow \frac{x^2}{2} + \frac{y^2}{2} = c_1 \Leftrightarrow x^2+y^2 = 2c_1$

Posons $2c_1 = c^2$ on a $x^2+y^2=c^2 (c \geq 0)$: équation d'une famille de cercles concentriques en (0,0) et de rayon c.

2) $\frac{dy}{dx} = \frac{2y}{x} = \Leftrightarrow \frac{dy}{2y} = \frac{dx}{x} \Leftrightarrow \int \frac{dy}{2y} = \int \frac{dx}{x} \Leftrightarrow \frac{1}{2}\ln y = \ln x \Leftrightarrow lny = 2lnx + c$

$\Leftrightarrow lny = lnx^2 + c \Leftrightarrow lny = lnx^2 + c$

$\Leftrightarrow e^{\ln y} = e^{\ln x^2 + C} \Leftrightarrow e^{\ln y} = e^c e^{\ln x^2} (e^C = k)$

$\Leftrightarrow y = kx^2$: équation d'une famille des courbes des paraboles.

3) $\frac{dy}{dx} = \frac{1+y^2}{(1+x^2)xy}$

1erè opération : $(1 + x^2)xydy = (1 + y^2)dx$

2eme opération : $(1 + y^2)dx - x(1 + x^2)ydy = 0$

Pour réparer les variables, nous divisons par $x(1 + x^2)(1 + y^2)$. Ce qui donne : $\frac{dx}{x(1+x^2)} - \frac{ydy}{1+y^2} = 0$

3e opération : $\int \frac{dx}{x(1+x^2)} = \int \frac{ydy}{1+y^2} = c$

$\int \frac{dx}{x} - \int \frac{xdx}{1+x^2} - \int \frac{ydy}{1+y^2} = c$

$lnx - \frac{1}{2} ln (1 + x^2) - \frac{1}{2} ln (1 + y^2) = c$

$ln (1 + x^2) (1 + y^2) = 2lnx - 2c.$

Ce résultat peut s'écrire sous une forme plus simple si nous remplaçons $-2c$ par $log\ c$,

C'est-à-dire nous donnons simplement une nouvelle forme à la constante arbitraire.

Notre solution devient alors :

$ln (1 + x^2) (1 + y^2) = 2lnx + logc$

$ln (1 + x^2)(1 + y^2) = lnx^2 + Logc$

$ln(1 + x^2)(1 + y^2) = lncx^2.$

$(1 + x^2)(1 + y^2) = cx^2.$

4) $a(x\frac{dy}{dx} + 2y) = xy\frac{dy}{dx}$

1ere opération : $axdy + 2aydx = xydy$

2ème opération : $2aydx + x(a - y)dy = 0$

Pour séparer les variables, nous divisons par xy, ce qui donne

$\frac{2adx}{x} + \frac{(a-y)dy}{y} = 0$

3e opération $2a \int \frac{dx}{x} + a \int \frac{dy}{y} - \int dy = c$

$2alnx + aln(y) - y = c$

$alnx^2 + aln(y) - y = c$

$lnx^2x^2 + lny = \frac{c}{a} + \frac{y}{a}$

$lnx^2y = \frac{c}{a} + \frac{y}{a}$

En passant des logarithmes aux exponentielles, ce résultat peut être écrit sous forme

$x^2y = e^{c/a+y/a} = e^{c/a}.e^{y/a}$, posons $e^{c/a}$= c, la solution est sous la forme

x²y = $ce^{y/a}$

1.3.2 EQUATIONS HOMOGENES

L'équation différentielle $P(x,y)dx + Q(x,y)dy = 0$ est dite « homogène » si les fonctions $P(x,y)\ et\ Q\ (x,y)$ sont homogènes de même degré.

Dans ce cas, on démontre aisément que les équations différentielles de cette nature peuvent être résolues en faisant la substitution qui transforme l'équation homogène en une équation dont les variables sont séparables.

- Une fonction $f(x,y)$ est dite homogène de degré n pour toutes ses variables si $f(\lambda x, \lambda y) = \lambda^n f(x,y)$

EXEMPLES :

1. La fonction $f(x,y) = xy - x^2$ est homogène de degré 2
2. La fonction $f(x,y,z) = Ay^2 + 2Bxy + cx^2 + 2Dxz + 2Eyz + Fz^2$ est homogène de degré 2.
3. $f(x,y) = x^2 + xy - 3x$ n'est pas une f (x) homogène de degré 2.
4. Résoudre l'équation $y^2 + x^2\frac{dy}{dx} = xy\ \frac{dy}{dx}$

$y^2dx + (x^2 - xy)dy = 0$

Ici, $P(x,y) = y^2$ et $Q(x,y) = x^2 - xy$; ces deux expressions sont homogène et du second degré en x et y, d'où $dy/dx = y^2/(xy - x^2)$, posant alors $y = vx$, nous obtenons $\frac{vdx+xdv}{dx} = \frac{v^2x^2}{x^2(v-1)}$

$$\Leftrightarrow \text{vdx} + \text{xdv} = \frac{v^2dx}{v-1}$$

$$\Leftrightarrow xdv = vdx\left(\frac{v}{v-1} - 1\right) \Leftrightarrow \text{xdv} = \frac{vdx}{v-1} \Leftrightarrow$$

$$\frac{dx}{x} + \frac{(1-v)dv}{v} = 0$$

$$\Leftrightarrow \int \frac{dx}{x} + \int \frac{dv}{v} - \int dv = c$$

$$ln\,x + lnv - v = c$$

$$lnvx = c + v$$

$$Vx = e^{c+v}$$

$$= e^C.e^v$$

$$vx = ce^v\ (e^c = c)$$

mais $v = \frac{y}{x}$. Par suite, la solution est y= c$e^{y/x}$.

1.3.3 EQUATION LINEAIRE

Définition : une équation différentielle est dite linéaire si l'équation est du premier degré par rapport à la variable dépendante (généralement y) et ses dérivées ou différentielles.

L'équation différentielle linéaire du premier ordre est de la forme : $dy/(dx) + Py = Q$(1) dans la quelle P, Q sont des fonctions de x seulement ou des constantes. De même, l'équation

$dy/(dx) + Hx = J$(2) où H et J sont des fonctions de y ou des constantes, est une équation différentielle linéaire.

Pour intégrer (1), posons $y = uz$ (a) où z est une nouvelle variable et une fonction de x à déterminer. En différentient (a), il devient : $\frac{dy}{dx}$ = u $\frac{dz}{dx}$ +z $\frac{dy}{dx}$ (b).

En substituant (a) et (b) dans (1), nous obtenons.

$$u\,\frac{dy}{dx} + z\,\frac{dz}{dx} + Puz = Q \quad ou\ u\frac{dz}{dx} + (\frac{du}{dx} + Pu)z = Q(c)$$

Déterminons maintenant u en intégrant $du/(dx) + Pu = 0$ (d)

où l'on peut séparer les variables x et u, puis utilisant cette valeur de u dans la quelle x et z sont séparées.

Il est évident que les valeurs de x et z ainsi trouvées satisferont à (c) ; la solution de (1) sera donnée par (a)

EXEMPLES :

Résoudre les équations :

1) $\frac{dy}{dx} - \frac{2y}{x+1} = (x+1)^{5/2}$ (1) P = $-\frac{2}{x+1}$ et Q = $(x+1)^{5/2}$ (2)

Posons $y = uz$; alors $dy/(dx) = u\,dz/(dx) + z\,du/(dx)$.

En substituant de l'équation (1), nous obtenons.

$u\frac{dz}{dx} + z\,\frac{dy}{dx} - \frac{2uz}{1+x} = (x+1)^{5/2}\ ou\ u\frac{dz}{dx} + (\frac{du}{dx} - \frac{2u}{1+x})\,z = (x+1)^{5/2}$ (2)

Pour obtenir u, nous égalons à zéro le coefficient de z, ce qui donne :

$du/(dx) - 2u/(1+x) = 0$

En intégrant, on obtient $lnu = 2Ln\,(1+x) = Ln\,(1+x)^2$

$$u = (1+x)^2\ (3)$$

L'équation (2) devient maintenant, puisque le terme en z disparait, $u\frac{dz}{dx} = (x+1)^{5/2}$

En remplaçant u par sa valeur d'après (3), il devient $\frac{dz}{dx} = (x+1)^{5/2}$

D'où en intégrant $dz = (x+1)^{\frac{1}{2}}dx$

$$z = \frac{2(x+1)^{3/2}}{3} + c \quad (4)$$

Substituant alors dans $y = uz$, les valeurs fournies par (4) et (3) pour z et u, on obtient la solution générale

$$y = \frac{2(x+1)^{7/2}}{3} + c(x+1)^2$$

2) Donnez l'expression de la solution générale de l'équation linéaire

$dy/(dx) + py = Q$ (1)

Tirons $lnu + \int pdx = \ln k$ où $\ln k$ est la constante d'intégration. De là, il vient

$u = ke^{-\int pdx}$.

Substituons u dans $du/(dx) + Pu = 0$ et séparons les variables, nous obtiendrons

$$dz = \frac{Q}{K}\,e^{\int Pdx}\,dx$$

Enfin, intégrant et substituant dans $y = uz$, on obtient le résultat

$$y = e^{-\int Pdx}\,(\int Q\,e^{\int Pdx}\,dx + c)$$

Il est à remarquer que la constante K disparait dans le résultat final.

1.3.4 EQUATION REDUCTIBLES A LA FORME LINEAIRE

1.3.4.1 EQUATION DE BERNOULLI

Définition : On appelle équation de BERNOULLI, toute équation de la forme

$\frac{dy}{dx} + Py = Qy^n$ (1) dans laquelle P, Q sont des fonctions de x seulement ou de constantes et $n \in N \setminus \{0,1\}$. L'équation (1) peut être ramenée à la forme linéaire au moyen de la substitution $z = y^{-n+1}$.

Toutefois, cette réduction n'est pas nécessaire si nous employons la méthode, pour trouver la solution que celle donnée pour l'équation linéaire.

1.3.4.2 EQUATION DE RICCATI

Définition : on appelle équation de RICCATI, toute équation différentielle du type

$dy/(dx) = Ay^2 + By + c$ (1) où A et B et c sont des fonctions continues ou des constantes. Si l'on connait une intégrale particulière de l'équation (1) alors l'intégrale de l'équation (1) se ramène à celle de BERNOULLI.

Remarque : l'équation de RICCATI est un cas particulier de l'équation de BERNOULLI pour n=2.

En effet, supposons connue en avance une solution particulière.

$y = y_1 x$, posons $y = z + y_1$, alors $y' = z' + y'_1$ (2)

(2) dans (1) donne $z' + y'_1 = A(z+y_1)^2 + B(z+y_1) + c$ (3)

Mais y vérifie l'équation (1)

Donc $Ay_1^2 + By_1 + c = y'_1$ (4)

Par suite, (4) dans (3) donne $z = B'z^2$ qui est une éqaution de BERNOULLI donnant z, donc $y = z + y_1$.

EXEMPLE :

Résoudre $(1+x3)\frac{dy}{dx} + 2xy^2 + x^2y + 1 = 0$

$\frac{dy}{dx} = -\frac{2x}{1+x^3}y^2 - \frac{x^2}{1+x^3} - \frac{1}{1+x^3}$ ou $A = \frac{-zx}{1+x^3}$, $B = \frac{x^2}{1x^3}$ et $C = \frac{1}{1+x^3}$

Solution particulière $y_1 = a\,x + b$, $y'_1 = a$

On a: $(1+x3)\,a + 2x(ax+b)^2 + x^2(ax+b) + 1 = 0$

$a = -1\ et\ b = 0$

$y_1 = -x$

Posons en fin $y = z + y1 \Leftrightarrow y = z - x \Leftrightarrow z = +y$

$y' = z' - 1$

$(1+x3)(z' - 1) + 2x\,(z-x)^2 + x^2(z-x) + 1 = 0$

$z' - \frac{3x^2z}{1+x^3}\,z = \frac{-2x}{1+x^3}\,z^2$

$\frac{dz}{dx} - \frac{3x^2}{1+x^3}z = -\frac{2x}{1+x^3}z^2$ (équation de Bernoulli)

1.3.4.3 EQUATION DE CLAIRAUT

Définition : On appelle équation de Clairaut ; toute équation de la forme

$y = xy' + p\,(y')$ (1) ou $y\frac{xdy}{dx} + p\frac{dy}{dx}$ (1)

Nous obtenons la solution générale en posant $y' = c$ ou $\frac{dy}{dx} = c$.

(1) devient $y = cx + p\,(c)$

Dans ce cas, toute solution singulière de cette équation est « l'enveloppe L » de la famille des droites définie pour cette intégrale générale. Une enveloppe L d'une famille de courbe à un paramètre étant définie comme « une courbe qui est tangente en chacun de ses points à une courbe de la famille considérée »

Exemple : trouver l'intégrale générale et singulière de :

$$y = xy' + \frac{ay'}{\sqrt{1+(y')^2}}$$

La solution générale est $y = cx + \frac{ac}{\sqrt{1+c^2}}$

La solution singulière : $\begin{cases}\Phi(x,y,c)=0\\ \phi(x,y,c)=0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}y=\frac{ac^3}{\sqrt{1+c^2)3}}\\ y=\frac{-a}{\sqrt{1+c^2)3}}\end{cases}$

En déterminant c, après avoir élevé chacune de ces équations à la puissance 2/3 et en ajoutant membre à membre, on obtient la solution singulière sous la forme $x^{2/3}+y^{2/3}=a^{2/3}$ (équation d'une astroïde)

1.3.4.4 EQUATION DE LAGRANGE

On appelle ainsi, toute équation de la forme

$y = x\varphi\,(y') + \psi(y')\,(1) o\grave{u}\ \varphi$ et ψ sont des fonctions quelques équation de LAGRANGE.

En posant P=y′, on a y=φ(p) + ψ(p) $(1')$

En dérivante $(1')$ par rapport à x, on obtient

$$P = \varphi(p) + [x\varphi'(p) + \psi'(p)]\frac{dp}{dx}$$

$$P - \varphi(p) = [x\varphi'(p) + \psi'(p)]\frac{dp}{dx}\ (1'').$$

Immédiatement, certaines solutions de cette équation sont déterminées pour toute valeur constante $p = p_0$ vérifiant la condition $p_0 - \varphi(p_0) = 0$

De (1) : tirons la solution générale $\frac{dx}{dp} - \frac{\varphi(p)x}{p-\varphi(p)} = \frac{\psi(p')}{p-p(p)}$

EXEMPLE

Trouve l'intégrale générale et singulière de l'équation.

$$y = x\,y'^{\,2} + y'^{\,2}$$

Posons $y' = p$, d'où $y = xp^2 + p^2$

En dérivant par rapport à x, on a :

$$P = p^2 + (2px + 2p)\frac{dp}{dx}$$

Solution singulière : $p - \varphi(p) = 0$

$$p - p^2 = 0$$

$$p = 0\ ou\ p = 1$$

$y' = 0\ ou\ y' = 1 \Leftrightarrow y = c_1\ ou\ y = x + c_1$

On les confirmera après avoir trouvé l'intégrale générale.

En outre $\frac{dx}{dp} - x\frac{2}{1-p} = \frac{2}{1-p}$ est une équation linéaire en x par rapport à la variable p.

On en tire $x = -1 + \frac{c^2}{(p-1)^2}$

En éliminant p, il devient $y = \int dx + c\int \frac{dx}{\sqrt{1+x}}$

$$= x + 1 + c_2{}^2 + 2c\sqrt{1+x}$$

$$= (c + \sqrt{x+1})^2$$

Ainsi, y =c_1 est une solution singulière tan disque $y = x + 1$ est une solution particulière pour c=0.

1.4 EQUATION DIFFERENTIELLE D'ORDRE SUPERIEUR A UN

On appelle équation différentielle d'ordre n, toute équation qui peut s'écrire sous la forme, $F(x, y, y', y'', \ldots y^{(n)}) = 0$ (1) et qui se résout par rapport à la dérivée n ; c'est-à-dire

$y^{(n)} = f(x, y, y', y'', \ldots, y^{(n)})$ (1').

Résoudre ou intègre une équation différentielle d'ordre n ; c'est trouver la solution :

* générale, lorsque les conditions initiales ne sont pas données.

* particulière de l'équation satisfaisant aux conditions initiales si elles sont données.

1.4.1 EQUATION DIFFERENTIELLE DU TYPE : $y^{(n)} = f(x)$

C'est l'équation d'ordre n la plus simple.

$f(x)$ étant une fonction de x seulement ou une constante.

Procédé : pour intégrer ; on multiplie les deux membres par dx et l'intégration donne :

$\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} = \int \frac{dy^n}{dx^n} dx$

$= \int f(x)\, dx + c_1$

Puis l'on répète $(n-1)$ une fois ce calcule et l'on obtient la solution générale qui compte

n constantes arbitraires.

EXEMPLES :

Résoudre

1) $\frac{d^3y}{dx^3} = xe^x$

En intégrant une première fois, après avoir multiplié les deux membres par dx on a.

$\frac{d^2y}{dx^2} = \int xe^x dx + c_1$

$xe^x - e^x + c_1.$

En intégrant pour la $2^{ième}$ fois, il devient :

$\frac{dy}{dx} = \int x\, e^x - \int e^x\, dx + \int c_1\, dx + c_2$

$= xe^x - 2e^x + c_1 x + c_2$

En integrant une 3ème fois, il vient

$$y = \int xe^x\, dx - 2\int e^x dx + c_1 \int x dx + \int c_2 dx + c_3$$

$$= xe^x - 3e^x + \frac{c_1 x^2}{2} + c_2 x + c_3$$

$$= y = xe^x - 3e^x + C_1 x^2 + C_2 x + C_3.$$

2) $\frac{d^2y}{dx^2} + a^2y = 0$

Ici, $\frac{d^2y}{dx^2}$ = -a²y (l'équation du type $\frac{d^2y}{dx}$=y).

Multiplions les deux membres par, $y'dx$.

$$y'\,dy' = -a^2ydy$$

En intégrant, on a : $\frac{1}{2}y'^2 = -\frac{1}{2}a^2y^2+c$

$$y' = \sqrt{2c - a^2y^2}$$

En posant $2c = c_1$, $\frac{dy}{dx} = \sqrt{(c_1 - a^2y^2)}$

En prenant le signe + devant le radical, on sépare les variables.

$\frac{dy}{\sqrt{c_1 - a^2y^2}}$ = dx et on intègre, d'où $\frac{1}{a}$ arc sin $\frac{ay}{\sqrt{c_1}} = x+c_2$ ou arc sin $\frac{ay}{\sqrt{c_1}} = ax + c_2$

Ce qui est la même chose que $\frac{ay}{\sqrt{c_1}} = \sin(ax+c_2)$

$$= \sin ax \cos a\, c_2 + \cos ax \sin a\, c_2$$

Ou y = $\frac{\sqrt{c_1}}{a}$ cos a $c_2 \sin ax + \frac{\sqrt{c_1}}{a}$ = sin a $c_2 \cos ax$

$= c_1 \sin ax + c_2 \cos ax$ (réponse).

1.4.2 EQUATIONS DIFFERENTIELLE LINEAIRE DU SECOND ORDRE A COEFFICIENT CONSTANT

DÉFINITION :

On appelle équation linéaire du second ordre, toute équation de la forme

$\frac{d2y}{dx} + P\frac{dy}{dx} + q\,y = x$ (1) où p et q sont des constantes et x une fonction ou une constante.

Elle joue un rôle important en mathématique appliquée.

Intégrer une équation linéaire du second ordre revient à trouver :

- La solution générale de l'équation homogène

  $\frac{d2y}{dx^2} + P\frac{dy}{dx} + q\,y = 0$.

- La solution particulière quelconque y^* de l'équation (1)

Ainsi, la solution générale(1) est donnée par $y = y^* + y^-$

1.4.2.1 EQUATION HOMOGENE DU SECOND ORDRE

Ce sont des équations de la forme $y'' + p\,y' + q\,y = 0$ (1) où p et q sont de constantes.

Elle est souvent appelée : équation sans second membre.

Cherchons s'il existe des solutions particulières le (1) de la forme

$y = e^{rx}$ (a).

Dérivant (a), on obtient $\frac{dy}{dx} = rxe^{rx}$, $\frac{d^2y}{dx^2} = r^2e^{rx}$ (b)

D'où en subsistant dans (1) les deux membres par e^{rx}, on a $r^2 + pr + q = 0$(c) (Equation caractéristique).

Les racines de cette équation du second degré fournissent les valeurs de r.

Premier cas : Si elle a deux racines distinctes, r_1 et r_2, elle fournit deux solutions particulières distinctes de (1) $y = e^{r_1x}$et $y = e^{r_2x}$ (d)

La solution générale de (1) est alors y = $c_1 e^{r_1 x} + e^{r_2 x}$ (5)

Exemples : Résoudre

1. $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} - 3y = 0$

L'équation caractéristique est $r^2 - 2r - 3 = 0$

Ses racines sont égales à 3 et – 1.

La solution générale est $y = c_1 e^{3x} + c_2 e^{-x}$

2. $y'' + y' - 2y = 0$

L'équation caractéristique est $r^2 + r - 2 = 0$

Ses racines sont égales a – 1 et 2.

La solution générale est $y = c_1 e^{-x} + c_2 e^{2x.}$

Deuxième cas : cas des racines réelles égales : les racines de l'équation caractéristique (c) sont égales lorsque $P^2 = 4q$ on peut alors écrire (c) en remplaçant q par $\frac{P^2}{4}$.

$r^2 + P^2 + \frac{P^2}{4} = (r + \frac{P}{2})^2 = 0$

D'où $r_1 = r_2 = \frac{-p}{2}$.

Dans ce cas, $y = c_1 . e^{r_1 x}$ et $y = c_2 x e^{r_1 x}$ sont des solutions particulières distinctes et $y = c_1 . e^{r_1 x} + c_2 x e^{r_1 x}$ est la solution générale ou $y = e^{r_1 x} (c_1 + c_2 x)$

Exemple :

Résoudre

1) $y'' - 4y' + 4 = 0$.

L'équation caractéristique est $r^2 - 4r + 4 = 0$ avec $\Delta = 0$

Cette équation admet une racine double $r_1 = r_2 = 2$.

La solution générale est donc $y = c_1 e^{2x} + c_2 x e^{2x}$

$= e^{2x}(c_1 + c_2 x)$

2) $\frac{d^2s}{dt^2} + 2\frac{ds}{dt} + s = 0$. Déterminer la solution particulière telle que $s = 4$ et $\frac{dS}{dt} = -2$ pour $t = 0$.

L'équation caractéristique est $r^2 + 2r + 1 = 0$

L'équation a donc une racine double égale -1.

La solution générale est $s = c_1 e^{-t} + c_2 t e^{-t}$

$= e^{-t} (c_1 + c_2 t)$.

Déterminons les constantes c_1 et c_2 de façon qu'on ait $s = 4$, $\frac{dS}{dt} = 2$ pour $t = 0$

$s = e^{-t}(c_1 + c_2 t)$, ce qui donne par dérivation.

$\frac{ds}{dt} = e^{-t} (c_2 - 4 - c_2 t)$

Or d'après les conditions initiales données, on doit avoir $\frac{dS}{dt} = -2$

pour $t = 0$. Ce qui entraine $c_2 = 2$.

La solution particulière demandée est donc $s = e^{-t} (4 + 2t)$

Troisième cas de racines imaginaire : si les racines de l'équation caractéristique sont imaginaires, l'exposant de y = $c_1 e^{r_1 x} + c_2 e^{r_2 x}$ sera imaginaire. On peut toutefois obtenir une solution générale en choisissant pour c_1 et c_2 des valeurs imaginaires.

Ainsi $y = e^{\alpha x} \cos \beta x$ et y = $e^{\alpha x}$ sin βx sont des solutions particulières réelles de l'équation.

Exemple :

Résoudre

1) $\frac{d^2}{dx^2} + K^2 y = 0$

La solution générale est y = A cos K x +B sin K x

2) $\frac{d^2x}{dt^2} + 16x = 0$

L'équation caractéristique est $r^2 + 16 = 0$

$K = \pm 4i$

La solution générale est $y = C_1 \cos 4t + C_2 \sin 4t$.

3) $y'' + 2y' + 5y = 0$, $\Delta = -16 > 0$

$K_1 = -1+2i$ et $K_2 = -1-2i$ sont des racines de l'équation caractéristique.

La solution générale est alors $y = (C_1 \cos 2x + C_2 \sin 2x)\, e^{-x.}$

1.4.2.2 EQUATION NON HOMOGENE DU SECOND ORDRE

Ce sont des équations de la forme $\frac{d^2y}{dx} + P\frac{dy}{dx} + qy = f(x)$ ou p et q sont des constantes et $f(x)$ une fonction de la variable indépendante x ou une constante.

Trois opérations successives sont alors nécessaires, à savoir :

- Déterminer la solution générale de l'équation sans second membre, soit $y = u$.
- Déterminer par certains procédés une solution particulière de $y = v$ de l'équation (1).
- La solution générale de (1) est alors y = u + v (2).

Cette valeur de y donnée par (2) contient deux constantes arbitraires; si on la substitue dans (1) on croit que cette équation est satisfaite.

Cas général : il peut se faire que $y = x$ soit une solution particulière de (1) ; si ce n'est pas le cas, nous donnons ci-dessous, selon la forme de $f(x)$, la forme à prendre pour v.

1°) $f(x)$= a+bx, prendre y = v = A+Bx

2°) $f(x) = ae^{bx}$, prendre y = v = Ae^{bx}

3°) $f(x) = a_1 \cos bx + a_2 \sin bx$, prendre $y = A_1 \cos bx + A_2 \sin bx$

Cas particulier : si y = x est une solution particulière de (1), on prendra pour v la forme donnée ci-dessus multipliée par x, variable indépendante. La méthode consiste à substituer la valeur y = v, donnée ci ci-dessus dans (1) et déterminer les constantes A, B, A_1, B_2 de façon que (1) soit satisfaite.

Exemples :

Résoudre

1) $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} - 3y = 2x$

$\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} - 3 = 0$ (1).

- Equation caractéristique $r^2 - 2r - 3 = 0$ et ses racines sont 3 et -1.

La solution générale est y = v= $C_1e^{3x} + C_2 e^{-x}$ (2)

- Puisque y = $f(x)$ = 2x (3) n'est pas une solution particulière de (1) nous prenons une solution particulière de (1) de la forme y = A+Bx (4)

En substituant (4) dans (°) et réduisant, il vient

-2B-3A - 3BX = 2x

– 3B = 2 et 2B+ 3A= 0

On tire de là A= $\frac{4}{9}$ et B = $\frac{-2}{3}$

Portons ces valeurs dans (4)

Y= v = $\frac{4}{9}$ - $\frac{2}{3}$x (5)

- (2) et (5) permettent d'écrire la solution générale Y=v+ u = $C_1e^{3x} + C_2e^{-x} + \frac{4}{9} - \frac{2}{3}$ x.

2. $\frac{d^2y}{dx^2}$ - 2$\frac{dy}{dx}$ - 3y = $2e^{-x}$ (a)

- Fonction complémentaire est de l'exemple (1) ou y= $C_1e^{3x} + c_2e^{-x'}$.
- Ici, $f(x)$ = $2e^{-x}$ est une solution particulier de l'équation homogène (1) de l'exercice (1) car on l'obtient à partir de la solution (2) en faisant C_1=0 et C_2 = 2. On prendra donc pour solution particulière de (a)

y^*= Axe^{-x} (c)

D'où par dérivation $\frac{dy}{dt}$ = Ae^{-x}(1-x) et

$\frac{d^2y}{dx^2}$ = Ae^{-x}(x-2) (2)

Substituons (2) dans (a), on obtient :

Ae^{-x}(x-2) – $2Ae^{-x}$(1-x)-$3Axe^{-x}$= $2e^{-x}$,

Soit $4Ae^{-x}$= 2^{e-x} ⇔ A= $\frac{1}{2}$

A dans (c) donne y = -$\frac{1}{2}$ xe^{-x}

- La solution générale de (a) est donc y = $C_1e^{3x} + C_2e^{x}$- $\frac{1}{2}$ xe^{-x}

4) déterminer la solution particulière de $\frac{d^2s}{dt^2}$ + 4S = 2cos 2t (°°) telle que s= 0 et $\frac{dS}{dt}$ = 2 pour t = 0.

- La fonction complémentaire obtenue en résolvant l'équation

$\frac{d^2S}{dt^2}$ + 4s = 0 est s= C_1cos 2t+C_2sin 2t(a)

- On voit que s= 2cos 2t est une solution particulière de l'équation homogène obtenue en remplaçant par C_1=2 et C_2= 0 dans la solution complémentaire.

D'où S = t (A_1cos 2t + A_2sin 2t).

Par dérivation, on en déduit.

$$\begin{cases} \dfrac{ds}{dt} = A_1 \cos 2t + A_1 \sin 2t (A_1 \sin 2t - A_2 \cos 2t)(1) \\ \dfrac{d^2y}{dt} = -4A_1 \sin 2t + 4A_1 \cos 2t - 4t(A_1 \cos 2t + A_2 \sin 2t)(2) \end{cases}$$

En portant ces valeurs (1) et (2) dans (∞), on obtient après simplification

- $4A_1$ sin 2t +$4A_2$cos2t = 2cos2t.

Par identification, A_1 = 0, A_2= $\frac{1}{2}$; portant ces valeurs dans (a)

On en déduit s= $\frac{1}{2}$ t sin 2t (b)

- D'après (a) et (b) la solution générale de (∞) est s = C_1cos 2t+C_2sin 2t + $\frac{1}{2}$ t sin 2x (b′)

Il faut maintenant déterminer C_1 et C_2 de façon que s= 0 et $\frac{dS}{dxt}$ = 2 pour t=0 (C′).

Par dérivation de (b′), on obtient

$\frac{dS}{dt}$ = -2C_1sin 2t+2C_2cos 2t+ $\frac{1}{2}$sin 2t +t cos 2t (d)

En tenant compte de(d), des conditions données par (C′) et (b′) on obtient C_1 = 0, 2C_2=2 d'où C_1=0 et C_2=1.

Portant ces valeurs dans (b′) on a la solution particulière demandée

S = sin 2t + $\frac{1}{2}$ t sin 2t.

1.4.2.3 EQUATIONS HOMOGENES D'ORDRE N (N> 2)

Ce sont des équations différentielles linéaires de la forme

$\frac{d^n y}{dx^n}+p_1\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+p_2\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+\cdots+p_n=0$ où les coefficients P_1, P_2,…,P_n sont des constantes, obtenues de la façon suivante :

- La substitution de e^{rx} à y dans le premier membre donne : (r^n + P_1r^{n-1} + P_2r^{-n-2} + … + P_n) $e^{rx.}$

Cette expression s'annulé pour toutes les valeurs de r qui satisfont r^n + P_1r^{n-1} + …. P_n= 0 (1)

Et par la suite, pour chacune de valeurs de r, e^{rx} est une solution particulière de l'équation (1) est appelée équation caractéristique de (I).

Règle de résolution :

- Ecrire l'équation caractéristique correspondant : r^n +P_1r^{n-1} +... +P_n = 0
- Résoudre complètement l'équation caractéristique
- D'après les racines de l'équation caractéristique, écrire comme il suit les solutions particulières correspondantes de l'équation différentielle homogène.

a) Chaque racine réelle distincte r_1 donne une solution particulière e^{r_1x}

b) Chaque paire distincte de racines imaginaires $a \pm bi$ donne deux solutions particulières $e^{ax}cosbx$, $e^{ax}sin\ bx$.

c) Une racine multiple se présentant S fois donne S solutions particulière obtenues en multipliant les solutions particulières (a) ou (b) par 1, x, x^2,….x^{s-1}

Multiplier chacune des n solutions indépendantes par une constante arbitraire et ajouter les résultats. On obtient ainsi la solution.

Exemples :

$\frac{d^3y}{dx^3}$ -3 $\frac{d^2y}{dx^2}$ + 4y = 0

Solution ; suivons la règle ci-dessus.

- $r^3 – 3r^2+4=0$, est l'équation caractéristique.
- $(r+1)(r-2)^2 = 0 \Leftrightarrow$ r = -1 ou r = 2 sont les racines de l'équation caractéristique.
- La racine -1 donne une solution e^{-x}
- la racine double 2 donne les solutions e^{2x}, xe^{2x}
- la solution générale est y = C_1e^{-x} + C_2e^{2x} + $C_3xe^{2x.}$

= C_1e^{-x} + (C_2+C3x)e^{2x}

2) $\frac{d^4y}{dx^4}$ - 4 $\frac{d^3y}{dx^3}$ +10 $\frac{d^2y}{dx^2}$ 12 $\frac{dy}{dx}$ 5y = 0

- l'équation caractéristique est r^4- $4r^3$+$10r^2$-12r+5=0
- en résolvant cette équation, on trouve que les racines sont 1,1,1±2i.
- la racine double 1 donne les deux solutions r^x, xe^x

Les deux racines imaginaires 1± 2i donnent les solutions

e^xxcos 2x, e^xsin 2x (a = 1, b = 2)

- la solution générale est $y = C_1 + C_2xe^x + C_3e^x\cos 2x + C4e^x\sin 2x$

$= C_1+C_2x+C_3\cos 2x+C_4\sin 2x)e^x$

1.4.2.4 EQUTIONS NON HOMOGENES D'ORDRE N

Ce sont des équations différentielles linéaires de la forme

$\frac{d^ny}{dx^r} + P_1\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + P_2\frac{d^ny}{dx^{n-2}} + \ldots + P_ny = f(x)$ (1) où $p_1,p_2,\ldots,P_n$ sont des constantes et f(x) une fonction de x ou une constante peut être résolue par une méthode analogue à celle qui a été employée pour l'équation différentielle linéaire du second ordre avec second membre.

Règle de résolution

- Différencier successivement l'équation donnée et obtenir soit directement, soit par élimination, une équation différentielle d'un ordre supérieur de l'équation (1)
- résoudre cette nouvelle équation d'après la règle $y = u + v$ dans laquelle la partie u est la fonction complémentaire de l'équation (1) trouvée dans la première opération * et v est la somme des termes additionnels trouvés.
- pour trouver les valeurs de constantes d'intégration dans la solution particulière v, substituer y = v et ses dérivées dans l'équation donnée(1).Dans l'identité qui en résulte, égaler les coefficients des termes semblables, résoudre par rapport aux constantes d'intégration, substituer leurs valeurs dans $y = u + v$, ce qui donne la solution complète de (1)

Exemples : $y'' - 3y' + 2y = xe^x$ (1)

Pour déterminer la fonction complémentaire u, nous résolvons l'équation

$y'' - 3y' + 2y = 0$ (a) ce qui donne $y = C_1e^{2x} + C_2e^x$ (2)

Dérivons (1) $y''' - 4y'' + 2y' = xe^x + e^x$(3)

Soustrayons (1) de (3) : $y''' - 4y'' + 5y' - 2y = e^x$(4)

Dérivons (4) $y'v - 4y''' + 5y'' - 2y' = e^x$(5)

Soustrayons (5) dans (4) $y''' - 5y''' + 9y'' - 7y' + 2y = 0$ Equation homogène

- L'équation caractéristique est r^4-$5r^3$+$9r^2$-7r+2 = 0 (6)

Comme l'équation caractéristique de (a) est r^2-3r+2=0,on peut mettre r^2-3r+2 en facteur dans (6), on trouve que (6) peut être sous la forme $(r^2-3r+2)(r-1)^2 = 0$

Cette équation a pour nom racine 1,1,1 et 2 d'où la solution générale de (6) est

$Y= C_1e^{2x}+e^x(C_2+C_3x+C_4x^2)$ (7)

- En composant (2) et (7) on voit que $y = v\,e^x(C_3x+C_4x^2)$(8) solution particulière.

Pour un choix convenable des constante C_3 et C_4.

Pour dérivation de (8), il vient

$$\begin{cases} y' = e^x[C3 + (C3 + 2C4)x + C4x^2] \\ y'' = e^x[2(C3 + C4) + (C3 + 4C4)x + C4x^2] \end{cases} \quad (9)$$

Par substitution dans (1) de (9) et (8) et division de deux membres par e^x on obtient :

$2C_4$-C_3-$2C_4$x x

D'où par identification, - $2C_4$=1 et $2C_4$-C_3= 0 ; on en déduit C_3= -1 et C_4= $\frac{-1}{2}$

On obtient la solution particulière en substituant dans (8) les valeurs ainsi déterminées

$y= e^x(-x-\frac{1}{2} x^2)$

La solution générale est alors $y= C_1e^{2x} + C_2e^x – e^{+x}(x+\frac{1}{2}x^2)$

$= C_1e^{2x}+C_2e^x-e^x(x+\frac{1}{2} x^2)$

2 UN MOT SUR LES SYSTEMES D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES

DEFINITIONS :

On appelle système d'équation différentielle ordinaire, un ensemble de n équations :

$$\begin{cases} f_1\left(x_1, y_1, y'_1 y''_{1,\ldots}, y_2, y'_2, y''_2, \ldots y_n, y'_n\right) = 0 \\ \ldots \\ f_n\left(x_1 y_1, y'_1, y''_1, \ldots, y_2, y'_2, \ldots, y_n, y'_n\right) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

contenant une variable indépendante x, n fonction de x inconnues y_1,…y_n.

Il y a donc autant d'équations dans le système qu'il y a des fonctions inconnues. Si les n fonctions : $yn = \varphi 1x, \ldots, yn = \varphi nx$ satisfont identiquement le système (1), elles constituent une solution de ce système.

Théorème. En augmentant le nombre de fonction inconnue, on peut ramener tout système d'équations différentielles (1) à un système d'équations différentielles du premier ordre.

Preuve : pour éclairer nos idées : considérons le système :

$$\begin{cases} f_1(x, y, y', y'', z, z', z'') = 0 \\ f_2(x, y, y', y'', z, z', z'') = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Posons y_1= y, y_2= $y', y_3 = z, y_4 = z; y_5 = z''$ et considérons le système:

$$\begin{cases} y'_1 = y_2 \\ y'_3 = y_4 \\ y'_4 = y_5 \\ f\left(x, y_1, y_2, y'_2, y_3, y_4\right) = 0 \\ f\left(x, y_1, y_2, y'_2, y_3, y_4, y_5, y'_5\right) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

formé de cinq équations du premier ordre par rapport aux cinq fonctions inconnues y_1, y_2, y_3, y_4 et y_5.

Il est claire que toute solution du système(2) fournit une solution du système (3) et réciproquement.

Le système(2) peut donc être remplacé par le système(3).

Plus généralement, si le système(1) contient la fonction y_1,…y_n et leurs dérivées, jusqu'aux ordres p.q, …, r respectivement, on formera un système différentielle de (p+q+ …+r) équations différentielles du premier ordre en prenant comme fonction inconnues : $y_1, y'_1, \ldots y_n^{(n-1)}, y_2, y'_2, \ldots, y_n^{(q-1)}, y_n, \ldots, y_n^{(r-1)}$

3 METHODE DE RESOLUTION DES SYSTEMES D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES ORDINAIRES

Résoudre ou intégrer un système d'équation différentielle, c'est en chercher la solution la plus générale correspondante à ce dernier. Nous avons vu précédemment qu'on pouvait ramener tout système d'équation différentielle à un système différentiel du premier ordre :

Soit :

$$\begin{cases} F1(x, y_1, y_2, \ldots, y_n y'_1, \ldots, y'_n) = 0 \\ F2(x, y_1, y_2, \ldots, y_n y'_1, \ldots, y'_n) = 0 \quad (13) \\ \quad . \quad . \quad . \\ \quad . \quad . \quad . \\ \quad . \quad . \quad . \\ Fn(x, y_1, y_2, \ldots, y_n y'_1, \ldots, y'_n) = 0 \end{cases}$$

Ce dernier système, en suite, pour ramener ce système (13) à la forme normale, il faut résoudre ce système par rapport aux dérivées $y'_1, \ldots, y'_n$.

Deux cas peuvent se présenter :

1) Les équations (13) peuvent être résolues par rapport à $y'_1, \ldots, y'_n$ dans ce cas, le système normal obtenu comportera le même nombre n d'équations que le système (13). Toute solution du système normal étant solution du système (13) et réciproquement, la solution générale du système (13) et par conséquent celle du système différentiel initial.

Cette solution du système général dépendra de n constantes arbitraires, n étant le nombre d'équations du système (13)

2) Si nous cherchons à obtenir y'_1 par exemple, il peut se faire que, en éliminant les (n-1) dérivées restantes $y'_2, \ldots, y'_n$ entre les équations (13) dans le but de résoudre l'équation obtenue par rapport à y'_1, la dérivée y'_1 elle-même disparaisse dans l'élimination.

L'équation obtenue aura alors la forme :

$\emptyset(x, y_1, y_2, .., y_n) =$ (14) indépendantes des dérivées.

Cette équation (14) peut remplacer l'une quelconque des équations (13) par exemple la dernière.

De (14), nous pouvons tirer y_n en fonction de $y_1, y_2, .., y_{n-1}$ et porter la valeur trouvée dans les (n-1) premières équations de (13) ; le système (13) sera alors remplacé par le système :

$$\begin{cases} \mathbf{\phi_1(x, y_1, y_2, .., y_n) = 0} \\ \phi_2(x, y_1, y_2, .., y_{n-1}, y'_1, \ldots, y'_n) = 0 \quad (15) \\ \phi(n-1)(x, y_1, y_2, .., y_{n-1}, y'_1, \ldots, y'_n, y'_1, \ldots, y'_{n-1}) = 0 \end{cases}$$

En répétant le raisonnement précédent sur les (n-1) dernières équations du système (15) et ainsi de suite nous pouvons arriver à un système :

$$\begin{cases} \phi 1(x, y_1, y_2, .., y_n) = 0 \\ \phi 2(x, y_1, y_2, .., y_{n-1}, y'_1, \ldots, y'_{n-1}) = 0 \\ \quad . \\ \quad . \quad (16) \\ \quad . \\ \phi p(x, y_1, y_2, .., y_{n-p+1}) = 0 \\ \quad . \\ y'_n\text{-}p = \phi n\text{-}p(x, y_1, y_2, .., y_{n-p-1}) \end{cases}$$

Toute solution du système (16) étant solution du système (13) et réciproquement la solution générale du système (16) sera aussi la solution générale du système (13) et par conséquent le système différentiel initial.

Remarquons que, dans ce cas, le nombre de constantes arbitraire contenues dans la solution générale sera (n-p) qui est l'ordre du système normal, restant dans (16).

Ce nombre de la constante ne sera plus donc égal au nombre d'équation du système (13).

4 RESOLUTION DU SYSTEME NORMAL

Nous avons vu que la connaissance de p intégrales premières d'un système normal d'ordre n, ramène la résolution de ce système à la résolution d'un système normal d'ordre $(n-p)$ mais si $n=p$, alors le système est résolu.

Pour résoudre un système normal d'ordre $(n-p)$ restant, nous appliquons la méthode par dérivation et élimination combinée ; dans cette méthode par dérivation des équations du système normal et élimination de toutes les fonctions inconnues sauf vue, on cherche à ramener la résolution du système à celle d'une ou plusieurs équations différentielles ordinaires à une seule fonction inconnue. Un exemple simple nous fera comprendre le mécanisme de cette méthode.

Exemples :

Résoudre le système normal :

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = x - 2y - z \quad (1) \\ \frac{dz}{dx} = -4y + z + e^{-x} \quad (2) \end{cases}$$

Dérivons l'équation (1) par rapport à x :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 1 - 2\frac{dy}{dx} - \frac{dz}{dx} \qquad (3)$$

De (2) et (3), $\frac{d^2y}{dx^2} = 1 - 2\frac{dy}{dx} - (-4y + z + e^{-x})$

$$= -2\frac{dy}{dx} + 4y - z - e^{-x} + 1 \quad (4)$$

Tirons z dans (1) et portons sa valeur dans (4) :

$$\frac{d^2y}{dx} + \frac{dy}{dx} - 6y = -x + 1 - e^{-x} \qquad (5)$$

L'équation (5) étant une équation différentielle du 2ème ordre à coefficient, constant, nous pouvons trouver sa solution générale y=$c1e^{-3x} + c1e^{2x} + \frac{1}{6}x - \frac{5}{35} + \frac{1}{6}e^{-x}$ (6)

(C1 et C2 étant deux constantes arbitraires).

Théorème : la résolution d'un système normal d'ordre n se ramène à la résolution d'un certain nombre d'équation différentielle dont la somme des ordres est égale à n qui contiennent chacune une seule fonction inconnue.

Preuve : soit le système normal d'ordre n

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx} = f_1(x, y_1, \dots, y_n) \\ \frac{dy_n}{dx} = f_n(x, y_1, \dots, y_n) \end{cases}$$

1) Il peut arriver que la première équation, par exemple, ne contienne au second membre que x et y_1 en fonction de x. Alors on intègre cette équation pour obtenir y_1 en fonction de x. En remplaçant y_1 par sa valeur dans les $(n-1)$ équations restantes, il restera un système d'ordre $(n-1)$ à résoudre.

Ainsi, le système normal proposé se ramène, dans ce cas à une équation différentielle du premier ordre et à un système normal d'ordre $(n-1)$.

2) Si le second membre de deux premières équations, par exemple sont des fonctions uniquement de x, de y_1 et de y_2, alors on ramène la résolution du système

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx} = f_1(x, y_1, y_2) \\ \frac{dy_2}{dx} = f_2(x, y_1, y_2) \end{cases} \quad (17)$$

à la résolution d'une équation du 2ème ordre à une seule inconnue comme nous venons de le montrer dans un théorème. Ainsi, le système normal proposé se ramène, dans ce cas à une équation différentielle du second ordre et à un système normal d'ordre $(n-2)$

3) En général, les n fonctions inconnues $y_1, \dots, y_n$ interviennent dans les seconds membres des équations.

Alors la méthode de par dérivation et élimination ramènera la résolution du système normal à la résolution d'une seule équation différentielle du n^{ème} ordre à une seule fonction inconnue ; nous avons déjà démontré ce théorème.

5 RESOLUTION D'UN SYSTEME QUELCONQUE D'EQUATION DIFFERENTIELLE

La méthode par dérivation et élimination combinée permet de résoudre les systèmes différentiels normaux et par suite tout système d'équation différentielle ; puis que ceux-ci peuvent se ramener aux systèmes normaux.

Cependant, il n'est pas nécessaire de faire cette transformation pour appliquer la méthode par dérivation et élimination.

Exemple : résoudre le système suivant :

$$\begin{cases} 2y' = 2'^2 & (1) \\ y=2+x2' & (2) \end{cases}$$

En dérivant l'équation (1), on a : $y' = 2z' + xz''$ (3)

En tenant compte des équations (1) et (3) ;

$2xz'' = 2'(2' - 4)$ (5)

Cette équation ne contient plus qu'une seule fonction inconnue Z. En posant $z' = P$ (5)

On est ramené à l'Equation de BERNOULLI : *

$2xp + 4p = p^2$ (6)

1) Il suffit de résoudre cette équation, puis de tenir compte de (5) pour trouver :

Z=$\frac{2}{\sqrt{c1}} arc\ tag\ 2x\sqrt{c1} + c2$ (7)

L'équation (2) donne alors :

Z=$\frac{2}{\sqrt{c1}} arc\ tag\ 2x\sqrt{c1} + c2 + \frac{4x}{1+4c1x^2}$ (8)

On peut vérifier facilement que les fonctions y et z trouvées satisfont identiquement les équations (1) et (3) quelques soient C1 et C2.

6 RESOLUTION D'UN SYSTEME D'EQUATIONS DIFFERENTIELLES LINEAIRE A DEUX INCONNUES

Ce sont des équations linéaires mais pas nécessairement du premier ordre. Dans le cas de deux équations à deux inconnues, un tel système peut s'écrire :

$$\begin{cases} \text{A(D)}y_1 + B(D)y_2 = f_1(x) \\ \text{E(D)}\ y_1 + F(D)y_2 = f_2(x) \end{cases} \quad (18)$$

où A(D), B(D), E(D) et F(D) sont les opérateurs de dérivation, polynôme en D et le nombre d'équations est égal au nombre de fonction.

Exemples :

A : $\begin{cases} 2\frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} - 4x - y = e^t \\ \frac{dx}{dt} + 3x + y = 0 \end{cases}$ Ou A': $\begin{cases} \text{2(D-2) x+ (D-1) y=}e^t \\ \text{)x+y=0} \end{cases}$ Ou D=$\frac{d}{dt}$ et

B : $\begin{cases} \frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} + y = 1 \\ \frac{dx}{dt} - \frac{d^2}{dt} + 2x + 2 = 1 \\ \frac{dy}{dt} + \frac{d^2}{dt} + y\text{+22=0} \end{cases}$ ou B' : $\begin{cases} \text{Dx+ (D+1) y=1} \\ \text{(D+2) x-(D-1)2=0} \\ \text{(D+1) y+ (D+2)2=0} \end{cases}$

Nous admettons, sans démonstration le théorème suivant :

Théorème 5 : le nombre des constantes arbitraires contenues dans la solution générale du système d'équation différentielle (18) est égal au degré le plus élevé de D dans développement du déterminant.

$$\Delta = \begin{vmatrix} A(D) & B(D) \\ E(D) & F(D) \end{vmatrix}$$

pour autant que ce déterminant D ne s'annule pas identiquement.

Si D=0, les équations du système sont dépendantes, de tels systèmes ne seront pas considérés dans ce travail.

7 DEUX METHODE DE RESOLUTION

Il existe plusieurs méthodes de résolution mais nous allons utiliser deux méthodes. La méthode de la résolution est évidemment la dérivation et élimination, mais dans ce cas-ci, nous pouvons utiliser les opérateurs de dérivation.

1) Utilisons maintenant les opérateurs de dérivation. Nous allons pouvoir procéder comme s'il s'agissait de résoudre un système de deux équations algébriques à deux inconnues, ceci est dû au fait que l'opérateur D peut être traité comme il s'agissait d'un coefficient littéral en algèbre.
2) Nous allons utiliser la méthode de déterminant en considérant, comme dans la première méthode, que nous avons à résoudre un système de deux équations à deux inconnues y_1 et y_2 et en considérant D comme un coefficient littéral.

Procédé fondamental : résoudre un système d'équation différentielle ordinaire comportant n fonctions, consiste à obtenir par dérivation des équations données et par élimination, un ensemble de n équations telles que dans chacune une figure qu'une seule fonction : nous pourrons le comprendre à ces exemples.

Exemples : $\begin{cases} 2\frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} - 4x - y = e^t \ (1) \\ \frac{dx}{dt} + 3x + y = 0 \quad (2) \end{cases}$

Solution : on remarque d'abord que la solution générale x=x(t), y=y(t) de ce système vérifié aussi.

$\frac{d^2x}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + \frac{dy}{dt} = 0$ (3) obtenue en dérivant (2)

De plus, en multipliant (1) par -1 ; (2) par -1 et (3) par 1, et en ajoutant, on obtient $\frac{d^2x}{dt^2} + x = -e^t$ (4) qui est aussi vérifiée par x=x (t), y=y(t). Cette dernière équation, qui est indépendante de y et ses dérivées peut se résoudre aisément et x=c_1 cos t +c_2 sin t-$\frac{1}{D^2+1}e^t$ (5) et entre $(1), (2), (3) et$ (5), et on élimine λ et ses dérivées. Il est cependant plus simple de procéder comme suit :

De(2), on tire y= -$\frac{dx}{dt} - 3x = -(-c_1 \sin t + c_2 \cos t - \frac{1}{2}e^t)$-3($c_1 \cos t + c_2 \sin t - \frac{1}{2}e^t$)= ($c_1-3c_2$) sin t − (3c_1 + c_2) cos t + 2e^t est donc la solution générale.

Quand les équations sont écrites à l'aide de l'opérateur D, il y a un parallélisme frappant entre les procédures utilisées ici et les méthodes de résolutions d'un système de n équations à n inconnues. Cela est dû au fait, déjà noter que l'opérateur D peut quelque fois être traité comme une simple variable numérique.

Solution 2 : considérons le système

$\begin{cases} 2(\mathrm{D}-2)\mathrm{x} + (\mathrm{D}-1)\mathrm{y} = e^t \ (1) \\ (2+3)\mathrm{x} + \mathrm{y} = 0 \ (2) \end{cases}$

En procédant comme le cas de deux équations à deux inconnues x et y, on multiplie (2) par $(D-1)$. On repère alors sur (2) par $(D-1) = (\frac{d}{dt} - 1)$ pour obtenir $(D-1)(D+3)x + (D-1)y = 0$ dont on soustrait (1) pour obtenir $(D-1)(D+3) - 2(D-2)x = -e^t$ ou $(D^2+1)x - e^t$. Cette dernière équation n'est autres que (4), comme on pouvait le prévoir, puisque faire opérer $(D-1)$ sur (2), c'est dériver (2) et lui ajouter son opposé, comme dans la première solution. La solution générale est obtenue de la même façon que dans la solution 1.

Solution3.

On peut aussi à l'aide de déterminant du système A' obtenir :

$\begin{vmatrix} 2(D-2) & D-1 \\ D+3 & 1 \end{vmatrix} x = \begin{vmatrix} e^t & D-1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$ et $\begin{vmatrix} 2(D-2) & D-1 \\ 0+3 & 1 \end{vmatrix} y = \begin{vmatrix} 2(D-2) & e^t \\ 0+3 & 0 \end{vmatrix}$ où $(D^2+1)x = -e^t$ et $(D^2+1)y = 4e^t$.

La 1ère de ces équations est l'équation (4) et la seconde aurait été obtenue par le procédé mentionné et non utilisé dans la solution 1.

Nous allons voir maintenant pourquoi nous avons écarté son emploi. Les solutions de ces deux équations sont :

X=C_1 cos t +C_2.sint-$\frac{1}{2}e^t$ (b) et y= C_3 cos t+C_4sint + 2e^t on voit d'après (b) et (7) qu'on a introduit des solutions étrangères.

Pour les éliminer, (c'est-à-dire pour réduire le nombre de constantes arbitraires) on reporte dans (2) et l'on constate que (2+3C_1+C_3) cos t + (3(2-C_1+C_4) sin t=0 doit être identiquement vérifié, doncC_3= -(3C_1+C_2) et c4= C_1-3C_2.

Lorsque ces valeurs sont reportées dans (b) et (7), on obtient bien la solution générale déjà trouvé. Le nombre de constantes arbitraires indépendantes qui apparaissent dans la solution générale du système

$$\begin{cases} F1\,(D)x + g1(D)y = h1(t) \\ F2\,(D)x + g2(D)y = h2(t) \end{cases}$$

est égal au degré de D dans le déterminant $\Delta = \begin{vmatrix} F1(D) & g1(D) \\ F2(D) & g2(D) \end{vmatrix}$ à condition que D ne soit pas nul

Nous ne considérons pas ici de système où D=0.

Pour le système A' : D= $\begin{vmatrix} 2(D-2) & D-1 \\ (D-3) & 1 \end{vmatrix}$= -(D^2+1)

Le degré (2) de D correspond au nombre des constantes arbitraires qui apparaissent dans la solution générale. Le théorème pour s'étendre aisément au cas de n équation à n inconnues

Exemples :

Résoudre les systèmes

1. $\begin{cases} (D-1)x + Dy = 2t + 1 (1) \\ (2D+1)x + 2Dy = t\,(2) \end{cases}$

En retranchant deux fois (1) de (2) on tire 3x= -3t-2. En substituant x= -t -2/3 dans 1 on obtient Dy= 2t + 1 – (Dy-1) x = $t + \frac{4}{3}$ et y = $\frac{1}{2}t^2 + \frac{4}{3}t + c1$.

La solution générale est x= -t -$\frac{2}{3}$, y = $\frac{1}{2}t^{2+}\frac{4}{3}t + c1$

Remarquer que $\begin{vmatrix} D-1 & D \\ 2D+ & 2D \end{vmatrix}$ est de degré 1 en D et il n'y a qu'une seule constante arbitraire.

2. $\begin{cases} (D+2)x + 3y = 0\ (1) \\ 3x + (2D+1)y = 2e^{2t}\,(2) \end{cases}$

En faisant opérer D+2, sur 1), en multipliant 2) et en ajoutant: (D²+4D-5)x = -6e$^{2t.}$

D'où x = C$_1$e^t + C$_2$e^{-5t} - $\frac{6}{7}$ e^{-5t}. de 1) y = -$\frac{1}{3}(D+2)x = -$ C$_1$e^t + C$_2$e^{-5t} - $\frac{8}{7}$ e^{-2t}

3. $\begin{cases} (D-3)x + 2(D+2)y = 2\sin t\ \ (1) \\ 2(D+1)x + (D-1)y = \cos t.\ (2) \end{cases}$

En faisant opérer D-1 sur 1) et 2(D+2). Sur 2), on obtient

3) (D-1) (D-3) x + 2(D-1) (D+2)y = (D-1) [2 sin t] = 2 cos t – 2 sin t

4) 4 (D+2) (D+1) x + 2(D+2) (D-1)y = 2(D+2) cos t = 4 cos t – 2 sin t

En retranchant 3) de 4) et en remarquant que (D-1) (D+2) = (D+2) (D-1), puisque les opérateurs sont affectés de coefficient constants.

$[4(D^2+3D+2) - (D^2-4D+3)]x = (3D^2+16D+5)x = 2\cos\ t\ \ et$

X=c_1e^{-5t}+$c_2e^{-t/3}$ + $\frac{2}{3D^2+16D+5}\cos t = c_1e^{-5t} + c_2e^{-t/3} + \frac{1}{8D+1}\cos t$

= c_1e^{-5t}+$c_2e^{-t/3}$ + $(8\sin t + \cos t)/65$

De 2), (D-1)y = cos t-2(D+1)x

= cos t +8$c_1e^{-5t} - \frac{4}{3}c_2e^{-t/3} - (18\cos t + 14\sin t)/65$

= $8c_1e^{-5t} - c_2e^{-t/3} + (47\cos t - 14\sin t)/65$

D'où $ye^{-t} = \int 8\,c_1e^{-6t} - \frac{4}{3}c_2e^{-4t/3} + \frac{47\cos t - 14\sin t}{65}e^{-t})dt$

= $\frac{4}{3}c_2e^{-4t/3} + \frac{61\sin t - 33\cos t}{130}e^{-t} + c_3$

Et y = $-\frac{4}{3}c_2e^{-5t} + c_2e^{-t/3} + \frac{61\sin t - 33\cos t}{130} + c_{3e}{}^{t}$

Puisque le degré Δ $est\ 2$, la solution générale ne comporte que deux constantes arbitraires.

D'où la substitution de x et y dans (1) donnera $c_3 = 0, et$

X= c_1e^{-5t}+$c_2e^{-t/3}$+$\frac{8\sin t + \cos t}{65}$, $y = \frac{4}{3}c_1e^{-5t} + c_2e^{-t/3} + \frac{61\sin t - 33\cos t}{130}$ est la solution générale.

4. $\begin{cases}(D^2-2)x - 3y = e^{2t} & (1)\\ (D^2-2)y + x = 0 & (2)\end{cases}$

Trouver la solution répondant aux conditions x=y=1, Dx=Dy=0 lors que t=0.

En faisant opérer $D^2\ sur\ D$ pour obtenir $D^4x - 2D^2\,y = 4e^{2t}$ en subissant $D^2x = 2x + 3y + e^{2t}\ tiré\ de\ (1)\ et\ D^2 = -x - 2y\ tiré\ de\ (2).\ on\ a\ (D^4-1)x = 6e^{2t}$.

D'où x= c_1e^{t}+$c_2e^{-t} + c_3\cos t + c_4\sin t + \frac{2}{5}e^{t}\ et\ par\ (1)$

y= $\frac{2}{3}[(D^2-2)x - e^{2t}] = -\frac{2}{3}(c_1e^{t} + c_2e^{-t}) - (c_3\cos t + c_4\sin t) - \frac{1}{15}e^{t}$.

Remarquez que x pouvait s'obtenir aussi en utilisant les déterminants. Ainsi,

$\begin{vmatrix}D^2-2 & -3\\ 1 & D^2+2\end{vmatrix}$ x = $\begin{vmatrix}e^{2t} & 3\\ 0 & D^2+2\end{vmatrix}$ ou $(D^4-1)x = 6e^{2t}\ etc.$

Quand t=0, x= c_1+$c_2 + c_3 + c_4 + \frac{2}{5} = 1\ et\ D_x = c_1$+$c_2 + c_3 + c_4 + \frac{4}{5} = 0$

y= $\frac{4}{5}$(c_1+c_2) − $c_3 - \frac{1}{15} = 1\ et\ D_y = -\frac{1}{3}$($c_1$- c_2) − $c_4 - \frac{2}{15} = 0$.

D'où $c_1 = \frac{3}{4}, c_2 = \frac{7}{3}, c_3 = -\frac{19}{10}, c_4 = \frac{1}{5}$et la solution particulière cherchée est

x = $\frac{1}{4}$(3e^{t}+ $7e^{-t}$) − $\frac{1}{10}$(19 cos t – 2 sin t) + $\frac{2}{5}$e^{2t}

y = -$\frac{1}{12}(3et+7e^{-t}) + \frac{1}{10}(19\cos t - 2\sin t) - \frac{1}{15}e^{2t}$

5. $\begin{cases}(D+1)x + (D^2-1)y = e^{t}(1)\\ (D^2-D)x + D + 1)x + (D^2 - D + 1)y3y = t^2 \quad (2)\end{cases}$

En faisant opérer $D^2 + D + 1\ s$ur 1), et D+1 sur 2), et en retranchant, on obtient

$2_y = t^2 + 2_t - 3_{e^t}\ et\ y = \frac{1}{2}t^2 + t - \frac{3}{2}t^2$

En faisant opérer $D^2 - D + 1\ sur\ 1)\ et\ D - 1$, sur 2), et en tranchant, on obtient

$2_x = t^2 - 2_t + e^t\ et\ x = \frac{1}{2}t^2 - t + \frac{1}{2}e^t$

Remarquer que $\begin{vmatrix}D+1 & \mathrm{D}-1\\ D^2 & D^2-D+1\end{vmatrix}$=2 est de degré 0 en D. il n'y a donc pas de constante arbitraire dans la solution.

6. $\begin{cases} D^2x - m^2y = 0 \ (1) \\ D^2y + m^2x = 0 \ \ (2) \end{cases}$

En faisant opérer $D^2 \ sur \ 1) \ et \ en \ substituant \ D^2y = -m^2x \ tiré \ de \ 2), on \ obtient$

$D^4x - m^2(-m^2x) = D^4x + m^4x = (D^4 + m^4)x = 0. D' où \ D = \pm\frac{m}{\sqrt{2}}(1 \pm i) \ et$

x= $e^{\frac{mt}{\sqrt{2}}}\left(c_1 \cos mt/\sqrt{2} + c_2 \sin mt/\sqrt{2}\right) + e^{-\frac{mt}{\sqrt{2}}}\left(c_3 cos\frac{mt}{\sqrt{2}} + c_4 \, cos\frac{mt}{\sqrt{2}}\right)$.

8 CONCLUSION

L'étude entamée dans ce travail a abordé la résolution du système d'équations différentielles ordinaires, à coefficients constant de manière explicite. Nous avons venons de mettre à la disposition des matheux un outil de référence susceptible de compléter leur formation sur les équations différentielles ordinaires. Le travail que nous avons développé avait comme objet de rendre potable certaines littératures parsemées dans les ouvrages d'analyses et traitant sur le système d'équations différentielles ordinaires linéaires à coefficients constants de manière à être comprise très largement. Plusieurs méthodes ont été développées suivants chaque catégorie d'équations. Et la résolution des systèmes est donnée et illustrée de de manière plus concrète et pragmatique.

REFERENCES

[1] J. MASSART (1969), *cous d'analyse, tome2*, Edit DUNOD, paris

[2] AYERS JR.F (1972), *théorie et problème des équations différentielles*, MC GRAW-Hill, New-York, 1ère Edition,

[3] W.A GRANVILLE et al l (1970), *élément de calcul différentiel et intégral*, librairie Vuibert boulevard saint germain, 63, paris.

[4] P. FLORBERT, G. LAUTON et all (1978), *outils et modèles mathématiques, équations et Systèmes différentiels, tome4. P.44*, librairie Vuibert 63, boulevard saint germain, paris.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 215-227
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Quantification de la production de déchets médicaux solides de l'hôpital Mohamed V de Meknès (Maroc)

J. BOUZID[1-2], A. CHAHLAOUI[1], S. JAOUHAR[2], A. BOUHLAL[1], and K. OUARRAK[3]

[1]Equipe Gestion et valorisation des ressources naturelles, Laboratoire Santé et environnement, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

[2]Institut Supérieur des Professions Infirmières et Techniques de Santé Fès, Annexe Meknès, Meknès, Maroc

[3]Laboratoire d'analyses médicales du Centre Hospitalier Régional de Meknès, Meknès, 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: Hospitals produce waste in the care unit. The demographic and medical technology change affect the production of waste, said medical and pharmaceutical, is increasing. The importance of quantifying the daily waste generation is well established.

Our study aims to measure the production of solid medical waste at the Mohamed V hospital in Meknes over a period of four weeks and to determine the proportion of hazardous waste. This hospital consists of 9 levels (5 floors, a ground floor and 3 basement) and its shape is radiant in 4 pavilions.

The results show that the production of waste at the Mohamed V hospital remains within acceptable limits of estimated production in Morocco to 3kg per occupied bed per day.

KEYWORDS: Medical waste, hospital, Meknès city, Production, hazardous wastes.

RESUME: Les hôpitaux produisent des déchets lors de la prise en charge de leurs patients. L'évolution de la démographie et de la technologie médicale fait que la production de ces déchets, dits médicaux et pharmaceutiques, ne cesse d'augmenter. L'importance de quantifier la production journalière des déchets n'est plus à démontrer. Notre étude vise à mesurer la production des déchets médicaux solides au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès sur une période de quatre semaines et de déterminer la proportion des déchets dangereux. Cet hôpital est le plus grand établissement de santé qui dessert la population de toute l'ex région Meknès / Tafilalet. Il est constitué de 9 niveaux (5 étages, un rez-de-chaussée et 3 sous-sols) et sa forme est rayonnante à 4 pavillons. Les résultats montrent que la production de ces déchets au niveau de l'hôpital Mohamed V reste dans les limites acceptables de production estimée au Maroc à 3kg par lit occupé par jour.

MOTS-CLEFS: Déchet médical, Hôpital, Ville de Meknès, Production, Déchet dangereux.

1 INTRODUCTION

Les déchets médicaux et pharmaceutiques (DMP) sont le produit des activités de soins prodigués au niveau des structures hospitalières (1). Leur gestion, leur élimination ainsi que leur production représentent des irritations écologiques et sanitaires actuelles ; en effet les hôpitaux, les cliniques et autres structures de diagnostic et/ou de traitement produisent des déchets qui sont très dangereux et mettent les gens sous le risque de maladies parfois mortelles (2). La loi 28 00 relative aux déchets définit les DMP comme étant tout déchet issu des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, palliatif ou curatif dans les domaines de la médecine humaine ou vétérinaire et tous les déchets résultant des activités des hôpitaux

publics, des cliniques, des établissements de la recherche scientifique, des laboratoires d'analyses opérant dans ces domaines et de tous établissements similaires (3)**.**

La Croissance démographique, le développement industriel et le développement de la technologie médicale entraînent une augmentation de la production des différents types de déchets responsables d'une menace sérieuse pour l'Homme et l'environnement (4)**,** (5)**.**

I. Les activités médicales génèrent des déchets qui doivent toujours être jetés aux points d'utilisation par la structure prestataire de soins. La quantité de déchets générés devrait toujours être minimisée et des précautions devraient être prises pendant leur manipulation **(6)**. L'intérêt de quantifier la production journalière des déchets dans chaque établissement de soins réside dans la connaissance du poids et du volume des déchets produits quotidiennement **(7)**. En effet, l'Organisation internationale de normalisation a souligné l'importance de la quantité de déchets produits en adoptant comme thème «Moins de déchets, résultats meilleurs – Les normes augmentent l'efficacité» à l'occasion de la Journée Mondiale de la Normalisation célébrée le 14 octobre 2012 **(8)**. On admet que 75 à 90 % de ces déchets sont comparables aux déchets domestiques ou déchets urbains et ne représentent pas de danger particulier contre 10 à 25 % qui sont considérés comme déchets médicaux dangereux ou déchets spéciaux **(6)**. Ces derniers représentent des risques pour l'environnement et pour la santé **(9).**

En règle générale, la production des DMP dépend de plusieurs facteurs, notamment les méthodes de gestion, le nombre de lits et le taux d'occupation, le nombre de patients traités quotidiennement, le degré de spécialisation des soins pratiqués, le plateau technique, l'utilisation du matériel jetable (10)**.**

La quantité de déchets produits dans un hôpital va dépendre du niveau de revenu national et du type de la structure (11)**.** Un hôpital universitaire dans un pays à haut revenu peut produire jusqu'à 10 kg de déchets par jour et par lit, toutes catégories confondues. Dans chaque structure, une estimation des quantités de déchets produits doit être réalisée. Un hôpital d'une centaine de lits produira en moyenne 1,5 à 3 kg de déchets par jour et par patient suivant le contexte (toutes catégories confondues, avec les déchets domestiques) (11). Les déchets infectieux sont ceux susceptibles de générer des infections représentent moins de 8 % de l'ensemble des déchets (12). Pour pouvoir établir un programme efficace, l'OMS recommande certaines mesures, entre autres, la nécessité d'exécuter une étude au préalable sur les déchets qui sont produits ou qui sont susceptibles de l'être, pour déterminer leur quantité et leur typologie (13).

Au Maroc, la production de déchets est estimée en 2010 à 21 000 tonnes par an (14) dont 11910 sont médicaux contre 6500 000 tonnes par ans pour les Déchets ménagers (10). Dans la gestion des déchets une règle d'or dit que ''le meilleur déchet est celui qui n'est pas produit". La pratique de la séparation en différents types de déchets dans les établissements de soins de santé doit être évaluée scientifiquement plus (15).

II. La direction des affaires de l'assistance publique des hôpitaux de Paris précise que le fait d'évaluer ponctuellement la quantité des déchets produits par un établissement est délicat, car celle-ci est liée à plusieurs facteurs **(6)** :

- La nature et la diversité des services de l'établissement : en effet, un centre hospitalier comprenant un service de chirurgie, d'obstétrique ou de pédiatrie, génère davantage de déchets (compresses, pansements, flacons, seringues...) qu'un centre de long séjour dont l'activité consiste essentiellement en l'hébergement.
- La taille de l'établissement : pour un grand hôpital, le pourcentage important des membres du personnel ou du corps universitaire prenant un repas sur place peut avoir une incidence notable sur la quantité de déchets de cuisine produite.
- Autres paramètres, tels que le degré d'utilisation des objets à usage unique, ou de l'eau conditionnée.

Pour calculer la production journalière de déchets de soins médicaux dangereux générés par lit dans chaque établissement sanitaire, il existe essentiellement deux méthodes (16). La première consiste à peser tous les sacs/poubelles avant qu'ils ne soient vidés/éliminés. Cette option est la plus précise et devrait être utilisée ; autrement il est possible d'obtenir une estimation suffisamment bonne en additionnant les nombres et en estimant le volume de conteneurs (sac, poubelle à ordure) utilisés pour la collecte des DMP dans chaque unité de soins pour une période de temps déterminée. Finalement un ratio de masse volumique (qui varie selon le type de déchets jetés dans les conteneurs et le taux d'humidité) est appliqué pour déterminer le poids total de déchets de soins médicaux (16),

Au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès, notre étude porte essentiellement sur deux objectifs principaux :

- La Quantification de la production des deux types de DMP : les Déchets d'Activité de Soins à Risque Infectieux (DASRI) et les Déchets Ménagers (DM).
- La Détermination de la proportion de Chacun des deux types de DMP.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU DE L'ETUDE

Cette étude s'est effectuée au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès vu son histoire (1956) et sa renommée qui font de lui un centre de référence de soins et de consultations de rayonnement régional voir même interrégional. Situé en pleine ville (figure 1), il est le plus important des établissements hospitaliers de l'ex région Meknès-Tafilalt. D'après le haut-commissariat du plan, il dessert une population d'environ 2 125 608 habitants. C'est un hôpital vertical constitué de cinq étages, un rez-de-chaussée et trois sous-sols. Il a eu, en 2011 et en 2012, le premier prix du concours qualité organisé par le ministère de la santé (17). Ses services sont disposés en quatre ailes sous forme d'étoile autour d'un hall. Il est implanté sur une superficie construite de 3643 m^2 (18). Il offre des prestations de diagnostic et de soins spécialisés dans 22 disciplines (9) avec un taux d'hospitalisation de 0.98% Selon la direction régionale de la santé Meknès-Tafilalet. La capacité litière fonctionnelle a atteint 378 en 2013 (18)**.** Les indicateurs de performances de l'hôpital sont présentés sur l'annexe 1.

Il est constitué de Cinq étages, un rez-de-chaussée et trois sous-sols dont la constitution est la suivante :

Etage 5 : Département de médecine (service de médecine interne C1, infectiologie et de gastroentérologie C2) et le service du nid

Etage 4 : Département de Médecine (cardiologie, pneumologie, endocrinologie, médecine pénitencière.

Etage 3 : Pédiatrie, neurologie, Brûlures

Etage 2 : Département de Chirurgie (Viscérale, chirurgie infantile, traumatologie)

Etage 1 : bloc opératoire, réanimation polyvalente (médico-chirurgicale), traumatologie, neurochirurgie

Rez-de-chaussée : pharmacie, imagerie médicale, services des urgences

Sous-sol 1 : laboratoire d'analyses médicales, laboratoire d'anatomopathologie,

Sous-sol 2 : cuisine, atelier, buanderie, morgue

Sous-sol 3 : canalisation, installation chaudière …..

Figure 1 : Localisation de l'hôpital Mohamed V de Meknès

2.2 MATERIEL

Les DMP utilisés sont de deux types : les déchets d'activités de soins à risque infectieux DASRI contenus dans les sacs rouges et les déchets ou ordures ménagers (DM) contenus dans les sacs noires.

- Selon le système des codes couleur des déchets de soins médicaux élaboré par l'OMS en 2005 (annexe 2), les sacs utilisés sont de couleur rouge renfermant les DASRI et de couleur noire pour les DM.
- Balance suspendue.

2.3 METHODE

Cette étude traite uniquement des déchets solides, sont ainsi exclus les déchets radioactifs, les corps et les grandes pièces anatomiques, les déchets liquides admissibles dans le réseau d'assainissement et les déchets inertes (démolition, gravats,...).

- Pour les DM : Réalisation de pesées quotidiennes pour une durée de quatre semaines. Les mesures des déchets contenus dans des sacs noirs au niveau des cinq étages de l'hôpital ont été réalisées vers 06 heures du matin avant de les évacuer.
- Pour les DASRI, nous avons collectée les quantités à partir des registres de l'équipe opérationnelle d'hygiène du comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN).de l'hôpital sur une période de deux mois.

Après avoir pesé les déchets à l'aide d'une balance suspendue, on tranche le poids des sacs noirs qui est de 80 g par sac.

La production (P) de déchets par lit occupé par jour est calculée selon la formule déduite de celle de F.Nemathaga et all en 2007 (19) :

$$P=Q/(TOM \times Cl)/j$$

Où :

Q : quantité de DMP en kg

TOM : taux d'occupation moyenne (recueilli auprès du service des statistiques de l'hôpital)

Cl : capacité litière

Les étapes de mener cette étude sont les suivantes :

La Détermination du rapport DASRI/DM est basée sur la règle de trois et est présentée sur l'annexe 3.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats sont scindés en trois parties : la première est réservée à la production des déchets ménagers, la deuxième est consacrée à la production des DASRI alors que la troisième est dédiée à la détermination des parts de chacun des deux types de DMP (DM et DASRI).

3.1 PRODUCTION DE DECHETS MENAGERS (DM)

Les quantités moyennes hebdomadaires de DM sont de 2034 kg (tableau I). La quantité moyenne de DM est de 290 kg/j. A l'hôpital Avicenne de Rabat, Bahri et *al.* ont établi cette quantité à 1124 kg/j (20).

Tableau I : La production hebdomadaire en DM par étage par semaine

DM	Quantité en kg						
	S1	S2	S3	S4	Total	Moyenne	Ecart type
Etage 5	304	246	361	269	1180	295,00	50,047
Etage 4	467	431	443	454	1795	448,75	15,370
Etage 3	506	485	467	511	1969	492,25	20,255
Etage 2	445	384	417	469	1715	428,75	36,628
Etage 1	376	402	320	381	1479	369,75	35,027
Total	2098	1948	2008	2084	8138	2034,50	69,921

Le taux d'occupation de lit est indicateur essentiel de la performance, de l'efficience et de l'efficacité des hôpitaux (21). Plus il augmente, plus l'hôpital est performant. Le tableau II présente la capacité litière et le taux d'occupation moyenne de l'hôpital Mohamed V de Meknès.

Tableau II : Capacité litière et le taux d'occupation moyenne

	Capacité litière	TOM
Hôpital Mohamed V	**378**	**53%**

Source : service des statistiques de l'hôpital

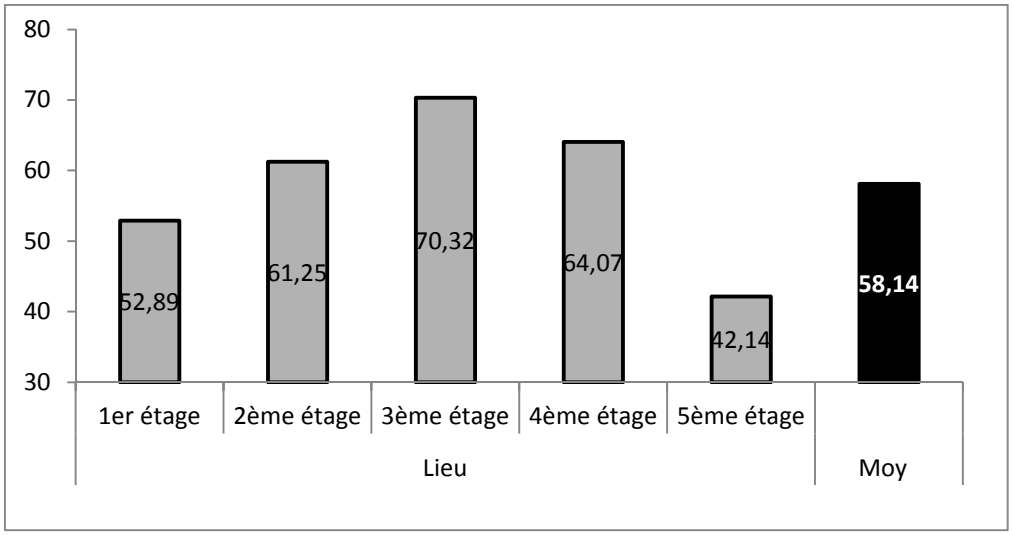


Figure 2 : Quantités moyennes quotidienne de DM par étage

Nous remarquons que la production maximale est au niveau du troisième étage (figure 2). Ce constat pourrait s'expliquer par le fait que cet étage contient le service de la pédiatrie où les enfants sont hospitalisés avec leur mamans qui produisent en déchets de différentes origines : ceux issus des préparations de cuisine et ceux relatif aux changements de couches pour leur enfants.

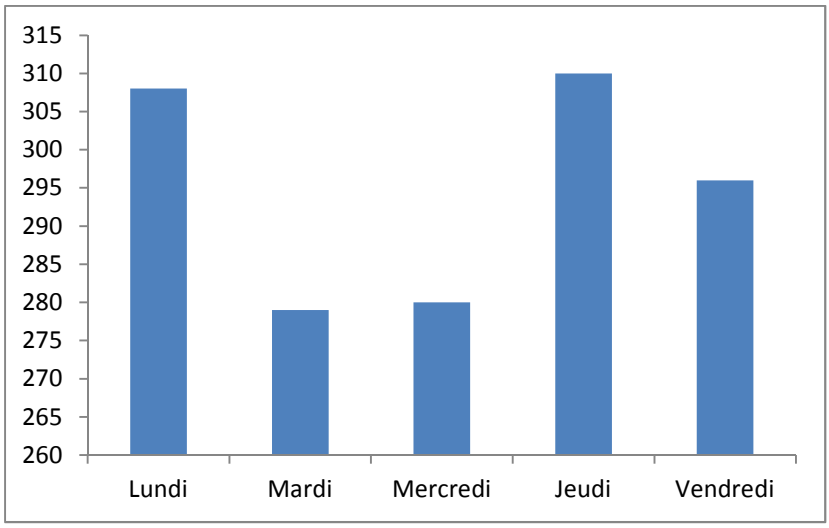


Figure 3 : Quantités moyennes de DM selon le jour

Les jours les plus productifs au niveau de l'hôpital sont les lundis et les jeudis (figure 3) ; ceci peut s'expliquer pour les premiers par le fait que l'évacuation des DM ne se fait pas les week-ends ce qui engendre un cumul de quantités depuis vendredi jusqu'au lundi.

En rapportant la quantité de DM produits sur le taux d'occupation moyenne et en prenant en considération la capacité litière, la production de DM au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès est de 2,03 kg/lit occupé/j (tableau V). Tandis que

z.M et all, en 2006 à l'hôpital Ibn Sina de Rabat, ont calculé la production par jour sans prendre en considération l'occupation des lits, ils l'ont établie à 1,2 kg/lit/jour (20).

3.2 PRODUCTION DES DASRI

Dans cette section, nous présenterons les quantités produites de déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI) sur un mois de pesée quotidienne.

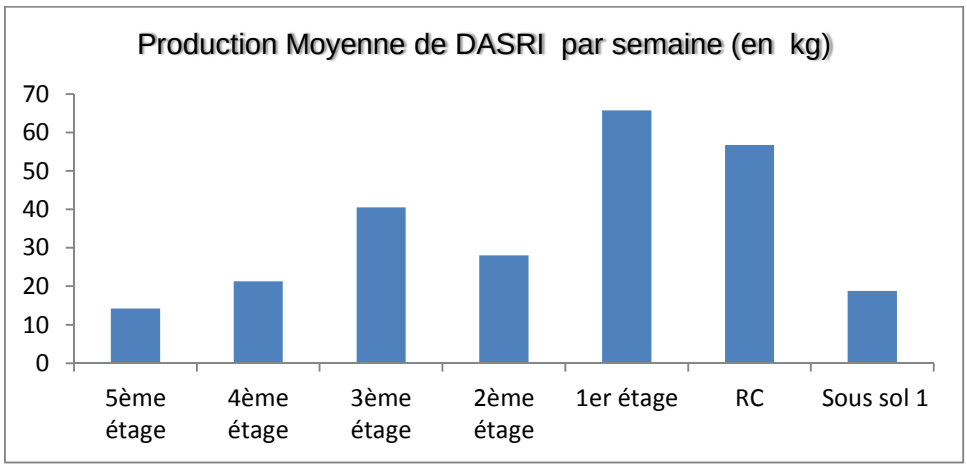


Figure 4 : Production moyenne hebdomadaire en DASRI

Il ressort du tableau III que la quantité produite en DASRI sur un mois est égale 981 kg. Les quantités moyennes hebdomadaires sont de 245 kg soit une moyenne quotidienne de 49,05 kg.

On remarque que la production maximale est au niveau du rez-de-chaussée et du 1er étage (figure 4). Ce constat pourrait s'expliquer par le fait que ces étages renferment des unités de soins (services) à vocation chirurgicale. Le 3ème étage produit une quantité importante (figure 4) car il contient le service de brûlés où le changement de pansement pour les malades consomme une quantité importante de compresses et de matériel fongible (gants, tubulures, seringues…..) ;

En rapportant la quantité de DASRI produits sur le taux d'occupation moyenne et en prenant en considération la capacité litière, la production de DASRI au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès est de 0,24 kg/lit occupé/j (tableau V).

Tableau III : Production de déchets d'activités de soins à risque infectieux :

	S1	S2	S3	S4	Total	Moy semaine	Moy/ jour
5ème étage	12	11	14	20	57	14,25	2,85
4ème étage	18	16	23	28	85	21,25	4,25
3ème étage	35	30	47	50	162	40,50	8,10
2ème étage	26	25	27	34	112	28,00	5,60
1er étage	62	58	69	74	263	65,75	13,15
RC	57	44	57	69	227	56,75	11,35
Sous sol 1	14	16	17	28	75	18,75	3,75
Total	224	200	254	303	981	245,25	49,05

3.3 PROPORTION DES DASRI ET DES DM

Nous montrerons dans cette rubrique le calcul des productions des deux types de déchets médicaux ; à savoir les déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI) et ceux ménagers (DM).

Le tableau IV montre que la proportion des DASRI par rapport au DMP varie entre 17,7% et 3,6% respectivement au niveau des services à vocation chirurgicale (1er et 2ème étage) et au niveau des services à vocation médicale (4ème et 5ème étage).

Tableau IV : Part des DMP

DASRI/DMP	S1	S2	S3	S4	Total
Etage 5	3,8%	4,3%	3,7%	6,9%	4,8%
Etage 4	3,7%	3,6%	4,9%	5,8%	4,7%
Etage 3	6,5%	5,8%	9,1%	8,9%	8,2%
Etage 2	5,5%	6,1%	6,1%	6,8%	6,5%
Etage 1	14,2%	12,6%	17,7%	16,3%	17,8%
Total	6,8%	6,7%	8,2%	9,0%	8,3%

Comparés aux déchets ménagers, les quantités de déchets d'activités de soins à risque infectieux sont faibles, mais restent à une proportion très importante. En effet, le rapport DASRI/DM est de presque 9%. En France, ce rapport est de 5% (4).

La production au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès est de 2.24 kg/lit occupé/j (elle varie entre 2,14 et 2,38) (tableau V) alors que BAHRI et all ont mesuré la quantité à chiffré à 1,75 kg par lit par jour sans la rapporter aux lits occupés (20). En 2010, la production unitaire moyenne à l'échelle nationale est estimée à 3 Kg par lit occupé et par jour, avec des variations, selon la discipline hospitalière, allant de 1,5 à 4,5 kg par lit occupé et par jour (22).

La production des DASRI est de 0,24kg/lit occupé/j alors que celle des DM est de 2,03 kg/lit occupé/j (tableau V).

A Rabat cette production est de 0,55 kg/l/j pour les DASRI et 1,2 kg/l/j pour les DM soit respectivement un pourcentage de 31,5% et de 68,5% (20). Une étude menée en Algérie sur les DASRI au niveau de 69 établissements a montré que la production moyenne a varié de 1kg/lit/jour à 0,5 kg/ lit /jour en fonction du type d'établissement (23).

Tableau V : Calcul des productions par kg par lit occupé par jour :

	S1	S2	S3	S4	TOTAL
DASRI (kg)	224	200	254	303	981
DM (kg)	2098	1948	2008	2085	8139
Q (kg)	2322	2148	2262	2388	9120
TOM (%)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
P (DASRI) (kg/lit occupé/j)	0,22	0,20	0,25	0,30	0,24
P (DM) (kg /lit occupé/j)	2,09	1,94	2,00	2,08	2,03
P (kg/lit occupé/j)	2,32	2,14	2,26	2,38	2,28
Part des DASRI	10%	9%	11%	13%	11%
Part des DM	90%	91%	89%	87%	89%

En France, l'estimation de la quantité de DASRI à l'Assistance publique- Hôpitaux de Paris est de 2.68 tonnes/lit/an soit presque 7kg/lit/jour (23).

Selon le rapport de l'OMS « Safe Management of Wastes from Health-Care Activities» (1), la production par lit de soin par pays classe l'Amérique du Nord en première position, représentant un taux de production de 7 à 10 kg par lit de soin. Celle en Europe de l'Ouest et en Amérique latine avoisine de 3 à 6 kg par lit de soin. Celle de l'Asie de l'Est, de l'Europe de l'Est ou du Moyen-Orient représente quant à elle entre 1,3 et 4 kg par lit de soin (1).

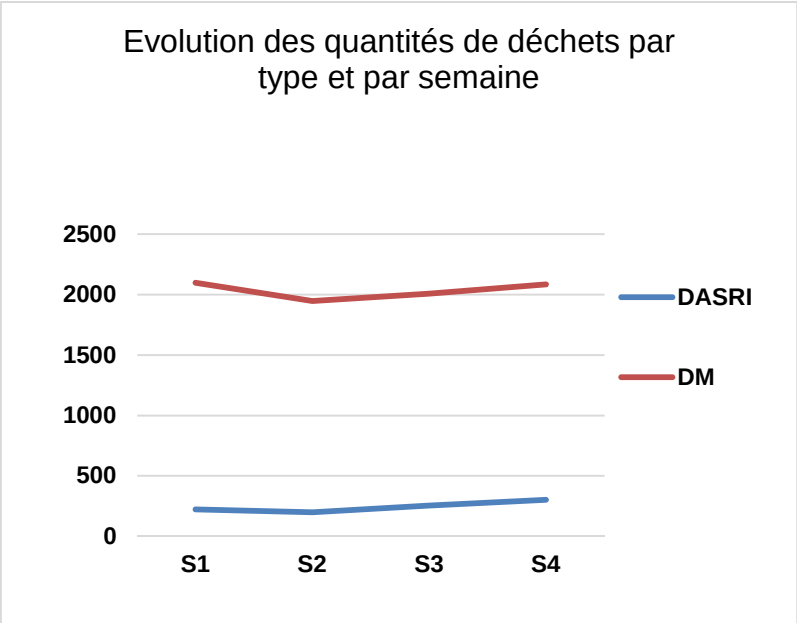


Figure 5 : Evolution des quantités de dechets par type et par semaine

La figure 5 montre que la quantité de dechets, tout type confondu, reste plus ou moins stable d'une semaine à une autre : On n'observe pratiquement pas de différence entre les quantités produites par semaine.

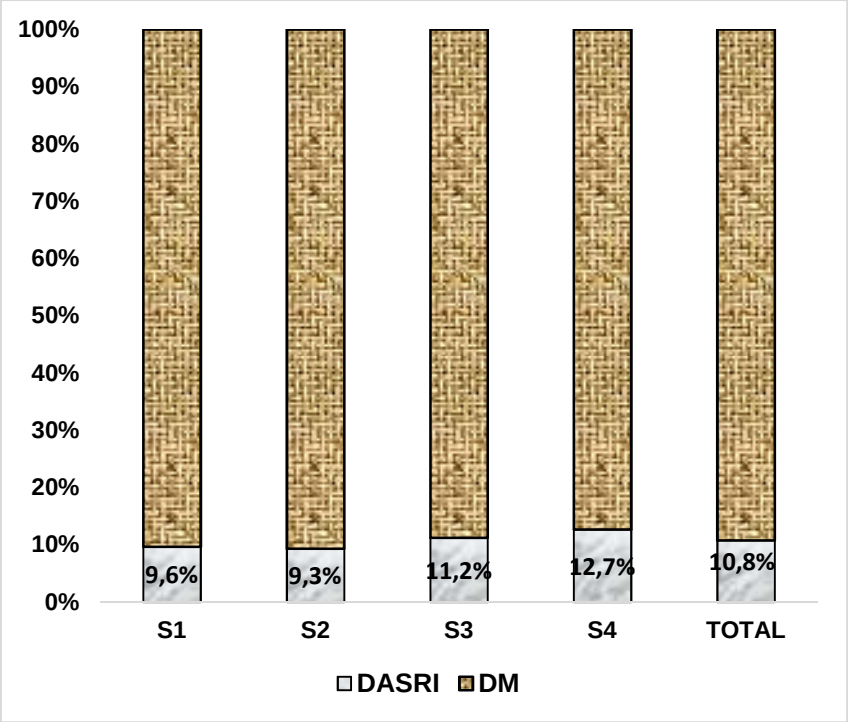


Figure 6 : Part des DASRI versus des DM

La production des DASRI représente 10,8% avec une variation de 9% à 13% contre celle des DM qui est de l'ordre de 87% à 91% (figure 6). Des statistiques de 1999 indiquent aussi que l'hôpital nord-américain moyen produit 9 kg de déchets solides par patient par jour, ce qui est considérable. Une étude était menée à Nanjing pour évaluer l'état de la gestion des DMP a indiqué que le taux de leur production moyenne de la journée est 0,68 kg / lit (5). La production de DMP solides est de 2,78 kg/lit à Abuja (24).

Au Maroc, la production totale hospitalière publique en déchets médicaux est de 9880 tonnes/an (22). Mounier a rapporté qu'aux Etats Unis, les déchets hospitaliers sont estimés à 158 millions de tonnes par an. En France, les déchets hospitaliers et diffus sont estimés à 1,4 millions de tonnes par an (25). L'organisme 'RECYC-QUÉBEC' rapporte qu'en 2008, plus de 13 millions de tonnes de matières résiduelles ont été générées dans la province (26). Dans le domaine médical, une étude menée par le même organisme associée à l'entreprise 'De services-conseils NI Environnement', laquelle s'est étalée sur cinq année (2004-2009), a estimé la production québécoise de déchets du réseau de la santé à presque 97 701 tonnes par an (5). Certains auteurs estiment que la France est le premier producteur européen de déchets hospitaliers avec environ 700 000 tonnes par an (4). La nature de la pathologie constitue un facteur déterminant dans la production des déchets ; à titre d'exemple, un hôpital général de faible capacité produit plus de déchets qu'un hôpital psychiatrique de plus grande capacité (22).

4 CONCLUSION

Au Maroc, la problématique des DMP est très complexe. A l'instar des autres pays, le Maroc s'est engagé à protéger l'environnement. Malgré un arsenal juridique important, la problématique des déchets continue à avoir de l'ampleur surtout que ceux-ci représentent un risque majeur pour l'environnement et pour l'Homme. La présente étude s'est intéressée aux productions des déchets médicaux de l'hôpital Mohamed V de Meknès. Les résultats montrent que les quantités moyennes hebdomadaires sont de 2034 kg et de 245 kg respectivement pour les DM et les DASRI. Le troisième étage est le lieu de a production maximale de DM et de DASRI. Ceci aurait comme explication le fait que cet étage renferme le service de pédiatrie (cuisine, couches…) et le service des brûlés où le changement de pansement pour les malades consomme une quantité importante de compresses et de matériel fongible (gants, tubulures, seringues…). Les jours les plus productifs en DM sont les lundis et les jeudis ; ceci peut s'expliquer par le fait que l'évacuation des DM ne se fait pas les week-ends ce qui engendre un cumul de quantités depuis vendredi jusqu'au lundi.

La proportion des DASRI par rapport au DMP varie entre 17,7% au niveau des services à vocation chirurgicale (1er et 2ème étage) et 3,6% au niveau des services à vocation médicale (4ème et 5ème étage). Comparés aux déchets ménagers, les quantités de déchets d'activités de soins à risque infectieux sont faibles, mais restent à une proportion très importante. La production au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès est de 2.28 kg/lit occupé/j. elle est de 2,03 et O,24 kg par lit occupé par jour respectivement pour les DM et les DASRI. En rapportant la quantité de DM produits sur le taux d'occupation moyenne et en prenant en considération la capacité litière, la production de DM au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès est de 2,28 kg/lit occupé/j. Sous ces aspects, la pratique de la gestion des déchets hospitaliers, dont le souci principal est la propagation des agents infectieux à l'extérieur de l'hôpital, mérite une réévaluation.

REFERENCES

[1] A. Prüss, E. Giroult, P. Rushbrook, "Safe Management of Wastes from Health-Care Activities," Geneva,pp . World Health Organization, p. 2 à 6, 1999

[2] Shareefdeen, Zarook M, "Medical Waste Management and Control," Journal of Environmental Protection, Vol. 3,no 12, pp. 1625-1628, 2012

[3] La loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination. (86Articles). Rabat : Royaume du Maroc, 22 Novembre 2006. B.O. N° 5480.2006

[4] DAOUDI, Mohammed Abdou,"Evaluation de la gestion des déchets solides médicaux et pharmaceutiques à l'hôpital Hassan II D'Agadi,". s.l. : Institut National d'Administration Sanitaire, 2008.

[5] Yong Z., Gang X., Guanxing W., Tao Z., Dawei .J. "Medical waste management in China: a case study of Nanjing." US National Library of Medicine. Avril 2009, Vol. 29, 4, pp. 1376-82,2009.

[6] Direction des affaires juridiques, "Guide sur l'élimination des déchets hospitaliers," s.l. : Assistance public, hôpitaux de Paris, 1988.

[7] Conseil Supérieur d'Hygiène de Bruxelles, "Recommandations en matière de gestion des déchets de soins de santé". s.l. : Conseil Supérieur d'Hygiène Bruxelles, Mars 2005. HGR n° 5109, 2005

[8] ISO, "Moins de déchets, résultats meilleurs – Les normes augmentent l'efficacité." [www.iso.org/iso/fr/news.htm?refid=Ref1656] 14 Octobre 2012. La Journée Mondiale de la Normalisation, 2012

[9] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, BOUHLAL Abdelaziz, AABABOU Salma, AARAB Mouna, JARI Ikram, "Détermination de la prévalence des infections du site opératoire chez les opérés de l'hôpital Mohamed V de Meknès." IJISR, Vol. 14, 2, pp. 198-207, 2015

[10] Direction des hôpitaux et soins ambulatoire, "Guide de Gestion des Dechets des Etablissements de Soins." [éd.] OMS. Rabat : Centre Régional des Activités d'Hygiène du Milieu (CEHA), 2004.

[11] Comité International de la Croix Rouge, "Manuel de gestion des déchets médicaux." ICRC. [En ligne] 09 02 2012. [Citation : 24 12 2014.] https://www.icrc.org/fre/resources/documents/publication/p4032.htm#header. Ref.. 4032.
[12] Sabé Gabriel et Sabé Michel, " Les déchets hospitaliers et les connaissances traitements". Service de chirurgie générale, Hôpital de La Paix, Tripoli, Liban ; HUMAN & HEALTH - No5 - October 2008 p33-39, 2008
[13] EL MAAROUFI .Y, EL OUARDI.E,"Gestion écologique des déchets solides médicaux et pharmaceutiques: Cas de l'hôpital Avicenne de Rabat." [éd.] Université Mohamed V Souissi. Rabat : Centre Stratégique International de la Gouvernance, 2010.
[14] Agence Nationale de gestion des Déchets,"Rapport sur la gestion des déchets solides au Maroc." s.l. : Le réseau régional d'échange d'informations et d'expertises dans le secteur des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Machreq, 2014.
[15] Saini S., Das BK. , Kapi A., Nagarajan SS , Sarma RK., "L'étude de la flore bactérienne des différents types de déchets hospitaliers: l'évaluation du traitement des déchets à l'hôpital AIIMS." 4, New Delhi, Inde : Southeast Asian J Trop Med Public Health, Vol. 35. PMID:15916103, 2004.
[16] Le programme des Nations Unies pour l'environnement, "Préparation des Plans Nationaux de Gestion des Déchets de Soins Médicaux en Afrique Subsaharienne, Manuel d'aide à la décision." s.l. : Organisation mondiale de la Santé , Secrétariat de la Convention de Bâle. ISBN 92 4 254662 3, 2005
[17] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, BOUHLAL Abdelaziz et OUARRAK Khadija, "Caractérisation du risque bactériologique des déchets médicaux et pharmaceutiques solides de l'hôpital Mohamed V de Meknès." International Journal of Innovation and Scientific Research. ISSR Journals, Vol. 20, 2, pp. 259–267, 2016.
[18] BOUZID Jawad, CHAHLAOUI Abdelkader, ZAID Abdelhamid, BOUHLOU Loubna et RACHID.Moulay mehdi,"Etude bactériologique et physico-chimiques des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès." [éd.] ScienceLib Editions. 130803, s.l. : Mersenne, 22 08, Vol. 5, pp. 2-13. ISSN 2111-4706, 2013
[19] Nemathaga, Felicia, Maringa, Sally et Chimuka Luke, "Hospital solid waste management practices in Limpopo Province,South Africa: A case study of two hospitals." Waste Management. ELSEVIER, Vol. 28, pp. 1236–1245, 2008.
[20] BAHRI M. et al. "Les déchets solides hospitaliers : Quantification, analyses bactériologiques du percolet - cas de l'hôpital Ibn SINA." [éd.] de l'Eau et de l'Environnement Ministère de l'Aménagement du Territoire. Tunisie médical., Vol. 84, 1, pp. 34-39, 2006
[21] NKUNA MUSEKELA Hendrick" Le taux d'occupation de l'hôpital Sendwe à Lubumbashi (R.D. Congo)." Université de Lumunbashi. Lubumbashi : Memoire Online, 2007.
[22] BOURET Laurence,"Etude d'accompagnement pour de la gestion des déchets médicaux au Maroc capitalisation de l'expérience française." Strasbourg : Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement, 2010. Mémoire d'obtention du Mastère Spécialisé en ''Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets''.
[23] ABDELMOUMENE T., BENKADDOUR M. et KAOUADJI N, "Risques de santé liés à la gestion de la filière d'élimination des déchets d'activités de soins à risque infectieux." s.l. : PROJET INSP/OMS – Biennium 2008-2009, 2010.
[24] Bassey B.E., Benka-Coker M.O., Aluyi H.S.A., "Characterization and management of solid medical wastes in the Federal Capital Territory, Abuja," African Health Sciences, Mars 2006, Vol. 6, 1, pp. 58–63, 2006.
[25] MOUNIER M., DENIS F. "Risques épidémiologiques liés aux déchets d'activités de soins." Techniques hospitalières. Techniques hospitalières, 632, pp. 57-63, 1998.
[26] Beauchemin Marc (2011) -"*Gestion des déchets hospitaliers."* [éd.] Coordination et rédaction générale. Québec : Corporation d'hébergement du Québec.

ANNEXE 1 : QUELQUES INDICATEURS DE L'HOPITAL MOHAMED V

Indicateur	2009	2010	2011	2012
Population de le région			2186000*	
Capacité litière fonctionnelle	363**	395**	16687*	388**
Admissions	15432**	16473**	79641*	15409**
Journée d'hospitalisation	75865**	79090**	395*	71764**
Taux d'occupation moyen	57**	55**	55.2*	56**
Durée moyenne de séjour	5**	5**	4.8*	5**
Intervalle de rotation	4**	4**	3.9*	4.5**
Taux de rotation	43**	42**	42.2*	40**
Interventions chirurgicales	4314**	3489**	7444*	3788**
Examens de laboratoire	62796**	66079**	36778*	82641**

ANNEXE 2 : TRI DES DÉCHETS SELON LA CATÉGORIE ET LA COULEUR DES SACS

Déchets ménagers et assimilables Sacs noirs	Déchets de soins Sacs rouges ou jaune
-Bottes à usage unique ; - Coiffes à usage unique ; - Couches ; - Emballages divers ; - Emballages du matériel stérile ; - Flacons de perfusion sans tubulure et perforateur ; - Fleurs ; - Journaux ; Papiers - Masques ; - Plâtres non souillés ; - Restes de nourriture ; - Sacs et bouteilles en plastiques vides ; - Sac du chariot de ménage ; - Sac de poubelle ; Verre ;	-Champs à usage unique utilisés ; - Compresses souillées ; - Gants à usage unique - Matériel à usage unique utilisé ; - Membranes de dialyse ; - Pansements ; - Plâtres souillés ; - Poches de drainage et irrigation ; - Poches de sang et d'urines ; - Prélèvements biologiques ; - Seringues ; - Sondes diverses ; - Tubes divers ; - Tubulures de perfusion (partie piquante est mise dans le conteneur pour piquant coupant) etc. - Verre souillé, etc.

ANNEXE 3: FICHE DE QUANTIFICATION DES DMP À L'HÔPITAL MOHAMED V

Hôpital :

Unité de Soins :…….. Date de début :…….

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	TOTAL
DMP (kg)															
DM (kg)															
TOTAL (kg)															
DMP/TOTAL															
TOM (%)															
Pt (kg/j/lit occupé)															
P (kg/j/lit occupé)															

JUSTIFICATIF DE L'ETUDE

La production de déchets de nature diverse dans les établissements de soins, expose à des risques sanitaires graves pour les personnels, les patients, le public d'une part, et pour l'environnement d'autre part.

En milieu de soins, le contrôle de la gestion de l'environnement constitue l'un des axes fondamentaux du programme de lutte contre les infections nosocomiales dites aussi infections associées aux soins ; plus particulièrement, la gestion des déchets, qui intéresse précisément ce travail, s'inscrit dans une démarche d'optimisation de l'hygiène hospitalière et de la lutte contre les infections associées aux soins.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 228-236
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Incidence de la Leishmaniose cutanée dans la préfecture de Meknès au centre du Maroc: Etude rétrospective de 56 cas colligés entre 2009 et 2013

[Incidence of Cutaneous Leishmaniasis In Meknes Prefecture (Centre of Morocco): A retrospective study of 56 cases collected between 2009 and 2013]

H. EL OMARI[1], A. CHAHLAOUI[1], J. BOUZID[1-2], and A. EL OUALI LALAMI[2]

[1]Equipe Gestion et valorisation des ressources naturelles, Laboratoire Santé et environnement,
Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail,
Meknès, Maroc

[2]Institut Supérieur des Professions Infirmières et Techniques de Santé Fès, Annexe Meknès,
Meknès, 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 cutaneous leishmaniasis (CL) is a vector of parasitic disease which is transmitted via a dipterous insect bite, the phlebotomus. It always poses a problem for public health in Morocco and in many countries. It is a widespread pathology that develops under sporadic or endemic form. Having for objective to analyse the epidemiological situation of cutaneous leishmaniasis within Meknes prefecture and to detect the locations that are at risk to transmit this disease. We have offered to conduct a retrospective study of the cutaneous leishmaniasis cases registered at the level of this prefecture all along the period of 2009 through 2013. This research aims to analyse the annual segmentation of the cutaneous leishmaniasis cases according to urban or rural locations as well as the level of incidence by commune and by sectors. Data used is adopted for the epidemiological surveillance inserted in the register of the Epidemiological cell of the prefecture. The studied variables are: the number of cases, the year, the place, and the sector. To collect and to analyse data, we have used excel application. A total of 56 cases are registered by the prefectural cell of epidemiology (EPC) all along the period of 2009 through 2013 among which 56 percent are from the rural areas. 46 percent are from the urban locations. We have equally observed that this pathology spreads in the majority of sectors and locations in the prefecture, with a variable scale of incidence depending on the years. A predominance of the rural sectors :(DKHISSA and Wallili) is noted. In addition, to some urban sectors: (Sidi Amer, Ras Aghil) to take the case 2012 incidence: in respect to the following data : 65.1 ;59.1;23.64; 9.49. These findings are worth reconsideration by other studies in order to determine the ecology and dynamics of the population vector of this disease within range of the main locations of this prefecture.

KEYWORDS: Cutaneous leishmaniasis, Epidemiological surveillance, Incidence, Vectors, Parasites, Meknes prefecture, Morocco.

RÉSUMÉ: La leishmaniose cutanée est une maladie parasitaire se transmettant par la piqûre du phlébotome. Elle constitue un problème de santé publique dans plusieurs pays. Au Maroc, elle sévit sous forme sporadique ou endémique. La présente étude, rétrospective, a pour buts d'analyser la situation épidémiologique à Meknès de cette maladie et de repérer les localités à risque entre 2009 et 2013. Elle vise à analyser l'incidence et la répartition spatio-temporelle des cas de leishmaniose cutanée. Les données utilisées sont celles de la surveillance épidémiologique colligées dans les registres de la Cellule Préfectorale d'Epidémiologie. Les variables étudiées sont : le nombre de cas, l'année, le milieu et le secteur. Le logiciel Excel est utilisé pour le traitement des données. De 2009 à 2013, 56 cas ont été enregistrés par la cellule préfectorale d'épidémiologie. Les milieux rural et urbain representent respectivement 54% et 46% des cas. Cette pathologie se propage

dans la plupart des secteurs et localités de la préfecture, avec un taux d'incidence variable selon les années. Une prédominance des secteurs ruraux Dkhissa et Walili et les secteurs urbains Ras Aghil et Sidi Amer, avec respectivement une forte incidence en 2012 de l'ordre de 65,1 ; 59,1 ; 23,64 et 9,49, a été notée.

MOTS-CLEFS: Leishmaniose cutanée, Surveillance épidémiologique, Incidence, Parasites, Vecteurs, Préfecture Meknès, Maroc.

1 INTRODUCTION

Les leishmanioses sont des parasitoses dues à des parasites du genre leishmania. Elles sont transmises aux hôtes Vertébrés suite à la piqûre lors d'un repas sanguin par les phlébotomes femelles [1] .Ce sont des maladies émergentes et étroitement liées à l'état de l'environnement. Le complexe pathogène leishmanien (parasite, vecteur, réservoir), évolue dans une aire géographique définie par un ensemble de paramètres bioclimatiques [2].

Les leishmanioses incluent des formes viscérales (LV), des formes cutanées localisées (LCL), cutanées diffuses (LCD) et des formes cutané-muqueuses (LCM). [3]. Elles sont endémiques dans 88 pays, dont 72 pays en développement. Au total, 370 millions de personnes sont exposées au risque de la maladie [4]. Chaque année, on compte 500 000 nouveaux cas de leishmaniose viscérale et le nombre de cas des diverses formes de leishmaniose dans le monde entier est estimé à 12 millions, un tiers seulement des nouveaux cas étant officiellement déclarés [5].

Au Maroc, comme dans la plupart des pays du pourtour méditerranéens, les leishmanioses continuent à poser un important problème de santé publique [6].Beaucoup de zones où cette maladie sévissait à l'état endémique sont encore réceptives du fait de l'existence du vecteur ou de l'hôte intermédiaire et de leur contact fréquent avec l'homme. Par conséquent, l'incidence des leishmanioses reste relativement élevée. Le bilan des cas déclarés en 2010 par la direction de l'épidémiologie (DELM) du Ministère de la Santé marocain a rapporté 8707 cas de LC causée par L. major et L. tropica ou éventuellement L. infantum.

Plusieurs recherches ont étudié la répartition spatio-temporelle de la leishmaniose dans le monde [7], [8]. Au Maroc, plusieurs auteurs ont réalisé des études rétrospectives de la leishmaniose cutanée [9], [10], [11]

La région de Meknès est aussi touchée par cette épidémie ; mais malheureusement, peu de données sont disponibles sur l'évolution de la maladie et de son vecteur. Dans cette optique le présent travail a pour objectif de diagnostiquer la situation épidémiologique des cas de leishmaniose de la ville de Meknès durant les années 2009-2013 tous en calculant l'incidence de cette épidémie par communes et par secteurs .

ZONE D'ÉTUDE :

La ville de Meknès est située au nord-ouest du Maroc dans la région Meknès-Fès, à 140 Km à l'est de la capitale administrative Rabat et à 60 Km à l'ouest de la capitale spirituelle Fès (figure 1). Ses coordonnées géographiques sont : Longitude : 5° 33', Latitude : 33° 52' et Altitude : 530 m.

Le nombre de la population est estimé selon le Recensement Générale de la Population et de l'Habitat de 2004 à 563 468 habitants et actualisée à 827 479 habitants en 2014 [12]. Cette région se trouve dans le sous étage méditerranéen, subissant les influences continentales pendant les saisons d'été et d'hiver. Cependant la diversité géographique de la région fait que chacune de ses zones naturelles présentent des nuances climatiques particulières, avec une pluviométrie moyenne de 660 mm/an.

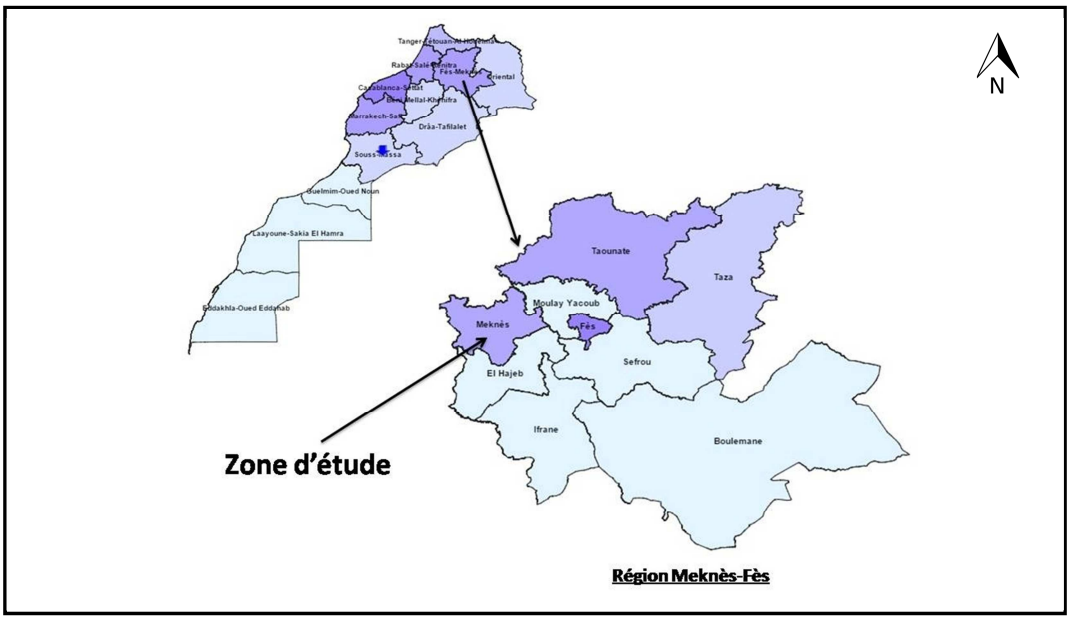


Fig. 1. Localisation géographique du milieu d'étude

2 MATERIEL ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée sur 66 cas répartis dans les différentes communes et secteurs. L'échantillonnage été réalisée au cours de la période 2009-2013.

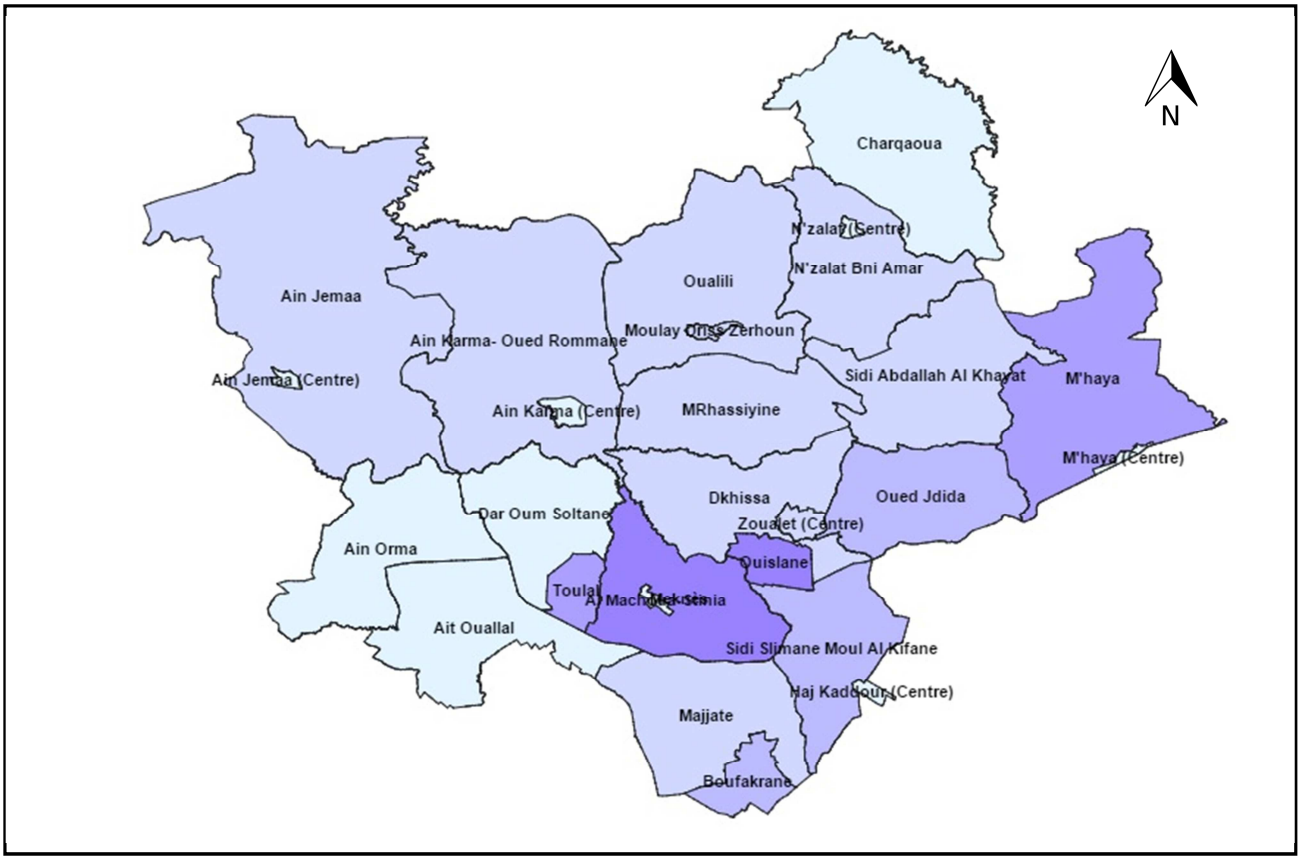


Fig. 2. Découpage administratif de Meknès (Haut-commissariat au Plan du Royaume du Maroc, 2014)

Les données sanitaires exploitables pour cette étude sont extraites à partir de la cellule Préfectorale d'Epidémiologie (CPE) du ministère de la santé.

A partir des données brutes récupérées auprès de la cellule préfectorale d'épidémiologie CPE, le nombre de cas déclarés est regroupé selon l'année de déclaration et selon le lieu (communes et secteurs) dans des tableaux Excel sur lesquels est calculé le nombre total de population, le nombre de cas déclaré ainsi que l'incidence. Le but de l'utilisation de l'incidence dans cette recherche est de comparer le taux du risque selon les différentes zones de la ville de Meknès en se basant sur les données de chaque milieu. Cet indicateur se définit comme étant la proportion de personnes qui développe une maladie au cours d'une période déterminée. Il se calcule en divisant le nombre de nouveaux cas de maladies au cours d'une période déterminée par la « population à risque».

La « population à risque » est déterminée par le nombre total d'unités de temps pendant lesquelles la population étudiée est soumise au risque de développer la maladie, par exemple pour 100000 patients-année.

$$I = \frac{\text{Nombre de nouveaux cas de maladie apparaissant dans une population}}{\text{Nombre de personnes exposées au risque de développer la maladie}}$$

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 EVOLUTION ANNUELLE DES CAS DE LEISHMANIOSE CUTANÉE (2009-2013)

Les résultats de l'étude de l'évolution du nombre annuel des cas de leishmaniose, déclarés au cours de la période 2009-2013 dans la région de Meknès, sont illustrés dans la figure 3.

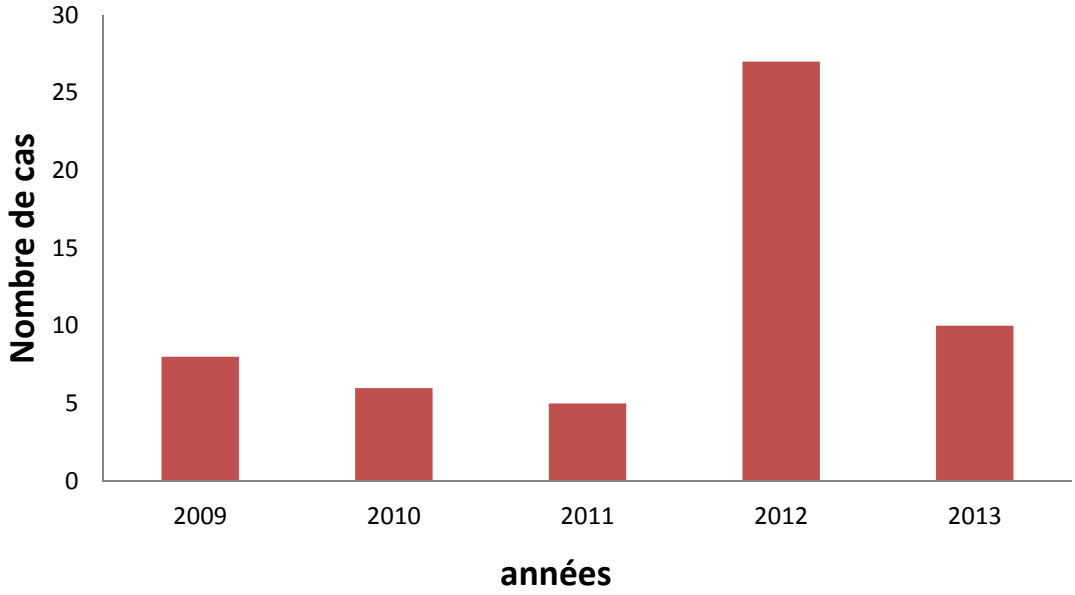


Fig. 3. Répartition annuelle des cas de la leishmaniose cutanée (2009-1013)

Nous notons qu'entre 2009 et 2011 le nombre de cas enregistrés diminue progressivement alors que le nombre annuel des nouveaux cas de leishmaniose a connu une hausse, de 20 cas, entre 2011 et 2012. De plus, il y a une régression importante et progressive de l'effectif annuel en 2013.

Les faibles cas observés durant la période 209-2011pourraient s'expliquer par l'application du programme du ministère de la santé de lutte contre la leishmaniose tout en utilisant des insecticides pour la lutte contre la leishmaniose et par la sensibilisation de la population. Mais, Ces efforts restent insuffisants surtout avec la densité de la population qui augmente et la propagation des milieux favorables pour la multiplication du vecteurs ce qui explique l'augmentation des cas en 2012 et 2013.

3.2 ETUDE DE LA DYNAMIQUE SPATIALE DES CAS DE LEISHMANIOSES (2009-2013)

3.2.1 RÉPARTITION DES CAS DE LA LEISHMANIOSE CUTANÉE PAR MILIEU

D'après l'étude de la répartition des cas de leishmaniose, nous constatons, aussi, que la leishmaniose cutanée (LC) est relativement plus fréquente au milieu rural avec 54% contre 46% au milieu urbain (figure 4).

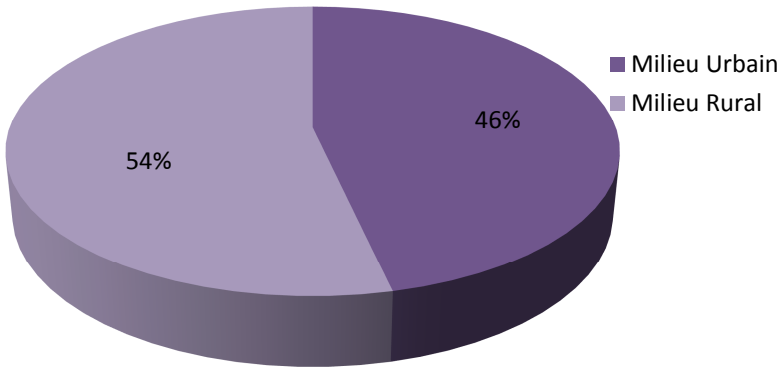


Fig. 4. Répartition des cas de la leishmaniose cutanée par milieu

L'analyse de la répartition annuelles des cas de la leishmaniose par milieu (figure 3) montre que depuis l'année 2009 jusqu'en 2011 le plus grand effectif est enregistré dans les secteurs urbains ceci pourrait s'expliquer par l'augmentation de la population et l'urbanisation anarchique générant des habitats insalubres où les conditions d'hygiène sont rudimentaires.

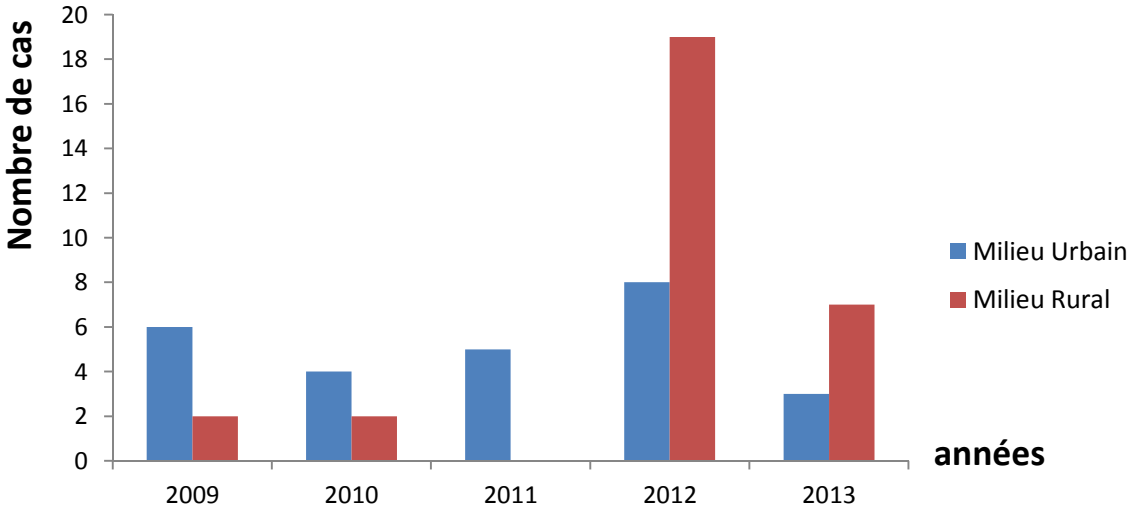


Fig. 5. Répartition annuelle des cas de la leishmaniose cutanée par milieu

Ces facteurs sont déjà signalés par Dr. Philippe Desjeux (chef des programmes de lutte contre les Trypanosomiases et les Leishmanioses Division du contrôle des maladies tropicales OMS-Genève) comme facteur de risque [13].

En plus, Dans certains cas la population d'origine rurale s'installent dans des milieux urbains et ramèneraient avec elles des animaux domestiques, elles pourraient même procéder à des élevages de bétail sur place ce qui offraient des milieux convenables pour la multiplication des phlébotomes.

Ces résultats sont superposables à ceux de l'étude de Guessouss et al. [14], Rhjaoui et al. [15], et Arroub et al.,[11] , qui ont montré que cette forme de maladie a commencé à apparaître dans certains sites péri-urbains et urbain.

Entre 2012 et 2013, le grand effectif a été enregistré dans le milieu rural avec un pic en 2012. Nous notons qu'en 2011 aucun cas n'a été déclaré en milieu rural. Cela pourrait s'expliquer par la diversité des gîtes et des hôtes (animaux domestiques et sauvages) disponibles. Cette diversité est due au manque des conditions d'hygiènes ; la richesse en étables et en décharges non contrôlées, l'ensemble de ces facteurs offrent un habitat de choix pour les vecteurs en termes d'humidité et d'insalubrité.

3.2.2 REPARTITION DE L'INCIDENCE DE LA LEISHMANIOSE CUTANÉE PAR COMMUNE

La répartition des cas de la leishmaniose cutanée (LC), dans la région de Meknès au cours de la période 2009-2013, par commune étudiés (figure 6) montre :

- ✓ En 2009 la commune la plus touchée par la leishmaniose cutanée est Ait Wallal suivi par la commune urbaine Toulal avec un taux d'incidence de 36,7 et 7,2 successivement.
- ✓ En 2010,nous constatons une diminution importante du taux d'incidence qui n'as pas dans la commune El Mghassyene (12,9) suivi par la commune rurale Ain Karma avec un taux un taux d'incidence de10, 3. En effet, l'effectif de la leishmaniose cutanée (LC) enregistré dans les autres commune était très faible ou nulle.
- ✓ En 2011, nous remarquons que le taux d'incidence était très faible dans les deux communes urbaines Ouislane et Meknès alors qu'il était nulle dans les autres communes.
- ✓ En 2012, huit communes ont été touchées avec une prédominance des atteintes au niveau des deux communes ruraux Walili et Dkhissa avec un taux d'incidence de 65,1 et 59,1 successivement.
- ✓ En 2013, le taux d'incidence diminue à 48,8 dans la commune de Walili et à 7,4 dans la commune de Dkhissa

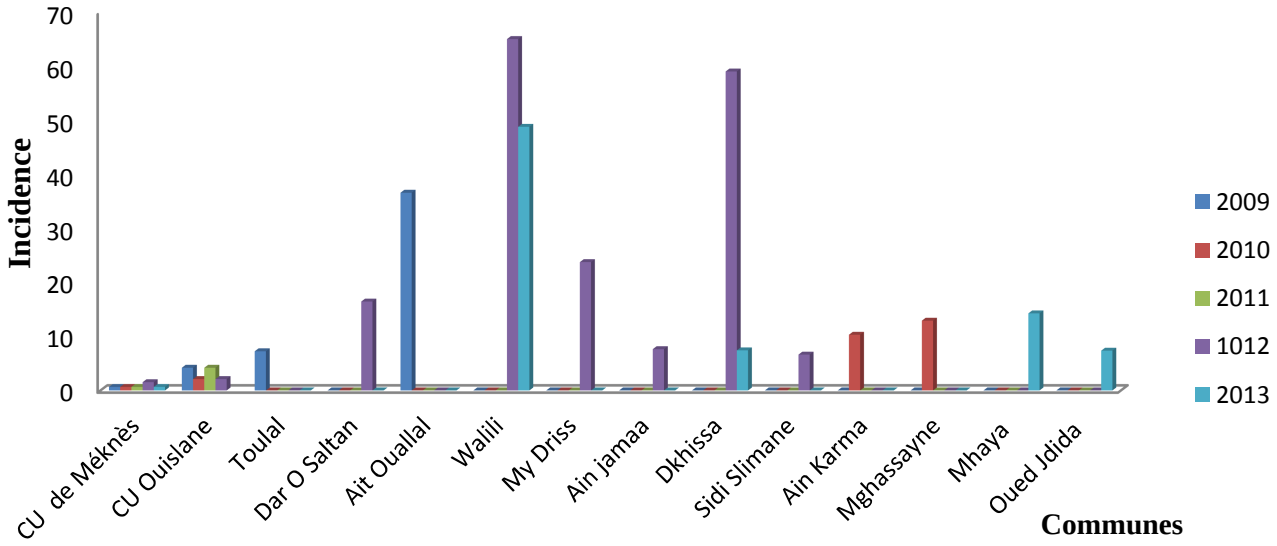


Fig. 6. Répartition de l'incidence de la leishmaniose cutanée par commune (2009-2013)

L'origine géographique des patients par communes étudiées montre que durant les cinq années d'étude, les plus grandes incidences ont été signalées en 2012 au niveau de communes rurales Walili et Dkhissa avec un taux d'incidence de 65,1 et 59,1 successivement et la plus basse incidence a été enregistré en 2009 dans la commune urbaine de Meknès avec un taux d'incidence de 0,64. En plus entre 2009 et 2011, le nombre de commune touché par la leishmaniose cutanée (LC) et le taux de d'incidence diminue progressivement. En 2012 et 2013, le taux d'incidence de la maladie et le nombre des communes touchées ont connu une augmentation significative.

3.2.3 REPARTITION DE L'INCIDENCE DE LA LEISHMANIOSE CUTANEE PAR SECTEUR (2009-2013)

La répartition de l'incidence de la leishmaniose cutanée (LC) par secteur entre 2009 et 2013 est représentée dans les deux figures 7 et 8.

3.2.4 RÉPARTITION DE L'INCIDENCE DE LA LEISHMANIOSE CUTANÉE (LC) PAR SECTEUR URBAIN

L'analyse de l'évolution de la maladie entre 2009 et 2012 montre que l'incidence est variable dans le temps dans la plupart des secteurs urbains sauf quelques-uns comme Riad El Kostzni et Marjane .L'incidence la plus élevée est enregistrée en 2012 dans le secteur Ras Aghil et Sidi Amer soit respectivement 23,64 et 9,49. Alors que les plus basses incidences ont été é enregistrées en 2011.

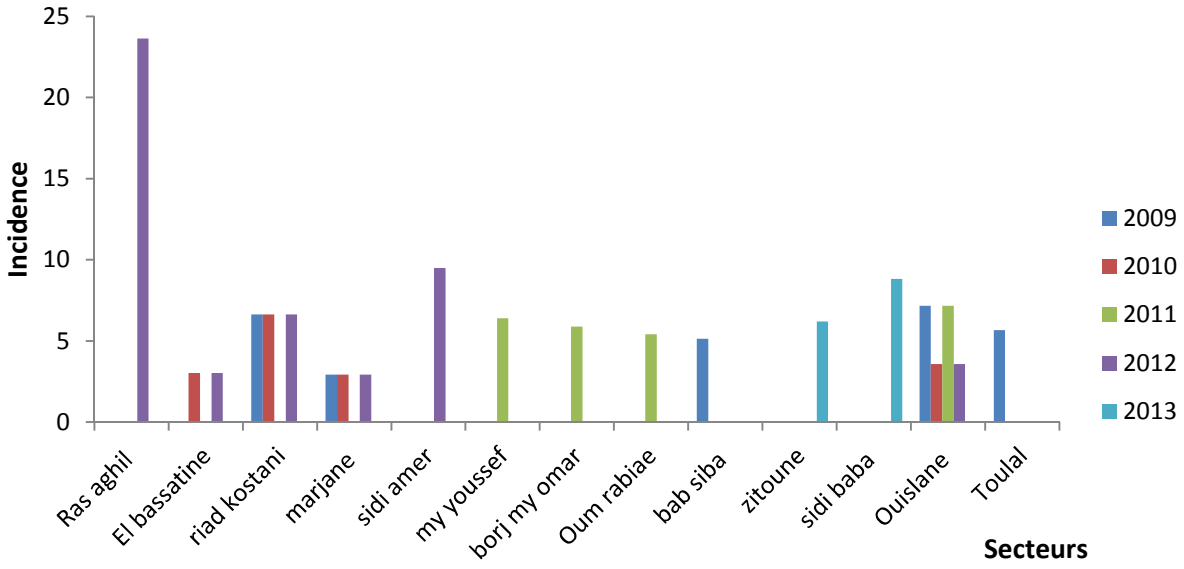


Fig. 7. Répartition des cas de la leishmaniose cutanée par secteur urbain (2009-2013)

3.2.5 REPARTITION DE L'INCIDENCE DE LA LEISHMANIOSE CUTANEE (LC) PAR SECTEUR RURAL

D'après les résultats du diagnostic épidémiologique durant la période 2009-2013 (figure 8), les secteurs qui ont déclaré plus de cas sont : Zoualet et My Driss. Il apparait que les taux d'incidence étaient assez importants en 2012 surtout au niveau secteurs suivants Bni Meaaze, Zoualet et My Driss,soit respectivement 103,15 ;85,37 et 34,47 . Notons également qu'en 2011, tous les cas enregistrés proviennent des secteurs urbains et aucun cas n'a été annoncé dans les secteurs ruraux.

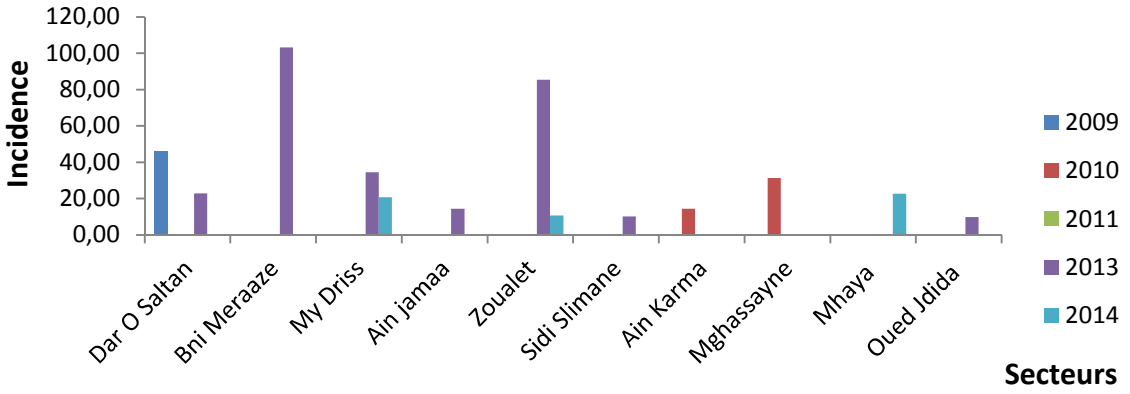


Fig. 8. Répartition de l'incidence de la leishmaniose cutanée par secteur rural (2009-2013)

L'étude du nombre de cas par secteur depuis l'année 2009 jusqu'à 2013, montre que cette pathologie touche presque le périmètre rural de la province (Dkhissa, Walili, Zoualet, Sidi Slimane, Ain Karma …etc), ainsi que le centre de la province de Meknès.

La répartition de la leishmaniose cutanée (LC) dans la région Meknès au cours de la période d'étude 2009-2013, selon l'origine géographique des patients a permis de mettre en évidence ce qui suit:

- A l'échelle des communes l'incidence était élevé en 2012 dans les deux communes ruraux walili et dkhissa soit respectivement 65,1 et 59 suivi par la commune rural Ait wallal avec une incidence de 36,7 en 2009;alors que le taux d'incidence dans les autres communes étaient moins important. Les communes qui sont considérablement affectées sont des commune ruraux ; ce qui pourraient être expliquées par l'existence des conditions favorables à la dispersion de la maladie en terme de gites et de réservoirs, aux compagnes de dépistage actif effectué au cours de cette période d'étude et aussi la sensibilisation de la population exposée au risque,
- D'ailleurs, à l'échelle des secteurs, le taux d'incidence et variable dans le temps et dans l'espace. Le taux d'incidence le plus élevé est déclaré en 2012 dans les secteurs ruraux Bni Meraaze , Zoualet et My Driss, soit respectivement 103,15 ;85,37 et 34,47 suivi par les secteurs urbains Ras Aghil et Sidi Amer. Le taux élevé de l'incidence dans les secteurs ruraux pourrait être expliqué par l'existence des conditions favorables à la multiplication du vecteur tel que les décharges non contrôlées, les étables et des habitats insalubres . Alors que pour les secteurs urbains Ras Aghil et Sidi Amer, les résultats pourraient être expliqué par le fait que Ras Aghil est proche de la décharge public et contient un grand quartier anarchique avec des habitats insalubres où les conditions d'hygiènes sont insuffisants : lieu d'accumulation de déchets, égouts ouverts et que Sidi Amer est un ancien secteur contenant des maisons en ruines pleines de déchets.

En effet la dispersion de la maladie est étroitement liée à l'environnement. Ces résultats concordent avec ceux cités dans la bibliographie [16], [17],[18], qui ont noté qu'il faut améliorer les conditions d'hygiène pour des populations qui vivent dans les zones d'endémie pour faire reculer la transmission.

4 CONCLUSION

A la lumière de ces résultats, nous notons que la leishmaniose cutanée varie dans le temps et dans l'espace. Les taux les plus élevés ont été signalé en 2012 et 2013 touchant la plus part des secteurs et communes avec prédominance du milieu rurale.

En effets, les efforts de lutte contre cette maladie restent encore insuffisantes d'où la nécessité d'améliorer les compagnes de sensibilisation et d'information de la population à risque et encourager et suivre les études scientifiques dans ce domaine.

En plus pour une bonne surveillance de cette épidémie il fallait mette en place une stratégie thérapeutique et préventive de lutte contre cette pathologie, qui prend en compte tous les éléments y compris la population et sa perception envers cette maladie, et la conscience des autorités locaux, des problèmes de la santé dans leur contexte écologique, environnemental et social.

RÉFÉRENCES

[1] J. Dupouy-Camet. Classification et mode de transmission des parasites. Encycl Méd Chir (Editions scientifiques et Médicales Elsevier SAS), Maladies infectieuses, 8-000-D-10,9p. 2000
[2] R. W. Ashford, ''the leishmaniases as emerging and reemerging zoonoses'', Int. J. Parasitol. vol. 30, pp. 1269-1281, 2000.
[3] N. Carré, M. Collot, P. Guillard, M. Horellou, J.P. Gangneux '' Visceral leishmaniasis epidemiology, diagnosis, treatment and prophylaxis '' Journal de Pharmacie Clinique. VOL. 29, pp.121-148, 2010.
[4] P. Desjeux ''Leishmaniasis public health aspects and control'' Clin. Dermatol. Vol. 14, pp417-423, 1996
[5] Organisation mondial de la santé'' Lutte contre la leishmaniose'' Rapport du secrétariat Conseil exécutif du 11 Mai, 2003, 2006
[6] Ministère de la santé marocaine, Direction de l'Epidémiologie et la Lutte Contre les Maladies. '' Lutte contre les leishmanioses : Guide des activités''2010
[7] S. Fenniche, A. Souissi, R. Benmously, H. Ben Jannat, H. Marrak, et I. Mokhtar '' La leishmaniose cutanée de l'enfant en Tunisie : Étude rétrospective de 60 cas''. Médecine tropicale, vol. 66. Pp. 456-460,2006
[8] F. Mliki ''Impacts des changements climatiques sur la leishmaniose en Algérie ''diplôme de magistère en écologie animale. Université Badji Mokhtar-Annaba. Faculté des sciences. 108pp, 2010.

[9] R. Haji ''le profil épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans la province de Ouarzazate'' Doctorat en médecine. Université Cadi Ayyad .Faculté de médecine et de pharmacie Marrakech .84pp, 2010
[10] K. Ramaoui, S. Guernaoui, et A. Boumezzough '' Entomological and epidemiological study of new focus of cutaneous leishmaniasis in Morocco'', Parasitol Res. vol. 103, pp. 859-863, 2008.
[11] H.Aroub ,M. Belmekki , B .Bencharki , K. Habbari ''Répartition spatio-temporelle de la leishmaniose cutanée dans les zones semi-arides Marocaines '', International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 14 No, pp187-197,2016
[12] Haut-commissariat au Plan du Royaume du Maroc. [Online] Availablehttp://www.hcp.ma/Etudes_r161.html
[13] P. Desjeux . ''Les leishmanioses. Aspect de santé publique et lutte''. Edition Ellipses , 253p., 1999
[14] S. Guernaoui, A. Boumezzough, B. Pesson, et G. Pichon, ''Entomological investigations in Chichaoua: an emerging epidemic focus of cutaneous leishmaniasis in Morocco'', J. Med Entomol. 42, pp. 697–701, 2005a.
[15] M. Rhajaoui, H.Fellah, f.Pratlong, j.P .Dedet,M. LyagoubiLeishmaniasis due to *Leishmania tropica* MON-102 in a new Moroccan focus. Trans R Soc Trop Med Hyg,pp.299–301,2004
[16] R. W. Ashford '' the leishmaniases as emerging and reemerging zoonoses'', Int. J. Parasitol. vol. 30, pp1269-1281, 2000
[17] Organisation mondial de la santé, ''Rapport de la réunion du comité OMS d'experts de la lutte contre les leishmanioses'', Genève, Série de rapports techniques; no. 949,2010.
[18] J. Mahjour, O. Akalay, et A. Saddiki, ''Les leishmanioses au Maroc de l'analyse éco-épidémiologie à la prévention'', DEPS Bul. Epidém. Supp. N°7, 1992.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 237-243
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

QUALITY STAFF RECRUITMENT AND SUSTAINANCE OF LIS EDUCATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGERIA

Abimbola Oyindamola FAGBE[1], Ruth Onajite OWOLABI[2], and Martha Azonwu[3]

[1]Laz Otti Memorial Library, Babcock University, Ogun State, Nigeria

[2]Department of Information Resources Management, Babcock University, Ogun State, Nigeria

[3]Department of Science and Technical Education, Rivers State University of Science and Technology, Portharcourt, Nigeria

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: Staffing is key to the progress and sustenance of any organization. Personnel in the library and information science field form the core of all activities in librarianship. Policies are fundamental to the implementation of staffing procedures. Thus, the quest for recruiting staff with the right qualification to fill available and specific position within the library and information science education field is essential. The high demand for information professionals in tertiary institutions libraries in Nigeria, calls for a closer attention. Insufficient manpower in the library could create a gap in the service quality as such it is relevant to consider users because they are at the receiving end. Therefore recruiting for right personnel to give the right training for Library and information science education could be a measure to reduce redundancy in library service. The paper discussed the qualification, recruitment process, staff remunerations, on the job training, school curriculum development for library and information science education and challenges facing in staffing policies formulation in tertiary institutions in Nigeria. In conclusion, curriculum should be developed in library schools that incorporate modern trend as well as prepare graduate for future task. Therefore, to give the right training to undergraduate can only be achieved when qualified teachers with the right skill and competence is employed to teach LIS students in tertiary institutions recommendations and suggestions will be proffered to advance library and information science program in tertiary institutions.

KEYWORDS: Staffing, qualification, recruitment process, remunerations, Library and Information Science Program, Curriculum Development and Tertiary Institutions.

INTRODUCTION

Library and Information Science (LIS) as a profession, is concerned with the knowledge and skill by which the records of human communication are collected, organized. A librarian is a mediator between man and the graphic records that his previous generations have produced; and the goal of the librarian is to maximize the social utility of these records for the benefit of humanity (Shara,1972). Librarians have very important role to play in the process of communication of information in today world for which they must be well educated, and highly skilled.

Anyanwu (2013), opined that Library and information science education plays a significant role in the educational achievement of any nation. The field of library and information science (LIS) is undergoing immense transformation and this has affected the landscape of library and information service parlance. In our contemporary society, where education has become the hub upon which economic development rotate, the place of library and information services cannot be ignored. Library and Information science programme is designed to assist students in the development of a wide range of technical skills in both library and media services that can lead to or enhance employment in the library field and other related industries.

Corresponding Author: Abimbola Oyindamola FAGBE

Abioye (2013) also states that LIS professionals are gatekeepers and brokers of information which is essential for knowledge acquisition, decision-making and national development. Library and information science as a discipline is designed to produce information professional that will competently serve different stakeholders for development. The graduates of library and information science ought to be empowered through practical entrepreneurial skills. The graduates-to-be are expected to draw from the various entrepreneurial well of knowledge and be repositioned for job creation. Library and information science graduates needs to be given core entrepreneurial trainings in relation to library and information services so that, at graduation, they can become employable instead of looking for white-collar jobs.

In these era of rise entrepreneurship education has become a necessity. As noted by Combes et al (2011), new graduates are key stakeholders in Library and Information Science (LIS) and Library and Information Management (LIM), if this assertion is anything to go by, it implies that the graduates-to-be should be adequately repositioned in theory and practical knowledge of the profession and as well be trained to entrepreneurial in mind and reasoning as this is the only way through unemployment can be reduced drastically.

The success of library and information science in effectively meeting their obligation of information provision is hinged, in part, on the quality of staff recruitment processes in use in the bid to sustain the LIS education in tertiary institutions in Nigeria. Trained personnel, according to Korsah (1996) are a key requirement in library and information science education. In this respect, LIS education plays a vital role (Edegbo, 2011) since early LIS professionals, particularly practicing librarians did not undergo any formal training as it is in these contemporary time.

Staffing is key to the progress and sustenance of any organization. Personnel in the library and information science field form the core of all activities in librarianship. Policies are fundamental to the implementation of staffing procedures. Thus, the quest for recruiting staff with the right qualification to fill available and specific position within the library and information science education field is essential. The high demand for information professionals in tertiary institutions libraries in Nigeria, calls for a closer attention. Insufficient manpower in the library could create a gap in the service quality as such it is relevant to consider users because they are at the receiving end.

Getting the right personnel to fill a rightful position has led to the state of affairs in the field of library and information education. Since human resource is the key component for any institution attention and priority should be placed where it belongs especially in staff recruitment. The issue of staff recruitment is not only peculiar in library service but also in the various institutions that train the graduate. Sahai (2005) stated that the present conditions of professional service in the university library necessarily demand that staff should be precisely trained, equipped with technical skill for the job. Unfortunately, there is an acute shortage of trained staff in the university libraries and institutions especially in the developing countries such as Nigeria. Therefore, recruiting the right personnel to give the right training for Library and information science education could be a measure to reduce redundancy in library service

LIS STAFF QUALIFICATION AND RECRUITMENT PROCESSES

Sahai (2005) opined that today's librarianship is a highly complex profession warranting specialized and technical knowledge of various sorts like personnel administration, financial management and different bibliographical and bibliotheca techniques. The personnel responsible to render library service and education are expected to know both the objectives of this institution as well as the potentialities to achieve them. This can be possible through harnessing properly the library tools and means in an adept and skillful manner. These suggest that even a scholar of high repute cannot be successful in the function of a library except he/she has acquired the professional skills in librarianship. As such, under the modern personnel management in the library greater emphasis is laid on appointment of trained staff.

Cyr, et al. (1996), says that decisions concerning the appointment of staff are among the most important to be made by librarians. Staffs are a key resource and poor decisions are not easily undone. All kinds of factors come into play when staffing decisions have to be made and these often obscure the basic issues to be resolved. Library and information staffs are normally recruited from the ranks of graduate professional librarians and are expected to have at least a first degree with a post-graduate qualification in librarianship at the entry point. The preference is usually for the degree to be in a subject relevant to that with which the librarian will be dealing. Thus, quality staff recruitment and sustainability is required for the advancement of library and information science education in tertiary institutions in Nigeria.

Buettner, (2014), assert that recruitment is the overall process of attracting, selecting and appointing suitable candidates for jobs (either permanent or temporary) within an organization. Recruitment can also refer to processes involved in choosing individuals for unpaid positions, such as voluntary roles or unpaid trainee roles. Managers, human resource generalists and recruitment specialists may be tasked with carrying out recruitment, but in some cases public-sector employment agencies, commercial recruitment agencies, or specialist search consultancies are used to undertake parts of

the process. Internet-based technologies to support all aspects of recruitment have become widespread. There are different recruitment processes that can be employed in the sourcing for staff but are not limited to the underlisted:

- Internal recruitment refers to the process of a candidate being selected from the existing workforce to take up a new job in the same organization, perhaps as a promotion, or to provide career development opportunity, or to meet a specific or urgent organizational need. *(*Schwbel, 2012).
- An staff referral program is a system where existing staffs recommend prospective candidates for the job offered, and in some organizations if the suggested candidate is hired, the staff receives a cash bonus.
- Niche firms tend to focus on building ongoing relationships with their candidates, as the same candidates may be placed many times throughout their careers. Online resources have developed to help find niche recruiters. Niche firms also develop knowledge on specific employment trends within their industry of focus (e.g., the energy industry) and are able to identify demographic shifts such as aging and its impact on the industry.
- Social recruiting is the use of social media for recruiting including sites like Facebook and Twitter or career-oriented social networking sites such as LinkedIn and XING. It is a rapidly growing sourcing technique, especially with middle-aged people.
- Mobile recruiting is a recruitment strategy that uses mobile technology to attract, engage and convert candidates. Mobile recruiting is often cited as a growing opportunity for recruiters to connect with candidates more efficiently with "over 89% of job seekers saying their mobile device will be an important tool and resource for their job search."

If there is going to be an active recruitment program, the personnel officer or library director must conduct regular reviews of the library's staffing needs. There are several important considerations in planning this review processes.

STAFF REMUNERATIONS

Staff remuneration is defined as, "the reward or compensation given to the staffs for their work performances," according to Management Study Guide. Remuneration is a method of promoting morale, increasing motivation and foster team cohesion. There two main types of staff remuneration which are: the piece rate method and the time rate method. The former is compensation based on unit of productivity, while the latter is the time a staff spends on a job before a deadline.

Remuneration can motivate employees to be more productive but does not have to necessarily be compensation based. Remuneration can also be praise or recognition. However, compensated Remuneration can be effective in long-term motivation and productivity, such as a raise or promotion.

American Library Association has been promoting the work of library staff and seeks to raise the salaries and status of library employees. Library staff are outspoken when it comes to intellectual freedom and other issues that affect library users, but we have not been nearly as vocal on our own behalf. The major challenge for library and information professional is clear:

- We must overcome the stereotype of the library worker as the selfless, dedicated and devoted worker, who is in the profession to do well and who will accept pay that does not reflect their status as professionals.
- We must promote a better understanding of what library staff does. We will not win higher wages if the public does not understand the education, experience, judgment, and special skills it takes for us to do our jobs.
- We must contribute substantively to the fight for pay equity—it is our fight too. Women have been discriminated against in a variety of ways, a primary one being compensation.

STAFF ON THE JOB TRAINING

Learning is a continuous process as such every tertiary institutions that offers library and information science course requires the right staff mix to provide quality library education in preparation for future employment. In order to produce qualified graduate to fill the gap in lack of library professionals prompt the need to recruit qualified instructors that will incorporate theory and practical in teaching library and information science to students so as to produce professionals and reduce the number of unemployable graduate in the society. In order to produce graduate with all the demand of the labour market requires extensive training as undergraduate that will expose students to what one will experience in future employment as such the government has put in place measure to ensure adequate standard in curriculum and recruitment process in order to employ professionals that will produce quality graduate that can perform under any work conditions.

Training according to Oxford Advance Learner's Dictionary states that training is the process of preparing somebody or being prepared for job. In manpower development, training is therefore an indispensable element and at the same time, a vehicle for development and planning.

Dorman (1975) emphasized the role of training in management activity especially in the area of human resource management. According to him, the training function is a management activity in which the personnel department provides the necessary specialist knowledge and usually carries out in addition to the administrative requirements so that the function operates effectively within the organization. He went further to state the basic stages in establishing training function with the view of improving on the manpower development are:

- To find out the training needs of the particular organization at all levels.
- To formulate a training policy that will meet the needs of the organization.
- To evaluate the resources, both financial and material which could be required.
- To provide the necessary specialist training officers who will be responsible for implementing both the training policy and training plan.

Training can be seen as a process or a set of activities aimed at assisting an individual to acquire knowledge, skills and attitudes necessary for the effective performance of specific tasks or job. Within the context of work in modern business organizations, training is a continuous process which normally starts at the point of entry and progresses throughout the worker's career. Training could be carried out on-the-job learning experience or more formally structured programmes and practical exposure. It could also be undertaken in locations which are completely outside workers normal work environment (Armstrong et al, 1988).

Oyitso, et al (2012) citing Egungwu (1992) says training is a gradual and systematized continuous job-related education, training and job assignments during working life, which in itself, is a process of ensuring improvement in the performance ability on the job. On-the-job training takes place at the work place and possibly while at work. He went further assert that on-the-job training takes place at work location. Responsible for its implementation is primarily that of the immediate superiors. On-the-job training is given to new staffs by their organization irrespective of their previous training and experience. Orientation or induction training is given to these new workers to familiarize them with their new work environment and the operations of the establishment. He went further to opine that training is an organizational efforts aimed at helping staffs to acquire basic skills required for the execution of functions for which they were hired or employed.

At policy levels, LIS will aim to ensure that staff are well trained in order to carry out their task efficiently and are encouraged also in their personal development for the benefit of staff and the library profession (Jones and Jordan, 1982). The training and development of staff is a key responsibility for the LIS mangers. Continuing education has become a major importance to librarians with the rapid developments within the profession and changes in the social, political, technological and economic environment in which it operates.

CONCEPT OF LIBRARY AND INFORMATION SCIENCE EDUCATION

Library and information science education in Nigeria has experienced consistency in evolution despite the economic challenges that might not be favourable to education in Nigeria. The establishment of library schools in Nigeria has brought about significant change in the library profession.

Despite the increase in tertiary institution in Nigeria with the influx of students into several program of the institution especially library and information science (LIS) education there seems to be insufficient professionals in the field of library and information science to teach. Could it be as a result of misplacement of employment priority by employing a degree holder not library profession to teach in library schools as such pose lots of challenges to the student. Could it be seen as a result of political underlining in order to satisfy a particular political group or could it be due to lack of sufficient graduate to fill the right position. This paper will present some of the underlining issues affecting quality staff recruitment and prospective measures to curb poor staff recruitment process.

According to Singh (n.d.) librarianship today has arrived at the information age where the role of information is increasingly emphasized as an economic resource, a marketable commodity and as a social wealth. In this content, the roles of librarians are of much importance. He / she will have to act as a facilitator, advisor, consultant, instructor, navigator, searcher, researcher, evaluator, organizer, preserver, promoter, communicator, technical expert, as well as a manager, leader, entrepreneur and visionary. And for the success library and information centers as effective communication system,

the development of manpower to do such work is vital. One of the important aspects of manpower development in this connection is improved education system for library and information science.

Library Information Science Education in Nigeria today cannot be relevant without effective preparation of new generation of librarians to effectively use the new information and communication technology in their professional practices. For many library and information science schools as enumerated by Nwalo (2000) this doubting task requires the acquisitions of new resources, expertise and careful planning.

Ene, (2007) went further to say that, tertiary institutions in Nigeria especially universities serve as training ground to prepare graduate for the labour market, government is yet to be awaken to the reality of human capital development, which is the whole essence of education and the single most critical factor in socio-economic and political transformation required for the banishment of poverty, hunger and disease Every institution is experiencing setback in the employment of labour which could be applauded to the current economic situation in the country. This has also been evident in meticulous ways employers of labour are placing lots of scrutiny on their recruitment processes.

Thus, this is a problem to be solved not only by the library professional associations but as a joint responsibility between the library professional associations and the government sectors. It is both the responsibilities of the university as well as that of the government. The government can set up standards and norms that will create opportunities to encourage the highly qualified graduates from field of library and information science to enter the profession.

CURRICULUM DEVELOPMENT FOR LIBRARY AND INFORMATION SCIENCE EDUCATION

Oparah (2006) observed that until 1999; there was no uniform or harmonized curriculum for Nigerian University Library and information science schools. Each operated its own curriculum. According to him, the newer LIS schools appear to operate modified curricula of the older schools. A review of the curricula of these schools shows that while some emphasize more library science courses, other strife to strike a balance between library science and information.

Onwuka (1981) went further to support Oparah that learning experience at any level of formal education is primarily determined by the contents of relevant curriculum. Perhaps, this explains why curriculum is seen as the means by which educational institutions seeks to translate the hope of the society into concrete reality. The length of LIS training varies from country to country, but the minimum training period for this professional course consist of at least full academic session in almost all the countries. For instance in the USA up on till 1940s the library schools offered the Bachelor's degree courses but now there are masters degree course as well as doctoral degrees even in the case of Nigeria.

It has been discovered that the curriculum for LIS education usually mirrors what is being offered to train librarians and information professionals, knowledge and skills to become qualified personnel in the field, but also, meet challenges the ever changing information society brings (Chu, 2006). As such could the changes be acclaimed in LIS education due to changes in the program curriculum? The curriculum reflects the courses to be thought in a program and outlines the aspect that will support training and development, an example of such training is found in the industrial training of students.

A curriculum is a fundamental part of any education or training programmes largely because it provides not only a list of courses or modules offered in a programme, but it also gives information on content, purpose, method, time / duration, trainers and location or situation of a programme or course all of which are essential in a successful dispensation of manpower training and education (Ocholla, 2003).

The provision of opportunities to meet the basic learning needs of information professionals is a first step towards preparing library and information science schools in Nigeria for the emerging global society. The relevance and viability of library and information science education in Nigeria requires looking at both the access to and quality in new ways to enhancing the quality of products turned out from the universities into the labour market. The survival of library and information science education in Nigeria depends largely on the quality of faculty and students.

CHALLENGES FACING QUALITY STAFF RECRUITMENT POLICIES FORMULATION IN TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGERIA

However, LIS education is confronted with several challenges that can militate against the library profession in Nigeria. One of the major challenges discovered is inadequate supply of man power or human capital to teach relevant courses in library schools. Some of the challenges of LIS education in Nigeria are inadequate infrastructure, outdated/changing curricula, poor human and financial resources, lack of access to necessary information resources for learning and poor communication among key players in the library schools are some of the major issues library schools in Nigeria are contenting with (Igwe, 2005 and Edegbo, 2011).

WAY FORWARD

To meet the challenges of a wide variety of jobs involved in library and information education, quality staffs are a sine qua non. This paper discussed the importance of quality staff recruitment and sustains LIS education in tertiary institutions in Nigeria.

CONCLUSION

From the literature reviewed LIS education in tertiary institutions in Nigeria must be developed according curriculum. The development of curriculum in order to equip LIS graduates for employability, increasing numbers of students enrolment, bring about changes in course titles, and make room for recruiting qualified staff to man the LIS program is very essential to sustain the LIS education in Nigeria. The consistent demand for LIS graduates means consistent demand for quality programmes and fine tuning of the curriculum to meet the market needs. This also calls for an urgent need for quality staff recruitment control checks since with rapid expansion of LIS education, the standards of teaching and learning must be maintained and sustained for LIS education to continue to thrive in tertiary institutions in Nigeria.

REFERENCES

[1] Abioye, A. (2013). Enhancing library and information science education through cross-border collaboration: the experience of University of Ibadan, Nigeria and University of Ghana.

[2] Aina, O. (2000). Personnel Management in Nigeria, Lagos: Pacific Printers.

[3] Anyanwu, J. C. (2013). Characteristics and macroeconomic determinants of youth employment in Africa. *African Development Review*, *25*(2), 107-129.

[4] Armstrong, J., Armstrong, W., Beckett, P. M. (1988). Phragmites australis: a critical appraisal of the ventilating pressure concept and an analysis of resistance to pressurized gas flow and gaseous diffusion in horizontal rhizomes. *New Phytologist*, *110*(3), 383-389.

[5] Buettner, R. (2014*). A Framework for Recommender Systems in Online Social Network Recruiting: An Interdisciplinary Call to Arms. 47th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Big Island, Hawaii: IEEE. pp. 1415–1424. doi:10.13140/RG.2.1.2127.304*

[6] Chu,H (2006). Curricula of LIS programme in the USA: A content analysis. In:Singh, K.D., & Chaudhry, A.S. (Eds.) Proceedings of the Asia-Pacific Conference on Library and Information Science Education and Practice 2006 (A ¨LIEP 2006), Singapore, 3-6 April 2006 (pp. 328-337). Singapore: School of Communication Information, Nanyang Technological University.

[7] Combes, B., Hanisch, J., Carroll, M., & Hughes, H. (2011). Student voices: Re-conceptualizing and re-positioning Australian library and information science education for the twenty-first century. *The International Information & Library Review*, *43*(3), 137-143.

[8] Curry, A. (2000).Canadian library and information science education trends and issues. Education for Information, 18 (4); 325 - 337.

[9] Cyr, D. J., Schneider, S. C. (1996). Implications for Learning: Human Resource Management in East—West Joint Ventures. *Organization Studies*, *17*(2), 207-226.

[10] Dorman, L. M. (1975). The gravitational edge effect. *Journal of Geophysical Research*, *80*(20), 2949-2950.

[11] Drucker, P. F. (2002). The discipline of innovation. 1985. *Harvard business review*, *80*(8), 95-100.

[12] Drucker P. F. (2004). Management Task Responsibilities Practice: Abridged and Revised Version, London: Pan Books.

[13] Edegbo WO (2011). Curriculum development in library and informationscience education in Nigeria universities. Issues and prospects library philosophy and practice Retrieved on April 10, 2016 from http//unlib.edu/lpp/

[14] Ene, A. C. (2007). Access to and equity in University Education in Nigeria: Issues and Trends. *Access, equity and quality in Higher Education*.

[15] Korsah, J. E. (1996). Graduate education in library, archive and information science in Ghana. In *Aslib proceedings* (Vol. 48, No. 11/12, pp. 255-258). MCB UP Ltd.

[16] Meister, J. (2014). *"2014: The Year Social HR Matters"*. Forbes*. Retrieved on March 29, 2016*.

[17] Nwalo, K.I.N. (2000). Collaboration in the provision and utilization of IT facilities for library and information science education in Nigeria. In: Information Technology in library and information science education in Nigeria. pp. 32-41.

[18] Ocholla D (2008). The current status at challenges of collaboration in library and information studies (LIS) education and training in Africa. New library world available at http:// dx. Do. Org/10.1108/03074800810910496.Gok (2007) vision 2030 Retrieved on April 10, 2016 www. Vision 2030.go.ke.109(9/10):466-479.

[19] Ocholla D, Bothma T (2007). Trends, challenges and opportunities for LIS education and training in Eastern and southern Africa. New library world 108 ISS ½ 55-78.
[20] Olomukoro, C. (2012). Training and Retraining Nigeria Workers to Enhance Task Performance.
[21] Onwuka, U. (1981). Curriculum development for Africa. Onitsha, Africana (Feb.): 318.
[22] Oparah, U.N. (2006). Integration of ICT in the reference services curricula of Nigerian library and information science schools. The Information Technologist 3(1): 27-35.
[23] Oyitso, M., & Olomukoro, C. O. (2012). Training and Retraining Nigeria Workers to Enhance Task Performance. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, *4*(1), 69.
[24] Sahai, A., & Graupner, S. (2005). *Web Services in the Enterprise* (Vol. 376). Springer.
[25] Singh, R. (2004). Restructuring library and information science curriculum. *LIS Education in India*.
[26] Schawbel, D. (2012). *"The Power Within: Why Internal Recruiting & Hiring Are on the Rise"*. Time*. Retrieved on March 29, 2016*.
[27] Shera, J.H. (1972). Foundations of education for librarianship. New York; John Wiley & Sons, p. 68.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 244-251
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

APPLICATION OF HUMAN RESOURCE PLANNING IN ACADEMIC LIBRARIES IN OGUN STATE: PROSPECTS AND CHALLENGE

RUTH ONAJITE OWOLABI[1] and MARTHA AZONWU[2]

[1]Department of Information Resources Management, Babcock University, Ogun State, Nigeria

[2]Science and Technical Education Department, Rivers State Univeristy, Portharcourt, Rivers State, Nigeria

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: Human resource planning plays a very significant role in sustaining competent employees in academic libraries in order to provide service quality to users. Academic libraries as the name imply operates in higher institutions of learning to meet the teeming information need of students, staff and the institution community member at large. The library function to provide information need of users at a minimum time. Human resource are essential component required for the smooth running of the library, when there are no skilled professionals in the library the service dwindles and users are discouraged to use the library. Therefore, in order to provide astute service to users especially providing users with timely information, professional should be employed and sustained in the academic library to reduce illiterate in our society. Thus, human resource planning is the own means through which competent professionals are sustained in the library to bring about growth and development of the economy. Therefore, it is essential to plan for the present and the future of human resource present in academic libraries in Nigeria in order to improve on their service to uses. Despite all the hurdles in education in Nigeria that has led to down turn of academic libraries, when human resource planning is rightly incorporated in the library will make a lot of difference that lead to users satisfaction.

KEYWORDS: human resource planning, academic libraries.

INTRODUCTION

In every organization and institution in which library is not an exemption people form the most significant human assert required to carry out the day-to-day activities of the establishment. This is because organizations require human resource for the growth and development of the libraries day-to-day activities in providing services to users. Thus, the library that serve as repository of knowledge make use of human resource to achieve its set goals and objectives. The people who work in the library to achieve the objective of the primary institution are known as human resource. Human resource stands out as the most valuable asset an academic library could own. Therefore, this paper is intended to look at human resource planning process, relatedness of human resource planning in human resource management, the application of the concept in academic libraries and prospects and challenges that academic libraries is likely to encounter.

HUMAN RESOURCE PLANNING IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Human resource management deals with the professional way of managing human resource in the library however, it should be given highest consideration before commencement of library service. Therefore, when planning for the establishment of academic libraries human resource should be considered by making the staff mix of professionals higher than non-professionals in order to deliver quality service to users at all time. Human resource planning serve as the subset of human resource management. Professionals view human resource management in different ways. Heathfield (2010) referred to human resource (HR) as the scarcest and most crucial productive resources that created the largest and longest lasting

advantage for an organization. Libraries cannot operate without competent personnel employed to carryout task and make decision there will be stagnation in the organization.

Since people are inevitable and indispensable in the success of an organization the need arise to plan for the future the sustainability of man power present in the library. The need arise for a conscious effort to plan for people working in the organization in order to attain competitive advantage for the future. Udin (2010) described HR as inimitable, appropriable, valuable, scarce and non-substitutable asset which can create competitive advantage. The human asset present in the library gives the library an edge and the parent organization wings to thrive despite all economic downside. Thus, revealing the need for human resource planning that encompasses all the activities carried out by people in the library. Human resource planning process is carried out by the human resource management department of the parent institution in collaboration with the directives of the University Librarian. The planning process installed in the library will lead to better understanding of individual responsibility and expectation in an organization.

However, human resource planning is applicable in every sector where people are the major resource. This could be applied to library where the functions and service of the workers cannot be underestimated, making library to be seen as service oriented organization to meet the information need of the densely populated students, researchers, faculty and community of users. As long as organization employ people there is need to strategize means to ensure the smooth running of the library by employing balance mix of staff to carry out their work effectively and efficiently. Human resource planning allow for the recruitment of staff to the library of the right skill and competence to fulfill the demand of the organization. Human resource planning which could sometimes be referred to as work force planning or personnel planning as the process of getting the right number of qualified people into the right job at the right time (Byars & Rue, 2000: p.126).

Furthermore, human resource planning can be referred to as the process in which an organization attempt to estimate the demand for labour and evaluate the size, nature and sources of supply which will be required to meet the demand (Riley, 2003: p.486). The whole essence of participating in human resource planning is to prepare the organization especially as library is concerned for future occurrences and ensure there is no gap in the staff mix. To be proactive by making timely decisions as it is pertinent to the development of the library with sufficient staff at all time. Also, human resource planning is the process of identifying the organizations demand for human resource and devising means to ensure sufficient supply of labour is available to meet that demand (Cole, 2002: p.138). This allows organization demands for the organization's goods and services, the supply of people in the labour market and the time frame involved to be considered, owning to the fact that the process of human resource planning in the library should be less than two years. This could give room for further update and development of the human resource plan. Change is inevitable in any organization therefore, the library should strive at all means to always update the human resource present in the academic library.

Academic library as the name implies refers to library in higher institution of learning with the aim of fulfilling the primary objectives of the parent organizations for establishing the library. Sometimes the library does not meet the expectations and demand of the users because of insufficient professionals and incompetent personnel to provide services to users. This could pose a great challenge on the quality of service offered to library users and this might lead to their disappointment and discouragement from using the library. Although, in an attempt to provide quality service to library users it has been observed with time that there are libraries with sufficient information resources but insufficient professionals to deliver astute service at all time. This could bring set back to the library especially as the major reasons for establishing academic library like making books available to users at every point in time and not denying access could be forfeited. In order to harness the problem competent and professionals should be employed to serve users professionally.

Therefore, the need arise for provision of sufficient professionals trained in the field of information resource management and not neglecting the fact that human resource planning should be done to envisage unforeseen circumstances with personnel working in the library. Although the library has a mix of professional and non-professional staff, it is has been observed that most libraries have more of non-professional staff to professional staff. It is in light of this that the study is carried out to look at how human resource planning could be applicable to academic libraries, the prospects as well as the challenges that could be experienced when applying the concept. Human resource planning is immanent to academic libraries. Academic library is any library situated in higher institution of learning which can be in universities, polytechnics, colleges of education, research institution and other post-secondary school libraries.

Every institution in Nigeria has a library that serves the researcher, students, faculty and members of the community access to information materials to fulfill the academic requirement for each institution. Library provides collection of group of books or other materials organized and maintained for use like reading, consultation, study, research, entertainment, relaxation and others (Dictionary of Library and Information Science, 2004). Highlighting the importance of libraries as an establishment organized to meet the information need of users at minimum time. Libraries exist according to the location, functions and the people it serves. This makes it possible to have different types of libraries to fulfill varied need of users at

different times. Ogbuiyi (2015) identified seven types of library that exist to include Academic, School, National, Public, Special, Private and virtual libraries. This study will emphasize academic library which is the library established in higher institution of learning, application of human resource planning in academic libraries with the inclusion of prospect and challenges academic libraries face in applying human resource planning.

ACADEMIC LIBRARY

Education is playing a major role in Nigeria's economic development because of the increase in higher institutions all over the country came the upshot of libraries which is the major criteria for accreditation of any higher institution program. It is in light of this that Aguolu (1996), revealed that since independence in 1960, there has been an unrelenting upsurge in the establishment of educational institutions at all levels, especially university education since then successive Nigerian governments have continued to invest strongly in higher education. The advancement in academic libraries was as a result of more establishment of universities, polytechnics, colleges of education, and research institutions among others in Nigeria.

Academic library is referred to as the 'life' of every activities in the university, polytechnic, colleges of education, research institution and others especially in realizing the primary objectives of the parent organization. Academic libraries in higher institution supports research and learning of staff and members of the larger community. Yacom (2011), referred to Academic libraries as those situated in higher institutions and established to take care of the information need of students, lecturers, researchers and other community of scholar. This type of library is established to fulfill the goals of the parent organization by ensuring adequate availability of resources, for teaching, learning and research.

Thus, academic library is the library attached to academic institutions above the secondary level serving the teaching and research need of students and staff (Hoare, 1997). This type of library play a pivotal role in the sustainability of education in our nation and all this cannot be accomplished without a conscious effort and planning by the human resources department of the varied institutions. Akintunde (2004) revealed that libraries in many tertiary institutions have either accreditation or do not have in which they failed because libraries are regarded as tools for Academic excellence. Higher institutions in Nigeria will not receive accreditation without complete library facilities installed to fulfill the academic and primary objectives of establishing higher institutions.

However, Ogun state popularly called the 'gateway state' is situated in South-West Nigeria with the state forming boundaries to other states in the federation. The creation of the state has led to so much development in education of the citizenry of the state with increase in the establishment of higher institution of learning of both private and government owned schools. There are twenty two academic libraries in Ogun state and as the population increases by day and development sets in, more institutions are established on a close interval. The academic libraries present in Ogun State are twenty two which comprises of libraries in universities, colleges of education, polytechnics and school of health of which some are private and some owned by the government.

Functions of academic libraries is not limited to the student and staff alone but to members of the community. Also, library take knowledge of the past and present and lay it down for the future (Reding, 2005). The library does not limit its role to students and staff but ensure relevant information of the community which invariably serve to preserve the cultural heritage of where the academic library is situated. Lozano (2002) submitted that the general library's role is to provide information about its community. Therefore, making information available to users without discrimination. Since information and knowledge is power, the library which is the knowledge base of an institution should be provided with the right mix of employees to make information available to users. It is pertinent to note that acquisition of knowledge dispel ignorance, therefore the general objective of library is to serve as a Centre for information where people acquired the needed knowledge to reduce their ignorance about their environment (Sobalaje and Ogunbodede, 2015).

REASONS FOR HUMAN RESOURCES PLANNING IN ACADEMIC LIBRARIES

Human resource planning which is a technique aimed at securing and improving organization's human resources to meet the present and future needs with three principal stages involved are; the evaluation of existing resources; forecast future requirements and action (Cole, 2006). Planning is an integral aspect of every organization for it sustainability. Mondy's (2008), referred to Human resource planning is the systematic process of matching the internal and external supply of candidates with job openings that a company anticipates over a certain period of time. There should be need for people and in an attempt to fill the vacant position in the library request should be made by the University Librarian as the case may be to the human resource director of the institution for right selection.

Human resource planning involves the process of identifying the number of people required by an institution in terms of quantity and quality (Satope, 2014). The library which serve as the repository of knowledge in all its ramification (Odiase, Unegbu and Haliso, 2001: p. 21) is not an exemption to the essential of human resource planning to ensure qualified staff are available at point of need of the library. However, the planning process is put in place to examine and evaluate performance of staff and where there is urgent need of personnel the human resource of the parent institution looks inward to see if there are fits to fill a gap but in situation where there are none they look outward. These are done to increase proficiency of personnel working in the library.

Human resource planning in academic libraries will ensure that the right number of human resource 'people' with the right skills are employed to meet estimated demand and requirement. Therefore, it is pertinent to consider human planning for substantive reasons by optimally utilizing available resources in the library by making it more flexible, acquire and nurture skill that takes time to develop, identifying potential problems and minimizing the chances of making bad decisions. Other reasons are planning for the benefits, which amount to understanding the present in order to confront the future planning for library reasons which involves communicating plans so as to obtain support of fellow library staff, and linking the human resource plan to business plans so as to gain corporate control over the operations of the library (Reilly, 1999).

Further study revealed the human resource planning is essential because it encourages employers to develop clear and explicit links between the library business and human resource plans to integrate both effectively (Farnham, 2006). Thus, it allows for better control of over staffing cost numbers of employee thus, enabling the administration make informed decision about the skill and attitude mix of employees in the library. The information provider in any society proffer solutions to problem therefore there should be workforce in place in the library to deliver services to clientele and to close the gap between information rich and information poor. The findings from this study revealed that the role of the information provider to the public has been the provision of solution to the problems, which Academy libraries aims at providing (Vanda, 2009).

Establishing human resource planning in academic library is very essential because it ensures adequate manpower when required, proper use of existing human resources in the organization, forecast future requirements of human resources with different levels of skills, Assess surplus or shortage human resource available in the library, and providing lead time available to select and train the required additional human resource over a specified time period (Chand, 2015). However, planning in academic library provide an accurate number of employees required, with matching skill requirements to accomplish organizational goal. Sikula (2015) revealed "the ultimate purpose of human resource planning is to relate future human resources to future enterprise need so as to maximize the future return on investment in human resources". The proper implementation of human resource planning in the library reduces unnecessary expenditure especially on human resource. It makes organization determine if they are making progress in their day-to-day activities.

APPLICATION OF HUMAN RESOURCE PLANNING IN ACADEMIC LIBRARIES

Human resource planning is applicable in all the sections of the library like the circulation, reference, cataloguing and classification, reprography, acquisition, serials section among others that require the indelible effort of human resource management of the institution to ensure the right person is placed in the right position.

In an attempt to fulfil the human resource need of academic library there are important points to be put to consideration towards successful application of human resource planning in library:

1. Forecasting hiring needs for the library by assessing the current conditions and future goals of the parent institution. The plan for the future starts today by identifying the library need, analyzing and evaluating the trend of events then determine the feasibility of hiring in the library.
2. Supply forecasting to determine the supply of people by referring to the analysis of current resources and future availability, after allowing for wastage.
3. Demand forecasting this envisage the future needs of human resources present in the library and their competences by reference to corporate and functional plans and forecast future activity level.
4. Scenario planning by making broad assessments of future environmental factors and their likely impact on people requirement.
5. Action planning this prepare plans to deal with forecast deficits through internal promotion, training or external or external recruitment. Putting to consideration plan for unavoidable downsizing so as to avoid compulsory redundancy in the library. Where required, a retention and flexibility strategy should be developed (Armstrong, 2012: p.489).

The process of planning human resource in the library is appropriate because it accommodate long-term forecasting that is beneficial to institutions with stable clientele where predictable demographic change can occur. The library is a growing organism and as academic libraries increases as higher institution of learning increases the need arise for a conscious effort to plan for human and non-human resources present in the library to avoid future compulsory downsizing. The compulsory downsize occurs when there are no prior considerations for human resource to work in the library thus leading to increase in the employment of people without skill, competence and knowledge to carryout professional tasks.

Human resource planning is applicable in the library because it considers the wise mix of human and non-human resources available for library administration. The library might have all the other non-human resource complete at their use but when the right mix of human resource is mixing it means the library will find it difficult to carry out relevant tasks. Because of the sensitive role of academic libraries to education in Nigeria the urgent need to plan for people working in the library comes to play thus enabling the workers understand the goals and objectives of the library is very essential. It help prevent redundancy in the library thereby recruiting the right person with the right skill to fill a vacant position, this cannot be accomplished without the joint effort the librarian and the human resource director of the institution.

Scenario planning involve the library administration applying a conscious effort to plan for future occurrences that could build or diminish the value of service delivered by the library personnel. Regular assessment and evaluation of staff should be inculcated in the library so that the administration can determine individual performance and identify areas that need more competent hands.

The success of the Library requires in-depth understanding of personnel employed and their ability to adapt to change internally and externally as the case may be. Planning for future action as the case may be reveals aspect of the library that require close attention and ways to improve on the service of the library. One of the way of implementing action plan in the library is to determine areas of the library where training is required then do training and retraining to improve employees' performance on their job. The action create avenue for employee prepare for future without fear.

Therefore, Readers librarian with other section head that domicile in the different library section should be professionals. Professional librarian should be employed to work at the circulation because the circulation section of the library is the first port of call to all the users on arrival to the library. The circulation reveals the library either positively or negatively when the act of making support staff be at the forefront of service in the library can sometimes be discouraging to users. Although, this might be as a result of users expectation of the library and staff does not fit with the essence of establishing the library. Sometimes, the clienteles are not fulfilled with the service received from the library because of the poor attendance of the support staff. This could have negative impression on the users of the library thus portraying the library that should provide solution to satisfy the information need of users in order not to forfeit the essence of establishing the library.

Academic libraries in Ogun State, Nigeria should ensure sufficient human resources in every sections of the library. Professionals in the field of information science should be employed to reduce redundancy in service quality of librarians. Also, the right mix of staff in academic libraries establish the relevance of the existence of the library which is to make available information to users at any point in time without restriction. For this reasons when there are staff with the right qualification to provide services in the libraries especially academic libraries makes users satisfied which in essence establish the relevance of library. However, for academic library to be successful there should be continuous evaluation and reevaluation of library practices in light of the personnel who perform task in the library. Also, to maintain quality and standard in academic libraries requires adequate provision for training and retraining in order to improve staff perform not neglecting the fact that human resource planning ensures the right supply of manpower to carry task effectively and efficiently.

APPLICATION OF HUMAN RESOURCE PLANNING IN ACADEMIC LIBRARIES: PROSPECTS

Human resource planning is of greater benefit to the library because it prepares the library for the future by providing the right mix of employee and ensure certified professionals are readily accessible by the users at all time. It prepares a long time forecasting for the library thereby, reducing the cost for regular recruitment.

Therefore, human resource planning should be considered in academic library as being relevant in recruitment process that allows for the employment of the right candidate with the right qualification to fill the right position at the right time. This implies that the vacant position in the library should the occupied with the right mix of persons.

The planning process that takes place in the human resource department of the parent organization help maintain balance between demand and supply human resource thereby reducing the labour cost. This process intimate the human resource personnel to know where there are outrageous numbers of staff which might allow the organization spend more to

be curtailed. Where there is need to release or retire from active service as the case maybe. Sometimes the excess worker are redeployed to other department to work. It helps in checking labor imbalances especially where there is surplus of human resource in the library that may remain under-utilized. Therefore, counter balancing of the problem of shortage and surplus employees will be rectified conveniently to resolve the excesses and create balance in supply and demand.

Careful consideration of likely future events especially as preparing workforce for uncertainties. Thus proffering better ways of doing work in order to achieve the organization goal. This process allow the human resource management personnel plan for sufficient workforce in case of unseen event and economic down turn.

Human resource planning reduces the hazard of short falls and surplus in the library thereby making the administration plan ahead of time to reduce financial loss to the organization. This could be achieved when there are adequate professionals with right qualification filling the right position does not give room for excessive employment of staff in a particular section that might not be economical.

Also planning for human resource ensures satisfaction of workers in the library by considering their needs for education and growth. Sometimes considers their need for motivation and incentives. Thus, allowing for future budget of allocation required for the advancement and maintenance of library holdings. The budget enables for the organization plan for the finances required for smooth running of the library with timely payment of personnel salary without owing or borrowing. The budget when accurately planned should accommodate miscellaneous that may result in library expansion and economic change.

Also, evaluation of human resource is done annually or biannually to determine the performance of employee within the library so that if need arises for more employees to carry out a task request will be made. Also, if a worker does not perform as expected caution will be given to the staff to sit up and work diligently. The success of any library is the commitment of the staff to excellent performance also, in situation where there is underachievement the library personnel will likely be blamed for incompetence. Therefore, academic libraries should seek to employ competent staff driven with passion to achieve the goals of the library and the parent institution. Plans should be made by the library administrations to employ value added workers who will give hundred percent loyalty to the development and progress of the library. Employees with the right skill and competent should be retained in the library.

The library does not exist on its own without the active performance of human resource present in the library make them achieve their set goals. Academic library administration functions at all time to identify the library's demand for human resources and devise means to adequate supply of professionals to fill the space created. Therefore, human resource planning better prepares the administration for staff turnover, recruitment, and strategic hiring – and alleviate stress when you have emergency or last-minute hiring need (Butteriss, 1999). Therefore, since library is a very sensitive place saddled with responsibilities that are users and service oriented the administration in all the tertiary institution should recruit the right mix of professionals to fill positions in the library without any bias. The bias and compromised in employment which could be as a result of prevailing factors of unemployment in the country that could warrant administration seek to satisfy his/her candidate not in the profession which could go a strong basis for redundancy.

Thus, every recruitment process in academic libraries in Ogun State should be channeled through the librarian with the involvement of the college, polytechnic and university librarians present during interview to determine qualified candidate to fill a particular position. When these are considered essential in human resource planning in academic libraries in Ogun State the menace of employing the administrators' choice candidate without the academic library demand will be curtailed. Thus, the menace of employing through the yard stick of man-know-man will be thing of the past in academic libraries in Ogun State, Nigeria.

APPLICATION OF HUMAN RESOURCE PLANNING IN THE LIBRARY: CHALLENGES

Since change is inevitable in any growing organization like the library, it could sometimes be difficult to satisfy each unit of the institution with the required force which might in turn pose a great problem in the service quality of workers in that unit. The same applies to academic libraries situated in universities, polytechnics, colleges of education, research institution, school of nursing and other post-secondary school face the fundamental issue of getting the right mix of staff to work. In an attempt to satisfy every section of the library with the appropriate work issues arise because of human nature like retirement, sack, resign, marriage, transfer, sickness, and sometimes death as the case may be could make the planning process tiring.

Sometimes, the human resource director does not carry along the library administrator thereby recruiting personnel of low competence and sometime without professional qualification which might pose a greater challenge to the library service.

When a work is not professional it reflect in the service delivery which could either bring satisfaction or dissatisfaction to users. In Nigeria because of the 'man-know-man' syndrome of the human resource director or the librarian can make them recruit the candidate of their choice who has personal affiliation to them, this when continued could affect education in the country because students might not develop interest in the use of library because of incompetent workers.

Recruiting the wrong person to carry out a task is like lavishing the organization resources in an unprofitable manner. This could cause the organization to waste time and money that should have been used to bring more income to the organization recruiting and wasting financial resources down the drain in a recruitment that should have been done annually. Another prospective challenge is when there are no qualified profession to apply for a post can create a great challenge for human resource planning because the professional work force will be limited with more of para-professionals.

RECOMMENDATIONS

Human resource planning is an ongoing process because of the nature of man in which a person can work in a library today when there are better offers could decide to migrate for greener pasture as such the forecasting of human resource planning ensures adequate professionals available to carry out task in academic libraries. Academic libraries in Ogun State Nigeria should reduce bias and compromise during recruitment process in the sense that administrators' candidate not qualified for a position should not be employed to fill a professional librarian space. Also, librarians especially the head of every library should be involved in the recruitment process thereby reducing redundancy in academic library practices

Furthermore, the study recommends that proper planning should be done to improve on Users satisfaction. The satisfaction of users is when a user requires an information source to use on demand without much stress. Therefore, the right skilled person should be employed to fulfill the goal of establishing an academic library. Personnel employed in the library should be service driven so as to provide students, faculty and members of the community with the required information. This fulfill the law of Ranganathan (1931) which state that books are for use, every reader his or her book, every book its reader, save the time of the reader, and the library is a growing organism. Because of the sensitive nature of library to education and academic development of a nation, there should be regular human resource planning to ensure that no gap exist in service quality of academic libraries in Ogun State at all time. This can possibly be achieved when there is adequate preparedness in the aspect of forecasting staff strength, planning for the supply and demand of labour in view with the advancement of technology as the economy is information communication technology driven. Academic libraries need to keep abreast of trend in library profession as such enable the librarian in forecasting the future and success of the academic libraries. Human resource planning when it is well-established and applied fosters development in academic libraries in Ogun State.

CONCLUSION

In conclusion, since human resource planning requires the process of forecasting, supply, demand, scenario planning and action planning enables the head of the libraries in academic libraries in Ogun State to be proactive and plan ahead of time for the success and achievement of the library. This can only be achieved when there is available supply of right mix of professionals to carry out the sensitive duties in the library in order to bring about sustainability of service quality in the library. Sections of the libraries should be avail the opportunity of employing the right mix of workers especially personnel with working experience to foster quality service of making information available to the right person at the right time without restriction. Achievement and Success is not accomplished in a day. To succeed requires conscious effort of the parent institution with the help of library administrator in order to collaborate with the higher institution human resource manager to achieve success. The recruitment process should not be carried out with librarians who will be at the recruitment section to determine the legibility of a candidate to perform effectively and efficiently when employed. Every good success requires conscious effort of the leadership of the institution with head of academic libraries in order to achieve human resource planning in academic libraries in Ogun State, Nigeria.

REFERENCES

[1] Aguolu, I.E. (1996). Nigerian university libraries: What Future? *The International Information and Library Review,* 28(3): 261.

[2] Akintunde, S.A. (2004). Libraries as tools for ICT development. A Compendium of Papers Presented at the 2004 NLA Annual National Conference and AGM, Akure, June 10-18.

[3] Armstrong, M. (2012). Armstrong handbook of human resources management practice. 12th ed. USA. Kogan Page Limited.

[4] Byars, L. L., and Rue, L.W. (2000). Human resource management. 6th ed. USA, McGraw-Hill Higher Education.

[5] Chand, S. (2015). Human resource planning: *Objectives, Need, Importance and Levels.* Retrieved: 26th November, 2015. From: http:// www.humanresourceplanningobjective/needs,importance,andlevels.htm

[6] Cole, G.A. (2002). Personnel and human resource management. 5th ed. United Kingdom, Cengage Learning Higher Education. 1:138-139.

[7] Cole, G.A. (2006). Personnel and human resources management. 6th ed. United Kingdom, Cengage Learning Higher Education.

[8] Heathfield, S. M. (2010). Human resources About.com http://humanresource.about.com/od/glassary/f/whathr.htm

[9] Hoare, P. (2007). Academic libraries in international encyclopedia of information and library science, ed. John Feather and Paul Sturges. New York: Routledge. 1:2.

[10] Lozano, R. (2002). La Informació local a les biblioteques publiques: una eina per al desenvolupament de la comunitat. *Métodos de Información*, *9*(51): 44-51.

[11] Mondy's, W.R. (2008). Human resource management. Retrieved: 30th November, 2015 at 10:00am. From: http://www.eho.com/about65073558_definition-humanresource-planning.html

[12] Odiase, J.O., Unegbu, V.E., and Haliso, Y.L. (2001). Introduction to the use of libraries and information sources. Benin City: Nationwide publications.

[13] Ogbuiyi, S. (2015). Use of library and Information Resources: *Library Use Education.* Lagos, Emaphine Publishers. 1(1): 25-34.

[14] Ranganathan, S.R. (1931). Cited in Use of library and Information Resources: *Library Use Education.* Lagos, Emaphine Publishers. 1(1): 2.

[15] Reilly, P. (1999). The human resource planning audit. London, Cambridge strategy publications.

[16] Reilly, P. (2003). Guide to workforce planning in local authorities, employers' organization for local government. London, Cambridge strategy publication.

[17] Satope, B. (2014). Human resource planning in nigerian universities. *Computing, Information Systems, Development Informatics & Allied Research Journals.* 5(14).

[18] Uddin, H. (2010). Human resource planning and development. Free Sample Essays –*Custom University Essays* - Helal_bba_ku@yahoo.oppapers.com

[19] Yacom, H. (2011). Factors affecting information and communication technologies (ICTs) use by academic librarians in south western Nigeria. A Journal of *Library Philosophy and Practice.* Retrieved: 26th November, 2015 12:00pm. From: *http://unllib.edu/LPP/*

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 252-261
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

An Evaluation of Saving Culture among Street Food Vendors in Informal Sector of Kogi State, Nigeria

J. Temidayo Oluwoyo and Onuche Enemali

Department of Economics,
Kogi State University,
Anyigba, Kogi State, Nigeria

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 inability for the formal sectors to effectively accommodate the growing needs and demand of the teeming population necessitated the need for the informal sector It is however pertinent to note that in spite of the enormous importance the sectors plays it is still being neglected owing to the fact that it is saturated with players who lack or have inadequate formal education, requires no formal certification to start-up, no barrier to entry and questionable saving culture. Conversely, despite the negligence it has evolved thus becomes a reasonable part of the economy that cannot be overlooked. It is on this backdrop that the research seeks access the saving culture among street vendors of the Informal Sector in Kogi State, Nigeria. The study is an attempt at exposing the percentage of income save, channels of saving and reasons for saving. Primary Data was used and collected through well-structured questionnaires distributed among 300 respondents sampled using multi stage sampling techniques analysed using descriptive statistics. The findings revealed that the Street Food Vending business of the informal sector is characterised by Female gender, low literacy rate, average propensity to save is 0.36 (save only 36% of their profit) and whose major reason for saving is to meet daily life cycle needs and prefers informal saving group. The study hence recommend that Financial institutions should be indigenous in nature so as to ensure financial inclusion of the informal sectors who have no formal education to perform transaction and lack the understanding of the complexity of the convention financial institution.

KEYWORDS: Saving, Street Vendors, Informal Sectors, Esusu.

1 BACKGROUND

The modern economy are characterised by two sectors; the Formal sector and Informal Sectors. The formal sectors encompasses all jobs with normal hours and regular wages which are recognised as incomes sources on which income taxes must be paid while the informal sectors are ways of doing things characterised by ease of entry, reliance on indigenous resources, family ownership, small scale operations, labour intensive and adaptive technology, skills acquired outside of the informal sectors, unregulated and competitive markets (1).

The informal sector covers two groups of labour market activities. It is formed by the coping behaviour of individuals during economic downturn and rising unemployment and a product of rational behaviour of innovative entrepreneurs that seek to escape government regulations and registration of business enterprises (2).

The inability for the formal sectors to effectively accommodate the growing needs and demand of the teeming population necessitated the need for the informal sector. The informal sectors ought not to be competitive but complementary to the formal sector.

The informal sector plays an important and controversial role. It provides jobs and reduces unemployment and underemployment, but in many cases the jobs are low- paid and the job security is poor. It bolster entrepreneurial activity but at the detriment of state regulations compliance. It helps alleviate poverty (1).

Corresponding Author: J. Temidayo Oluwoyo

Workers in the informal sector earn less income, have unstable income, and do not have access to basic protections and services (3).

The size of the informal labour market varies from the estimated 4-6% in the high income countries to over 50% in the low income countries. While in Nigeria, it account for 57% of the rebased GDP, 15% of the urban employment in South Africa, It size and role in the economy increases during economic downturns and period of economic adjustment and transitions. (4),(5),(6).

It is however pertinent to note that in spite of the enormous importance the sectors plays it is still being neglected. The negligence is owing to the fact that it is saturated with players who lack or have inadequate formal education, requires no formal certification to begin and not regulated by authorities and hence not taxed.

Conversely, despite the negligence and lack of support for this potential sectors it has evolve, advance and experience growth thus becomes a reasonable part of the economy that cannot be overlooked. It has left its initial complementary role to the formal sectors and is becoming competitive to the formal sectors as the border between the formal sectors and informal is blurry. For example if a street trader register her enterprise, the enterprise and the trader herself could be categorized as belonging to the formal sector if the profit is considered above the survival level. (5)

The Income generated in the sectors is minute in magnitude but consistent and hence become tangible on the aggregate.

However, major players in the informal sectors are the street vendors.

Street vendors are integral part of urban economies around the world offering easy access to a wide range of goods and services in public places. They are large and visible workforce in cities yet difficult to accurately estimate their numbers.

Reference (7) defines street food as any minimally processed food sold on the street for immediate consumption. Street food is defined as ready-to-eat food or drink sold on a street or other public places, such as a market or fair by a hawker or vendor often from a portable stall (8).

Despite the consistent level of Income generated by street vendors their saving culture raised concern. This further raised worry on their performance, growth and investment.

Various justifications were given for the questionable saving culture which include access to formal financial services, income coming in a decimal amount, financial exclusion, lack of education etc.

It is on this backdrop that the research seeks to assess the saving culture on the among street vendors in informal sector of Kogi State, Nigeria.

1.1 STATEMENT OF PROBLEM

Although statistics on the informal economy are unreliable by virtue of the subject, they can provide a tentative picture of the sector's contribution to the economy. The lack of data on the informal sector makes it difficult to make comparisons within and between countries. Informal employment makes up 48 percent of non-agricultural employment in North Africa, 51 percent in Latin America, 65 percent in Asia and 72 percent in Sub-Saharan Africa (9). If agricultural employment is included, the percentage rises beyond 90 percent in many sub-Saharan African countries. Women dominate the informal sector in most Sub-Saharan African countries, where they are found in the fields of trading, agriculture and food processing (10).

Also, (11), the size of the informal economy as a percentage of gross national income ranges from under 30 percent in South Africa to about 60 percent in Nigeria, Tanzania and Zimbabwe. The size and role of the informal sector in the economy increase during economic recessions and periods of economic adjustment and transition (2).

However, over 2.5 billion people eat street food every day. A longitudinal study of food consumption patterns in Bamako showed that street food accounts for 19-27 percent of food expenses and provides 134.417kcal per day per person (12).

Also, According to Reference (13) street foods provide a source of affordable nutrients to the majority of the people especially the low-income group in the developing countries.

However, the long run survival of this sector is threaten as encapsulated by the Opponents of street food vending component of the informal sector who argue that the informal sector is incapable of playing any developmental role and that the people in this sector are destined to remain marginal to the rest of the economy (14)(15). Under this trend of thought the businesses in the informal sector are classified as survivalist enterprises that will not drive economic growth in developing countries and in fact will disappear over time as the formation of official firms increase to stimulate growth in the formal

sector. These businesses have owners with limited skill training, little capital investment which oftentimes translates into limited opportunities for growth into a viable business (14),(2),(16) , (2).

Lack of research on street food industry has contributed to an underestimation of the contribution of this sector to economic growth and sustainable development. This study made a contribution to filling this lacuna.

1.2 OBJECTIVE OF THE STUDY

The study seeks to access the saving culture among street vendors of the Informal Sector in Kogi State, Nigeria. The study is an attempt at exposing the percentage of income save, channels of saving and reasons for saving.

2 REVIEW OF LITERATURE

The formal sectors are organised system of employments with clear written rules of recruitment, agreement, job responsibilities which has a standardised relationship between the employee and employer is maintained through a formal contract. The employee is expected to work for fixed hours and receives fixed salaries in addition to incentives and perks. He works under a decent work environment and is entitled to benefits such as leave, savings, loans etc. he has an organised association where his official grievances are addressed. Besides he is covered under social protection benefits such as life insurance, health Insurance, pension and gratuity. People working in civil service, multinational/private companies, schools, colleges, research institutes, management organisation, banks e.t.c all belong to the formal sector. (17)

The informal sector on the other hand does not have written rules or agreement, it exist merely on verbal understanding, it does not have fixed wages or fixed hour of work and mostly rely on daily earning, in most cases, the work atmosphere is congested and unhygienic. People working as small farmers, street vendors, micro-entrepreneurs , cobblers, labourers, artisans etc all belong to the informal sectors.

Street food is any minimally processed food sold on the street for immediate consumption. Street food is defined as ready-to-eat food or drink sold on a street or other public places, such as a market or fair by a hawker or vendor often from a portable stall (7),(8).

Street food as food prepared on the streets and ready-to-eat, or prepared at home and consumed on the streets without further preparation (18). Street foods include snacks, main meals, or beverages. They often reflect traditional local cultures and exist in an endless variety but there are some street foods that have spread beyond their place of origin (19).

Street foods are usually sold from pushcarts, kiosks and temporary stalls and cost less than a restaurant meal. Street food businesses are usually owned and operated by individuals or families. Street food enterprises are generally small in size; require relatively simple skills, basic facilities and small amounts of capital. Marketing success of the street food vendors depends exclusively on location and word-of-mouth promotion (19).

There is increasing recognition that street food vending plays an important socio-economic role in terms of employment potential, providing special income particularly for women and provision of food at affordable costs to mainly the lower income groups in the cities (20).

Street food vending employs on average 37.8 percent of the labor force, and contributes about 38 percent to total gross domestic product in Africa (21).

However capital accumulation is low within this sector as a result of some questionable saving culture.

Savings are used to smoothen consumption across one‟s lifetime in the face of any expected and unexpected fluctuation in income stream (22).

There are three broad groups in society that save: the household sector saves out of personal disposable income (personal saving),the business sector saves out of profits, and the government saves out of tax revenues if it spends less than it receives (that is, runs a budget surplus) (23)

Reference (24) classifies savings into three broad types such voluntary, involuntary and forced. Voluntary savings are savings that arise through voluntary reductions in consumption of disposable income. Both the household and the business sector may be a source of voluntary savings. Involuntary savings are savings brought about by involuntary reductions in consumption. All forms of taxation and schemes for compulsory lending to governments are traditional measures involving involuntary reductions in consumption. Consumption may be reduced as a result of rising prices. This is referred to as „forced saving‟ and may happen for a number of reasons. People may spend the same amount in money terms, but because prices

have risen, this means they spend less in real terms (money illusion). People may want to keep the real value of their holdings of money constant, so they accumulate more money as prices rise (the real balance effect).

Reference(25) in a study of personal savings in developing countries argued that high real interest rate increased savings while others conclude that savings deposit rate in a deregulated regime is not important in explaining the demand for savings

Reference (26) shows that there is support, although weak, for the position that financial liberalization in Nigeria is a possible way of promoting savings. The studies further show that the debt-intermediation hypothesis of Shaw is more relatively supported by Nigerian data than the complementarity hypothesis of McKinnon. It therefore sees such policy initiatives like the operations of the Peoples‟ Bank and Community Banks which aim at encouraging the savings habit of Nigerians as steps in the right direction.

Reference (27) empirically investigated the determinants of informal savings in South Western Nigeria using the linear probability model and multiple regression technique. Self-employed, less educated and rural population were identified more with informal savings and had a higher informal savings ratio. The results suggest that informal saving is determined by income, age, occupation, education and region of residence. The study posits that any policy that enhances increased earnings in informal sector has the tendency of increasing the propensity to save in the informal sector.

Reference (28) examines what motivates poor people to save and the implications for Microfinance Institutions (MFIs) seeking to provide savings services to them. The diversity of motivating factors that promote saving have led to a tremendous diversity of products, services and mechanisms in both the formal and in the informal sectors. And hence concluded that for the poor savings are an asset, while credit is a liability

Reference (29) throughout their lives, the poor experience many occasions when they need sums of money larger than what is immediately available to them. There are three categories of such occasions:

- Life cycle needs. The poor need usefully large sums of money to deal with life cycle events such as birth, death and marriage, education and home-making, widowhood, old age and death, and the need to leave something behind for one's heirs.
- Emergencies. In order to cope with impersonal emergencies such as floods, cyclones, and fires, and with personal emergencies such as illness, accident, bereavement, desertion and divorce, large sums of money are again required.
- Opportunities. As well as needs, the poor have opportunities that require large sums of money, such as starting or running businesses, acquiring productive assets (including land and housing), or buying life enhancing consumer durables such as fans, televisions and refrigerators.

Reference (30) stated 9 reasons for saving, among which include

1. *Precautionary Motive:* to build up a reserve against unforeseen contingencies.
2. *Life-cycle Motive:* to provide for an anticipated future relationship between the income and the needs of the individual.
3. *Intertemporal Substitution Motive:* to enjoy interest and appreciation.
4. *Improvement Motive:* to enjoy gradually increasing expenditure.
5. *Independence Motive:* to enjoy a sense of independence and the power to do things, though without a clear idea or definite intention of specific action.
6. *Enterprise Motive:* to carry out speculative or business projects.
7. *Bequest Motive:* to bequeath a fortune.
8. *Avarice Motive:* to satisfy pure miserliness (i.e. unreasonable but insistent inhibitions against spending money).
9. *Downpayment motive:* to accumulate deposits to buy houses, cars and other durables.

There is one other key reason why poor people save that is implicit in all of the above, but should be highlighted: that of reciprocity. Many poor people set up reciprocal arrangements whereby they save by lending. Lending to a neighbour today sets up a reciprocal arrangement under which the neighbour will then lend to in times of need. This fall under the scope of informal saving scheme.

However, there are barriers to savings as noticed in literatures. Among which include a survey of 1,000 market women in the three cities of Ghana, Reference (31) noted three major reasons why respondents would *not* save with banks. These were that:

1. The women's incomes were too low – suggesting that they expected only those with high incomes to deal with banks;
2. There were too many formalities at banks – there was too much paper work which led to unnecessarily extended transaction times; and
3. Banks were usually uninterested in small frequent deposits of torn notes and discouraged market women from making them.

Other barriers to saving identified in literature can be summarized thus;

1. *Physical Factors*:

- the physical proximity of the financial institution (how far it is from poor people's homes or places of work determines the ease and cost of getting there);
- the terms and conditions governing the financial services it offers (opening and minimum balances, fees and other direct transaction costs, and rules governing withdrawals often make access by the poor impossible);
- the opening hours of the institution (typical banking hours are remarkably inconvenient for market traders);
- the queues and how long it takes to make a transaction at the institution (which again determine how long the clients must be away from their businesses or homes and thus contribute to transaction costs);
- the forms that must be filled out to make a transaction (the layout and design, the length, how much writing is required, and the language in which the forms are written, can prove to be intimidating, difficult, and outright impossible for the predominantly poorly educated community).

2. *Psychological Factors*:

- how the bank staff treat poor clients (an intolerant, inconsiderate, non-helpful or corrupt environment can repulse many poorer clients);
- the appearance of the financial institution (too much polish can be intimidating for poor clients, too little can make them fear for the viability of the institution and the security of their deposits); and
- the complexity of comprehension of the paper work and the process necessary to make a transaction (again, complicated procedures coupled with intensive paperwork can be intimidating and even impossible for a largely illiterate group)(31)(32)(2)(6)(7)(15)(13)(5)(17)

Reference (32) identifies six key factors sought after by the rural poor when they are considering where to entrust their savings. These are:

1. Safety. Will their savings be held safely by the bank or other deposit taker?;
2. Ease of withdrawal. Can savings be accessed when needed?;
3. Proximity to home or workplace. Are there nearby locations for making deposits and withdrawals?;
4. Prizes or bonuses for good saving. Can more be earned for diligent savers?;
5. High interest rates; and
6. Quality of services. Are small depositors treated with respect and appropriate assistance?

3 METHODOLOGY

Primary Data will be used majorly for the purpose of the research. The study employs a multi stage sampling techniques. Out of the 21 local governments, three senatorial district were selected. Two major commercial town was picked from each senatorial district using simple random technique which are West (Kabba, Lokoja), Central (Okene, Okehi) and East (Anyigba, Idah). A total of well-structured 50 questionnaires were randomly distributed in each of two commercial towns to elicit response from the respondents making a total of 300 respondents sampled. Data collected will be analysed using descriptive statistics to provide a clear view of the response of respondents.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The findings of the research are presented using descriptive statistics which include tables, bar chart etc.

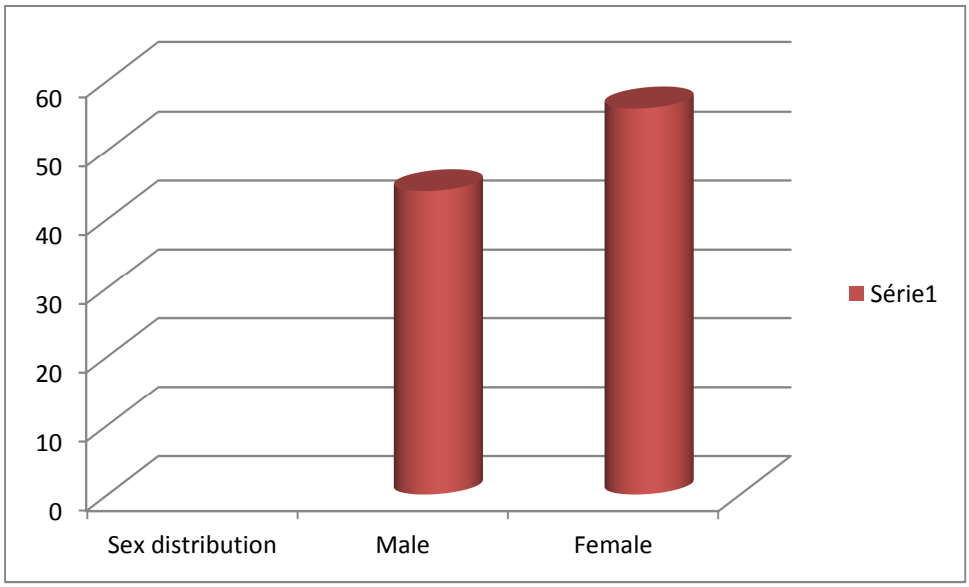


Figure 1: Sex Distribution of Respondents of Street Food Vendors

Source: Field Survey, 2016

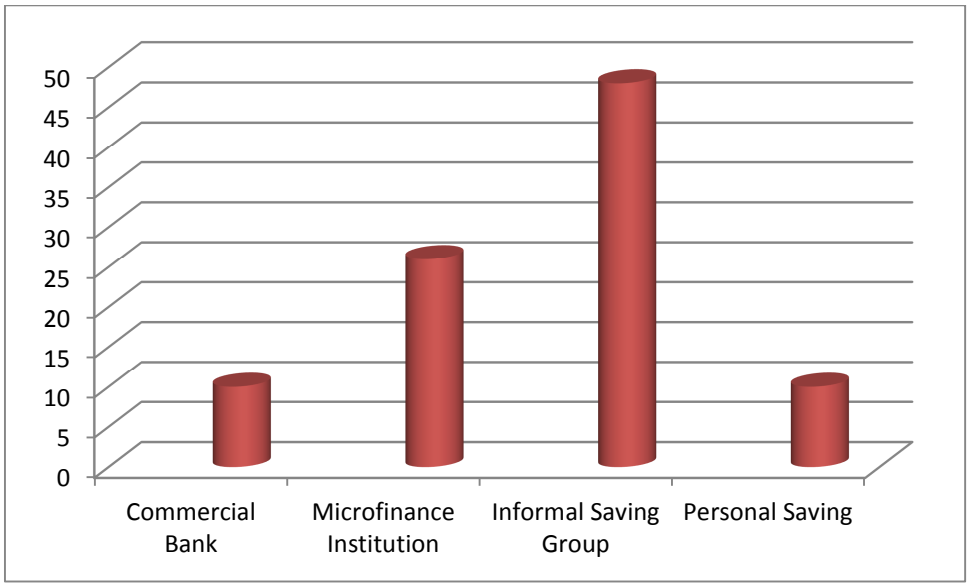


Figure 2 : Mode of Saving of Street Food Vendors Respondents

Field Survey, 2106

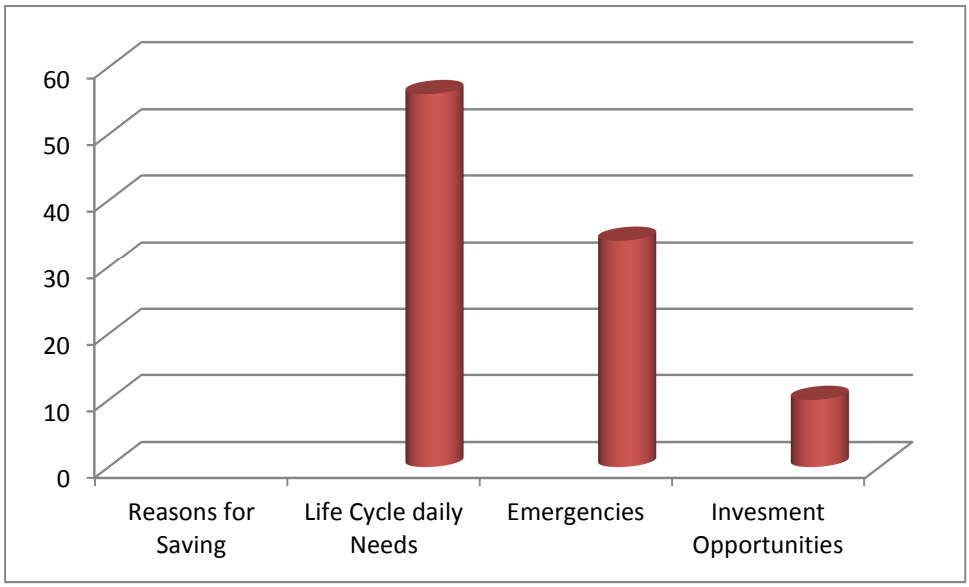


Figure 3 : Street Food Vendors Respondents Reasons for Saving

Field Survey, 2106

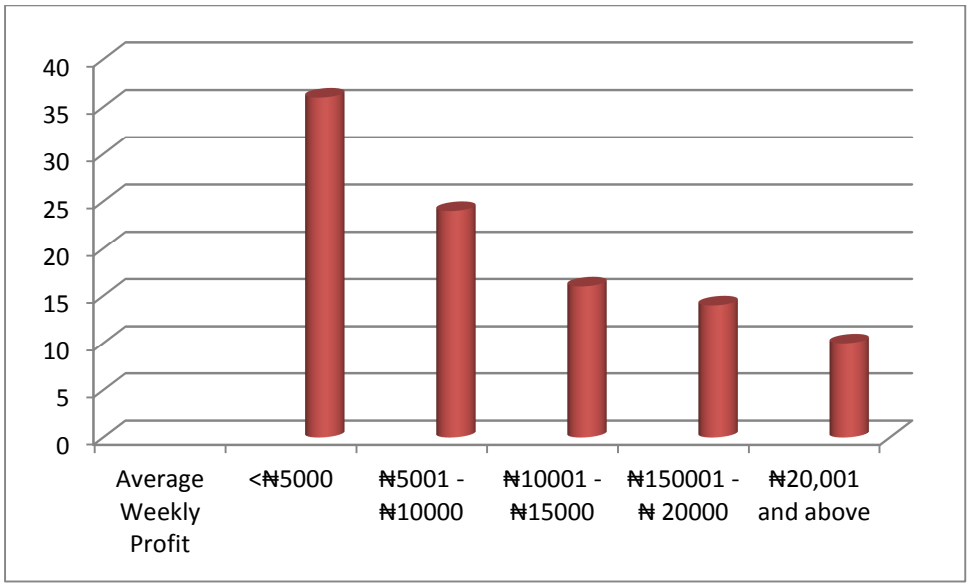


Figure 4: Average Weekly Profit Earned By Respondents

Field Survey, 2106

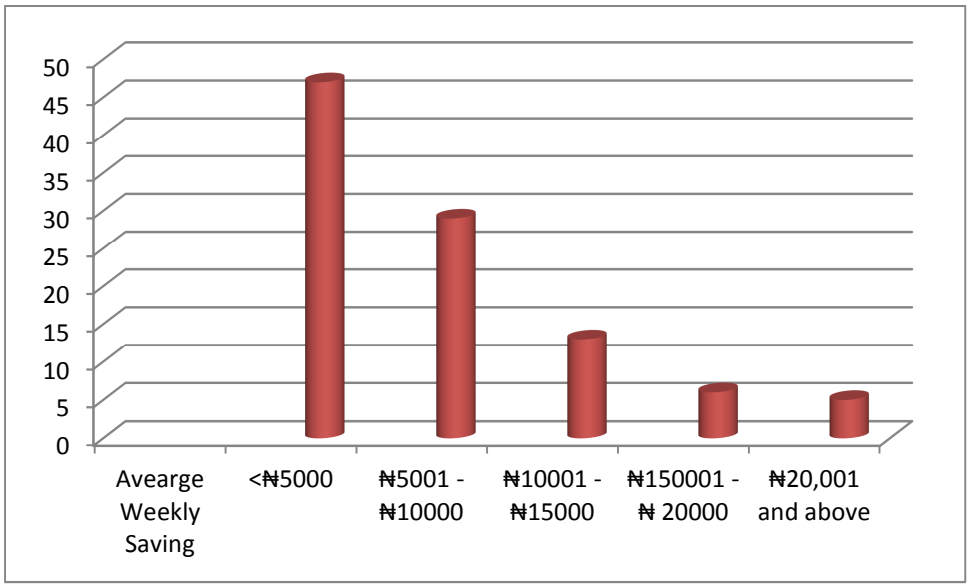


Figure 5: Average Weekly Saving Earned By Respondents

Field Survey, 2016

Table 1: Descriptive Statistics

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
PROFIT	300	14000.00	4500.00	18500.00	8838.7000	5237.75151
SAVING	300	19400.00	100.00	19500.00	3160.0000	5765.64538
Valid N (listwise)	300					

Source: Field Survey, 2106

Research finds revealed that 56% of the respondents are female as against 44% male. It can hence be deduced that most of the respondents are female, therefore female sex are more involve in street vending business in Kogi State, Nigeria. The literacy rate of the respondents reveals that most of the respondents have no formal education as the study reveals that 56% of the respondents have no formal education. The low level of formal education is an affirmation to Tovanga, 2014 that stipulated that street vendor's owners with limited skill training, little capital investment which oftentimes translates into limited opportunities for growth into a viable business.

The low literacy rate affect the mode of saving as only 10% of the respondents save with the conventional commercial bank, 26% with microfinance institution, 10% personal savings while 48% save with the informal saving group. It can therefore be concluded that most of the players prefer to save their fund with the informal saving groups as it requires no formal training to operate or understand, it is indigenous in nature with transaction taking place in local dialect, no complexity in its operation. It was observe that the informal saving group operational in the study area is Rotating Saving and Credit Association otherwise called Ajo, Esusu or Adashe in native language in Nigeria. It is a small contributory saving scheme where members contribute daily, weekly or fortnightly or Monthly portion of their profit collectively in which a the whole some is giving to a specific members of the group. The recipient of the monthly or weekly sum is based on a predetermined rotation ensuring each member will eventually receive a large sum.

The study also revealed that 56% of the respondents save for life cycle daily needs, 34% save for unforeseen contingency otherwise called emergencies while 10% save for investments purposes.

A comparative analysis of the Average weekly Profit and Average Weekly Savings of the respondents reveals that the average weekly Profit is ₦8838.7 while the average weekly savings is ₦3160. The implies that the weekly Average propensity to save is 0.36 while the weekly average propensity to consume is 0.64. It therefore reveals that only 36% of the profit is save while 64% of the profit is spent on consumption. Hence, this sector can be termed to be a consuming sector and this will impede investment and long-run growth of the sector.

5 CONCLUSION AND RECOMMENDATION

Street Food Vending business of the informal sector is characterised by Female gender, low literacy rate, whose major reason for saving is to meet daily life cycle needs and prefers informal saving group to other saving channel and whose save only 36% of their profit. Hence, saving culture is grossly inadequate. Following from the study, the following recommendation are relevant in boosting the saving culture of street vendors in the informal economy.

Financial institutions should be indigenous in nature so ensure financial inclusion of the informal sectors that have no formal education to perform transaction and lack the understanding of the complexity of the convention financial institution.

Strong Organisation structures, non-profit motives, opportunity for every small savings and other features encourage borrowers to save and Savings incentives should be provided inform of higher interest rate as this will boost the average propensity to save of Street vendors in the informal Sectors.

Further research should be taken on the research subject to assess other relevance issues pertinent to the sector as this sector is grossly neglected by scholars.

REFERENCES

[1] ILO (International Labour Organisation). *Men and women in the informal economy. 2011* [Online] Available from: http://www.ilo.org/public/english/employment/gems/download/women.pdf [Accessed 24 October 2011].

[2] Tavonga, N. "Operations of Street Food Vendors and Their Impact on Sustainable Urban Life in High Density Suburbs of Harare, in Zimbabwe*," Asian Journal of Economic Modelling* Vol 5, No.009, 2014.

[3] Beneria, L. and M.S. Floro, *Labor Market Informalisation, Gender and Social Protection: Reflections on Poor Urban Households* In: Bolivia, Ecuador and Thailand, in Razavi S.and Hassim S., Eds. Gender and Social Policy in a Global Context: Uncovering the gendered structure of the social. New York: Palgrave Macmillan. 2006

[4] World Bank. "Attacking poverty" *World Development Report 2000/2001:* Washington D.C. World Bank. 2001

[5] ILO and WIEGO. "Women and Men in the Informal Economy" A Statistical Picture 2nd Edition. 2013

[6] Onyinye, N. "Nigeria Informal Sector". *Business Day* "25th June, 2014

[7] Tinker, I. *Street Foods: Urban Food and Employment In Developing Countries*. New York: Oxford University Press. 1997

[8] Artemis, P.S. and R.V. Bhat. *Street foods. Basel*: Karger Publishers. 2000

[9] ILO (International Labour Organisation). Men and women in the informal economy. Available from http://www.ilo.org/public/english/employment/gems/download/women.pdf [Accessed 24 October 2011].

[10] UNECA (United Nations Economic Commission for Africa),. *Achieving gender equality and women's empowerment in Africa, progress Report,* The African Development Forum (ADF VI) 19-21 November 2008, Addis Ababa. "

[11] World Bank: ''Attacking Poverty": *World Bank Development Report*. New York: Oxford University Press. 2001

[12] World Health Organization (WHO). "Working Together in Health". *World Health Report Day*. 2006

[13] Muzaffar, A.T., I. Huq and B.A. Mallik. "Entrepreneurs of the streets: An analytical work on the Street Food Vendors of Dhaka City" *International Journal of Business and Management,* 4(2): 80-88. 2009

[14] Sethuraman, S.V. *The Urban Informal Sector in Developing Countries: Employment, Poverty and Environment*. Geneva: International Labour Office. , 1981.

[15] Manning, C., 1993. International experiences of informal sector activity and the lessons for South Africa. Transformation, (22). Available from http://www.transformation.ukzn.ac.za/archive/tran022/tran022006 [Accessed 24 October 2015].

[16] Ruel, M., C. Levin, S. Morris, D. Maxwell, M. Armar-Klemusu and C. Ahiadeke."Working women in an urban setting traders, vendors and food security in Accra". *World Development Report,* 27/11: 1977–1991.

[17] Nwachukwu, E.T. and F.O. Egwakhide. **"**An Error-Correction Model of the Determinants of Private Savings" *African Economic Society (AES) Conference*, Cape Town, South Africa, July 2007.

[18] Dardano, C. "Caribbean Regional Working Group on Street Food Vendors" Report of FAO, PAHO and BNSI. Available from: http://ftp.fao.org/es/esn/food/carribean_report. [Accessed 25 August 2015]

[19] Winarno, F.G. and A. Allain. "Street foods in Developing Countries: Lessons from Asia. Rome": *Food and Agriculture Organisation*.1991 Available from: http://www.fao.org/docrep/U3550T/U3550T00.htm, [Accessed 24 October 2011].

[20] Chukuezi, C.O., 2010. "Entrepreneurs of the Streets: Socio-Economic features of Street Food Vending in Owerri, Nigeria." *European Journal of Social Sciences,* 14(2): 183-188.

[21] Charmes, J., *Women Working in the Informal Sector in Africa: New methods and New Data*. New York: United Nations Statistics Division. 1998.
[22] Sukhdeve, M.L." Informal Savings of the Poor: Prospects for Financial Inclusion" *CAB CALLING.* January-March: 32-36. 2008
[23] Arosanyin, G. T., Olowosulu, A.T., Oyeyemi, G.M and Mobolaji, H. I "An Evaluation of Savings Culture among Commercial Motorcyclists in Nigeria: A Case Study". *Research Gate Publication.* Vol. (1) 2014
[24] Thirlwall, A. P, *Growth and Development with special reference to Developing Economies (8th ed.)* Hampshire,UK: Palgrave Macmillan, pp 404-479. 2006
[25] Gupta, K *Finance and Economic Growth in Developing Countries.* Croom Helm, London. 1984
[26] Soyibo, A. and F. Adekanye. "Financial System Regulation, Deregulation & Savings Mobilisation in Nigeria" *African Economic Research Consortium,* Nairobi, AERC Research Paper 11.1992
[27] Oladeji, S.I and Ogunrinola, I.O (2001) "Determinants of Informal Savings in South Western Nigeria" *Savings and Development,* Vol. 25(2) : 225- 251
[28] Gurley, J.G and Shaw, E.S . "Financial Aspects of Economic Development". *American Economic Review*, Vol 45, 515-538. 1955
[29] Rutherford, Stuart, "The Poor and Their Money – An Essay About Financial Services for Poor People", *Institute of Development Policy and Management, Manchester*, 1999a.
[30] Keynes, J.M. *The General Theory of Employment, Interest and Money.* London: Macmillan. 1935
[31] Aryeetey, E and Gockel, F. "Mobilizing Domestic Resources for Capital formation in Ghana: The Role of informal Financial Sectors". *AERC Research Paper 3.* Nairobi: Initiative Publishers.1991
[32] Rutherford, Stuart "A Critical Typology of Financial Services for the Poor", Action Aid and Oxfam, London 1996.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 262-267
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Sumudu Transform Series Decomposition Method for Solving Nonlinear Volterra Integro-Differential Equations

E.I. Akinola[1], I.A. Olopade[2], F.O. Akinpelu[3], A.O. Areo[1], and A.A. Oyewumi[3]

[1]Department of Mathematics and Statistics, Bowen University Iwo, P.M.B. 284, Osun State, Nigeria

[2]Department of Mathematics and Computer, Elizade University, P.M.B. 002, Ilara Mokin, Ondo State, Nigeria

[3]Department of Pure and Applied Mathematics, Ladoke Akintola University of Technology, P.M.B. 4000, Ogbomoso, Oyo State, Nigeria

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 this paper, Sumudu Transform Series Decomposition Method (STSDM) for solving Integro-Differential Equation is presented. The method is an elegant combination of Sumudu Transform method, series expansion and Adomian polynomial. Three numerical problems were solved and compared with the exact solutions and the results by other approximate methods in order to check the effectiveness, reliability, accuracy, and the convergence of the method. The results obtained by STSDM showed that it is a powerful mathematical technique for solving wide range of physical problems arising in science and engineering fields.

KEYWORDS: Adomianl Decomposition, Volterra Integro-Differential equation, Series expansion, Sumudu Transform.

1 INTRODUCTION

The Volterra integro-differential equation arises from the mathematical modeling of the spatio-temporal development of an epidemics model in addition to various physical and biological models [1], [2].

The general nonlinear Volterra integro-differential equation is given as

$$u^{(n)}(x) = f(x) + \int_0^x k(x,t)\left[R(u(t)) + N(u(t))\right] \qquad (1)$$

$$u^{(k)}(0) = b_k, \qquad 0 \le k \le (n-1)$$

Where $u^{(n)}(x)$ is the nth derivative of the unknown function u(x) that is to be determined, k(x,t) is the kernel of the integral equation, f(x) is a known analytic function, R(u) and N(u) are linear and nonlinear functions, respectively. For n=0, (1) turns out to be a classical nonlinear integral equation.

Sumudu Transform is an integral-based transform named by Watugala [3]. Since the formulation of Sumudu Transform, many works based on this transform were being done [4], [6].

Sumudu Transform is written as

$$F(u) = S\left[f(x)\right] = \int_0^\infty \frac{1}{u} f(x) e^{-x/u} dx, \qquad (2)$$

for any f(x) and the Sumudu Transform of n^{th} derivative is also given as

Corresponding Author: E.I. Akinola

$$S\left[\frac{d^n f(t)}{dt^n}\right] = \frac{1}{u^n}\left[F(u) - \sum_{k=0}^{n-1} u^k \left.\frac{d^n f(t)}{dt^n}\right|_{t=0}\right] \quad (3)$$

Taylor series is a representation of a function as an infinite sum of terms that are calculated from the values of the function's derivatives at a single point

In the 1980s George Adomian introduced a new method to solve nonlinear differential equations [7], [9]. This method has since been termed the Adomian Decomposition Method (ADM) and has been the subject of many investigations [10], [11], [12], [13]. The ADM involves separating the equation under investigation into linear and nonlinear portions. The linear operator representing the linear portion of the equation is inverted and the inverse operator is then applied to the equation under any considerable given conditions. The nonlinear portion is decomposed into a series of special polynomials called Adomian polynomials.

In recent years, many new methods, such as He's Homotopy Perturbation Method [2], Modified Homotopy Perturbation Method [14], Cubic Spline Collocation Method [15], Adomian Decomposition and Variational Iteration Methods [16] and many more are used to solve integra and integro-differential equation problems. Here in this paper, a new approximate method called Sumudu Transform Series Decomposition Method (STSDM) is proposed to solve both second and fourth order nonlinear Volterra integro-differential equations and the comparisons of results obtained by STSDM are made with the exact and modified homotopy perturbation method.

2 THE METHOD

2.1 DERIVATION OF THE SUMUDU TRANSFORM SERIES DECOMPOSITION METHOD (STSDM)

Given a general nonlinear non-homogeneous differential equation

$$LU(x) + RU(x) + NU(x) = g(x) \quad (4)$$

Where L is the highest order linear differential operator, R is the linear differential operator of order less than L, N is the nonlinear differential operator, U is the dependent variable, x is an independent variable and g(x) is the source term which is assumed to have series expansion.

Application of the Sumudu Transform on equation (4) resulted into

$$S[LU(x)] + S[RU(x)] + S[NU(x)] = S[g(x)] \quad (5)$$

Using the differentiation property of the Sumudu transform (3) in (5) to have

$$\frac{S[U(x)]}{u^m} - \sum_{k=o}^{m-1} \frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} + S[RU(x)] + S[NU(x)] = S[g(x)] \quad (6)$$

Where

$$\sum_{k=o}^{m-1} \frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} = \sum_{k=o}^{m-1} \frac{U(0)^{(k)}}{u^{(m-k)}}$$

Further simplification of (6) gave

$$S[U(x)] - u^m \sum_{k=o}^{m-1} \frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} + u^m [S[RU(x)] + S[NU(x)] - S[g(x)]] = 0 \quad (7)$$

Where S denotes the sumudu transform,

Application of Sumudu inverse Transform on (7) yielded

$$U(x) = G(x) - S^{-1}\left[u^m \left[[S[RU(x)] + S[NU(x)]]\right]\right] \quad (8)$$

And,

$$G(x) = S^{-1}\left[u^m\left[\sum_{k=o}^{m-1}\frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} + S[g(x)]\right]\right] \tag{9}$$

Where G(x) represents the term arising from the source term and the prescribed initial conditions.

The representation of the solution (8) as an infinite series is given below:

$$U(x) = \sum_{n=o}^{\infty} U_n(x) \tag{10}$$

The nonlinear term is being decomposed as:

$$NU(x) = \sum_{r=0}^{\infty} A_n(u_0, u_1, \ldots u_n) \tag{11}$$

Where A_n are the Adomian polynomials of functions U_0, U_1, $U_2 \ldots U_n$ and can be calculated by formula given in [17] as:

$$A_n = \frac{1}{n!}\frac{d^n}{d\lambda^n}\left[N\left(\sum_{r=0}^{\infty}\lambda^i u_i\right)\right]_{\lambda=0} \quad n = 0, 1, 2, \ldots \tag{12}$$

Substituting (10) and (11) into (8) yielded

$$\sum_{n=o}^{\infty} U_{n+1}(x) = G(x) - S^{-1}\left[Su^m\left[[R\sum_{n=o}^{\infty} U_n(x)] + [\sum_{n=o}^{\infty} A_n]\right]\right] \tag{13}$$

Simplification of equation (13) as many times as possible resulted into series solution

$$\left.\begin{aligned} U_0(x) = G(x) = S^{-1}\left[u^m\left[\sum_{k=o}^{m-1}\frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} + S[g(x)]\right]\right] \\ U_{n+1}(x) = -S^{-1}\left[Su^m\left[[RU_n(x)] + [A_n]\right]\right] \end{aligned}\right\} \quad n \geq 0 \tag{15}$$

Equation (14) led to the generally recursive relation given by:

$$\left.\begin{aligned} U_0(x) = G(x) = S^{-1}\left[u^m\left[\sum_{k=o}^{m-1}\frac{U(x)^{(k)}(0)}{u^{(m-k)}} + S[g(x)]\right]\right] \\ U_{n+1}(x) = -S^{-1}\left[Su^m\left[[RU_n(x)] + [A_n]\right]\right] \end{aligned}\right\} \quad n \geq 0 \tag{15}$$

when the Sumudu Transform and the Sumudu inverse Transform are applied on (15) respectively, the iteration U_0, U_1, $U_2 \ldots U_n$ were obtained, which in turn gave the general solution as

$$U(x) = U_0(x) + U_1(x) + U_2(x) + U_3(x) + \ldots \tag{16}$$

3 NUMERICAL APPLICATION

Example 1

Consider the second order nonlinear Volterra integro-differential equation

$$u''(x) = \sinh x + \frac{1}{2}\cosh x \sinh x - \frac{1}{2}x - \int_0^x u^2(t)dt \tag{17}$$

Subject to the initial condition

$$u(0) = 0, \qquad u'(0) = 1 \tag{18}$$

Using STSDM to solve (17) alongside the initial condition (18) to obtain the approximate solution

$$u(x) = x + \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 + \frac{1}{7!}x^7 + \frac{1}{9!}x^9 + \ldots \tag{19}$$

Equation (19) can also be written in a closed form as

$$u(x) = \sinh x \tag{20}$$

Equation (20) above is the same as the exact solution of (17)

Example 2

Consider the fourth order nonlinear initial value problem of Volterra integro-differential equation

$$\left.\begin{aligned} U^{(4)}(x) &= f(x) + 3\int_0^x U^3(t)dt, \\ U(0) = U''(0) &= 1, U'(0) = U'''(0) = -1 \\ f(x) &= e^{-x} + e^{-3x} - 1 \end{aligned}\right\} \tag{21}$$

Table 1: Comparison of the results obtained by STSDM with the Exact and Modified Homotopy Perturbation Method for example 2

X	Exact	MHPM	STSDM	MHPM error	STSDM error
0	1	1	1	0.00000	0.00000
0.04	0.9607894392	0.9608106692	1.105170969	$2.12300*10^{-05}$	$4.76800*10^{-11}$
0.08	0.9231163464	0.9232854120	1.221403172	$1.690656*10^{-04}$	$1.33606*10^{-11}$
0.12	0.8869204367	0.8874885866	1.349860199	$5.681499*10^{-04}$	$1.71535*10^{-11}$
0.16	0.8521437890	0.8534850921	1.491827980	$1.341303*10^{-03}$	$3.388454*10^{-11}$
0.2	0.8187307531	0.8213405980	1.648727592	$2.609845*10^{-03}$	$2.226369*10^{-11}$
0.24	0.7866278611	0.7911217470	1.822129337	$4.493886*10^{-03}$	$3.686180*10^{-11}$
0.28	0.7557837415	0.7628963355	2.013768118	$7.112594*10^{-03}$	$5.969278*10^{-11}$
0.32	0.7261490371	0.7367334755	2.225560096	$1.058444*10^{-02}$	$8.040831*10^{-11}$
0.36	0.6976763261	0.7127037390	2.459620431	$1.150274*10^{-02}$	$1.964534*10^{-10}$

Example 2

Consider the fourth order nonlinear boundary value problem of Volterra integro-differential equation

$$\left.\begin{aligned} U^{(4)}(x) &= f(x) - \int_0^x U(t)U''(t)dt, \\ U(0) = U'(0) &= U''(0) = 1,\ U(1) = e \\ f(x) &= e^x - \frac{1}{2}e^{2x} + \frac{1}{2} \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

Since (22) is an initial boundary value problem (IBVP), an assumption is made that

$$u'''(0) = k \tag{23}$$

Having obtained the general solution $u(x)$ using STSDM, the boundary condition $u(1) = e$ is imposed on it in order to find the value $k = 1.000309600$

Table 2: Comparison of the results obtained by STSDM with the Exact and Modified Homotopy Perturbation Method for example 3

X	Exact	MHPM	STSDM	MHPM error	STSDM error
0	1	1	1	0.00000	0.00000
0.1	1.105170918	1.105230748	1.105170969	$5.9830*10^{-05}$	$5.1*10^{-08}$
0.2	1.221402758	1.221843785	1.221403172	$4.41027*10^{-04}$	$4.14*10^{-07}$
0.3	1.349858808	1.351209687	1.349860199	$1.350879*10^{-03}$	$1.391*10^{-06}$
0.4	1.491824698	1.494673169	1.491827980	$2.848471*10^{-03}$	$3.282*10^{-06}$
0.5	1.648721271	1.653535684	1.648727592	$4.814413*10^{-03}$	$6.321*10^{-06}$
0.6	1.822118800	1.829034189	1.822129337	$6.915389*10^{-03}$	$1.054*10^{-05}$
0.7	2.013752707	2.022315475	2.013768118	$8.562768*10^{-03}$	$1.541*10^{-05}$
0.8	2.225540928	2.234405354	2.225560096	$8.864426*10^{-03}$	$1.917*10^{-05}$
0.9	2.459603111	2.466171899	2.459620431	$6.568788*10^{-03}$	$1.732*10^{-05}$
1.0	2.718281828	2.718281826	2.718281830	$2.0*10^{-09}$	$2.0*10^{-09}$

4 CONCLUSION

This paper has shown that the approximate solution of nonlinear Volterra integro-differential equations can be accurately obtained using Sumudu Transform Series Decomposition Method (STSDM). The comparison of the results obtained using STSDM with the exact and modified perturbation method (MHPM) is a clear indication that the proposed method is a powerful and easy to use approximate method for solving nonlinear Volterra integro-differential equations, it also attests to the fact that STSDM is a better, accurate, efficient, effective and reliable method for solving nonlinear integral systems and equations used in sciences and engineering discipline.

REFERENCES

[1] H.R .Thieme, A model for the spatio spread of an epidemic, J. Math. Biol. (4), 1977, 337-351.

[2] N .Jafar Saberi-., G .Asghar., He's homotopy perturbation method: An effective tool for solving nonlinear integral and integro-differential equations. Computers and Mathematics with Applications (58), 2009, 2379-2390.

[3] G.K .Watugala., "Sumudu transform: a new integral transform to solve differential equations and control engineering problems," International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 24(1), 1993, 35-43.

[4] F.B.M. Belgacem, A.A. Karaballi, S.L. Kalla., "Analytical investigations of the Sumudu transform and its applications to integral production equations," Mathematical problems in Engineering, (3), 2003, 103-118.

[5] F.B.M. Belgacem "Introducing and analyzing deeper Sumudu properties Sumudu transform fundamental properties investigations and applications," Nonlinear Studies Journal, 1(31), 2006, 101-111.

[6] M.G.M. Hussain, F.B.M . Belgacam. Transient solution Maxwell's equations based on Sumudu transform. Progress in Electromagnetics research. PIER (74), 2007, 273-289.

[7] G . Adomian., A review of the decomposition method in applied mathematics. J. Math. Anal. Appl. (135), 1988, 501-544.

[8] G. Adomian, Delay nonlinear dynamical systems-Mathematical and computer modeling, 22(3), 1995, 77-79.

[9] K. Abbaoui., Y. Cherruault,, Convergence of Adomians method appilied to differential equations, Comp. Maths. Appl. (28), 1994a, 103-109.

[10] D. Lesnic, Convergence of Adomians decomposition method: periodic temperatures. Computers and Mathematics with applications, (44), 2002,13-24.

[11] E. Babolian, J. Biazar, Solving the problem of biological species living together by Adomiian decomposition method. Applied Mathematics and computation, (129), 2002, 339-343.

[12] M. Guedda, Z. Hammouch, On similarity and pseudo-similarity solutions of Falkner-Skan boundary layers. Fluid Dynamics Research, 38(4), 2006, 211-223.

[13] W. AI-Hayan, L. Casasus, On the applicability of the Adomian method to initial value problems with discontinuities. Applied Mathematics letters, (19), 2006, 23-31.

[14] G.A. Afrouzi et al. Fourth order Volterra integro-differential equations using modified homotopy-perturbation method. The Journal of Mathematics and Computer Science. 3(2), 2011, 179-191.
[15] O.A. Taiwo, O.A. Gegele, Numerical solution of second order linear and nonlinear integro-differential equations by cubic spline collocation method. Advancement in Scientific and aengineering Research 2(2), 2014, 18-22.
[16] S. Alao et al. Numerical Solution of Integro-Differential Equation using Adomian Decomposition and Variational Iteration Methods. IOSR Journal of Mathematics. 10(4), 2014, 18-22.
[17] A.M. Wazwaz, Solitary wave solutions for the modified Kdv equation by Adomian decomposition. Int. J. Appl. Math. (3), 2000a, 361-368.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 268-277
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact of ICT and innovation on higher education in developed economies

Haifa Mefteh Latrach

Doctor (PhD), Faculty of Economics and Management, University of Sfax, Tunisia

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 examines the relation between ICT (Information and Communication Technology) and the effect of innovation on higher education during the 2000-2014 periods in the case of developed countries. The cointegration relationship between series was examined by using panel cointegration test developed by Pedroni (1999, 2004) and Kao (1999). As a result of the empirical analysis, cointegration relationship between the series was determined. The results provide also evidence of a positive effect of innovation in tertiary education.

KEYWORDS: ICT, research and development expenditure, expenditure in higher education, panel cointegration, DOLS (Dynamic Ordinary Least Square).

1 INTRODUCTION

The relationship between education and innovation has been the subject of considerable academic research over the past few decades.

Actually, the acceleration of the pace of economic growth is historically accompanied by an increase diffusion of innovation in education. This is proven in several studies such us Charles and Issifu (2015), Vitola and Erina (2015), who believe that innovation is essential for the sector education and therefore has a positive effect on the rate of productivity.

In fact, in countries with advanced and highly specialized economic system is necessary to have a large working population with high intellectual ability and, therefore, a high degree of training, which also translates into higher productivity. Those countries are usually those invest more in human capital, moreover by deploying advanced and efficient training tools, supported by rising investment in both public and private (Krueger and lindahl, 2001).

In this context, we must consider also that these countries are as well investing more in research and development, and thus, they have the most innovative technologies, such as those of information and communication (Bucciarelli et al, 2010).

Indeed, innovation, as a pattern of investment in education, strengthens competitiveness as well as progress and, through them, a sustainable economic growth.

It is known that innovation is an essential element to generate sustained economic growth. However, we cannot talk about innovation without a high level of education or a high standard of living.

Several existing studies on the nexus between ICT, research and development expenditures and education are carried out on a piecemeal basis without a comprehensive model in mind while ignoring the potential interaction between the series.

Our study thus contributes to this existing literature by giving the first integrated approach to examine the three way linkages between higher education, ICT and research and development in 13 developed countries over the 2000-2014 period.

That is to say that, investment in education, and mainly higher education, since it allows quality training by preparing a worker who is better educated and trained and able to produce and realize profit.

This hypothesis is tested using a sample of 13 developed countries.

The econometric analysis of this homogenous panel includes:

First unit root tests to verify the order of integration of the variables. Second, cointegration tests to examine the presence of long term relationship and finally, a DOLS panel model to estimate the impact of innovation on higher education.

This paper proceeds as follows: section 2 briefly reviews the related literature, followed by section 3 that presents the data and the methodology. Section 4 depicts the empirical findings and section 5 concludes.

2 LITERATURE REVIEW

Innovation in education is a difficult concept to define since it is a multidimensional notion which appears in difficult areas. Consequently, the conception of innovation was discussed, defined and developed from the perspective of several disciplines: sociology, psychology, economics, linguistics, management, cognitive science, philosophy, etc. (Popescu & Crenicean, 2012).

In order to identify the innovation variable, several studies, especially in the past, used RD as a measure of innovative activities (Schmookler, 1966). Recently, counts of the number of patents have been used as a proxy for innovation (Ahuja & Katila, 2001). In addition to the pervious indicator, some others have focused on ICT to describe innovation (Charles & Issifu, 2015; Buabeng-Andoh & Yidana, 2015).

2.1 RESEARCH AND DEVELOPMENT EXPENDITURE AND HIGHER EDUCATION

It is known that currency to achieve a high standard of living, a developed nation showed focus on education, research and innovation. For this reason, some studies, such as that of Popescu and Crenicean (2012) stated that existing innovation activities and changes in education for the case of Romania have an impact on economic growth. The research focuses on various educational institutions and modern forms of teaching and learning which promote creativity and strengthen entrepreneurial skills.

Following this seminal study, Teles and Joiozo (2011) evaluate the contribution of human capital to technological innovation applying a panel data from 27 countries for the period 1960 to 2000. Their results significantly revealed that there is a clear long run relationship between human capital stock and the quantity of innovation. This relationship reflects the cointegration between the number of patents and the public spending in tertiary education.

The work of Kruss et al. (2015) shows how South African higher education institutions contribute to economic development by drawing on evolutionary economic and the national innovation system approach through two case studies from astronomy and automotives. Therefore, there are counter arguments that point out to limit interactions between the key variables of higher education expansion, productivity and technological change. Moreover, Vitola and Erina (2015) compared higher education performance indicators and their relation with research and development expenditure in the Baltic States. The authors concluded that research and development expenditure in higher education sector is partially related to performance indicators in Latvia and Lithuania, contrary performance indicators are more related to expenditure in Estonia.

In addition, Iacopetta (2010) analyses the transitional dynamics of a growth model utilizing time series data in which both human capital and innovation drive income expansion. This generates a trajectory showing that human capital formation is a first step toward the emergence of a modern economy.

Generally, innovation will play a critical role in education. Some of the most innovative discoveries have their origins in research conducted at universities. Countries with high levels of innovation also tend to have, on average, higher proportions of graduates in their populations and a stronger track record of investment in higher education.

As a consequence, innovation in education system allows several countries to attract new talents and improve the citizen's competences. Besides, it promotes science and research and, in this way, stimulates innovation, productivity, employment and growth.

2.2 ICT AND HIGHER EDUCATION

The use of ICT is a symbol of a new era in education. According to Tezci (2011); Kubiatko and Halakova (2009), ICT has challenged the conventional teaching methods, transformed instructional practices and contributed to the emergence new instructional methods.

In addition, Allahi and Sanayei (2009) showed that "ICT alters thought patterns, enriches existing educational models and provides new training models, those models shares features of a technology-based training and suggest new learning methods in which the learner plays an active role and also emphasizes self directed independent, flexible and interactive learning" [10].

Evidently, ICT should be used to pursue the acquisition of knowledge and the formation of skills which should enable the student to adapt to the demands of society in constant evolution.

In this context, the use of ICT in education has intensely reformed learning and teaching processes. Furthermore, it has expanded new opportunities for learning and accessing to educational resources beyond those traditionally available. In this condition, the use of ICT in education creates a method of training called e-learning. (Talebian et al., 2014).

In this respect, ICT play a key role for the future development of higher education institutions and represent a catalyst for innovation quality and excellence in this sector.

Recent studies, which have examined the relation between innovation and education are, as follows Charles and Issifu (2015). In their study, the authors used a total of 3380 students from 24 public and private schools from four regions in Ghana. Research finding from ICT usage may have important implications for administrators, students and employers and may enhance educational delivery to students, students' learning experience in secondary schools and student's application of knowledge and skills in the real world of work.

Finally, it seems that ICT are a driving force behind much of the development and innovation in many countries.

3 DATA AND METHODOLOGY

3.1 DATA ANALYSIS

The data set consists of cross-country observations, for 13 countries over the 2000-2014 period, obtained from the data base of World Development Indicators (http://data.worldbank.org/indicator); International Telecommunication Union (ITU) (http://www.itu.int/); Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (https://data.oecd.org/) . In this study, we employ data on 13 countries[1]. Countries are chosen according to the availability of their data and specially ICT. The variables are EXP which measures the expenditure on higher education, RD as a proxy of research and development expenditure, PAT as proxy of number of patent applications, ICT is the proxy of ICT investment in tertiary education and GDP is real gross domestic product and ε is the error term.

3.2 METHODOLOGY

In this study, the model is estimated using panel data for 13 countries. The panel data analysis allows the implication of data for N cross-sections (e.g. countries) and T time periods. The combined panel data consist of a time series for each cross-sectional member in the data set and offer a variety of estimation methods (Asteriou & Hall, 2007).

To examine the relationship between higher education and innovation for our sample, we used a Cobb–Douglas production function where the expenditure on higher education (EXP) depends on ICT and innovation.

By taking log, the linearized model can be given as follows:

$$lnEXP_t = \alpha_1 + \alpha_2 lnICT_t + \alpha_3 lnPAT_t + \alpha_4 lnRD_t + \alpha_5 lnGDP_t + \varepsilon_t \qquad (1)$$

The model is then:

$$In\ EXP_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 lnICT_{it} + \alpha_3 lnPAT_{it} + \alpha_4 lnRD_{it} + \alpha_5 lnGDP_{it} + \varepsilon_t \qquad (2)$$

Where the subscript i=1… N denotes the country (in our study, we have 13 countries) and

t= 1…T denotes the time period (our time frame is 2000–2014), ln EXP is the expenditure on tertiary education (% of government expenditure on education), ln ICT is ICT investment in tertiary education, lnPAT is the number of patent

[1] *Austria, Canada, Denmark, Finland, France, Ireland, Italy, Japan, Netherlands, Spain, Sweden, United Kingdom, United States.*

applications, lnRD is the indicator of research and development expenditure, lnGDP is economic growth and ε is the error term.

3.3 PANEL UNIT ROOT TESTS

In order to understand whether there is a long run relationship between all the variables, applying cointegration test, should check nether all the variables are stationary at level or not. If these series are not stationary at level, it should be preceded by first difference to get stationary positions. When all the series become stationary at first difference level, we can use co-integration test (Dickey and Fuller, 1981; Phillips and Perron, 1988).

Therefore, we begin our work by performing the panel unit root test proposed by Levin et al. (LLC) (2002) and Im et al. (IPS) (2003). Both tests are based on the Augmented Dickey- Fuller principle.

Levin et al. (2002) considered the following basic Augmented Dickey–Fuller model:

$$\Delta X_{i,t} = \alpha i + \beta_i X_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{P_i} \mu_{i,j} \Delta X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \qquad (3)$$

Where Δ is the first difference operator, $X_{i,t}$ is the dependent variable i over period t, and $\varepsilon_{i,t}$ is a white-noise disturbance with a variance of σ_i^2.

Both β_i and the lag order μ in this equation are permitted to vary across sections (countries). Hence, it is assumed that:

$$\begin{cases} H_0: \beta_i = 0 \\ H_1: \beta_i < 0 \end{cases}$$

According to LLC test, compared with the single-equation Augmented Dickey-Fuller test, the panel method sensibly raises power in finite samples. The proposed model is as follows:

$$\Delta X_{i,t} = \alpha i + \beta X_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{P_i} \mu_{i,j} \Delta X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \qquad (4)$$

It is also assumed that:

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta = 0 \\ H_1: \beta_1 = \beta_2 = \cdots \beta < 0 \end{cases}$$

where the statistics of the test is $t_\beta = \frac{\beta}{\sigma(\beta)}$; β is the OLS estimate of β in Eq.(4) and $\sigma(\beta)$ is its standard error.

Im et al. (2003) proposed a testing procedure based on the mean group approach and also on the Augmented Dickey-Fuller regression presented by Eq.(3). By contrast, the null and alternative hypotheses are not similar to the LLC test, where the rejection of the null hypothesis indicates that all the series are stationary.

Now, we have: H_0: $\beta_1 = \beta_2 = \ldots\ldots = \beta_N = 0$ vs. H1: Some but not necessarily all $\beta_i < 0$

The IPS test is calculated as the average of the t-statistic with and without trend. Alternative t-bar statistics for testing the null hypothesis of the unit root for all individuals ($\beta_i = 0$) is as follows:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N} t\beta_i}{N} \qquad (5)$$

Where t is the estimated Augmented Dickey-Fuller statistics from individual panel members; N is the number of individuals. Using the Monte Carlo simulations, this test shows that the t-bar ($\bar{t}$) is normally distributed under the null hypothesis. Accordingly, the estimate of its mean and variance is used to convert t-bar ($\bar{t}$) into a standard normal z-bar ($\bar{z}$) statistic which is given by:

$$\bar{z} = \frac{\sqrt{N}(\bar{t} - E[\bar{t} \backslash \beta_i = 0])}{\sqrt{var[\bar{t} \backslash \beta_i = 0]}} \rightarrow N(0,1) \qquad (6)$$

Where E $[\bar{t} / \beta_i = 0]$ and var $[\bar{t} / \beta_i = 0]$ are the mean and variance of t_{it}.

Moreover, the IPS study shows that the standardized statistic converges weakly to the standard normal distribution, which allows the comparison with critical values of the distribution N (0, 1).

3.4 PANEL COINTEGRATION

The concept of cointegration introduced by Granger (1969) is relevant to the problem of determining long-run relationships between variables. The basic idea that supports cointegration is simple. If the difference between two non stationary series is itself stationary, then the two series are cointegrated. If two or more series are cointegrated, it is possible to interpret the variables in these series as being in a long-run equilibrium relationship (Engle and Granger, 1987). By contrast, a lack of cointegration suggests that the variables have no long-run relationship-thus, in principle, the postulated variables can arbitrarily move far away from one another. Therefore, Panel cointegration test is used to investigate the long-run equilibrium relation between the dependent variable and all the independent variables as a group in the model.

In fact, there are numerous cointegration tests such as those of Engle and Granger (1987), Johansen (1991) and Philips and Ouliaris (1990), which documented in the time series literature. However, these tests fail to take advantage of information across countries, which lead to the loss of efficiency in estimation. Recently, several authors, such as Pedroni (2004), Kao and Chiang (2000) and Kao (1999) have developed cointegration tests with panel data. In this article, we employ the Panel cointegration tests proposed by Pedroni (2004) and Kao (1999) to test whether a cointegration exists in the estimated equations.

To test the null hypothesis of non cointegration, Pedroni (1999, 2004) proposed seven cointegration tests of two types: Four within the model and three between models. This study employs the ADF statistic and the ADF statistic for groups since Pedroni (1999) showed that the ADF tests work better than others when applied to small samples, such as the present panel. Following Pedroni (1999), the heterogeneous panel and group of the mean panel cointegration statistics are calculated as follows (Lee, 2005)

Panel ADF-statistics:

$$\tilde{Z}_t^* = \left(\hat{S}^{*^2}\right) \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} \left(\hat{L}_{11i}^{-2}\, \hat{e}_{it-1}^{*2}\right)^{-1/2} \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} \left(\hat{L}_{11i}^{-2}\, \hat{e}_{it-1}^{*} \Delta \hat{e}_{it}^{*}\right) \quad (7)$$

Group ADF-statistics:

$$\tilde{Z}_t^* = \sum_{i=1}^{N} \left(\sum_{t=1}^{T} \hat{S}_i^2 \hat{e}_{it-1}^{*2}\right)^{-1/2} \sum_{t=1}^{T} \left(\hat{e}_{it-1}^{*} \Delta \hat{e}_{it}^{*}\right) \quad (8)$$

Where e_{it} is the estimated residual from Eq. (1) and L^2_{11i} is the estimated long run covariance matrix for $\widehat{\Delta e_{it}}$ Likewise, $\hat{\sigma}_i^2$and $\hat{S}_i^2$ $(\hat{S}^{*2})$ are, respectively, the long run and contemporaneous variances for individual i. The other terms are appropriately defined by Pedroni (1999) with the property lag length determined by the Newey-West method. Despite the fact that co-integrated test was already proposed more than one decade ago, it is use is still very much used. The reasons are that the principles at the basis of the survey, the design of the seven cointegration tests in their two types, between and within the models, entail a certain strength in their results, due to the fact that they combine time series and cross sectional data obtaining more degrees of freedom, which improves properties of the estimators and corrects non observer heterogeneities (Robledo and Olivares, 2013). The panel Cointegration technique is still active and used in several studies as the main method (Cetin et al. 2014) or in a complementary way (Adhikari & Chen, 2012; Jebli & Youssef, 2015).

However, Kao offered two types of tests to examine panel cointegration, which are the Dickey Fuller (DF) and the augmented Dickey Fuller (ADF) tests. Besides, others used the Fisher type test to aggregate the p values of the individual Johansen maximum likelihood cointegration test statistics. Because the OLS, which is used to estimate the panel cointegration vectors, are a biased and inconsistent estimator, hence, the Panel Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) estimator was introduced by Pedroni (2000); Phillips and Moon (1999) and developed by Kao and Chiang (2000) which is allowed to take serial correlation and endogeneity of the regressors into the conventional OLS estimator.

Additionally, we used the DOLS technique developed by Kao and Chiang (2000) to estimate the long-run panel cointegrated model. DOLS builds upon the time series analysis of Stock (Stock & Watson, 1993; Saikkonen, 1991). Kao and Chiang's (2000) Monte Carlo simulations showed that DOLS outperforms both the OLS and FMOLS estimators on all counts. The estimated coefficients of the DOLS converge to the same coefficients as the FMOLS estimation. Mark and Sul (2003) evaluated the panel DOLS estimator by Monte Carlo simulation. They concluded that panel DOLS provides much more precise estimates and has standard asymptotic distributions that provide reasonably close approximations to the exact sampling distributions in small samples.

The model of the DOLS is as follows:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta_i + u_{it}^* \quad (9)$$

$$X_{it} = X_{it-1} + V_{it} \quad (10)$$

With the regressors Y_{it} is the expenditure on tertiary education at time t, X_{it} is the indicators of ICT investment, research and development expenditure, number of patent applications, real output, and being integrated of order 1, then cointegrated with slopes β_i.

4 EMPIRICAL RESULTS

4.1 RESULTS OF PANEL UNIT ROOT TESTS

To investigate the stationarity of the series used, we applied the unit root tests on panel data (LLC, IPS) .The results of these tests are presented in the following table:

Table 1: Results for panel unit root tests (Level and First Differences)

Variables	LLC test				IPS test			
	Level		First difference		Level		First difference	
	T-Statistics	p-value	T-Statistics	p-value	T-Statistics	p-value	T-Statistics	p-value
EXP	-2.52450	0.0058	-12.7438	0.0000	-1.01952	0.1540	-8.76580	0.0000
ICT	-3.16016	0.0008	-10.0446	0.0000	-0.25675	0.3987	-6.24091	0.0000
PAT	1.29053	0.9016	-5.55852	0.0000	1.90584	0.9717	-5.18205	0.0000
RD	1.21833	0.8885	-9.24605	0.0000	0.56698	0.7146	-5.54045	0.0000
GDP	-3.07948	0.0010	-11.6383	0.0000	-0.57597	0.2823	-6.33292	0.0000

From the results of the unit root tests performed for the seven panels of the study, we can draw the following conclusions: All the statistics are not significant at 1% level for all series. After differentiation into first degree data, we noticed a significant way that all data are stationary for all the variables. Thus, all the series are integrated of order one I(1).These results led us to a logical way to test for the presence or absence of a long-term relationship between them by applying Co-integration.

4.2 RESULTS OF COINTEGRATION TESTS

According to the results of Table 1, we confirm that all the variables are I (1), and then we start the long-run analysis, that is to use panel cointegration tests examining the relationship between the five variables. Besides, considering the analysis of sensitivity and robustness, we employed two kinds of panel cointegration tests, those of Pedroni and Kao panel cointegration tests.

- Pedorni's residual cointegration test result

Cointegration requires that all the variables are integrated of the same order.

The results of panel unit root test indicate that our variables are first order integrated I(1). Then, we proceed to test cointegration panel, by relying on Pedroni's Residual-Based Panel Cointegration Tests (1999, 2004), which refer to seven different statistics for this test.

The results are as follows:

Table 2: Results for Pedroni's panel cointegration tests

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)				
	Statistic	Prob	Weighted Statistic	Prob
Panel v-Statistic	-0.877025	0.8098	-1.359897	0.9131
Panel rho-Statistic	0.289966	0.6141	0.431629	0.6670
Panel PP-Statistic	-3.765558	0.0001	-6.234605	0.0000
Panel ADF-Statistic	-3.950715	0.0000	-5.204526	0.0000
Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)				
	Statistic	Prob.		
Group rho-Statistic	1.671781	0.9527		
Group PP-Statistic	-12.48387	0.0000		
Group ADF-Statistic	-5.317752	0.0000		

From table 2, out of the total seven statistics, four statistics that include Panel PP-statistics, Panel ADF-statistics, Group PP and Group ADF- statistics are significant at 1% level, which indicates the rejection of the null hypothesis of no cointegration. Generally, evaluating according to the results of these four tests, it can be reported that Pedroni's cointegration test results show a cointegration relationship between the analyzed variables.

- kao's residual cointegration test results

Table 3: Results for Kao panel cointegration tests

	t-Statistic	Prob.
ADF	15.89674	0.0000
Residual variance	1.441108	
HAC variance	0.955406	

Table 3 provides results for the Kao (1999) panel cointegration test, which rejects the null hypothesis of no cointegration for the economic growth and other variables at 1% significance level; therefore there is existence of cointegration.

It is clear that in all the panel data sets, there is a long run relationship between tertiary education expenditure, RD expenditure, patent applications, ICT investment and economic growth for our panel of continents. Since there is cointegration between tertiary education expenditure and the other variables of our model, the equation model is estimated through the Dynamic Ordinary Least Square (DOLS) method.

In fact, the DOLS method has a feature of resolving deviations in the static regression (particularly problems arising from endogeneity), including dynamics elements to the model (Kök et al., 2010).

4.3 THE DOLS ESTIMATION

After confirming the existence of a Co-integration relationship between the series, we have to move to the estimation of the long term relationship.

There are different available estimators to estimate a vector Co-integration panel data, including with and between groups such as OLS estimates, fully modified OLS (FMOLS) estimators and estimators dynamic OLS (DOLS).

In this part of the study, the long run individual cointegration coefficients will be estimated using the DOLS which was developed by Kao and Chiang (2000).

The DOLS estimations and the results are presented in Table 4.

Table 4: Results for Panel DOLS

Dependent Variable: EXP Method: Dynamic Least Squares (DOLS)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ICT	0.156814	0.083796	1.871369	0.0630
PAT	-0.076081	0.015163	-5.017581	0.0000
R_D	0.228130	0.077460	2.945127	0.0037
GDP	0.004368	0.148606	0.029396	0.9766
C	3.206619	1.569812	2.042677	0.0426
R-squared	0.521296	Mean dependent var		3.194870
Adjusted R-squared	0.477529	S.D. dependent var		0.218578
S.E. of regression	0.157993	Sum squared resid		4.368308
Durbin-Watson stat	0.265839	Long-run variance		0.100102

From table 4, the elasticity of ICT across the panels was calculated as 0.156. This means that a 1% increase in ICT in the 13 countries generates approximately 0.156% increase of expenditure on tertiary education in the long-run. Elastic coefficients of R&D are calculated as 0.228%. Therefore, an increase of 1% in R&D constitutes a positive effect on economic growth at the rate of approximately 0.228%. On the other hand, a 1% increase in GDP growth causes 0.004 % increases of expenditure on tertiary education in the long-run. However, a 1% increase in patent application in our panel countries causes approximately 0.076 % decreases of expenditure on tertiary education in the long-run.

According to the test results of the DOLS estimation, ICT and R&D in the long-run affect tertiary education expenditure significantly both in a positive and statistical way as expected. Furthermore, the findings indicate a positive relationship between GDP growth and tertiary education expenditure, but statically non significant.

However, we find that patent application affect negatively the tertiary education expenditure in the long-run.

The above sections analyze the feedback effect between higher education, ICT, RD and economic growth. Our model organizes and estimates such effects, and the analysis shows that technology and research share a positive relationship with higher education, although they don't lead to patent applications.

5 CONCLUSION AND DISCUSSIONS

Nowadays, to achieve a competitive economy, the focus should be oriented on some key factors, such as human capital, technologies and innovation. In this context, education is the powerful way to develop right skills for knowledge economy which increase competitive performance and long term state development.

In fact, the development of higher education quality depends mainly by focusing on innovation activity. Actually, ICT and R&D play a key role for the future development of higher education institutions and represent a catalyst for innovation and excellence in this sector.

The aim of this study is to investigate the link between ICT, innovation and higher education in 13 developed countries over the period 2000-2014 while applying the DOLS method.

Our results provide evidence that expenditure on tertiary education influenced positively by the following factors: ICT, R&D expenditure and GDP.

In short, a 1% increase in ICT, RD and GDP affects expenditure on tertiary education by 0.15%, 0.22% and 0.004% successively in the long run.

The main findings show that the most important contribution to expenditure on tertiary education has been made by RD expenditure. Nevertheless, there is a negative effect of patent applications on higher education spending. That is to say that, ICT policies and R&D are clearly beneficial to higher education. However, the application of these factors doesn't foster the number of patent applications. As a consequence, the increase of RD expenditure in higher education sector cannot increase the number of patent applications. This show that the contribution of higher education sector in the production of patent is less active than others sectors. Nonetheless, in order to rising patent performance, higher education sector must have been encouraged by public sector by using fiscal policy instruments.

This finding, suggest that, universities besides being promoted quality and excellence of students, they should lead them to engage in research and patent activity in order to enhance the performance in higher institutions.

REFERENCES

[1] D. Adhikari and Y. Chen, "Energy consumption and economic growth: A panel cointegration analysis for developing countries", *Review of Economics & Finance,* vol. 3, no. 2, pp. 68-80, 2012.

[2] G. Ahuja and R. Katila, "Technological acquisitions and the innovation performance of acquiring firms: a longitudinal study", *Strategic Management Journal,* vol.22, pp. 197-220, 2001.

[3] D. Asteriou, and S.G. Hall, Applied econometrics: a modern approach using EViews and microfit. Revised edition, Palgrave Macmillan, New York, 2007.

[4] C. Buabeng-Andoh and I. Yidana, Innovation in education: Students' perceptions of implementing ICT in learning in second-cycle institutions in Ghana, *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* vol. 197, pp. 1512 -1519, 2015.

[5] E. Bucciarelli, I. Odoardi and F. Muratore , "What role for education and training in technology adoption under an advanced socio-economic perspective?", *Procedia Social and Behavioral Sciences,* vol. 9, pp. 573–578, 2010.

[6] M. Cetin, D. Gunaydın, H. Cavlak and B. Topcu, *Unemployment and its Impact on Economic Growth in the European Union: An Evidence from Panel Data Analysis,* 2014. Regional Economic Integration and the Global Financial System, 12. [Online] Available: https://www.academia.edu/13058291/Unemployment_and_its_Impact_on_Economic_Growth_in_the_European_Union_An_Evidence_from_Panel_Data_Analysis.

[7] B.-A Charles and Y. Issifu, "Innovation in education: Students' perceptions of implementing ICT in learning in second-cycle institutions in Ghana", *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* vol. 197, pp. 1512-1519, 2015.

[8] D. Dickey and W. Fuller, "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica,* vol. 49, pp. 1057-1072, 1981.

[9] R.F. Engle and C.W.J. Granger, Cointegration and error correction: Representation, estimation and testing, *Econometrica,* vol. 55, pp. 251-276, 1987.

[10] M. F. Allahi and N. Z. Sanayei , "Education based on information and communication technology in higher education", *Journal of education strategies,* vol. 4, no. 2, pp. 167-171, 2009.

[11] C. W. J. Granger, "Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods", *Econometrica,* vol. 35, pp. 424-438, 1969.

[12] M. Iacopetta, "Phases of economic development and the transitional dynamics of an innovation–education growth model", *European Economic Review,* vol. 54, pp. 317-330, 2010.

[13] K.S. Im, M.H. Pesaran and Y. Shin, "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics,* vol. 115, pp. 53-74, 2003.

[14] M.B. Jebli, and S.B. Youssef, "Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries", Renewable Energy, vol. 83, pp. 799-808, 2015.

[15] S. Johansen, "Estimation and hypothesis testing of cointegrating vectors in Gaussian vector autoregression models", *Econometrica,* vol. 59, pp. 1551-1580, 1991.

[16] C. Kao and M.H. Chiang, "On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data", *Advances in Econometrics,* vol. 15, pp. 179-222, 2000.

[17] C. Kao, "Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data", *Journal of Econometrics,* vol. 90, pp. 1-44, 1999.

[18] R. Kök, M. S. İspir and A. Arı, "Rich requirements of the country and the Least Developed Countries Fund Transfer mechanism An Essay on Universal Distribution Parameter", 2010. 2nd International Conference on Economics, Turkey Economic Association, Cyprus. [Online] Available: http://kisi.deu.edu.tr/recep.kok/Zengin_ispir.pdf

[19] A. B. Krueger and M. Lindahl, "Education for growth: Why and for whom?", *Journal of Economic Literature,* vol. 39, pp. 1101-1136, 2001.

[20] G. Kruss, S. McGrath, I.H. Petersen, and M. Gastrow, "Higher education and economic development: The importance of building technological capabilities", *Interncational Journal of Educational Development,* vol. 43, pp. 22-31, 2015.

[21] M. Kubiatko and Z. Halakova, "Slovak high school students' attitudes to ICT using in biology lesson", *Computers in Human Behavior,* vol. 25, no. 3, pp. 743-748, 2009.

[22] C.C. Lee, "Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis", *Energy Economics*, vol. 27, no. 3, pp. 415-427, 2005.

[23] A. Levin, , C.F. Lin, and C.S.J. Chu, "Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties", *Journal of Econometrics*, vol. 108, pp. 1-24, 2002.

[24] N.C. Mark, and D. Sul, "Cointegration Vector Estimation by Panel DOLS and Long-run Money Demand", *Oxford bulletin of economics and statistics*, vol. 65, no. 5, pp. 655-680, 2003.
[25] P. Pedroni, "Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 61, pp. 653-670, 1999.
[26] P. Pedroni, "Fully Modifed OLS for Heterogeneous Cointegrated Panel", *Advances in Econometrics*, vol. 15, pp. 93-130, 2000.
[27] P. Pedroni, "Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests With an Application to the PPP Hypothesis"*, Econometric Theory*, vol. 20, pp. 597-625, 2004.
[28] P. C. Phillips, B. and H. R. Moon, "Linear regression limit theory for nonstationary panel data"*, Econometrica*, vol. 67, pp. 1057-1111, 1999.
[29] P.C. Phillips and S. Ouliaris, "Asymptotic properties of residual based test for cointegration", *Econometrica*, vol. 58, pp. 165-193, 1990.
[30] P.C. Phillips and P. Perron, "Testing for Unit Roots in Time Series Regression", *Biometrika*, vol. 75, pp. 335-346, 1988.
[31] M. Popescu and L.C. Crenicean, "Innovation and change in education economic growth goal in Romania in the context of knowledge-based economy*", Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 46, pp. 3982-3988, 2012.
[32] J. C. Robledo and W. Olivares, "Relation entre les emisiones de CO2, el consumo de energía y el PIB: el caso de los CIVETS *", Semestre Económico*, vol. 16, no. 33, pp; 45-66, (2013).
[33] P. Saikkonen, "Asymptotically efficient estimation of cointegration regressions", *Econometric Theory*, vol. 7, pp. 1-21, 1991.
[34] J. Schmookler, Invention and Economic Growth. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1966.
[35] J. H. Stock and M. W. Watson, "A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems"*, Econometrica*, vol. 61, pp. 783-820, 1993.
[36] S. Talebian, H.M. Mohammadia and A. Rezvanfara, "Information and communication technology (ICT) in higher education: advantages, disadvantages, conveniences and limitations of applying e-learning to agricultural students in Iran", Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 152, pp. 300 – 305, 2014.
[37] V.K Teles and R. Joiozo, "Human capital and innovation: evidence from panel cointegration tests", *Applied Economics Letters,* vol. 18, no. 17, pp. 1629-1632, 2011.
[38] E. Tezci, "Turkish primary school teachers' perceptions of school culture regarding ICT integration", Education *Technology Research Development*, vol. 59, pp. 429-443, 2011.
[39] L. Vitola and J. Erina, "R&D Expenditures by Higher Education Sector and Analysis of Performance Indicators of Baltic States", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 213, pp. 223-228, 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 278-296
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Datation des changements structurels au sein d'une chronique: Le cas des séries macroéconomiques marocaines

[Dating structural changes in time series: The case of the Moroccan macroeconomic series]

Abdelhamid EL BOUHADI[1] and Driss OUAHID[2]

[1]Department des Sciences Economiques,
Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Fès,
Rabat, Maroc

[2]Department des Sciences Economiques,
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: Over the past four decades, many events and economic and extra-economic changes questioned the relevance and validity of structural econometric models. Currently, all models are developed for a stationary process. However, this hypothesis is not usually verified. This article attempts to implement some unit root tests both in classical and modern ways. In particular, we will base our application on the tests with structural breaks time. Our investigation sample is composed about several Moroccan macroeconomic variables, namely real GDP, inflation rate, etc. Most of results of these implementation tests reveal us that all the series have undergone at least two breaks (two structural changes) at the time. The stationary is confirmed around a segmented trend, in case when that makes the *reviewing* the all standard stationary tests findings.

KEYWORDS: Unit root, change in regime of series, stationary, Moroccan macroeconomic variables.

RÉSUMÉ: Au cours des quatre dernières décennies, beaucoup d'événements et de changements économiques et extra-économiques ont remis en question la pertinence et la validité des modèles économétriques structurels**.** Aujourd'hui, tous les modèles sont conçus pour un univers stationnaire, alors que cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée. Le présent article tente de mettre en application des tests de racine unitaire à la fois classiques et modernes en se basant particulièrement sur ceux avec un changement de régime. Notre échantillon est composé de plusieurs variables macroéconomiques marocaines, à savoir le PIB réel, le taux d'inflation .., etc. La plupart des résultats de l'implémentation de ces tests nous révèlent que les séries ont subi au cours du temps deux ruptures (deux changements structurels) au moins. Leur stationnarité est validée autour d'une tendance segmentée, ce qui *révise* en fait les résultats des tests standards.

MOTS-CLEFS: Racine unitaire, changement de régime, stationnarité, variables macroéconomiques marocaines.

JEL-CLASSIFICATION: C13, C22, C52, E00.

Corresponding Author: Driss OUAHID

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, la datation des changements structurels relatifs aux séries macroéconomiques est devenue une nécessité pour mieux comprendre la dynamique de ces dernières dans un environnement économique et extra-économique instable. Les développements récents de la modélisation des changements structurels ont évolué de façon considérable constituant même une discipline économétrique à part entière que l'on peut qualifier d'« *économétrie des changements structurels* ». A partir des années 90, un nombre important de travaux empiriques ont été publiés sur la question d'interaction entre racine unitaire et ruptures structurelles dans la modélisation des séries macroéconomiques. L'élément déclencheur de cette série d'études, tient au fait que les tests de racine unitaire standards, visant à vérifier la stationnarité, ne sont pas assez *fiables et robustes.* Ils peuvent même corrompre le processus entrepris afin de stationnariser les séries.

L'existence d'une racine unitaire (absence de stationnarité) dans les séries macroéconomiques influe, d'une manière significative, sur l'interprétation des résultats de certaines théories économiques. A titre d'illustration, deux exemples sont souvent cités, celui de la théorie du cycle conjoncturel et celui de la théorie de la croissance endogène : la théorie de cycle conjoncturel implique une composante tendancielle déterministe dans la dynamique de la production, ce qui signifie que les chocs réguliers n'affectent pas la tendance de la production et les politiques conjoncturelles parviennent à stabiliser les fluctuations reflétées par le cycle de la production. Par contre la théorie de la croissance endogène stipule que la production a une composante tendancielle stochastique et que les chocs réguliers ou majeurs ont une influence permanente sur cette composante (King, Plosser, Rabelo (1988)). D'où la nécessité d'intégrer la notion des changements structurels, afin d'identifier correctement les tendances de long terme des séries macroéconomiques et améliorer, en conséquence, les performances prédictives et mieux éclairer les décisions de politique économique.

Le soutien à la croissance économique figure parmi les priorités fondamentales des politiques économiques. Au cours des années passées, les politiques publiques marocaines ont connu plusieurs changements structurels. L'identification de ces changements, en utilisant les techniques économétriques récentes, celles développées durant les quinze dernières années, n'a pas fait l'objet de suffisamment d'applications dans le contexte marocain. Ce dernier est actuellement favorable pour initier des investigations et des analyses plus approfondies en raison de la disponibilité des statistiques et de données macroéconomiques et financières de qualité.

La réflexion sur la datation des ruptures structurelles dans les séries macroéconomiques nationales, devient un motif de recherche incontournable aujourd'hui. Le but est de déterminer, d'une manière empirique assez *robuste*, les mutations structurelles de la dynamique économique et financière marocaine.

En effet, l'objectif du présent travail est d'examiner empiriquement les changements structurels qu'ont connus les séries macroéconomiques marocaines entre 1960 et 2013. Pour mener à bien notre investigation empirique, la méthodologie développée dans cet article s'inspire des travaux séminaux, en particulier ceux de Lee et Strazicich (2003, 2004), ceux de Lumsdaine et Papell (1997), ceux de Zivot et Andrews (1992) et ceux de Perron (1989).

Le présent article s'organise comme suit :

Dans un premier point, nous rappellerons les récentes avancées théoriques et empiriques en ce qui concerne le traitement économétrique des changements structurels à savoir les tests de racine unitaire avec changement de régime et l'estimation du nombre de ruptures, ainsi que leurs dates d'avènement. Pour cela, nous aborderons d'abord la théorie des tests de racine unitaire autorisant une ou plusieurs ruptures dans le processus générateur de données. Nous montrerons ensuite quelques insuffisances *conditionnées* des tests de stationnarité de première génération (ADF, PP, KPSS, etc.).

Dans un second point, nous présenterons, et de manière détaillée, les résultats de ces différents tests appliqués aux principales séries macroéconomiques marocaines. Cet exercice nous permettra d'identifier de nouveaux trends et de tirer des conclusions plus ou moins cohérentes sur les dates et les circonstances des transitions structurelles qu'a connues l'économie marocaine.

2 LES CHANGEMENTS STRUCTURELS DANS LES SERIES MACROECONOMIQUES : UNE BREVE REVUE DE LITTERATURE

L'analyse économique à travers des modèles à changement de régime a connait un regain d'intérêt d'une part, suite aux profondes mutations qu'a subi l'économie mondiale notamment relatives aux accords de libre-échange, au mouvement de libéralisation financière, aux réformes institutionnelles, aux crises économiques et aux transitions politiques. Ces mutations ont causé une forte sensibilité des économies (des séries macroéconomiques) aux ruptures quel que soit leur type (conjoncturel ou structure et interne ou externe). D'autre part, suite au fait que l'augmentation du nombre d'observations et

la période d'étude laisse croire sans doute de l'avènement des changements structurels dans le processus générateur des données.

L'importance du problème des changements structurels vient du fait que la présence de tels changements dans les séries peut influencer l'interprétation de certaines théories économiques. Donc, la non-prise en considération de ces changements peut induire des biais dans des modèles plus élaborés et par la suite des décisions moins précises en matière des politiques économiques notamment budgétaire et monétaire.

Aujourd'hui, même avec la régularité apparente dans le comportement des séries macroéconomiques, il est délicat de prévoir correctement les points de retournement de la conjoncture. Que nous révèle donc la théorie des cycles? La succession plus ou moins régulière des périodes de prospérité et de récession est un fait historique observé depuis longtemps et particulièrement depuis la révolution industrielle. Si le vingtième siècle a été marqué plus par les grandes crises (1929-33, 1975, et 2007-2008) que par les crises moyennes périodiques, on peut néanmoins se demander si ces phénomènes de crises ne suivent pas une loi périodique ou quasi-périodique, c'est-à-dire si les variables économiques ne sont pas soumises à des cycles plus au moins réguliers.

Du point de vue empirique, ce n'est pas hier que les chercheurs ont observé des alternances des indicateurs économiques (Tremblay (2004)). Mais la récurrence des crises économiques au 19ème siècle a longtemps attiré l'attention des économistes. Clément Juglar (1860), fût l'un des premiers à analyser les crises économiques dans son ouvrage intitulé «*Des crises commerciales et de leur retour périodique en France, en Angleterre et aux Etats Unis* ».

Les conjoncturistes ont toujours accordé une grande attention aux cycles économiques. Dès 1927, les travaux de Mitchell (1927) placent le concept de cycle au cœur de l'analyse conjoncturelle. S'appuyant sur l'observation basique que l'économie passe par des phases successives d'expansion et de récession, cette analyse du cycle suppose en outre que ces fluctuations, sans être strictement périodiques, présentent des régularités qui peuvent être exploitées pour effectuer des prévisions.

La non-linéarité associée parfois à la non-stationnarité due aux dites fluctuations est perçue comme le comportement catalyseur dans la plupart des séries macroéconomiques. Un aspect trivial de cette non-linéarité réside dans l'abandon de l'hypothèse de la stabilité du modèle linéaire. Donc l'étude de la non linéarité est primordiale surtout lorsqu'il s'agit de faire des prévisions ou d'évaluer les effets d'une politique économiques (chocs) sur les variables dans des modèles comme VAR, VCEM, DSGE…

L'exigence de retenir la non-linéarité et surtout les ruptures structurelles a donné lieu à un véritable changement dans les approches économétriques comme le citent Colletaz et Hurlin[1] (2006) « *cette évolution est sans nul doute comparable à celle qu'a pu connaître la micro-économie lorsque l'on a progressivement abandonné l'univers de référence Walrassien, que nous pouvons assimiler à la modélisation linéaire en économétrie, pour s'orienter vers les multiples formes de la concurrence imparfaite, auxquelles nous pouvons assimiler les innombrables modélisations non linéaires* ».

De nombreuses pistes ont été épuisées afin de modéliser la non-linéarité. Cependant la piste la plus fructueuse est celle des modèles à changements de régime, car ils nous permettent d'avoir une explication économique de sources des non-linéarités.

L'idée de base des modèles à changements de régimes est de considérer tout simplement que les expansions et les contractions peuvent être traitées comme étant des objets probabilistes différents. Cette idée était la partie essentielle de la tradition de Burns et Mitchell (1946) pour l'analyse des cycles. Ces modèles sont aussi utilisés pour l'identification et la prédiction des points de retournement dans l'activité économique.

La plupart des travaux concernant l'analyse de la cyclicité de l'activité économique et la détection des points de retournement de la conjoncture ont été surtout effectués pour des pays développés. À notre connaissance, peu de travaux se sont penchés sur l'analyse de ces aspects pour les pays en voie de développement. Parmi ces travaux, on trouve ceux appliqués aux pays de l'Asie de l'Est après la crise asiatique. Leurs objectifs est de prévoir la nature des chocs affectant l'activité économique, pour que les agents économiques et les décideurs politiques ne soient pas surpris par les périodes de crises. Il est à noter aussi que les travaux concernant la datation des points de retournement de l'activité économique pour le cas des pays nord-africains sont en train de se réaliser et de s'accumuler.

[1] *Colletaz, G. et Hurlin, C. (2007). « Modèles non linéaires et prévision », Rapport de recherche, Institut CDC pour la Recherche.*

Le tableau suivant présente une synthèse de certaines études du non stationnarité en présence des changements structurels.

Tableau 1. Synthèse de certains travaux sur la datation des changements structurels

Auteurs	Période et objectif d'étude	Résultats	Limites
Nelson et Plosser (1982)	Test sur 14 variables[2] macroéconomiques américaines pour la période 1860-1970 par l'utilisation du test ADF(1981).	Représentation DS pour toutes les séries étudiées sauf le taux de chômage. Ce résultat implique que les impulsions conjoncturelles sont constituées des chocs permanents.	Le test utilisé n'autorise pas la possibilité d'avoir des changements structurels dans le processus générateurs des données.
Perron (1989)	Mêmes tests qui prennent en considération une seule rupture exogène.	Rejet de l'hypothèse de racine unitaire pour 11 variables. 1- Crash boursier de 1929 entraine un changement dans le niveau des séries ; 2-Choc pétrolier de 1973 engendre un changement de la pente des séries.	Les conclusions de ce travail seront conditionnelles par les dates choisies comme dates de ruptures exogènes.
Zivot et Andrews (1992)	Test avec une seule rupture endogène sur les mêmes variables de Nelson et Plosser (NP).	Rejet de l'hypothèse de racine unitaire pour sept variables.	L'étude de long terme est susceptible de présenter plus d'un changement de régime.
Lumsdaine et Papell (1997)	Test avec deux ruptures structurelles endogènes sur les mêmes variables de NP.	Rejet de l'hypothèse de racine unitaire pour six variables étudiées.	Deux ruptures de l'hypothèse de stationnarité.
Lee et Strazicich (2003)	Développent des tests sur deux ruptures en vertu l'hypothèse nulle de racine unitaire et l'alternative de la stationnarité pour trouver les dates de ruptures dans les mêmes séries de Nelson et Plosser.	Rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire pour quatre variables.	La dynamique de long terme est fort probable de subir plus de deux changements de régime.
Bassil (2012)	Etude de la stationnarité du taux de fonds fédéraux avec les tests à changement de régime en se basant sur les travaux récents de Lee et Strazicich (2003). Il a utilisé des données mensuelles de 1960 jusqu'à 2008.	Processus stationnaire avec deux pauses : 1- Choc pétrolier ; 2- La variation du mode opératoire de la FED dans les années 80.	Possibilité d'avoir plus de deux changements structurels.
Bassil (2010)	Applications des tests d'ADF, KPSS, ZA, LP, LS, Bai et Perron (98, 2003a, 2003b) et Kapetanios (2005) sur dix variables américaines en données mensuelles pour la période 1960M1-2008M12.	Tous les tests concluent que le taux de fonds fédéraux (FED), inflation et RT sont stationnaires avec m ruptures. IPI seul le test LS1 et LS2 rejettent H_0 de racine unitaire en faveur de l'alternative de stationnarité avec deux ruptures.	Certaines dates n'ont pas une signification économique, puisqu'elles ne coïncident pas avec d'importants évènements économiques ou extra-économiques

[2] Nelson, C. R et Plosser, C.I. (1982). « Trends and random walks in macroeconomic time series: Some evidence and implications », Journal of Monetary Economics, vol. 10, pp 139-162.

3 PRÉSENTATION THÉORIQUE DES PRINCIPAUX TESTS DE RACINE UNITAIRE AVEC ET SANS CHANGEMENTS DE RÉGIME

L'importance des tests de racine unitaire vient du fait que l'existence de cette racine dans les processus générateurs des données a des conséquences très importantes sur le plan statistiques (des estimateurs baisés, ...), et aussi économiques (influe sur l'interprétation de certaines théories économiques).

Pour cela depuis l'article fondateur de Dickey et Fuller en 1979, l'importance accordée aux tests de racine unitaire s'est profondément développé. Mais suite au travail de Perron en 1989, une nouvelle génération des tests de racine unitaire est imposée : des tests avec une ou plusieurs ruptures structurelles connues ou non.

3.1 LES TESTS DE RACINE UNITAIRE SANS PRISE EN COMPTE DE CHANGEMENTS DE REGIME

La littérature empirique sur les tests de racine unitaire est d'origine anglo-saxonne. Depuis le test de Dickey et Fuller (1979,1981), la théorie économétrique des tests de racine unitaire s'est profondément renouvelée à travers le développement et l'action sur certaines hypothèses du test de DF simple (1979) afin d'obtenir les meilleurs résultats. Comme le test de Dickey et Fuller est le socle empirique des tests de racine unitaire, il est donc nécessaire de commencer par le fondement, les hypothèses ainsi la formulation mathématique de ce dernier avant de passer aux autres tests.

Selon la terminologie introduite par Nelson et Plosser (1982), on distingue essentiellement deux types de non-stationnarité. Une non-stationnarité de type déterministe notée TS (Trend Stationary) pouvant s'exprimer comme une fonction déterministe du temps plus un processus stationnaire d'espérance mathématique nulle et de variance constante.

Une non-stationnarité de type stochastique notée DS (Difference Stationnary) caractérisée par la présence d'au moins une racine unitaire .Une variable est dite TS si sa moyenne n'est pas constante au cours du temps, et DS si à la fois sa moyenne et sa variance ne le sont pas. Les moyens qui permettent de stationnariser ces séries consistent soit à éliminer la tendance dans le premier cas, soit à calculer les différences premières dans le deuxième cas essentiellement.

Pour traiter la question de la racine unitaire, il est nécessaire de décomposer la série en deux composantes : une composante déterministe TD_t et une composante stochastique Z_t :

$$Y_t = TD_t + Z_t \quad (1)$$

L'existence de racine unitaire concerne la partie stochastique Z_t, par contre concernant la partie TD_t ce qui importe c'est seulement l'ordre :

- $TD_t = 0$ c'est-à-dire pas de partie déterministe
- $TD_t = \mu$ c'est-à-dire seulement une constante
- $TD_t = \mu + \beta t$ c'est-à-dire une constante et tendance

La partie stochastique de la série y_t se modélise sous forme d'un processus ARMA:

$$A(L)\, Z_t = B(L)\, e_t \quad (2)$$

Avec L un opérateur retard, e_t c'est une séquence de bruit blanc.

Si l'on suppose que la partie MA est inversible, alors :

$$B^{-1}(L)\, A(L)\, Z_t = e_t \quad (3)$$

Si l'on pose $B^{-1}(L)\, A(L) = G(L)$ (4) ce qui implique :

$$G(L)\, Z_t = e_t \quad (5)$$

Donc le modèle de base peut s'écrire comme suit :

$$G(L)(Y_t - TD_t) = e_t \quad (6)$$

Le développement de (6) dans le cas où $G(L) = (1 - \rho L)$:

$$(1 - \rho L)(Y_t - \mu - \beta t) = e_t \quad (7)$$

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + (1-\rho)(\mu + \beta t) + \rho\beta + e_t \quad (8)$$

La question de racine unitaire se résolvant en testant la présence d'une racine unitaire dans la partie stochastique de Y_t .

- Cas de ρ = 1,
- le modèle (8) devient une marche aléatoire,
- le terme constant μ va disparaitre,
- Aussi le régresseur t n'est plus identifiable mais son coefficient β va jouer le rôle du terme constant.
- Cas de ρ = 0, le modèle (8) devient TS c'est-à-dire stationnaire autour d'une tendance déterministe.

3.1.1 TEST DE DICKEY ET FULLER(1979)

Ce test a été développé afin de détecter la présence ou non d'une racine unitaire dans la partie autorégressive de la partie stochastique Z_t. Il teste l'hypothèse H_0 de racine unitaire contre l'hypothèse alternative de stationnarité. Ce dernier se base sur l'hypothèse de non autocorrélation des erreurs et que le polynôme A(L) est seulement un polynôme de degré un.

Le modèle de régression retenu par Dickey and Fuller (1979), est presque le même que celui de (8) :

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu + \beta t + e_t \quad (9)$$

Maintenant le travail suivant consiste à estimer (9) par la méthode des moindres carrée ordinaire, et de tester par la suite l'hypothèse H_0 de racine unitaire, c'est-à-dire ρ = 1. Pour ce faire, il est nécessaire de calculer t de Student :

$$t_{\hat{\rho}} = \frac{\hat{\rho}_T - 1}{\hat{\sigma}_{\rho T}}$$

et de la comparer avec les valeurs critiques fournies par les Tableaux de Dickey and Fuller.

Ces deux auteurs définissent trois modèles possibles afin de tester la stationnarité du processus Y_t :

Modèle 1 – sans constante ni tendance

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + e_t \quad (10)$$

Modèle 2 – constante seulement

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu + e_t \quad (11)$$

Modèle 3 – constante et tendance

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu + \beta t + e_t \quad (12)$$

Dans ce test de base, l'étude a été limitée à un polynôme G(L) de degré un, c'est-à-dire un seul retard. Mais dans la réalité, ce nombre de décalage peut dépasser un. Ainsi les erreurs sont supposées autocorrélées, alors que cette hypothèse est plus restrictive d'où le test ADF.

3.1.2 TEST DE DICKEY AND FULLER AUGMENTÉ (1981)

Pour rendre leur test de base plus robuste, Dickey et Fuller (1981) ont augmenté le nombre de retard, afin de résoudre le problème d'autocorrélation des erreurs.

La formulation mathématique de leur test est la suivante :

Modèle 1

$$\Delta Y_t = \phi Y_{t-1} + \sum_{i}^{p} = \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (13)$$

Modèle 2

$$\Delta Y_t = \phi Y_{t-1} + \mu + \sum_{i}^{p} = \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (14)$$

Modèle 3

$$\Delta Y_t = \phi Y_{t-1} + \mu + \beta t + \sum_{i}^{p} = \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (15)$$

Ce test a les mêmes règles de décision que le test de Dickey and Fuller simple. Mais le problème c'est que le choix du nombre exact de retard est délicat. De plus, il est connu que la taille et la puissance des tests sont fortement sensibles au nombre de retard, Ng et Perron (1995) dans une étude comparative ont détaillé les déférentes méthodes de choix du nombre de retard.

3.1.3 TEST DE PHILLIPS AND PERRON

Phillips-Perron (1988) proposent une méthode non paramétrique pour corriger la présence d'autocorrélation, sans avoir recours à ajouter des endogènes retardées comme dans la méthode de DF augmentée. Phillips et Perron (1988) ont développé un autre test qui est robuste face à un terme d'erreur autocorrélé e_t et qui repose sur une « correction non paramétrique » qui élimine le biais introduit par l'autocorrélation de l'erreur. Il s'agit essentiellement d'utiliser l'équation de régression (15) sans modification, de calculer les statistiques *t* et *F* habituelles, et ensuite de les modifier pour tenir compte de la possibilité que le terme d'erreur soit autocorrélé. Perron et Phillips démontrent que les distributions asymptotiques des statistiques modifiées sont les mêmes que celles du modèle sans autocorrélation des erreurs.

La procédure de test consiste à tester l'hypothèse de racine unitaire H_0 *:* $\theta = 0$ dans les modèles suivants:

Modèle 1

$$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + \beta_0 + \beta_1 t + e_t \quad (16)$$

Modèle 2

$$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + \beta_0 + e_t \quad (17)$$

Modèle 3

$$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + \beta_1 t + e_t \quad (18)$$

La statistique de test de Phillips-Perron (PP) est une statistique de Student corrigée de la présence d'autocorrélation par la prise en compte d'une estimation de la variance de long terme de e_t (calculée par la densité spectrale de e_t à la fréquence zéro), robuste à la présence d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité.

Cette estimation de la variance de long terme est donnée par :

$$\omega^2 = \gamma_e(0) + 2 \sum_{j}^{p} \gamma\varepsilon(j) \quad (19)$$

Où $\gamma(j)$, $j = 0, 1, \ldots, p$ est le coefficient d'autocovariance d'ordre j de e_t.

Afin de revenir à la distribution asymptotique proposée par Dickey and Fuller, Phillips and Perron ont utilisé la correction de Newey-West :

$$\omega^2 = \gamma_e(0) + 2 \sum_{j}^{p} (1 - \frac{i}{p+1}) \gamma\varepsilon(j) \quad (20)$$

3.1.4 TEST DU KPSS (KWIATKOWSKI, PHILLIPS, SCHMIDT ET SHIN)

Contrairement aux tests précédents, ce test repose sur l'hypothèse nulle de stationnarité contre l'hypothèse alternative de racine unitaire. Il est important de signaler que le test de KPSS (1992) est un cas particulier d'un test proposé initialement par Nabeya and Tanaka (1988).

La construction de la statistique de test repose au préalable sur la décomposition du processus sous-jacent de la série étudiée Y_t en une tendance déterministe linéaire λt , une marche aléatoire v_t , soit $v_t = v_{t-1} + e_t$ avec e_t est un bruit blanc, et d'une composante aléatoire stationnaire.

$$Y_t = \lambda t + v_t + e_t \quad (21)$$

Selon cette décomposition, l'hypothèse de stationnarité en tendance déterministe est vérifiée lorsque la variance de la marche aléatoire est nulle, c'est-à-dire $\sigma^2_v = 0$.

Kwiatkowski et Al proposent un test de multiplicateur de Lagrange (LM) afin de tester l'hypothèse nulle. La statistique du test est la suivante :

$$LM = \frac{\sum_{t=1}^{T} s_t^2}{T^2 \ \hat{\sigma}_{Tl}^2} \quad (22)$$

Avec $S_t = \sum_{j=1}^{t} \hat{e_j}$ où $\hat{e_j}$ sont les résidus estimés. $\hat{\sigma}_{Tl}^2$ C'est la variance de long terme des résidus qui prend en compte les autocorrélations des résidus e_t. Cette variance a été estimée de la même façon de Phillips and Perron. l c'est le nombre de retard et T la taille de l'échantillon.

Quand la valeur du LM est supérieure à la valeur critique on rejette H_0 : présence de racine unitaire.

Mais jusqu'à présent, l'étude se fait dans un monde où il n'y a pas de changements dans le processus générateurs des données. En 1989, Perron a signalé que, si la série étudiée présente des ruptures structurelles dans sa tendance, la puissance des tests susmentionnés diminue. Donc négliger la possibilité des changements structurels dans l'étude implique un non rejet qui peut conduire an l'erreur quant à la présence de racine unitaire (dans le cas des tests de DF, ADF et de PP).

3.2 TESTS DE RACINE UNITAIRE AVEC UN SEUL CHANGEMENT DE REGIME

3.2.1 TEST DE PERRON (1989)

L'approche de Perron (1989) est fondée sur un postulat particulier qui la différencie de toutes les études antérieures sur la racine unitaire. En effet, il suppose que des chocs majeurs, comme la Grande Crise de 1929 et le premier choc pétrolier de 1973 ne sont pas des réalisations du processus stochastique engendrant les données. Il considère que ces chocs sont *exogènes*. Donc Perron a montré que la plupart des séries américaines (séries de Nelson et Plosser), ne présentent pas une racine unitaire et que les fluctuations conjoncturelles sont transitoires.

Perron sous l'hypothèse alternative de stationnarité a défini trois modèles possibles :

Modèle A : rupture exogène seulement dans la constante

$$Y_t = \mu_1 + \beta t + (\mu_2 - \mu_1)DU_t + e_t \quad (23)$$

Modèle B: rupture exogène seulement dans la tendance

$$Y_t = \mu + \beta_1 t + (\beta_2 - \beta_1)DT_t + e_t \quad (24)$$

Modèle C : rupture exogène dans la constante et la tendance

$$Y_t = \mu + \beta_1 t + (\mu_2 - \mu_1)DU_t + (\beta_2 - \beta_1)DT_t + e_t \quad (25)$$

Avec DU_t c'est une variable indicatrice qui capte le changement dans la constante à la date

T_b. Soit

$$\begin{cases} DT_{jt} = 1 \ Si \ t > T_b \\ 0 \qquad\qquad ailleurs \end{cases} \quad (26)$$

DT_t c'est une variable indicatrice qui capte la rupture dans la tendance à la date T_b.

$$\begin{cases} DT_{jt} = t - T_{bj} \ Si \ t > T_b \\ 0 \qquad\qquad\qquad ailleurs \end{cases} \quad (27)$$

Perron(1989) considère que la date des chocs est connu (par exemple dans le cas américain le Crash de 1929 et les chocs pétroliers de 1973). Des travaux empiriques ultérieurs ont critiqué cette méthodologie, en montrant que si la date de la rupture est endogène, la précision de test s'améliore. En d'autre terme, le test de Perron peut rejeter faussement l'hypothèse alternative de stationnarité. De plus, la stratégie de Perron(1989) n'est valide que dans le cas où la partie déterministe de la série étudiée admet une spécification linéaire.

3.2.2 TEST DE ZIVOT ET ANDREWS (1992)

Zivot and Andrews (1992), cité par la suite ZA, proposent un test de racine unitaire avec une rupture endogène. Ce test repose sur l'hypothèse initiale de la présence de racine unitaire contre l'hypothèse alternative de stationnarité avec une seule rupture à date inconnue.

Ces deux auteurs, développent le test de Perron (1989) pour rendre la rupture endogène. Pour cela, ils proposent trois modèles possibles sous l'hypothèse alternative H_1 :

Modèle A

$$\Delta Y_t = \mu + \lambda DU_t + \beta t + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (28)$$

Modèle B

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \theta DT_t + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (29)$$

Modèle C

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \lambda DU_t + \theta DT_t + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (30)$$

Le modèle (A) permet d'avoir une rupture dans la constante. Le modèle (B) autorise un changement dans la tendance. En fin le modèle (C) teste la stationnarité de la série Y_t autour d'une constante et d'une tendance segmentée.

Avec DU_t c'est une variable indicatrice qui capte le changement dans la constante à la date T_b. Donc on aura :

$$\begin{cases} DT_{jt} = 1 \;\; Si \;\; t > T_b \\ 0 \qquad\qquad ailleurs \end{cases}$$

DT_t c'est une variable indicatrice qui capte la rupture dans la tendance à la date T_b.

$$\begin{cases} DT_{jt} = t - T_{bj} \;\; Si \;\; t > T_b \\ 0 \qquad\qquad\qquad ailleurs \end{cases}$$

De plus, ils proposent que la date de rupture $T_b \in [T_1 ; T_2]$ où $T_1 = \gamma * T$ et $T_2 = (1- \gamma) * T$ avec γ un réel positif.

Mais par la suite, et conformément à la réalité économique, c'est-à-dire que sur une longue période, il est fort probable que les séries présentent plus d'une rupture. Des études empiriques ont montré que les tests de racine unitaire qui prennent en compte plusieurs changements structurels endogènes deviennent très puissants que ceux qui ne permettent qu'une seule rupture endogène.

3.3 TESTS DE RACINE UNITAIRE AVEC PLUSIEURS CHANGEMENTS DE REGIME

3.3.1 TEST DE LUMSDAINE ET PAPELL (1997)

En 1997, Lumsdaine et Papell noté par la suite LP ont montré qu'un test avec une seule rupture endogène peut rejeter l'hypothèse alternative de stationnarité, tandis que dans le cas où ils prennent en considération la possibilité d'avoir plusieurs changements structurels dans la série étudiée, peuvent rejeter l'hypothèse de l'existence de racine unitaire.

LP développent le test de ZA (avec une seule rupture endogène) pour introduire deux changements structurels. Pour cela ils proposent sous l'hypothèse alternative H_1 trois modèles possibles :

Modèle AA

$$\Delta Y_t = \mu + \lambda_1 DU_{1t} + \lambda_1 DU_{2t} + \beta t + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (31)$$

Modèle CA

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \theta_1 DT_{1t} + \beta t + \theta_2 DT_{2t} + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (32)$$

Modèle CC

$$\Delta Y_t = \mu + \lambda_1 DU_{1t} + \lambda_1 DU_{2t} \quad \beta t + \theta_1 DT_{1t} + \theta_2 DT_{2t} + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi \Delta Y_{t-i} + e_t \qquad (33)$$

Avec DU_{1t}, et DU_{2t}, sont deux variables indicatrices qui autorisent un changement dans la constante à la date T_{b1} et T_{b2}:

$$\begin{cases} DU_{t1} = 1 \; si \;\; t > T_{b1} \\ 0 \qquad\qquad \sin on \\ DU_{t2} = 1 \; si \;\; t > T_{b2} \\ 0 \qquad\qquad \sin on \\ \qquad t = 1, 2, \ldots, T \end{cases} \qquad (34)$$

Egalement DT_{1t}, et DT_{2t} sont deux variables indicatrices qui permettent une rupture dans la tendance (la pente) à la date T_{b1} et T_{b2}:

$$\begin{cases} DU_{t1} = t - T_{b1} \; si \;\; t > T_{b1} \\ 0 \qquad\qquad \sin on \\ DU_{t2} = t - T_{b2} \; si \;\; t > T_{b2} \\ 0 \qquad\qquad \sin on \\ \qquad t = 1, 2, \ldots, T \end{cases} \qquad (35)$$

Concernant les dates de changements (T_{b1}, T_{b2}) ∈ [T1 ; T_2], où T_1 = γ * T et T_2 = (1- γ) * T avec γ un réel positif. Autrement dit, elles ne permettent pas de ruptures à la fin et au début de chaque période, il s'agit de tester l'hypothèse nulle, ϕ = 0 de racine unitaire contre l'alternative de stationnarité avec deux ruptures endogènes.

Le test de Lumsdaine et Papell avec deux ruptures structurelles sous l'hypothèse alternative de stationnarité n'implique pas nécessairement la stationnarité en tendance avec deux pauses, mais peut indiquer une racine unitaire avec deux pauses. Ainsi, le rejet de l'hypothèse nulle n'implique pas forcement le rejet d'une racine unitaire en soi.

Dans cette sous section nous présentons le test de Lee et Strazicich (2003,2004), qui permet d'évaluer l'existence des changements structurels dans l'hypothèse nulle et alternative. Par conséquent, le rejet de l'hypothèse d'existence de racine unitaire implique sans ambiguïté la stationnarité en tendance.

3.3.2 TEST DE LEE ET STRAZICICH (2003,2004)

Un problème concernant les tests exposés ci-dessus (ADF, PP, KPSS, ZA, Perron, et LP), c'est qu'ils présentent des distorsions de taille (charbel bassil (2010)) (fréquence de rejeter H_0 quand celle-ci vraie) dans le cas où le processus générateurs des données présente des ruptures sous l'hypothèse alternative. En conséquence, on peut rejeter fallacieusement la non stationnarité avec ruptures.

Pour résoudre le problème de distorsion dans la taille Lee et Strazicich (2003,2004), noté par la suite LS ont construis un modèle qui présente des changements structurels dans l'hypothèse initiale (H_0) et bien sûr dans celle de stationnarité(H_1).

Dans cette partie nous présentons seulement le test de LS (2003) avec deux ruptures. L'autre test de LS(2004) avec une seule rupture pourra faire l'objet d'une analyse plus appropriée.

Considérons le processus générateurs de donnée.

$$Y_t = \delta' Z_t + e_t, \; e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (36)$$

Avec Z_t est le vecteur des variables exogènes et ε_t est un bruit blanc

$$Z_t = [1 \quad t \quad D_{1t} \quad D_{2t} \quad DT_{1t} \quad DT_{2t}]' \qquad (37)$$

Avec D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, et DT_{2t} sont les variables indicatrices qui captent respectivement les ruptures dans la tendance et les ruptures dans la constante.

LS(2003) proposent deux modèles :

Le modèle A autorise seulement une rupture dans la constante,

$Z_t = [1 \quad t \quad D_{jt}]'$ avec $\begin{cases} DT_{jt} = 1 \ Si \ t > T_{bj} \\ 0 \qquad\qquad ailleurs \end{cases}$ (38)

Et T_{bj} est la $j^{ème}$ date de la rupture où j = 1, 2.

Le modèle C autorise un changement dans la constante et un changement dans la tendance,

$Z_t=1 \ t \ D_j \ DT_{jt}]'$ avec $\begin{cases} DT_{jt} = t - T_{bj} \ Si \ t > T_{bj} \\ 0 \qquad\qquad ailleurs \end{cases}$ (39)

L'équation (36) autorise une rupture structurelle sous l'hypothèse H_0 (β = 1) et sous l'hypothèse H_1 (β < 1). A titre d'exemple, dans le modèle A, en se basant sur la valeur de β, les deux hypothèses s'établissent conne suit :

H_0 :

$$Y_t = \mu_0 + d_1 B_{1t} + d_2 B_{2t} + Y_{t-1} + v_{1t} \quad (40)$$

H_1

$$Y_t=\mu_1+\gamma_t+dD_{1t}+D_2B_{2t}+ v_{2t} \quad (41)$$

Avec les v_{1t} et v_{2t} sont des erreurs BB (bruits blancs)

B_{jt} = 1 si t = Tb_j + 1 et B_{jt} = 0 sinon, avec j = 1, 2 et d = $(d_1, d_2)'$.

En ce qui concerne le modèle C les variables indicatrices D_{jt} vont apparaitre sous l'hypothèse d'existence de racine unitaire et DT_{jt} sous l'hypothèse de stationnarité.

On partant du principe du test de multiplicateur de Lagrange, la statistique du test de racine unitaire peut être obtenue à a partir de la régression suivante :

$$\Delta Y_t=\delta' \mathbf{\Delta} Z_t+\phi \ \check{S}_{\tau -i} +u_t \quad (42)$$

Où $\check{S}_\tau$ = c'est une série ajustée tel que $\check{S}_\tau = Y_t - \tilde{\Psi} - Z_t \tilde{\delta}$ pour t = 2 … T. $\tilde{\delta}$ est le vecteur des paramètres de la régression de ΔY_t sur $\mathbf{\Delta} Z_t$. $\tilde{\Psi} = Y_1 - Z_1 \tilde{\delta}$ dont Y_t et Z_t sont les premières observations de Y_t et Z_t respectivement.

Dans l'équation (42) l'hypothèse de racine unitaire est formulée par ϕ = 0 et la statistique du test est décrite par ή = T $\tilde{\phi}$ tel que $\tilde{\phi}$ c'est l'estimateur des Moindres carrées ordinaires (MCO) de ϕ dans l'équation (42). Soit ŕ la t-statistique de l'hypothèse nulle ϕ = 0. Les dates de changement Tb_j ceux sont qui minimisent ŕ pour toutes les combinaisons probables de ruptures.

$$LM_{ŕ}=inf ŕ(\lambda) \quad (43)$$

Avec ($\lambda_j = Tb_j / T$) sur toute la strate [λT ; (λ-1) T] où T est la taille de l'échantillon. Il est à signaler que même le test de LS présente des limites surtout en termes de nombre de ruptures structurelles, vu que les séries macroéconomiques peuvent avoir plus de deux pauses structurelles. De ce fait, notre valeur ajoutée en ce point est de grande importance, c'est-à-dire nous essaierons de procéder par une approche séquentielle dans l'application de ce test. Dit autrement, ont test tout d'abord l'existence de deux changements de régime contre l'hypothèse alternative. Si la stationnarité est rejetée on impose une rupture et on test la présence de deux ruptures pour la deuxième fois à l'aide de ce test. L'opération est répétée pour jusqu'au l'hypothèse H_1 conditionnellement à m ruptures ne peut pas être rejetée.

Il semble claire que, d'après l'analyse de l'évolution de la politique budgétaire et monétaire au Maroc, les séries macroéconomiques présentent des occurrences des ruptures de tendance. La partie suivante sera consacrée à l'application de certains tests cités au-dessus, afin de dater ces changements en premier lieu et de trouver des explications économiques pour ces ruptures en deuxième lieu.

4 ESTIMATION DES CHANGEMENTS DE TENDANCE DANS LES SERIES MACROECONOMIQUES MAROCAINES

Comme les données qui seront traitées dans ce travail, sont des données trimestrielles et la durée d'étude est très longue, donc il y a une forte raison de penser à des changements structurels dans le processus générateurs des données.

4.1 PRESENTATION DES VARIABLES MACROECONOMIQUES UTILISEES ET IMPLEMENTATION DES TESTS DE RACINE UNITAIRE AVEC ET SANS CHANGEMENTS DE REGIME

L'étude de la stationnarité des séries est un travail prioritaire et de grande importance surtout lorsqu'il s'agit de faire des prévisions, ou d'évaluer l'effet d'une politique économique (choc) sur des variables dans des modèles par exemple SVAR, VCEM, DSGE, …

L'importance de cette étude vient du fait que l'existence d'une racine unitaire dans les séries macroéconomiques influe, et d'une manière significative beaucoup l'interprétation de certaines théories économiques. Dans ce sens ont peut citer à titre d'exemple la théorie du cycle conjoncturel et la théorie de la croissance endogène avec la variable production : la théorie de cycle conjoncturel implique une composante tendancielle déterministe dans la dynamique de la production, ce qui signifie que les chocs réguliers n'affectent pas la tendance de la production et les politiques conjoncturelles parviennent pour stabiliser les fluctuations sans changer la tendance profonde. Par contre la théorie de la croissance endogène stipule que la production a une composante tendancielle stochastique et que les chocs réguliers ou majeurs ont une influence permanente sur celle-ci (King, Plosser, Rabelo (1988)).

Ce travail porte en effet sur quatre séries macroéconomiques de l'économie marocaine avec une fréquence trimestrielle : le PIB réel, l'indice des prix à la consommation (LIPC, les créances et le taux d'inflation. Toutes les séries (sauf l'inflation) sont transformées en logarithme. Le tableau ci-après en donne le résume :

Tableau 2. Présentation des séries étudiées

Série macroéconomique	Période d'étude
La série du PIBR trimestriel (en log)	[1980T1- 2014T3]
La série des créances (en log)	[1985T1-2014T3]
La série de L'IPC (en log)	[1960T2-2014T3]
La série de l'inflation	[1961T1-2014T3]

4.2 RAPPROCHEMENT ÉCONOMIQUES DES RÉSULTATS

Dans cette partie nous allons analyser les résultats des différents tests appliqués sur les quatre séries macroéconomiques marocaines. L'objectif de ce mémoire est de dater les changements structurels dans les séries marocaines.

4.2.1 TESTS STANDARDS DE RACINE UNITAIRES

Tableau 3. Résultats des Test de racine unitaires standards

Série	ADF	PP	KPSS
Niveau			
LPIBR	-2.883579	-2.882433	0.250983[a]
LCréances	-2.869684	-1.916911	0.111663
LIPC	-1.129935	0.167766	0.365855
INF	-2.450896	-3.420823[c]	0.233744
Différence première			
LPIBR	-8.4482326[a]	-35.46937[a]	0.212987[c]
LCréances	-2.541529	-2.06582[a]	0.105432[c]
LIPC	-2.333671	-3.17652[a]	0.535028[a]
INF	-13.58597[a]	-6.88752[a]	0.123315[a]
Différence seconde			
LPIBR	-		
LCréances	-	-	-
LIPC	-12.36440[a]	-	-
INF	-	-	-

(a) Rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire à 1%
(b) Rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire à 5%
(c) Rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire à 10

D'après le tableau au-dessus, le test ADF, rejette en première différence, l'hypothèse nulle de racine unitaire pour les séries de LPIBR, LCréances et l'inflation. Tandis que la série de LIPC est intégrée d'ordre deux.

Pour les tests de PP et KPSS, rejettent, en première différence, l'hypothèse nulle de racine unitaire pour toutes les séries étudiées.

Les trois tests concluent que toutes les séries sont intégrées d'ordre un (sauf LIPC intégrées d'ordre deux selon le test ADF). Ces résultats nous liasse des ambigüités sur l'efficacité de ces tests à caractériser correctement la méthode de stationnarisation des séries macroéconomiques en question.

Pour résoudre ce problème d'ambigüité nous examinons donc la stationnarité de ces séries en appliquant des tests de racine unitaire avec ruptures structurelles.

4.2.2 TESTS DE RACINE UNITAIRE AVEC RUPTURES STRUCTURELLES

Tableau 4. Résultats des tests à changement de régime

Séries	Break 1	Break 2	Break 3	Break 4&5
LPIBR	1991T2	1996T2	2001T1	2005T4-2012T2
LCréances	1993T3	2006T1	2008T4	2011T1
LIPC	1975T4	1988T3	1997T4	-
Inflation	1974T2	1988T1	1994T3	2001T3

4.2.2.1 SERIE DE LPIBR [1980T1-2014T3]

Selon le test de Lee & Strazicich (2003) dans sa nouvelle configuration, la série du produit intérieur brut (LPIBR) a connu cinq ruptures structurelles dans la constante et la tendance. Le rapprochement économique de ces dates (présentées dans le tableau en-dessus) permet d'imputer les origines de la première pause structurelle de 1991T2 aux raisons climatiques liées à la succession des années de sécheresse (les années90). En ce qui concerne les explications du deuxième break de 1996T2, elles consistent, en premier lieu, dans les retombées du mouvement de libéralisation du commerce extérieur que le Maroc a adopté depuis son adhésion à l'OMC, et en deuxième lieu dans la coïncidence avec une mauvaise compagne agricole. Pour le troisième et quatrième changement de régime de 2001T1 et 2005T4, ils s'expliquent généralement par la consolidation des fondamentaux suite à la progression des recettes touristiques et des transferts des marocains du monde (marocains résidents à l'étranger), et ainsi par la cession d'une grande partie du capital du Maroc Telecom pour un montant de 23,3 milliards de dirhams.

Quant à la cinquième rupture structurelle de 2012T2, elle trouve ses explications dans les retombées de la conjoncture internationale défavorable matérialisée par des risques entourant l'activité économique de nos principaux partenaires économiques (baisse de la demande extérieure adressée au Maroc) et conjuguée à des mauvaises conditions climatiques et d'une situation déficitaire[3] de la balance commerciale.

4.2.2.2 SERIE DE LCREANCES [1985T1-2014T3]

L'analyse des résultats du tableau ci-dessus montre que la série de Lcreances a connu quatre ruptures structurelles. La première rupture qui a eu lieu en 1993T3, est le résultat des différents choix stratégiques et réformes engagées par le Royaume notamment le processus de privatisation, la réforme boursière et la loi bancaire de 1993. Ces réformes avaient pour but l'uniformisation du cadre réglementaire dans lequel intervenaient les établissements de crédit et les sociétés de financement.

S'agissant de la deuxième rupture de 2006T1, son rapprochement économique repose sur l'expansion du crédit à l'immobilier notamment suite à la baisse des taux d'intérêt débiteurs depuis le début de cette année-là.

[3] *Bank Al-Maghrib (2012), Rapport trimestriel 2012T3.*

En ce qui concerne la troisième pause structurelle de 2008T4, nous pouvons citer comme cause, les effets restrictifs de la contraction des avoirs extérieurs nets de Bank Al-Maghrib sur la liquidité bancaire, ce qui a amené cette banque centrale à engager un processus de réduction progressive du ratio de la réserve obligatoire (décembre 2007).

Toutefois, le quatrième changement de régime de cette série qui a eu lieu en 2011T1, est lié d'une part, à l'insuffisance des trésoreries bancaires[4] (15,6 milliards de DH au lieu de 5,4 milliards de DH 2010) causé par l'évolution restrictive des facteurs autonomes de la liquidité bancaire et d'autre part aux implications de la contraction des ANE.

4.2.2.3 SERIE DE LIPC [1960T2-2014T3]

Les résultats du test de LS montrent que la série de LIPC a connu trois ruptures structurelles : La première a eu lieu en 1975T4 comme conséquence d'une conjoncture nationale et internationale défavorable marquée par une grande récession et caractérisée par les faits suivants :

- Triplement des pris des phosphates ;
- Politique budgétaire expansionniste (plan d'investissement de 73-77) ;
- Chocs pétrolier de 1973 ;
- Dépenses militaires (conflit du Sahara) ;
- L'accélération du taux de croissance de consommation finale et l'augmentation des salaires des fonctionnaires ;
- L'augmentation des subventions alimentaires ;
- Le désencadrement du crédit.

Alors que la deuxième rupture a eu lieu en 1983T2. Ce changement de régime peut être expliqué par :

- Quasi cession de paiement qu'a connu le Royaume durant le début des années 80(crise aiguée des finances publiques) ;
- Deuxième choc pétrolier et la hausse du taux d'intérêt ;
- Retour à l'orthodoxie monétaire fondé sur l'encadrement du crédit ;
- La baisse du taux de progression de la masse monétaire ;
- Lancement du Maroc avec l'appui du FMI et la banque mondiale, d'un programme de stabilisation et d'ajustement structurel.

Quant à la dernière rupture qui a eu lieu en 1997T4, elle s'explique par :

- La réforme du refinancement bancaires de 1995, réaménagé en 1999 (les avances à une semaine sur appels d'offre, les avances à 5 jours, celles à 24 heures et les opérations d'Open Market);
- La redéfinition des agrégats monétaires ;
- La libéralisation complète des taux débiteurs ;
- La surpression du plancher d'effets publics.

4.2.2.4 SÉRIE D'INFLATION [1961T1-2014T3]

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que la série de l'inflation a subi quatre changements structurels dans la tendance : le premier changement a eu lieu en 1974T2 qui peut être expliqué par une conjoncture nationale et internationale défavorable :

- Triplement des pris des phosphates ;
- Politique d'expansion d'investissement ;
- Chocs pétrolier de 1973 ;
- Dépenses militaires (conflit de Sahara) ;
- L'accélération du taux de croissance de consommation finale et des salaires des fonctionnaires ;
- L'augmentation des subventions alimentaires ;
- Désencadrement du crédit.

[4] *Bank Al-Maghrib (2011), Rapport trimestrielle 2012T2.*

Le deuxième changement de régime en 1988T1, comme conséquence de :

- Quasi cession de paiement qu'a connu le royaume durant le début des années 80(crise aiguée des finances publiques) ;
- Deuxième choc pétrolier et la hausse du taux d'intérêt ;
- Retour à l'orthodoxie monétaire fondé sur l'encadrement du crédit ;
- La baisse du taux de progression de la masse monétaire ;
- Lancement par le Maroc avec l'appui du FMI et la banque mondiale, un programme de stabilisation et d'ajustement structurel.

Le troisième changement en 1994T3, qui est d'une part, le résultat d'une politique de stabilisation survenue à la suite du problème de la dette qu'a connue le Maroc à partir des années 80. Ce plan d'ajustement structurel imposé par les institutions internationales a comme objectifs un freinage des salaires des fonctionnaires du secteur public, une croissance ralentie des nombre des salaries de la fonction publique et la réduction des subventions aux produits alimentaires et des dépenses d'investissement. Et d'autre part, de la succession des années de sécheresses et la détérioration des termes de l'échange (la baisse des prix de phosphates et d'une forte augmentation des prix du pétrole lié à la crise du Moyen Orient.

Le dernier changement en 2001T3, comme conséquence de la consolidation des fondamentaux suite à la progression des recettes touristiques et des transferts[5] des marocains du monde (marocains résidents à l'étranger), et ainsi par la cession d'une grande partie du capital du Maroc Telecom pour un montant de 23,3 milliards de dirhams et en dernier lieu l'impact de la grande modération qu'an connu le monde

5 CONCLUSION

Depuis les travaux pionniers de Nelson et Plosser (1982), de nombreuses études empiriques ont été effectuées sur plusieurs séries macroéconomiques, ces études ont permis de conclure que les séries, en général, possèdent une racine unitaire dans leur représentation autorégressive ce qui signifie que les chocs conjoncturels ont des implications permanentes sur ces variables. Ces conclusions ont été révisées suite aux résultats obtenus par les tests de racine unitaire avec changement de régime, c'est-à-dire que la plupart des séries qui été initialement considérées comme étant DS sont, au contraire, des séries stationnaires en niveau avec des tendances segmentées.

Donc il est clair que les tests de racine unitaire doivent être, avant tout, une étape nécessaire dans une analyse univariée ou multivariée en vue de mieux cerner certaines questions économiques particulières.

Cet article s'est proposé de présenter une synthèse critique des procédures des tests de racine unitaire les plus répandus dans la littérature empirique sur les tests de racine unitaire. Ce travail a permis d'appréhender l'importance des changements structurels (tendances segmentées) dans le processus générateurs des données. Cette distinction est primordiale, parce qu'une spécification erronée de la tendance peut conduire à ne pas rejeter l'hypothèse nulle de racine unitaire et donc une prédictibilité imprécise et par la suite des décisions biaisée en matière de politiques économiques.

Les résultats du présent travail donnent une caractérisation précise de quatre séries macroéconomiques marocaines fondamentales. Nous sommes en mesure de rejeter l'hypothèse de racine unitaire pour cinq variables macroéconomiques nationales (logarithme du PIB réel, logarithme des créances, le logarithme du l'IPC, la et l'inflation) en faveur d'une tendance segmentée. Les changements structurels subis par les séries macroéconomiques marocaines sont significatifs puisqu'ils coïncident avec d'importants évènements économiques internationaux ou nationaux associés aux changements climatiques et quelques évènements politiques.

A la suite de ces différents résultats l'utilisation des quatre séries macroéconomiques marocaines et leurs interactions, devrait permettre la possibilité d'élaborer des modèles cohérents avec une bonne maîtrise de la nature des fluctuations affectant chaque série. Aussi, tout jugement en matière des équilibres (déséquilibres) serait de moins en moins imprécis notamment quand il s'agit de procéder à des modèles *ad hoc* (cointégration, modèles à tendances segmentées, modèles à seuils, modèle à changement de régime markovien, . . .).

[5] En 2001, les transferts de marocains du monde ont permis de couvrir le solde négatif de la balance de paiements et de dégager un excédent de la balance de paiements courants équivalent 5% du PIB (rapport annuel de Bank Al-Maghrib 2001).

REFERENCES

[1] Abouch, M. et Ezzahid, E. (2003). « Investissement et croissance au Maroc : Insuffisance de l'accumulation et faiblesse de la productivité », Repères et perspectives n°6.

[2] Achy, L. et Sekkat, K. (2007). « L'économie marocaine en questions (1956-2006), Le Harmattan.

[3] Akaaboune, M. (2009). « Politique monétaire marocaine et libéralisation financière », Revue Editée par la Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales Rabat -Agdal, n°43.

[4] Bai, J. et Perron, P. (1998). « Estimating and testing linear models with multiple structural changes », Econometrica, Vol. 66(1), pp 47-78, January.

[5] Bai, J. et Perron, P. (2003a). « Computation and analysis of multiple structural change models », Journal of Applied Econometrics, vol. 18(1), pp 1-22. .

[6] Bassil, C. (2010). « Politique monétaire et changements structurels aux Etats-Unis », Thèse Soutenue à l'Université Cergy-Pontoise, Juillet 2010.

[7] Bassil, C. (2012). « What Does Federal Reserve Target? Current or Expected Inflation», Journal of Business and Policy Research, Vol. 7(2), pp 147-170, July.

[8] Bouhia, A. (2001). « Les sources de croissances de l'économie marocaine », Critiques Economiques n° 2, Eté.

[9] Burns, Arthur, F. et Wesley, C. Mitchell. (1946). « Measuring Business Cycles», National Bureau of Economic Research, 1946).

[10] Colletaz, G. et Hurlin, C. (2007). « Modèles non linéaires et prévision », Rapport de recherche, Institut CDC pour la Recherche.

[11] Dickey, d., et w. Fuller (1979). « Distribution of the Estimator for the autoregressive Time Series with a Unit Root», Journal of the American Statistical Association, vol. 74, pp 427– 431.

[12] Dickey, d., et w. Fuller (1981). « Likelihood Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root», Econometrica, vol. 49(4), pp 1057-1072, July.

[13] Fernandez, D.G. (1997). « Breaking trends and the money-output correlation », The Review of Economics and Statistics.

[14] Hansen, B. E. (2001). « The New econometrics of structural change: Dating breaks in U.S. Labor productivity », Journal of Economic Perspectives, vol. 15(4), pp 117-128.

[15] Juglar, Cl. (1889). « Des crises commerciales et de leur retour périodique en France, en Angleterre et aux Etats Unis », 2e édition, Paris, Guillaumin.

[16] King, R.G., Plosser, I.C. et Rebeleo, S.T. (1988). « Production, growth and business cycles I. the basic neoclassical model», Journal of Monetary Economics, Vol. 21, pp 195-232.

[17] Kwiatkowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt and Y. Shin (1992). «Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root», Journal of Econometrics, vol.54, pp 159-178.

[18] Le Bilan, H. (2004). « Test de ruptures : une application au PIB tendancielle Français », Economie et Prévision, vol. 163(2), pp 133-154.

[19] Lee, J. et Strazicich, M.C. (2003). « Minimum Lagrange multiplier unit root test with tow structural breaks », The Review of Economics and Statistics, Vol.85 (4), pp 1082-1089, November.

[20] Lee, J. et Strazicich, M.C. (2004). « Minimum Lagrange multiplier unit root test with one structural break », Working Paper, Department of Economics, Appalachian State University.

[21] Lumsdaine. R et Papell .D (1997). « Multiple trends breaks and the unit root hypothesis, Review of Economics and Statistics, Vol.79 (2), pp 212-18, May.

[22] Medhioub, I. (2007). « Asymétrie des cycles économiques et changement de régimes : cas de la Tunisie », L'actualité Economique, Revue d'Analyse Economique, vol 83(4), pp 529-553.

[23] Ministère de l'Economie et des Finance (2009). « Datation du cycle d'affaires de l'économie marocaine », Direction des Etudes et des Prévisions Financières, Mars 2009.

[24] Nabeya, S., et k. Tanaka. (1988). « Asymptotic theory of a test for the constancy of regression coefficients against the random walk alternative», Annals of Statistics, vol. 16, pp 218–235.

[25] Nelson, C. R et Plosser, C.I. (1982). « Trends and random walks in macroeconomic time series: Some evidence and implications », Journal of Monetary Economics, vol. 10, pp 139-162.

[26] Ng, S., et P. Perron (1995). « Unit Root Tests in ARMA Models with Data-Dependent Methods for the Selection of the Truncation Lag », Journal of the American Statistical Association, Vol. 90(249), pp 268-281, March.

[27] Olivier, G. (2009). « Les changements structurels et la grande modération », Banque de Canada, Mai.

[28] Perron, P. (1989). « The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis », Econometrica, 57(6), pp 1361–40.

[29] Perron, P. (1992). « Racines unitaires en macroéconomie : le cas d'une variable », l'Actualité Economique, vol. 68, n°1-2, pp 325-356.

[30] Phillips, p. c., et p. Perron (1988). « Testing for a Unit Root in Time Series Regression», Biometrica, vol. 75(2),pp 335–346.
[31] Rapports annuels et trimestriels de Bank Al-Maghrib (1980-2014).
[32] Sagou, M. (2005). « Les politiques macroéconomiques », document de travail, 50 ans de développement humain au Maroc et perspectives pour 2025.
[33] Tremblay, R. (2004). « Les grands cycles économiques », ASDEQ, Comité des Politiques Publiques, Document CPP 2004-04.
[34] Wesley, C. Mitchell. (1946). « Business Cycles: The Problem and Its Setting », National Bureau of Economic Research, pp 61-188.
[35] Zivot. A et Andrews. D.W.K. (1992). « Further evidence on the Great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis », Journal of Business and Economic Statistics, vol.10 (3), pp 251-270, July.

Figure 1 : LPIBR

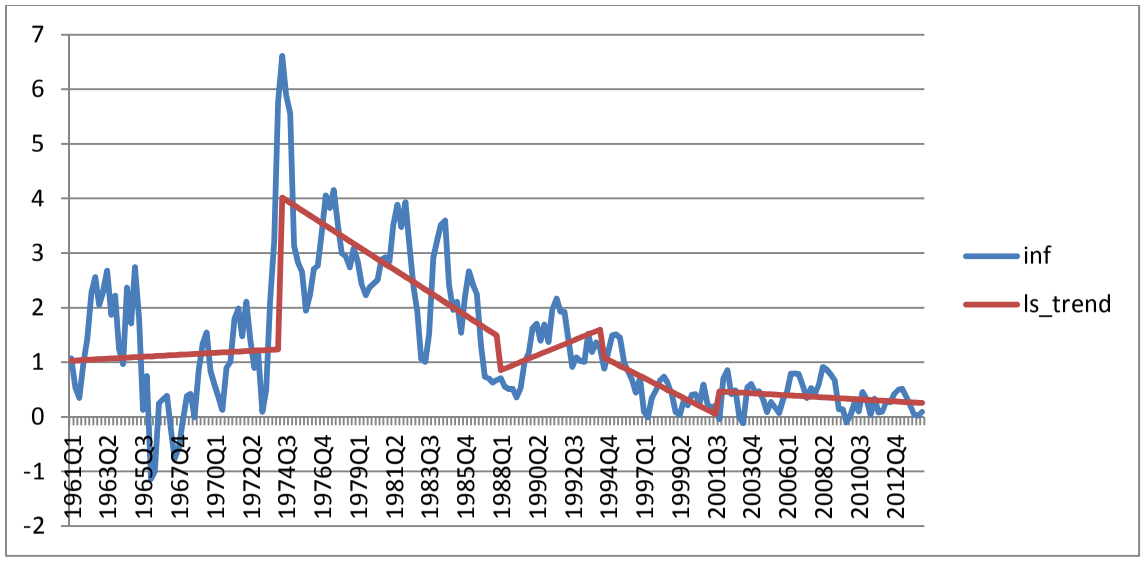


Figure 2 : Inflation

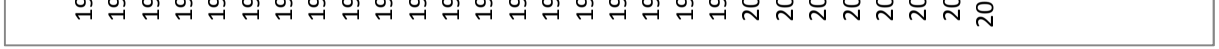


Figure 3 : LIPC

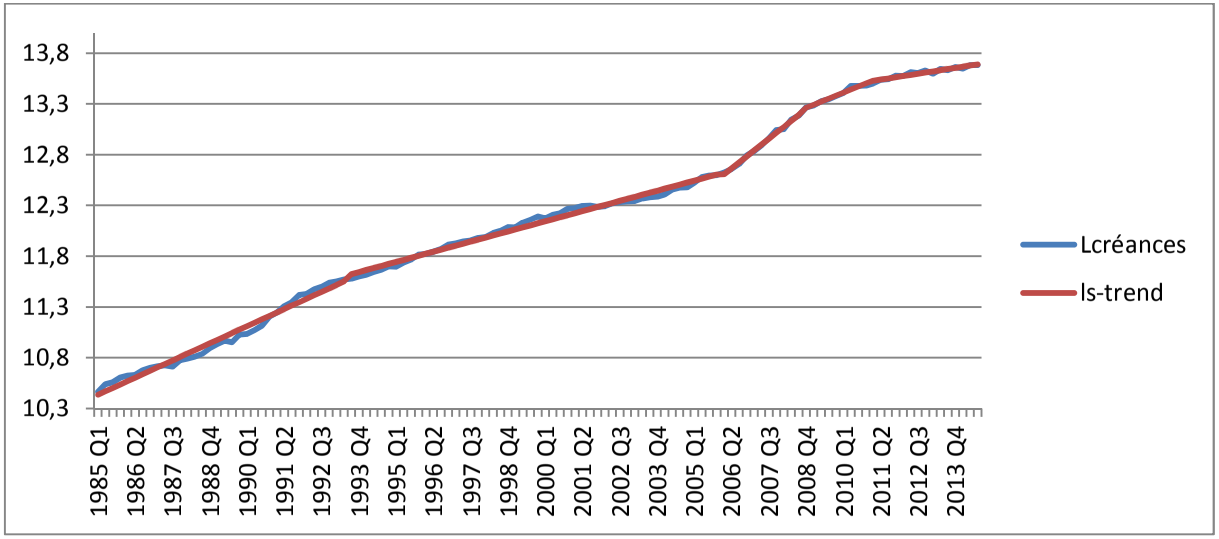


Figure 4 : Lcrénaces

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 297-306
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Metal Traces Elements contents in cultivated and uncultivated soils of Constantine region (Algeria) dosed by x-ray fluorescence

Samira NAILI[1], A. Nait Merzoug[2], G. Dénès[3], H. Merazig[4], and A. Lakehal[5]

[1]Chemistry research unit environmental and structural molecular, University of Constantine N°1, Algeria

[2]Laboratory of Science and Technology of water and environment, Mohamed Sharif Messadia University of Souk Ahras, BP 1553, 41000 Souk Ahras, Algeria

[3]Laboratory of Solid State Chemistry and Mössbauer Spectroscopy, Department of Chemistry and Biochemistry, Concordia University, Montréal, Québec, Canada

[4]Chemistry research unit environmental and structural molecular, University of Constantine N°1, Algeria

[5]Epidemiology service of Hospital-University Centre of Constantine, Medical School, University of Constantine N° 3, Algeria

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: Metal Traces Elements are present in agricultural soils, because they are naturally the Earth's crust components. But also because of human intake. They are more or less with drawed by the cultivated plants and can potentially cause safety problems of agricultural products destined to the human being food and animals feed. These metal or metalloids are called "traces" because they are present in very low concentrations in the earth's crust or in the living organisms' .they designate oligo-essential elements in the biological processes, but toxic at high levels (zinc. Copper .selenium chrome) .a soil rich in these elements cause a real environmental problem. The main aim of this study is determining the rates of these elements, for us, we used the technique of x-ray fluorescence. The analysis results showed the existence of undesirable elements such as lead, zinc, arsenic and selenium Se as element in question with minor rates in some studied sites. Among these sites: the pilot farm of Bouaoune, the pilot farm of Baaraouiya.

KEYWORDS: trace element, heavy metals, soil pollution, x fluorescence, Metallic Elements Traces dosage.

1 INTRODUCTION

Modern man must pay a particular attention to the ground. Furniture coverage of the earth's crust has its elementary components inert or living, and has its ecological functions .in fact, this natural source is now subject to increasingly strong pressures uses. In the ecosystem, soil is not a holder compartment, an inert compartment. The soil is an organized material that transforms, absorbs, adsorbs and in which circulate energy flow and material flow.

Metal Traces Elements rates (MTE) in soils vary according to the geochemical background and atmospheric deposition of natural (volcanism, erosion, dust) or anthropogenic (industry, transport) and contributions by man (fertilizers, pesticides, animal waste, sewage sludge, etc.). Metal Traces Elements enter the food chain in particular because of their absorption by plants of different cultures. Indeed, the evolution of cultures is mainly due to a significant size and textural heterogeneity of soil and to a considerable fertility, generally controlled by the presence of the organic matter. The latter plays an important role of maintaining the structural stability which in turn influences the physical, chemical and biological properties in the conservation or increase the ability of soil to retain water (Gregorich, 1997), regulates biological activities and contributes to the diversity and complexity of soils (Genot et al., 2007).

The mineral elements in the soil are important for the development and growth of crops. The amounts of minerals transferred throughout the food chain from the plant to the animal and to the human being, depend on the levels present in the soil. In soils, the mineral elements are grouped into major elements and into a trace elements, the latter being the 80 chemical elements whose concentration in the earth's crust, is for each of them less than 0.1%. They together account for

0.6% of total mineral elements, while the major elements 12 intervene to 99.4% (Scardigli, 2006). In addition to proteins, carbohydrates and fat, our body absolutely needs minerals as well as vitamins. They accelerate metabolic reactions (enzyme catalysts) and involved in the production and regulation of hormones in the expression of immune defenses and protection against certain oxidizing compounds (Scardigli, 2006). The major elements are generally required in fairly large quantities and micronutrients in small quantities. The first objective of fertilization is to provide the major components plants. Lack or excess of these minerals is often responsible for low crop yields.

Thus the objective of this work consists of a physicochemical characterization of agricultural soils of pilot farms (cultivated and uncultivated) in the region of Constantine and in the determination of levels of trace metals and trace elements.

2 MATERIALS AND METHODS

GEOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL SITUATION OF THE STUDY AREA

Constantine is a town in the center of eastern Algeria that lies between latitude 36 ° 17 'and longitude 6 ° 37' precisely 245 km of Algerian Tunisian border,and of 431 km from the capital Algiers westward and of 89 km from Skikda to the north and of 235km from Beskra south.

Constantine is limited:

- in the north by Skikda;
- to the east by Guelma;
- to the west by Mila;
- in the South by of Oum el Bouaghi.

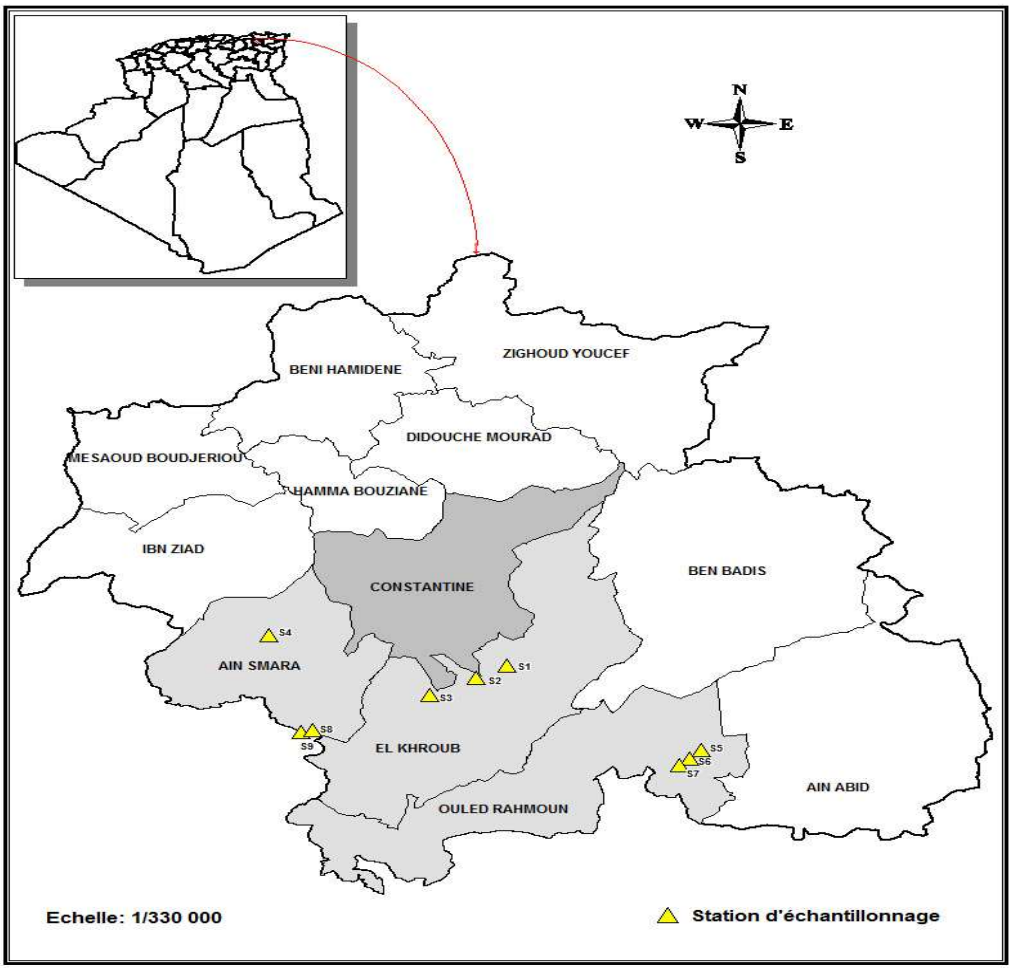


Fig. 1. Constantine Geographical map

It is built on a majestic rock on both sides of Wadi Rhumel, it is well surrounded by genuine natural obstacles; geographical landmarks show that the region is not homogeneous with respect to its position relative to sea level. It is between the two KENTOUR lines 400 and 800 m and 1200 m to the south. Constantine is among the most important provinces of the country, it covers an area of about 2297.20 square kilometres.

SOIL CHARACTERIZATION OF EXPERIMENTAL SITES

The study is reported in four pilot farms of Constantine region, coordinated sites are reported in Table N°1.

Site N° 1: The pilot farm of Baaraouiya (a plot of 500 m2 remained fallow for about six years uncultivated land
Site N°2: Experimental Farm ITGC belonging to Ain El Bey Tray, within the municipality of El Khroub; cultivated plot intended for cropping farm trials.
Site N° 3: Khadri Ibrahim pilot farm comprising (cultivated plot) located in Ain El Bey.
Site N° 4: The pilot farm Khadri Ibrahim (cultivated plot) located at the exit of Ain Smara town.
Site N° 5: The pilot farm Bouaoune Bounouara (cultivated land).
Site N° 6: The pilot farm Bouaoune Bounouara (cultivated land).
Site N° 7: The pilot farm Bouaoune Bounouara (uncultivated land).
Site N° 8: The pilot farm Bouchebaa, located in the new city of Constantine (cultivated land).
Site N° 9: The pilot farm Bouchebaa uncultivated land.

We conducted our study on cultivated and uncultivated plots; in the Table N°1 are grouped coordinates of the new sites.

Table N° 1: Coordinates of sampling sites in Constantine region.

Coordinates	**Latitude** (N)	**Longitude** (E)
S1	36° 16' 30,22''	6° 40' 18,10''
S2	36° 15' 53,36''	6° 38' 52,19''
S3	36° 15' 1,58''	6° 36' 43,98''
S4	36° 18' 1,32''	6° 29' 24,87''
S5	36° 12' 20,97''	6° 49' 6,99''
S6	36° 12' 15,91''	6° 49' 3,40''
S7	36° 11' 59,43''	6° 48' 51,65''
S8	36° 13' 16,84''	6° 31' 24,19''
S9	36° 13' 17,82''	6° 31' 28,24''

The land of these farms are occupied by calcimagnesic soils, characterized by low depth which is due to the presence of calcium crust and crust at a stony load moderately important.

These areas cover a larger area, generally located on the lower grounds and very low slope (land of Baaraouiya pilot farm and ITGC: alluvial terraces of Oued Boumerzoug) are characterized by a deep profile and fine surface texture and very thin in depth. The soil is very beating; dry period is very compact and difficult to work in wet period it is full of water, so the plot is impractical.

CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE REGION

Belonging to the Mediterranean region, climate study area is characterized by an average rainfall distributed with a great irregularity in time. The humidity is higher in winter (from 75 to 76%) than in summer (38-53%), it is accentuated by rainfall (500-600 mm) and wind North-South direction. The climate ranges from the sub - humid and semi - arid.

Sampling: In this study, sampling was performed from 15 to 20 samples per parcel by the vertical lines and the method zigzag method using an auger or a stainless steel scoop in the plow layer (from 0-30 cm of depth).

Generally selected parcels are parcels for large crops (Durum wheat, soft Wheat, Barley, and Oats) and for non-cultivated plots. The samples were collected in four pilot farms in the plow layer (from 0-30 cm of depth). They have been preserved, from the sampling to the laboratory in sealed plastic. In the laboratory we performed the removal of stones and plant debris with a sieve size of 2mm diameter. Samples designated for physicochemical analysis are sieved on a sieve diameter of 0,140mm and dried in air then in an oven at a temperature of 105 ° C to the constant weight. The fine fraction was selected on two criteria:

- The metals are most associate with the fine fraction
- determination of X-ray metals fluorescence requires the use of very fine particle size and the choice of a uniform fraction.

The samples were subjected to routine analysis, parameters and methods used are summarized in Table 2 (particle size analysis, pH, electrical conductivity, available phosphorus, organic carbon, total nitrogen, and cation exchange capacity) in soils analysis laboratory and agricultural fertility FERTIAL of Annaba. Other samples (sieved 0,140mm) were used for assay by X-ray Fluorescence major elements and trace elements in Chemistry Research Unit of Environmental and Molecular Structural laboratory (CHEMS). University of Mentouri brothers of Constantine.

Table N° 2: element and analytical techniques

Parameters	Technical analysis
Granulometry	NF X 31-107
organic carbon	NF ISO 10694
total nitrogen	NF ISO 13878
pH	NF ISO 10390
total limestone ($CaCO_3$)	NF ISO 10693
Phosphorus	NF X 31-161
cationic exchange capacity (CEC)	NF X 31-130
electric Conductivity (EC)	NF X10970
exchangeable cations (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+})	NF X 31-108
Manganese (Mn^{2+})	NF X 31-120
Metal traces elements MTE	Fluorescence XRF

DETERMINATION OF MAJOR AND MINOR ELEMENTS IN AGRICULTURAL SOILS USING XRF FLUORESCENCE:

XRF is a non-destructive method, accurate, fast and without any negative impact to the environment. The elements of the periodic table from Beryllium to Uranium can be measured simultaneously on the same sample qualitatively and quantitatively. Concentrations close to 100% can be obtained without dilution, contrary to ASA: atomic absorption, with a very good reproducibility. The detection limits for trace elements is of the order of PPM. Tables' N° 6 and N° 7 respectively show the contents of major elements and trace elements in the two soil types (cultivated and not grown). From Given results, we note that the contents of the major elements of the majority of samples of uncultivated soil are slightly above the levels of the cultivated soil and this is probably due to the long period of fallow.

Statistical analyzes: in order to determine the existence or absence of a correlation between the physic-chemical parameters studied and metal trace elements, a statistical analysis of variance by Spearman correlation test was performed. For this, Excel and SPSS software statistics, Version 20 were used**.**

3 RESULTS

Characteristics of soil study. MTE behaviour in soil is influenced by the physical and chemical soil characteristics (texture, pH, organic matter, total limestone, CE and CCC.) [INRA, 2002]. Knowledge of the particle size is particularly important because the fine fractions and in particular clays provide soil cohesion because of their electrical properties and their lamellar structure. The clay rate is higher (69.66%) in the cultivated soil in uncultivated soil is (64.33%). Soil texture of the sites is argillaceous-sandy. The values of the sand fraction are (26.46%) and silt is (18.77%) and of uncultivated soil is higher than those of the cultivated soil.

Table 3: The Granulometry of both types of soil

	CLAY %	SAND %	SILT %
Granulometry of cultivated soil	**S2** **48**	**23,4**	**28,6**
	S3 **50**	**26,20**	**23,80**
	S4 **69,66**	**17**	**13,33**
	S5 **61,14**	**28,28**	**10,57**
	S6 **64,57**	**25,14**	**10,28**
	S8 **53,33**	**30**	**16,66**
Granulometry of uncultivated soil	**S1** **46,4**	**23,4**	**30**
	S7 **64,33**	**26, 00**	**9,66**
	S9 **53,33**	**30**	**16,66**

Physico - chemical characteristics: For all sites, the water pH of samples analyzed is alkali (means pH greater than 7) look at (Table N° 4). This pH can block the absorption or availability of phosphorus; Boron, Copper, Iron, Manganese and Zinc in the plant (works of BENSAADI A...). The pH values are lower in uncultivated soils (minimum of 7.92 and minimum of 8.62) compared with cereals grown in soil have a minimum of 7.99 and a maximum of 8.38.

Measurements of the electrical conductivity of a site reveal variable values to another. These values are lower in cultivated soils (0,244mmhos / cm) than in non-cultivated soils (0,357mmhos / cm). Of same, for the assessment of soil salinity risk (EC), it is highly dependent on the organic matter content and affects the growth of crops as well as vegetative part of the roots look at (Table N° 4) and an electrical conductivity less than 0.7 so there is little risk of soil salinity.

Active lime rates were analyzed and we look for the limestone rate that can block the absorption of fertilizers. Indeed, the analyzed samples have a high lime content (> 16%) and for non-cultivated soil is less lime content (<12%) for the cultivated soil, except for the sample Ain Smara S4 (1.859%) and the sample of Bouchebaa S8 is (1.421%). For these latter samples, it is necessary to follow its evolution in time to avoid later blocking problems caused by this element.

The CEC is the index of soil fertility. The values of this parameter are more important to the uncultivated soil (22.22 mEq / 100g) than the cultivated soil and this because of the fallow years carried out on these sites. So they can be classified in ascending order of MO:

Cultivated ground: **S5> S6> S2> S4> S8> S3.**

Uncultivated ground: **S7> S9> S1.**

Organic Statute. Regarding the organic matter content, almost all of the samples have a low organic matter content (<1.5%) (Table 4). These results all rates are outside the range proposed by Eliard [2-5%] only a single sample site S1 has a higher rate of approximately 2.392% probably because of the long period fallow (5 years or more). These levels show that these soils are fairly loaded MO much of which consists of TOC (Table 4) and the ratio varies between 4.6% and 3.7%. They can be classified in ascending order of MO:

Cultivated ground: S4> S8> S5> S6> S2> S3

Sol Not Grown: S1> S9> S7

The C / N ratio is considered as the index of the good or the bad evolution of the Organic Material. The value of this ratio recorded in the two types of soil is optimal and estimated at 10 which represent the maximum decomposition of the nitrogen.

Table 4: Physical and chemical characteristics of the two types of soil

physicochemical parameters	*Cultivated soil*	*uncultivated soil*
Average pH water	**8,38**	**8,398**
Variation	**7,99 - 8,790**	**7,92 - 8,62**
CE Average conductivity	**0,244**	**0,357**
(Mmhos / cm) Variation	**0,119 - 1,734**	**0,106 - 3,02**
Active lime % average	**11,66**	**16,917**
$CaCO_3$ Variation	**7,262 - 21,915**	**14,545 - 19,278**
CEC average	**21,32**	**22,22**
meq/100g Variation	**17,160 - 24,855**	**19,858 - 27,63**
Organic material average	**1,152**	**1.439**
MO% Variation	**0,462 - 1,914**	**1,00 - 2,392**
Total nitrogen Moyenne	**0,1125**	**0,1345**
NT % Variation	**0,064 - 0,166**	**0,038 - 0,170**
C/N average	**10,24**	**10,698**
Variation	**7,218 - 11,530**	**14,070 – 26,315**

METAL TRACES ELEMENTS CONCENTRATIONS ON THE DIFFERENT STUDIED SITES

Average rates of the most abundant elements such as iron and manganese in soils are statistically comparable to the threshold α = 0.01. The recorded values at S6 (cultivated soil of Bouaoune at a depth of 60cm: 66070ppm at S5 (cultivated soil of Bouaoune at a depth of 30cm: 62285ppm) and at S7 (uncultivated soil of Bouaoune at 30cm of depth: 49800ppm) for Iron are relatively high in comparison to other studied sites regarding the manganese, we observe a disparity of concentrations: 49357ppm S5; 500ppm for S2 : 350ppm;for s3: 90and 50ppm for S8 and S9 respectively.

Significant differences are also observed for contents of Chrome, Nickel and Copper. For Chrome, the values of the S7 sites (240,83ppm); S5 (240ppm); S6 (239,28ppm); S8 (230ppm) which are higher than those found in S2 (160ppm); S3 (130ppm); S1 (120ppm); S4 (100ppm) and S9 (50ppm). The nickel content, it decreases in S5 (75ppm), S6 (74,28ppm) to S4 (20ppm), S9 (20ppm) through S2 (70ppm), S1 (60ppm), S3 (60ppm) and S7 (61, 66ppm).

For copper, the highest value is recorded in the site S8 (110ppm) and S9 (100ppm), while the other sites it is closer to one another, ranging from 50ppm at S2, S7 and S6: 40ppm for S3 and S5 and the lowest is recorded in the site S4:10ppm.

The other elements, namely; Zinc, Lead, cobalt, selenium and arsenic present some significant differences at α = 0.01 and α = 0.05 Table 7. The concentrations of these elements are more or less homogeneous and for the element Co there is only one value for the S4 site, three values for Se (S6 = 40ppm, 50ppm = S7, S1 = 60ppm), only two values for Pb at two sites namely S1 (110ppm) and 90ppm for S2. The values of Arsenic are 230ppm for S3 and 200ppm for S1.

Concerning zinc, four sites are devoid of this element, namely, S2, S4, S6 and S9. For other sites, the highest value is marked at S5 (600ppm), S3 (350ppm), S7 (300ppm) and S1 (22ppm).

TOTAL POPULATION OF MTE

Total concentrations were measured on the ten studied MTE (**Table 5**), soil samples collected for the study purposes. The order of abundance of elements is as follows:

Co> Fe> Mn> Cr> Zn> Cu> As> Pb> Ni> Se. The most variable elements are Cr, Ni, Zn, Cu, Mn and Fe (CV> 50%); the least variable elements are Co, Se, Pb and As (CV <25%).

Table 5: ETM coefficient variation dispersing of different studied sites

CV %	**Cu**	**Zn**	**Ni**	**Cr**	**Co**	**Se**	**Fe**	**Mn**	**Pb**	**As**
Cultivated soil	60	66	100	166	0	0	57,53	60	0	8,69
uncultivated soil	25	16,13	33,33	53,33	0	0	52,08	48,14	0	25

4 DISCUSSIONS

Only Cr, Co and Ni, in the studied sites, presented high values than those usually observed in most agricultural soils in the world. The contents of Zn, Mn and Fe are all in the area of critical contents in soils, which can cause toxicity phenomena, as reported by some authors, G. Colinet, N.K. Fageria and RB Clark who situate the critical contents in soils, for manganese, between 1000 and 3000 mg.kg $^{-1}$ for copper, 60 to 125 mg.kg $^{-1}$, for zinc, 100et between 250 mg. kg -1., 100 and between 250 mg. kg $^{-1}$.

Some MTE, namely Co, Se, Pb and As in the two types of studied soils present a relatively low coefficient variation, even zero. MTE with a low coefficient variation relatively have a slow potential mobility [N.U. Benson]. At the opposite, elements such as Cr, Ni, Cu, Zn, Mn and Fe are highly variable, thus weakly retained in the ground, which could make them most labile and more bio available and by the plant of [B.J. Alloway].

The statistical analysis showed that most of the MTE are cross-correlated linearly, significantly, which may suggest that these MTE coexist as components of minerals in soils. The differences of concentrations observed between sites and accumulation compartments of MTE in soil could be attributed to influence soil processes, combined between them, on the distribution of these MTE. Indeed, soil formation involves redistribution of soil components (carbonates, clays, oxides, organic materials), often governed by water infiltration in the soil profile [J.Legros].

Leached particles will tend to redeposit downstream of the profile, and give birth to soil layers with modified properties. These soil layers are qualified, respectively, of eluvial horizons (or leached) and of accumulation horizons [D. Baize]. The MTE associated with compounds having left the soil profile, or migrated within the profile and thus undergo enrichment and impoverishment.

Table 6: Total average contents of metals traces elements (values in mg / kg or ppm)

	Cultivated soil						Uncultivated soil			AFNOR	Agricultural
ElemeCu	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S8**	**S1**	**S7**	**S9**	NF U44-041	soils
Zn	50	40	10	40	51,42	110	40	50	100	100	60 – 150
Ni	0	350	0	600	0	130	22	300	0	300	1 – 300
Cr	70	60	20	75	74,28	60	60	61,66	20	50	20 – 60
Co	160	130	100	240	239,28	230	120	240,83	50	150	50 – 200
Se	-	-	642390	-	-	-	-	-	-	30	20 – 50
Fe	-	-	-	-	40	-	60	50	-	10	-
Mn	48700	34120	17110	62285	66074	9220	31300	49800	5450	-	-
Pb	500	350	100	49357	490	90	270	380	50	-	-
As	90	-	-	-	-	-	110	-	-	100	20 – 300
	-	230	-	-	-	-	200	-	-		-

The MTE no associated with leached materials, and living in the upper horizon are indirectly enriched, following the departure of material from this horizon, and, conversely, we can observe an impoverishment of immobile elements in the accumulation horizons, with a significant addition of material.

Leaching can also lead to the impoverishment of MTE of surface horizons, because, the water layer passing through the soil profile has the ability to dissolve the most labile elements and drive them in depth [D.Sparks]. The departure of the metals into the surface may be offset by their partial accumulation, further downstream, in the profile.

Concentrations in MTE of a ground undergoing metal leaching and leaching should grow with the Depth, at least until the horizon accumulation [D. Baize]. This is much more marked in Bouaoune pilot farm (S6), where the majority of MTE accumulate in the deep horizon.

By intervening the concept of parent rock, Baize indicated that the concentrations observed in the deeper horizons reflect the natural occurrences of MTE in soils. Thus, the contents of MTE decreasing to surface horizons indicate a predominantly natural source, from the alteration of parent material (parent rock).

The accumulation of MTE in surface was noted in most studied areas, without speaking of contamination. It is about Fe, Mn, Co and Cr at Bouaoune pilot farm, Khadri pilot farm and experimental farm of ITGC. However, the highest concentrations of MTE in horizon's surface reflect the affinity of MTE for carbon in the surface horizons.

Therefore, the observed MTE are originally pedogenetic, however, some contaminations were observed for Pb, at S1 and S2 and for As, at S3 and S1. Mr .Kloke had proposed an arsenic content of 20 mg.kg $^{-1}$ and it turns out that agricultural contamination by this element is in the fork: 16 to 13 mg.kg $^{-1}$. However, these infections attributed to agricultural activities or the situation of the sites in question near the road traffic, stay much less negligible for lead.

The pH of the various studied sites is of alkaline which makes the absorption of some MTTE in soils less difficult for plants. This PH can be responsible for the dissolution of MTE and increase their mobility. Thus, These MTE could enter in the food chain especially that the studied areas have a high agricultural productivity.

The correlation matrix between studied metals and physicochemical parameters (**Table 7**) showed that these correlations are above the threshold of "significance".

- The correlation between the fine fraction (<63at microns) and most metals is quite good (r> 0.50). This result confirms previous studies by showing that metals preferentially associate with the finer fraction of the ground (Clayey).

Table 6: Spearman's correlations between the various fractions (clay, sand and silt) and studied metals

	clay %	sand %	silt %
pH	-0,001	0,317	-0,225
N	-0,414	-0,288*	0,659
P	0,343	0,205	-0,501
K	-0,005	-0,163	0,142*
Ca	-0,508	-0,217*	0,708**
Mg	-0,473**	0,226	-0,690**
S	0,095*	0,036**	0,084**
Cu	0,050	0,079	-0,083
Fe	0,602**	-0,197**	-0,502
Cr	0,620**	-0,097**	-0,572
Ni	0,224	0,096*	-0,186
Mn	0,274**	0,187**	-0,387

Table 7: Correlation between MTE soils studied as a whole: uncultivated soils

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Cr	Ni	Mn	Zn	As	Se	pH
N	1													
P	-,215	1												
K	,424*	,285	1											
Ca	,919**	-,14	,381*	1										
Mg	-,66**	,24**	,83	-,62	1									
Cu	-,044	-,021	,431	-,26	,239	1								
Fe	,031	,59**	,528**	-,106	,415**	,526	1							
Cr	-,024	,758**	,486**	-,101	,516**	,457	,877**	1						
Ni	,019	,075	,437*	-,126	,047	,545	,580	,543*	1					
Mn	,054	,605*	,491**	-,071	,235**	,567	,774**	,776**	0,717	1				
Zn	,400	-,400	-,80**	,40**	-,040**	-,50	,400	,000	-,50	-,80	1			
As	,160*	,198	,258	,614*	-,638	-,056	-,626**	,198**	,314*	,217*	-	1		
Se	,866	,00	,866*	,866**	-,866**	-1,0	-,866	-,866	,866	,00	-	-	1	
pH	-,186	,042	-,469	-,138	-,014**	,418	-,183**	-,05**	-,135	-,12**	-,80	,135	,866	1

5 CONCLUSION AND OUTLOOK

This study showed the presence of heavy metals in soils of cereal crops at various concentrations and even very high. Nevertheless, these various concentrations are typically nontoxic and uncontaminated according to the international standards (AFNOR standards, according to INRA 1998 and agricultural soils standards). The soils of this study are alkaline, very poor in organic matter, rich in matter of cation exchange capacity and weak at standpoint fertility.

The MTE contents observed in limestone soils in Constantine region are relatively large (for some). The order of abundance of these elements is: Co> Fe> Mn> Cr> Zn> Cu> As> Pb> Ni> Se. Among the MTE contents obtained in these soils, only those copper and lead are usual according to AFNOR standards and contents of agricultural soils. The contents of Zn, Mn and Fe are in the range of critical contents in soils, which can cause toxicity phenomena. These MTE coexist as components of soil processes. The accumulation of selenium in the depths (to 60cm at Bouaoune farm and to 30cm at Baaraouiya farm) turns contaminant for soil and toxic to the plant that converts human health without they are not alarming. But the soil of the pilot farm of ain el Bey (S3) is contaminated with arsenic. The contents of other MTE (Cu, Pb and Co) are more or less homogeneous in the different studied areas. It would be so interesting to conduct a study on the speciation of metal trace elements in these soils in order to better prevent possible contamination.

Efforts are still needed to further reduce these concentrations through sensitization, the effective use of compost made on the site or provided by mineral fertilizers. The use of copper salts, zinc, manganese, boron or molybdenum as minerals amendments intended to fight against soil deficiencies, constitute a clear path for soil enrichment of MTE. Similarly, the use of traditional organic fertilizers such as farmyard manure or manure, will participate in the increase of the content of MTE in the ground.

In order to limit the bioavailability of trace elements, two major parameters must be controlled: soil pH and the organic matter content.

REFERENCES

[1] Ablain F. (2002) Earthworm activities Role on the redistribution of metal trace elements from sewage sludge in an agricultural soil. PhD Thesis, University of Reindeer, pp. 148.

[2] Adriano, DC, Chlopecka A. Kaplan I.D., Clijsters H., Vangronsveld J. (1997). Soil contamination and remediation: philosophy, science and technology. In Contaminated Soils. Edited by R. Prost. Paris: INRA. p 465-504.

[3] Alloway B. J. (1997). The mobilization of Trace Elements in soils. In Contaminated Soils. Edited by R. Prost. Paris: INRA. p 133-146.

[4] Aubert H and Pinta M. (1997), trace elements in soil.ED. ORSTOM. Paris, pp. 104.

[5] A. Kabata-Pendias and H. Pendias, "Trace Elements in soils and plants," 3rd Ed, Boca Raton, London, New York, CRC Press, 413 p., 2001.

[6] Baize D. (1994) Total contents in heavy in France soil. First results of ASPITET program. Environment courier of INRA 22, 37-46.

[7] Baize D Paquereau H. (1997). Total contents of trace elements in agricultural soils of Seine-et-Marne. Study and soil management 4 (2), 77-94.

[8] Baize D. (1997) Total contents in trace metals in soils (France). Paris: INRA. 408P.

[9] D. Baize and T. Sterckeman. Importance of determining the soil geochemical background to assess soil pollution by metals. As an example : Dornach site. National Meeting of research on sites and polluted soils. Paris. ADEME (December 2002) p6.

[10] Baize, D. 2000. Total Contents of "heavy metals" in French soil. environment courier of INRA. 39: 39-54.

[11] Barbier J. (1996) geochemical inventory in French territory. Set Comment explanations for better use of data. Technical Note No. HYDR / NT / 96/078, BRGM, 51 p.

[12] A. Calvet (1988) .Analysis's concept of bioavailability of a substance in soil. Soil Science 26, 183-202.

[13] Cámara C. Cornelis R., Quevauviller P. (2000) Assessment of methods currently used for the determination of Cr and Se species in solutions. Trends in Analytical Chemistry 19, 189-194.

[14] P. Cambier, Mench M. (1998). Soil contamination by heavy metals and other trace elements. In brittle Soil interface. Edited by P. Stengel, GelinS. Paris: INRA. p. 161-172.

[15] Chassin P., D. Baize, P. Cambier, Sterckeman T. (1996) .The trace metals and soil quality. Has a medium and long-term impact. Study and soil management 3, 297-306.

[16] N. Cook, Hendershot W.H. (1996) .The problem of Establishing ecologically based soil quality criteria: the case of lead. Canadian Journal of Soil Science from 76.335 to 342.

[17] Cottenie A. (1983) .Oligo elements and ecochimie. Agricontact 2 (137), 1-4.

[18] Coic Coppenet Y and M (1989), Trace elements in agriculture and livestock impact on human nutrition. INRA Edition., Paris, pp 114

[19] Delcarte E. (1988) .Contribution of analytical characterization of metal contaminants in terrestrial ecosystems. Doctor Thesis in Agricultural Sciences. Gembloux FUSAGx. 277p.

[20] E. Baath. Measurement of heavy metal tolerance of soil bacteria using thymidine incorporation into bacteria Extracted after-homogenization-centrifugation, J. Soil Biology and Biochemistry. 24 (1992) 1167-1172.

[21] Figliolia A., D. Mangione, Izza C., L. Leita, Bragato G., De Nobili M. (1997). Effect of sewage-sludge on heavy metals accumulation in soil and wheat (Tritiumaestivum L.). In Contaminated Soils. Edited by R. Prost.Paris: INRA. On CD-ROM.
[22] Giroux, Mr. M. Rompré, D. Carrier, P. Audesse and Mr. Lemieux. 1992. Content Characterization of total and available heavy metals of Quebec soil. Agro soil, Vol. 5 (2): 46-55.
[23] INRA, 2008," soil state quality evolution in France"
[24] JM. Marcoen et al. The background géopédochimique Seminar soils' Agricultural Intensification and quality of soil and water ', Rabat, November 2-3 200094
[25] Just C. (1992). Mobilité and bioavailability of soil trace elements. Comifer meeting, INRA, Agronomy, Bordeaux. 2p.
[26] Lamand M. (1991), trace elements in the biosphere. In "trace elements in medicine and biology." Chapuis P. Coord. Lavoisier Tec and Doc., Edition. Medical International, pp 460-468
[27] Marcoen JM., P. Engels, Naud J. (1992). Recent possibilities of X-ray fluorescence spectrometry in the field of the environment. Bull. Rech. Agron. Gembloux 27, 133-146.
[28] Martin H. (1977). Geochemical prospecting and environmental protection. Soil Science XXVII (1) 92,103.
[29] T. J. Logan, J. S. Traina. Trace metals in agricultural soils. In Metals in groundwater, Lewis Edition Publishers; (1993) p309-347.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 307-317
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Federal Budgets in Iraq for Achieving the Economic and Social Goals: An Analytical Study

Fouad Abd Ul-Mohsin Abada Al-Jebouri

Accounting Department, Faculty of Administration and Economics, University of Kerbala, Kerbala, Iraq

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 this study, an analytical introduction to each of the federal public budgets in Iraq for the period 2004- 2013 to the extent of achieving the goals of economic and social state through those budgets, according to the economic and social development indicators. The study concluded that a number of the most important conclusions: (At the time it should be that the budget reflects the vision of the future government and their strategies, however, adopted in the preparation of the general budget and the failure of planning method pointing to the government's lack of strategic vision in the face of the financial burdens growing; and the lack of clarity of the goals that the Government should seek to achieve through the budget).

That adoption objective estimates as well as detailed economic programs during the preparation of the state budget should be in accordance with the manner in which Imposed by budget preparation mechanism, add to the adoption the actual incomes of the previous years for all ministries and agencies as a basis in the federal budget estimates as well as serious and effective work to find new sources of funding.

KEYWORDS: Federal budget, economic indicators, expenses planning, economic performance and funding sources.

1 INTRODUCTION

Government authorities are in charge of preparing, monitoring and implementing the necessary plans to achieve the economic and social objectives of state and employing resources optimally to complete the development objectives (human, economic, social and environmental). One of these methods is preparing approval and implementation the state budget as it reflects the overall economic activities of the state. The state budget should reflect the financial and economic reality of the country during a specific period by what capabilities and elements are available and what will be spent in operational areas - including the establishment of infrastructure - investment areas that provide financial resources to improve living standards and achieve social welfare.

The state public budget is a financial program that depends on annual estimate of incomes which have different sources and spends on various activities of the State, whether they are operational or investment activities for a specified period in the future- usually one year – by adopting a scientific and objective approach for these estimates. And the study comes to demonstrate the extent to which the Iraqi government to the goals of economic and social state through public budgets after the Federal 2003.

2 METHODOLOGICAL FRAMEWORK OF THE STUDY:

The problem of the study: Study problem can be divided into two directions:

A. The first is related to the sources of incomes scheme adopted in the federal budget; where the Iraqi economy is one of the rentier economies that depend entirely on the export of crude oil incomes per nearly 84% out of the overall total revenue as shown by Iraq's budget of the year 2015. These revenues are affected by oil source quantities and prices of demand

and supply which affects the state budget in case of such prices decreased, as a result the state is unable to achieve its goals especially those related to economic and social development.

B. The Objectivity of estimating the state budget revenues and expenditures if the adoption of the state budget estimates (revenues and expenditures) has not been taken in a scientific and objective consideration.

1. The study objectives:

A) Analytical statement for the federal public budgets in Iraq from 2004-2013.

B) Stating the possibility of diversifying financial sources of the federal budget.

C) Stating the extent with which to accomplish the federal budget for the objectives of economic and social state.

2. The Significance of the study: The importance of the study is ascribable to the importance of the state budget in performance monitoring of the executive authorities and its efficiency, as well as achieving an economic development and social welfare through the optimal use of available resources and to diversify sources of funding.

3. The hypotheses of the study: The study to test the following hypotheses:

A. there is a negative relationship between what was adopted by the Iraqi government from bases in their estimates of expenditure and income in the federal public budgets and the objective of those budgets.

B. There is a negative relationship between the use of the Iraqi government to its available financial resources and the achievement of economic and social objectives of the state.

4. Methods of collecting data and information: The data and information were collected from Arabic books, and foreign researches, brochures issued by relevant departments and the Internet, as well as the questionnaire to achieve the practical part of the study.

5. The Approach of the study: In order to access the study objectives and test its hypotheses we have adopted a descriptive approach in analyzing data due to absence of the standardized metrics for the country's economic and social objectives. Also the inductive method is adopted In order to reach the results.

6. The limits of the study:

A: temporal boundaries: Stretch temporal study of the border for the period 2004- 2013- the period between the first year after the change in Iraq to a year left to initiate this study (2015)- and did not include the 2014 budget will not be approved.

B. Spatial boundaries: represent the Iraqi state institutions related to the study of spatial boundaries.

7. The framework of the study: To achieve the objectives of the study it was divided into:

1. The concept of the state budget, its divisions, objectives and functions.
2. The concept of economic and social development and its indicators.
3. The diversification of financing the federal budget and the goals of economic and social development sources.
4. Analysis of the federal public budgets In Iraq for the period between 2004-2013 according to the economic and social development indicators.
5. Conclusions and recommendations.

3 THE THEORETICAL FRAMEWORK OF THE STUDY:

First: Concept , types, objectives ,and functions of the state budget:

a) The concept of the budget: The state budget is a financial program which reflects the government's policy and its goals that tries to achieve in a document that includes estimates of the state's expenses and resources within a period often one a year. The budgets help to link the long-term goals with short-term activities by the objective distribution of work according to available resources of economic unity (Needls et. al, 2002: 921).

b) The budget definition: Budget is a certified assessment for state's revenues and expenses by legislative authority for a year and reflects the state's economic goals depending on the planning, coordination and control of using funds to achieve the purposes desired efficiency (Salloum and Darwish, 2008: 5).

The budget is defind as tables showing the planning in a quantitative manner by estimating the resources that will be used to achieve the desired goals for a certain period of time. (Hilton, 1999: 336).

The budget is also known as a group of management plans written formally for a coming and limited period explaining with financial items, one of the basic duties is to evaluate performance and motivate competent employees to reduce waste in resources. (Weygandt, 2005: 971)

From the above the budget can be defined as a future plan formulated and implemented by economic unity to achieve its short and long term goals using the economic resources available through consistency, harmony and integration between the administrative levels and performance monitoring within a specified period of time.

c) Budget types: Budgets are divided into: (Radi & Hijazi, 2001:36)

1. The operating budget: It is a plan related to business and government activities in terms of necessary resources to carry out these tasks, and oversight in order to ensure the efficient use of those resources and improve performance.
2. The capital budget: It is a plan of spending on existing or planned investments to and draws its policy in the short and long term as well as financial planning, control and execution accordingly.

In the field of investment expenditure, it is very important to employ the money in investment opportunities which are expected to achieve an acceptable return that exceeds the cost of financing in an appropriate investment environment where political stability and security are available. There should be a stable economy with no troubles such as lower production with higher costs and prices, in addition to other economic problems which affecting the investment, as well as legal and financial legislation that will help to achieve the financial and banking facilities for investment projects, since the society wealth is determined by the productive capacity of the economy, especially that Iraq needs a revival in the field of investment - after the fallen of Iraqi economic sectors (agriculture, industry, transportation, religious tourism and archaeology as well as the oil industry) after 2003- through diversification income sources that contribute in achieving additional revenue.

d) objectives and functions of the general budget:

The state's role and duties have changed as a result of economic, social and political developments. The budget has been adopted as a system of economic, financial, social and political orientation to assist senior management with performing the various functions like planning and control for various activities (Lawzi et al, 1997: 11). The preparation of the state budget has been accomplished in a way that helps to achieve a set of objectives, the most important of which are as follows: (http://www.accdiscussion.com)

1. To help achieve an economic development plan.
2. To help achieve social justice
3. .To assisting in rationalizing government spending.
4. To improve the performance level of government services.
5. To provide production facilities and significant services.
6. To provide stability for employees in governmental offices.
7. To provide appropriate standards to measure the government performance efficiency.

e) Budget functions: The basic functions of the general budget is represented by: (http://www.accdiscussion.com)

1. Planning: Planning is associated with the general budget closely; therefore there is a need to coordinate between the Plan and Budget. While planning requires the identification of the required goals to achieve and the means of implementation and the budget inherent in the planning, so it should be provided with the financial resources required and customized according to the different activities then spent these resources regarding on what devoted to review and reconsider the sources.
2. Administration: It means translating goals into specific projects and activities and designing government units, which hold the implementation programs, and finally, employs personnel in these units and provide the resources required .
3. Monitoring & performance evaluation: Monitoring process includes all procedures and rules which control over government spending where it prepare control and follow-up report because of depending upon performance evaluation which is one of the most important control objectives through the preparation of comparisons between

planned and actual performance to determine performance deviations, analyze and identify its causes to suggest necessary proposals to assess performance. (Zimmerman, 2001: 241).

Second: concept and indicators of economic and social development:

A- Concept of economic development: It is an intentional process to achieve accumulative increase and create an evolution in a particular field by parties and specific methods. It is one of the development branches that have multiple definitions and interests with production by increasing the real national income occurring (total national output of final goods and services GNP) of a certain state within a period of time, with the consequent of increasing the average income per capita. (Meier and Baldwin, 1957:2)

The general form of economic development aims at finding a solution to the problem of economic backwardness over time, and cares about the most comprehensive and efficient usage of economic resources available in order to obtain construction and promotion of human level and improve the quality of human life to provide the resources needed to decent standard of living as defined by the human development reports issued by the (UNDP) United Nations Organization. It could be a process of expanding human economic, social, political and cultural choices. (Awadallah, 2002: 42) .

Economic development also aims at providing full employment, stability and justice in distributing the national income. Increasing in gross national product (GNP) must have a center stage in economic development, for growth means employment and stability; nevertheless it does not ensure fair distribution. Here economic development means the most comprehensive of the current economic growth to ensure a decent living for all and the ability to permanent, reliable and fair continuing in the future. (Ajlouni, 2013:7).

Economic growth is an essential element for economic development. In the absence of clear formula to stimulate economic growth, the data can help policy makers to understand the economic conditions of their countries better and lead any work to the best. The data presented here covers the procedures for economic growth, as well as the gross domestic product and gross national income. It also includes indicators as the factors related to economic growth, such as capital and operating rates, investment, savings, and consumption, government spending, and imports and exports. (Http://data.albankaldawli.org)

The idea of development is the basis to formulate policies, plans and goal setting. When this goal or the item is not capable by itself for measuring, then the indicator primarily serves the referring for this purpose or item. (http://www.arab-api.org/images/publication)

B- economic and social development indicators: These indicators can be clarified as an average or median gross product, such as the average annual per capita income, or as a different rate of gross national product (GNP) such as average export, import or debt. (Hicks & Streeten, 1979: 567).

The economic indicators can be measured through multiple indicators including: (Gillan et al., 2009: 6).

1. Per capita from the gross domestic product:

It is one of the most important indicators which refers to the social welfare. It is possible to determine the per capita of the gross domestic product by dividing the gross domestic product with current prices in a certain year on the population in that year.

Per capita of GDP = the gross domestic product ÷ the population

GDP is considered one of the indicators which expressed the level of economic performance of the state and the economic importance of this indicator is through the reversed economic growth rates.

2. Gross fixed investment ratio to GDP:

Composition of gross fixed capital (Fixed Capital Formation) can be defined as that part of the immediate production capability which directed to the production of capital goods and construction such as buildings and constructions, machines and means of transport. Gross fixed capital = total fixed investment ÷ of GDP

3. The ratio of exports into imports:

Goods and services exports as a proportion of imports goods and services index shows country's ability to keep importation and the vital importance of this indicator highlights through the fact of high grade openness of local economies to the global economy.

Social development indicators: while aspects of economic development characterized by relatively viability of direct measurement, most of the social aspects have no direct measurement. Therefore, the social development indicators used partial measurement for Justice, security, education and other elements in the social policy. Social index can be measured by several partial measurement indicators for the following indicators:

1. **Unemployment rate:** This indicator reflects the number of individuals of working age who are capable to work but did not get a chance, this is expressed as a percentage of the total workforce in a country. The general budget is a system that could help to guide the economy to achieve growth and raise per capita income and reduce unemployment. When the unemployment rate increased, it indicates the economic and social imbalance at the same time, and failure to achieve the general budget one of the social objectives.
2. **Population growth rate:** It shows the average annual rate of change in population number and its importance to sustainable development through the condition of backwardness growth rate per capita income from the population growth rate.
3. **Enrollment rate in primary and secondary schools:** It is the number of those who attend primary school to the total population (ages 6 – 22 years). This indicator reflects the spread of education and knowledge in a country.

   The researcher believes that education is one of main keys which consider pivot in the economic and social development process and then achieve social luxury, and that mean Impossibility to achieve this development in the absence of learning and production the citizen. Therefore, the provision of educational services to enable citizens to join the educational institutions as a basis on the way of development.
4. **protection the human health:** health services is one of the most important community services by securing the health protection as well as providing treatment services to the population through the health sector institutions. It is calculated by dividing the number of people who just do not get of these services on the total population. (Abdul-Jabbar & Jabr, 2008: 143).

Third: **diversifying sources of funding:**

The federal budget and the goals of economic and social development:

According to Section 6/1 of the Financial Administration Act No. 94 of 2004 to be the preparation of the federal budget in Iraq depends on the economic development plans and seeks to macroeconomic stability and economic policy. Financial management law in Iraq, 94 for the year 2004 Section / 6.

The federal budget depends by 84% on the oil revenue resources of the total sources of funding. It is an abnormal case reflects the rentier nature and distorted of the country economic structure, which refers to the likelihood of increasing risk whenever international oil prices had dropped for any reason, as well as all the threats that may affect oil industry due to internal or external factors and then increase import compared to exports. (Http: //www.iraq2020. org / print_top.php)

Since the Iraqi economy depends largely on the crude oil export revenues and as a result of impacted those revenues of oil quantities issued by the prices of supply and demand, it has a direct impact on the state budget when the price falls, and then the state's inability to achieve its objectives especially those relating to economic and social development. This requires a diversification of funding sources form that does not affect any of those sources - in case of decline - on the state's ability to achieve its objectives depending on the rest of sources as well as to give an active role to the private sector in economic and social development.

In order to diversify the sources of income there is a need to develop the sectors of agriculture, manufacturing and other activities (such as tourism, air and ground transportation, hotels, Fish Wealth, Animal Wealth, food products, income tax, domestic and foreign investment) in order to increase the contribution in the formation the gross national income. As well as its contribution to the outcome of the general non-oil revenues, which are necessary for the strategy at the current stage to build a more secure and more stable economic future, as Iraq has the a natural resources like: A. Hedrukarboneh Wealth (free oil and natural gas and the accompanying) estimates indicate there are 115 billion barrels of oil reserves for sure, (215) barrels of potential reserves, and about 110 trillion cubic feet of natural gas.

A. Mineral wealth, particularly the sulfur found in huge quantities in Mishraq and phosphate area in Akashat and red mercury in Amar, and other minerals.
B. Agriculture: By providing all basic necessities for the advancement of the agricultural sector, as well as human and material resources (Al-Bassam, 2011: 143).

The growth rates that have been made during the period of the sixties and seventies of the last century in light of imports the establishment of strategy existing policies on the protection and support were the result of large oil revenues, which made it possible to sustain on this model of growth for many years. However, the decline in oil revenues 1991 due to the economic sanctions imposed by the United Nations showed failing of this strategy as it is no longer able to support the increase in incomes rates, creating major challenges for Iraqi economy due to the increase of the population with declines of economic growth rates and inability of economic activity driven by the public sector on compensating the decline of oil revenues. The efforts of development that happened by the five year plans were the result of the application of this strategy which have vanished as soon as oil revenues decline; and that confirms the seriousness of dependence on one source of development, accordingly Iraq needs to make radical changes in the economic structure to diverse sources of growth and income (Quraishi, 2007: 219-232)

Table (1): per capita gross of domestic product in $ the annual rate of growth in Iraq during 2004-2013.

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Year
35095.8	34207.2	33338.8	32490.0	31664.5	30577.8	29682.1	28791.6	27927.8	27090.0	Population
228934589041.0	216044306775.3	185749664444.4	138516722649.6	111660855042.7	131611819294.3	88837727881.4	65141035027.9	49954890353.3	36627901762.1	(Thousand people)
6523.1	6315.7	5571.5	4263.3	3526.3	4304.1	2992.9	2262.5	1788.7	1352.0	gross domestic product/ GDP /$
0.03	0.13	0.30	0.20	0.18	0.43	0.32	0.26	0.32	-	Per capita gross domestic product GDP /$

Fourth: the analysis of federal public budgets In Iraq, for the period from 2004-2013 according to economic and social development indicators

1. Economic indicators:

A. Per capita gross of domestic product:

The table above clarifies the per capita of GDP between 1,352 $ in 2004 and 6532.1 in 2013 – it is the highest percentage during the years of the study - but the growth rates in per capita of GDP was low compared with the rates of increase in total increase of revenues during the years of study referred to in the Table (7), as the highest growth rate in Table (1) was 0.43 in 2008, while the lowest percentage was 0.18 in 2009, and these ratios ranged between 0.32 in the years 2005 and 2007, and between 0.03 in 2013, and its fluctuation in the rest of the years ; while state revenues during the years of study are between almost 33 trillion dinars in 2004 and 132 trillion dinars in 2013 representing an increase fourfold revenue of basic year; as revenues the state in 2005 grew by 1.07 % for revenue in 2004, down to a rate increase of 4% in 2013. It is worth mentioning that what has been spent during the years of study is almost 31 trillion dinars in 2004 and 124 trillion dinars in the year 2013, which equals the same increase revenues ratios (fourfold) for the base year; as spending increased in 2005 by 1.07% reaching to 4% in 2013, reflecting weak economic performance of the state level.

B. Gross capital formation (% of GDP):

Table (2): Gross capital formation (% of GDP) during the years 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Year
%16	17%	15%	16%	11%	15%	9%	19%	22%		Gross capital formation (% of GDP)

Source: World Development Indicators http://databank.albankaldawli.org

Table (2) shows that capital formation of GDP is fluctuating between the highest rate (22%) in 2005 and lowest rate (9% in in 2007). It is a very low rate of GDP, despite the dramatic increase in spending through the years of study as it is shown in Table (7). This confirms the weakness of the productive capability directed to the production of capitalized goods; this also reflects the poor economic performance of the state level.

C. Proportion of exports to imports:

Table (3) Proportion of exports to imports within the years 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	YEAR
1.79	1.86	1.96	1.38	1.11	50.3	45.9	51.0	54.3	56.3	Proportion of exports to imports
132879856	135979621	105197564	86728811	69757529	91683939	53671837	50965801	35996319	33394398	Incomes

Source: World Development Indicators http://databank.albankaldawli.org

Table (3) shows that Iraqi exports to imports rates in steady decline, with the highest percentage (56.3%) in 2004 and then those rates start to decline within years of the study down to the ratio (1.79%) in 2013, referring to state reliance on external imports to cover its requirements despite the continuous increase in Iraqi revenues which reaches to (33394398 million dinars in 2004) down to (132 879 856 million dinars in 2013). This indicates a significant increase in the Iraqi imports during the years of the study, in a manner which could lead to the country's inability to carry on import. This also reflects the weak economic performance of the state.

2. Social indicators :

A. Unemployment rate:

Table (4) the unemployment rate during the years 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	year
10.3%	10.3%	10.2%	5.5%	5.8%	6.6%	1.4%	10.2%	4.4%		Unemployment rate

Source: Ministry of Finance / Accounting Department, the Central Organization for Statistics and Information Technology, Statistical Abstract.

Table (4) shows that the volatile unemployment rates among the highest percentage (10.3%) in 2012 and the lowest percentage (1.4%) in 2007. Adhaqh to growing unemployment rates during the years of the study, which indicates economic and social imbalance, and this also reflects poor economic performance of the state level, and the lack of the general budget for the goal of social objectives.

B. Per capita rate of GDP

Table (5): Per capita rate of GDP during the years 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	year
35095.8	34207.2	33338.8	32490.0	31664.5	30577.8	29682.1	28791.6	27927.8	27090.0	Population
1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03		Thousand person
1.03	1.13	1.30	1.20	0.81	1.43	1.32	1.26	1.32		Rate of population growth

Source: Ministry of Finance / Accounting Department, the Central Organization for Statistics and Information Technology, Statistical Abstract.

Table (5) shows the population growth rate (1.03%) in (2006 – 2009) and 1.02% from 2010 - 2013, while the per capita income growth rate, during the years of the study, was fluctuating between 0.81 in 2009 and 1.43 in 2008. This indicates a random planning and unobjectivity. This also reflects the poor economic performance of the state level.

C. Enrollment in primary and secondary rate :

Table (6): enrollment rate of primary and secondary school from 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Year
	23.4%	22.7%	21.6%	21.4%						Enrollment in primary and secondary rate

Source: Ministry of Finance / Accounting Department, the Central Organization for Statistics and Information Technology, Statistical Abstract.

Table (6) shows weakness of students' enrollment rate of primary and secondary school, which indicates shortage in spreading education and knowledge in the country, as well as showing the weakness of social performance of the state level to achieve one of the reasons of social welfare**.**

D**.** Protection of human health:

The World Health Organization has set a goal to specify one doctor for 714 citizens, while the reality of the situation in Iraq points to specify one doctor for 1282 citizens .This confirms the numerical deficit against the quality of health service in the country. One study indicates that number of hospitals, health centers and medical staff in Iraq are moving slower than population size growing, as well as quantatively insufficient which refers to deficit in performance level and quality of services as well as the weakness of the social performance level of the state.

4 REVENUES AND EXPENDITURES OF PUBLIC BUDGETS DURING THE YEARS 2004-2013

Table (7): revenues and expenses and surplus budgets during the years 2004-2013

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Year
132879856	135979621	105197564	86728811	69757529	91683939	53671837	50965801	35996319	33394398	Revenues Million dinars
124827664	105139574	78757665	70134201	55589720	67268196	39308348	37494459	30831141	31521427	Revenues
8052192	30840047	26439899	16594610	14167809	24415743	14363489	13471342	5165178	1872971	Million dinars

Source: Ministry of Finance / Accounting Department, the Central Organization for Statistics and Information Technology, Statistical Abstract.

Table(7) shows that all public budgets in Iraq during the years of the study registered high surpluses ranged between (1872971 million dinars in 2004 less surplus - and 30,840,047 million dinars in 2012 - the highest surplus -) and a total surplus (155 383 280 million) resulted from the increased revenue level for the level of spending compared with what has been spent during the years of study with what has been achieved federal budget targets during the years of the study according to the economic and social development indicators - as shown in the tables analyzing economic and social development indicators above. lack of implementation of those budgets to objectives and to the deterioration of the conditions of development despite the availability of material and human abilities as well as that of human development indicators in Iraq reveal quantitative and qualitative deterioration in essential services such as security, health, education, infrastructure and standard of living of Iraqi people. This suggests poor planning in the preparation of the state budget as well as poor implementation and weak oversight in the preparation and implementation.

5 CONCLUSIONS

A. The state budget preparation is still adopting the traditional budget-which is one of the worst kinds of budgets and most waste of public fortunes – back to a century ago in spite of its failure to achieve the desired goals.

B. Despite the increase of incomes earned during the previous years (study years), but the budgets has been prepared with a deficit scheme. This indicates the lack of objectivity expenses planning as well as revenues that has been confirmed in most of those surplus budgets.

C. When the budget should reflect the future vision and strategies of the government; the method adopted in preparing the general budget and clear failure in planning refers to the lack of government strategic vision of growing financial overloads; so we do not find a clear goal in the budget that government works to implement.

D. Public budgets reflect the state dependent heavily on imports for most of the requirements of citizens, neglecting the attention of production.

E. The general budget preparation is set with a large deficit; end up with a surplus; due to the lower rates of implementation or increase of oil revenues because of the rise in oil prices or the export amounts, which suggests non efficiency in using of available economic resources.

F. Non use of exploit surplus budgets of previous years (years of study) of (155 383 280) Iraqi dinars; the optimal exploitation in the field of investment to return on the country with additional revenues for the development of the national economy.

G. Although the state has spent huge amounts of money estimated at nearly (640872395) million dinars from 2004 to 2013, it has been unable to achieve economic and social objectives according to the indicators referred to in the study. Reflecting the weakness of economic performance of the state, and the lack of public budgets for goals that should be achieved.

H. Although the state achieved revenues during the years of the study estimated almost (796255675) million dinars, the state couldn't complete infrastructure projects in the country.

RECOMMENDATIONS

a) The Diversification sources of funding by activating the sectors like(tourism, transport, hostelry, agriculture, industry, livestock, income tax, investment), as well as oil and gas sectors to build a more secure and stable economic future.

b) The Reduction of spending in the luxury aspects (unnecessary) and reconsider the administrative sagging structure by encouraging the transition and work in the private sector in accord with the laws that guarantee the rights of employees in that sector .The retirement and social security are considered the most important ones.

c) The Oblige the government units to prepare final accounts as scheduled in accord with Office of Financial Supervision Act as a basis for approval in objectively estimating revenues - non-oil when preparing the state budget.

d) The Preparation of the state budget on the basic of achievement economic and social objectives development according to development indicators that should be identified to be a standard emulated when the budget is carried out.

e) Align the strategic long-term and immediate objectives when preparing public budgets of the state.

f) H. Activating and implementing the role of oversight during the preparation of the state budget as well as performance evaluation periodically (semi-annually) to avoid weaknesses and reinforce strengths.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank everyone stand beside me and help me to achieve this study. My respect and gratitude to my close friend (Jassim Eidan) who do his best to publish the research in this journal.

REFERENCES

[1] Sallum, Hassan Abdul Kareem & Haider Mohammed Darwish (2008), public budget of the state between preparation & implementation – analatical search of the Iraqi budget 2005-2007, Al- Mustansiriya University, Baghdad, p5.
[2] Abdul Jabbar, Riza, Jabr, Fhim Mohammed (2008). The influential factors on population groth in Iraq for the period between (1977 – 2007), p143.
[3] Ajlouni, Mohammed Mahmood (2013) Groth, justice & stability from the Islamic vision, the ninth international Islamic conference for the economic and Islamic funding, p7.
[4] Gilan, Mahdi Sahar, Yaseen, Muheisin, Shaima Rasheed (2009). Analaticah study for tha most continuous development indicators in the Arabic and advanced countries, Jornal of administration and commerce for the financial administrative economical studies. No. 1, Babylon Yniversity, p6.
[5] Al – Quraishi, Medhat (2007), economical development, theories, policies & topics. 1st adition, Dar Wa'el for application, Amman , Jordan,p219.
[6] Al- lawzi et.al (1997), ''Administration of general budgets between theory and application'', Al maiserah press for application, distribution & printing, Amman,p11.
[7] Financial administration law No. 94 for the year 2004.
[8] Ministry of Finance / Accounting Department, the Central Organization for Statistics and Information Technology, Statistical Abstract.
[9] Awadallah, Bassem. (2002) Jordan Statement, World Summit .on Sustainable Development, p.42.
[10] Hicks, N., & Streeten, P.(1979) Indicators of development: The search for basic needs yardstick. World Development,p.567.
[11] Hilton, Ronald w.,(1999) Managerial Accounting, 4th ed., Irwin Mc Graw Hill Co,p.336.

[12] Meier and Baldwin,(1957) Economic Development, New York, J, wily and sons,p.2.
[13] Needles, Belverd E., Powers, Marian, & Crosson, Susan V., (2002), Financial & Management Accounting, Houghton Mifflin co,p.921.
[14] Weygandt, Jerry J., Kieso, Donald E., & Kimmel,(2005) Paul D., Accounting Principles, 7th, ed., John Wiley & Sons Inc,p.971.
[15] Zimmerman, jerold L., Watters, Cheryl S. MC. & Morse, Dale C., L., (2001) "Managment Accounting Analysis and Interpretation", 2th. ed., north America – Hill ,p.241,
[16] http://www.accdiscussion.com/t89. Aims of general budget (Site Visited: Januray, 2015).
[17] http://www.accdiscussion.com. The general budget of the functions (Site Visited: Januray, 2015)
[18] http://data.albankaldawli.org. The data (Site Visited: March, 2015)
[19] http://www.arab-api.org/images/publication. The definition of development indicators (Site Visited: June, 2015)
[20] http://www.iraq2020.org/print_top.php. Iraqi economy (Site Visited: August 2015)
[21] http://databank.albankaldawli.org . World Development Indicators (Site Visited: August, 2015)

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 318-330
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The antimicrobial effects of green tea and lemon juice on *Escherichia coli* isolated from patients with urinary tract infection in holy Karbala city

Zainab Salim Jaafar

Biology Department, College of Science, University of Kerbala,
Kerbala, Iraq

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: Urinary tract infections (UTIs) are the second most common type of infection found in any organ system, and the most common type of nosocomial infection. The strains of *Escherichia coli* that infect the urinary tract are categorized as uropathogenic *E. coli*. The antimicrobial agents that have traditionally been used to treat UTIs (β-lactams, fluoroquinolones, trimethoprim–sulfamethoxazole, nitrofurantoin, etc.) are becoming less effective, According to the reports of many researchers, antibacterial resistance is a worldwide growing problem. Cephalosporin's are useful for UTI's which do not respond to other drugs, can cause side effects that may be serious or even cause death.

Green tea is derived from non-fermented leaves of the *Camellia Sinensis* plant, Green tea has been a favored drink, traditionally, in Asian countries. Because of studies that have shown the potential health benefits of green tea. A study found that citrus juices enable more of green tea's unique antioxidants to remain after simulated digestion, making the pairing even healthier than previously thought.

The bacteria strains use in this study are part of a research collection of *E. coli* isolate from UTI cultures during the year of 2016. A total of 10 *E. coli* isolates are collect from urine specimens submit of selected Al- Hussein medical city patients during one month period throughout November 2015. The isolates are further processes by standard methods to identify as E. coli isolates. This method included the morphological properties and biochemical tests.

The aqueous and alcoholic extracts were prepared by Ahmed's method then the filtered extracts poured in clean and sterile petri dishes and let to dry in the oven for two 2-3 days at a temperature 45-50 C˚, The concentrations (25,50,75,90,100) % were prepared from the stuck for each aqueous and alcoholic for the green tea and green tea with lemon extracts.

The results showed that the best antimicrobial activity found in concentration of 90% aqueous green tea and at 90% of alcoholic green tea with lemon.

KEYWORDS: green tea, Lemon juice, Escherichia Coli, Urinary tract and Antimicrobial.

1 INTRODUCTION

Urinary tract infections (UTIs) are the second most common type of infection found in any organ system, and the most common type of nosocomial infection[1]. These UTIs are responsible for over eight million doctors' visits per year in the U.S[2], and result in medical costs of over six billion dollars worldwide per year[3][4]. Most UTIs (80–90%) are the result of infections with *E.coli*[4]. Non-pathogenic strains of *E. coli* are an important part of the normal flora in the human intestinal tract.

The strains of *E. coli* that infect the urinary tract are categorized as uropathogenic *E. coli* [5] (UPEC). The UPEC are able to produce special surface proteins (adhesins) that allow them to attach to and invade the epithelial cells that line the urinary bladder[3]. If the infection is not eradicated while it is in the bladder (uncomplicated UTI), some strains of UPEC may then travel up the ureters to the kidneys and cause even more severe infections (complicated UTIs), which can lead to renal damage and possibly renal failure[5].

Corresponding Author: Zainab Salim Jaafar

The antimicrobial agents that have traditionally been used to treat UTIs (β-lactams, fluoroquinolones, trimethoprim–sulfamethoxazole, nitrofurantoin, etc.) are becoming less effective [7] [6], According to the reports of many researchers, antibacterial resistance is a worldwide growing problem [8].Cephalosporin's are useful for UTI's which do not respond to other drugs, CIPRO can cause side effects that may be serious or even cause death. Characteristics of individual cephalosporins may vary. Cephalexin, cephradine, cefaclor and cefadroxil may be used with caution during pregnancy and lactation[9].

These challenges have been receiving growing interest to find alternative antimicrobial agents from plant extracts that need to be developed and used to control multidrug-resistant bacteria[10][11][12].

Green tea is derived from non-fermented leaves of the *Camellia sinensis* plant. Oolong and black tea are made from fermented leaves of the same plant. Green tea has been a favored drink, traditionally, in Asian countries. Because of studies that have shown the potential health benefits of green tea, it is now gaining worldwide popularity as a drink that is important in preventative medicine. Studies using green tea have shown it to have potential benefits, most notably in: cardiovascular disease, cancer, diabetes, obesity, oral health, bone health, and cognitive function[13][14][15]. In addition, green tea has been shown to have antimicrobial effects[10][16][17][18].

Recent studies suggest that green tea may contribute to a reduction in the risk of cardiovascular diseases and some forms of cancer as well as promotion of oral health and other physiological functions such as anti-hypertensive effect, body weight control, ultraviolet protection, bone mineral density increase and neuro-protection power[19][20].

A study found that citrus juices enable more of green tea's unique antioxidants to remain after simulated digestion, making the pairing even healthier than previously thought[21].

1.1 INTERACTION BETWEEN LEMON JUICE AND GREEN TEA

Lemon juice is believed to have antimicrobial properties in many cultures of the world. In the Caribbean, South America and Africa, lemon juice is believed to be effective against diphtheria and upper respiratory tract infections [22]. In South Africa, lemon juice has been used in the treatment of oral thrush in HIV/AID patients [23] In many parts of the world, lemon juice is also used as sanitizers to remove food borne pathogens from fresh fruits, vegetables and fish [24][25]. Studies have shown that concentrated or freshly squeezed lemon juice has antibacterial activity against *Vibrio* species[25], *Salmonella typhimurium* [24], *Pseudomonas aeruginosa* and *E. coli* [26].

A study found that citrus juices enable more of green tea's unique antioxidants to remain after simulated digestion, making the pairing even healthier than previously thought[21].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

2.1.1 THE USED DEVICES

Table 1: The devices that used in this study

Company	The device name	NO.
Sartorious – Germany	Sensitive Balance	1
Fisher Scientific – Germany	Incubator	2
Motic – Germany	Microscope	3
Yx – 280 B – China	Auto Clave	4
Jeiotech – Korea	Hood	5
LG – India	Refrigerator	6

2.1.2 MEDIA

Sterilized culture media into autoclave at temperature 121 c˚ under pressure 15 pound/inch ² for 15 min which are Macconkey agar, Mueller Hinton agar, Nutrient broth, Eosin methylene blue agar and Blood agar. Indicators are Gram's stain kit.

2.2 METHODS

2.2.1 BACTERIA STRAIN

The bacteria strains use in this study are part of a research collection of *E. coli* isolate from UTI cultures during the year of 2016. *E. coli* isolates are collect from urine specimens submit of selected Al- Hussein medical city patients during one month period throughout November 2015. The isolates are further processes by standard methods to identify as *E. coli* isolates, This methods are Gram stain kit, indole test and methyl- red reagent (IMVic test)

2.2.2 ANTIBIOTIC SENSITIVITY TEST

According to the standard operational procedures, antimicrobial susceptibility tests were done on Mueller-Hinton agar using Kirby Bauer disk diffusion method[27]. The antimicrobial agent tested were ciprofloxacin (5 µg).

2.2.3 PREPARATION OF PLANT EXTRACTS

A commercial green trade mark variety Al-Wazah, bought from a supermarket in Karbala, is use in the study. Prepared the extracts according to Ahmed method [28]

2.2.3.1 AQUEOUS EXTRACTS

Aqueous extracts prepared by mixing 10gm from the Camellia sinensis non fermented leaves for the green tea extract and 5gm of the Camellia sinensis non fermented leaves with 5ml of natural lemon juice for the green tea and lemon extract with 200 ml distilled water in volumetric flask capacity of 1000 ml and left stuck with stirring in a rocking water bath for 24 hours at a temperature of 40 C˚ later the extracts filtered through several layers of sterilize gauze first then through filter paper.

2.2.3.2 ALCOHOLIC EXTRACT

For the alcoholic extract mixing 10gm from the Camellia sinensis non fermented leaves for the green tea extract and 5gm of the Camellia sinensis non fermented leaves with 5ml of natural lemon juice for the green tea and lemon extract with 200 ml of 70% ethanol in volumetric flask capacity of 1000 ml and left stuck with stirring in a rocking water bath for 24 hours at a temperature of 40 C˚ later the extracts filtered through several layers of sterilize gauze first then through filter paper.

Then the filtered extracts poured in clean and sterile petri dishes and let to dry in the oven for two 2-3 days at a temperature 45-50 C˚ as shown in fig. (1)

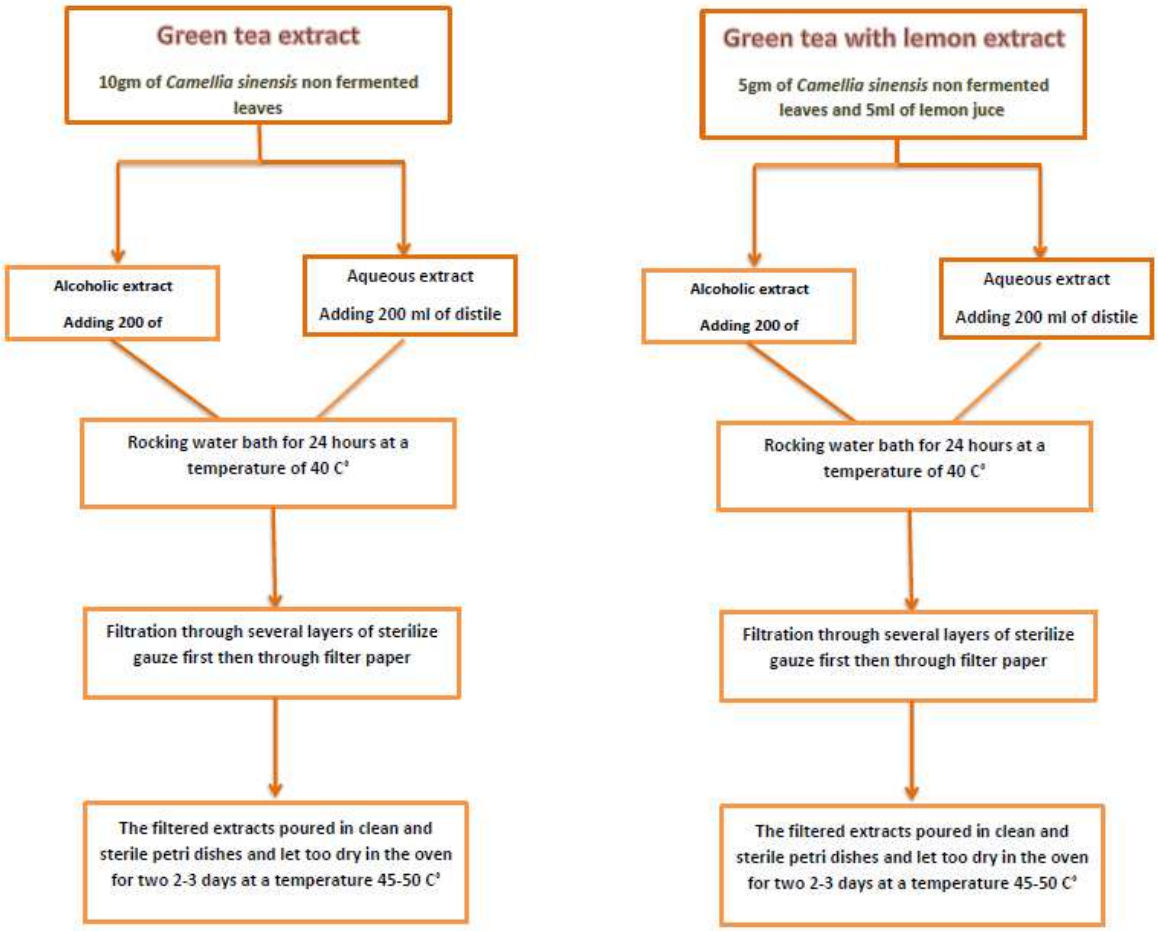


Fig. 1: The methods of Preparation of plant extracts

2.2.3.3 PREPARING EXTRACTS DILUTION SERIES

The concentrations (25,50,75,90) % were prepared from the stuck for each aqueous and alcoholic for the green tea and green tea with lemon extracts.

2.2.4 DETERMINATION OF THE BEST BACTERIAL GROWING INHIBITORY CONCENTRATION

The best bacterial growing inhibitory concentration of the green tea extract was determined by the following:-

1- The bacterial cultures were refreshed on nutrient broth and incubated for 24 hours at temperature 37cº.
2- Microbial Suspensions were serially diluted to 10^{-4} (McFarland standards number four). 0.1 ml of the suspensions were spread on Mueller Hinton agar by the L shaped.
3- Then pores with 5 mm diameter are made by the Piercing Cork in the rate of 5 pores for each plate.
4- 0.4 ml of each concentration of the extracts were lay down in pores in the rate of two plates for each concentration.
5- The plates were incubated for 24 hours at temperature 37cº,then the inhibition zones were measured .
6- To ensure the results a second method were done by pour plates with 0.1 ml of bacterial suspensions in sterilize plates then Mueller Hinton agar poured and mixed in ∞ movement on the bench.
7- One plate were incubated for 24 hours at temperature 37cº to be the control .
8- Then a pores made with the piercing cork made in the plates and the filled with 0.4ml of the extracts.
9- Then the growth of bacteria were measured compering to the control plate as the antimicrobial effect of the extracts as heavy, intermediate and weak.

2.2.5 SYNERGISTIC ACTION

To measure the interaction between the extracts and the used antibiotic pour plate method done by pour plates with 0.1 ml of bacterial suspensions in sterilize plates then Mueller Hinton agar poured and mixed in ∞ movement on the bench, after drying 0.1 ml of the effective concentration of the extracts were spread on the plates and let to dry then the antibiotic discs were distributed on the plates , then the plates were incubated for 48 hours at temperature 37 cº.

After the incubation the growth of bacteria measured and compared to control plate without the extracts. (Control plate made of pour 0.1ml of suspension and Mueller Hinton agar in sterilize plate and le to dry then antibiotic discs were distributed.

Fig. (2): Part of the practical side of the preparation of the extracts

3 RESULTS

3.1 ISOLATION AND IDENTIFICATION OF *E.COLI*

Isolates of *E.coli* were obtained on blood agar from patients with urinary tract infection.

3.1.1 CULTURE CHARACTERISTICS

Streak plate isolation of E. coli on MacConkey Agar grown for 24 hours at 37 c. *E. coli* demonstrates strong lactose fermentation indicated by the bright pink halo bile precipitant around the colonies and pink colony growth. As shown in fig. (3).

Fig. (3): E.coli on MacConkey agar

Streak plate isolation of *E. coli* on Eosin-methylene blue (EMB) agar plate showing good growth of dark blue-black colonies with metallic green sheen indicating vigorous fermentation of lactose and acid production which precipitates the green metallic pigment. As shown in fig. (4).

Fig. (4): E.coli on Eosin-methylene blue agar

3.1.2 MICROSCOPIC EXAMINATION

A microscopic examination of gram stained slide showed that *E. coli* is a Gram negative non spore forming rod shaped bacterium. As shown in fig. (5).

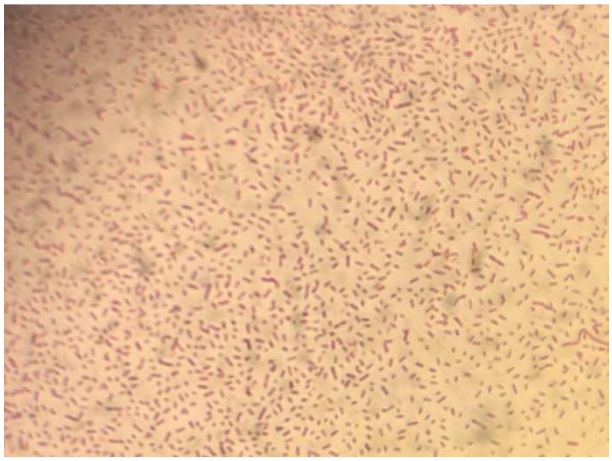


Fig. (5): Microscopic examination of E.coli gram stained

3.1.3 BIOCHEMICAL TESTS

Results of an IMViC series done on *E. coli* after 24-hour incubation at 37°C, showed a positive indole test in tryptone broth. The positive result is indicated by the red layer at the top of the tube after the addition of Kovács reagent.as shown in fig. (6).

Fig. (6): Indole test

And a positive methyl red test as indicated by the red color after the addition of methyl red reagent.

And a negative Voges-Proskauer test as indicated by the lack of color change after the addition of Barritt's A and Barritt's B reagents. Also a negative citrate that result as indicated by the lack of growth and color change in the tube.

Table (2): Results of microscopic and morphological and biochemical tests of E.oli isolated according to Bergey's manual

Results of microscopic and morphological and biochemical tests of *E.oli* isolated	
Characteristics	**Result**
Gram Staining	Negative
Shape (Cocci/Diplococci/Rods)	Rods
Motility (Motile / Non-Motile)	Motile
Capsule (Capsulated/Non-Capsulated)	Non-Capsulated
Spore (Sporing/Non-Sporing)	Non-Sporing
Flagella (Flagellated/Non-Flagellated)	Flagellated
Indole	Positive (+ve)
Methyl red	Positive (+ve)
Voges proskauer	Negative (-ve)
Citrate	Negative (-ve)

3.2 SENSITIVITY TEST

Inhibition zone with diameter of 28mm appeared due to the effective antimicrobial agent ciprofloxacin. As shown in figure (6).

Fig. (7): Sensitivity test

3.3 THE BEST BACTERIAL GROWING INHIBITORY CONCENTRATION OF GREEN TEA AND GREEN TEA WITH LEMON DETERMINATION

The results showed that the best antimicrobial activity found in concentration of 90% aqueous green tea and at 90% of alcoholic green tea with lemon as shown in table no. (3) And table no. (4).

Table (3): The results of effects of green tea with lemon extracts at deferent concentration in bacterial growth

Concentrations of extract	100%	90%	50%
Alcoholic	W	H	I
Aqueous	I	W	I
H for heavy, I for intermediate, W for weak			

Table (4): The results of green tea extracts at deferent concentrations in bacterial growth

Concentrations of extract	**100%**	**90%**	**50%**
Alcoholic	w	W	I
Aqueous	I	I	I
I for intermediate, W for weak			

The number of grown colonies were counted to and the most inhibitory action found in the extracts of green tea with lemon at concentration of 90% as shown in table no. (8) and figure no. (5),(6),(7).

Table (5): The effects of the 90% concentrations of the extracts on the number of grown colonies

Type of extracts	**control**	**Aqueous green tea**	**Alcoholic green tea**	**Aqueous green tea with lemon**	**Alcoholic green tea with lemon**
No. of grown colonies	≤900	107	667	248	6

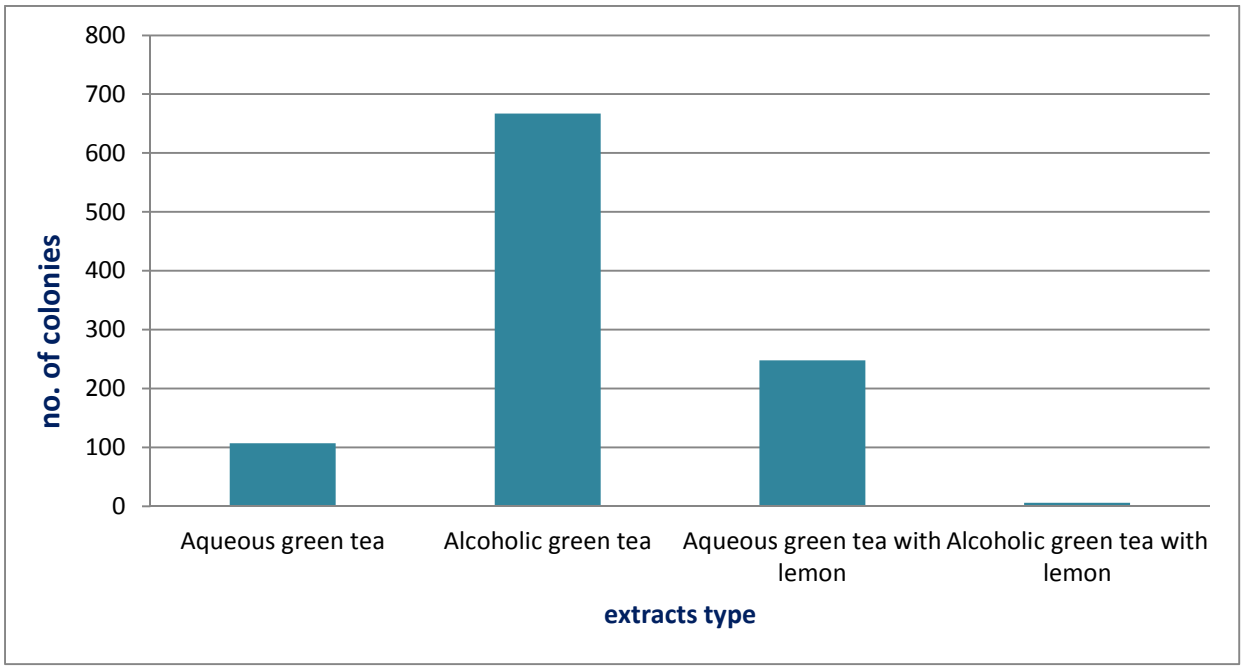


Figure (8) the effects of the extracts on number of grown colonies at concentration 90%

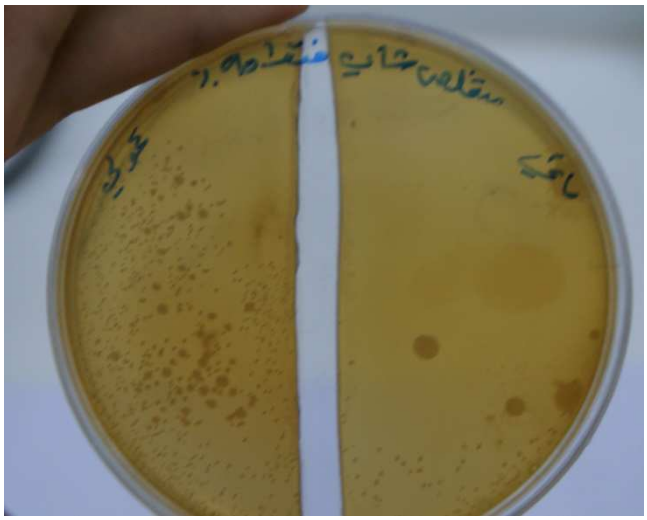


Fig. (9): The effects of the 90%Concentrations of green tea extracts

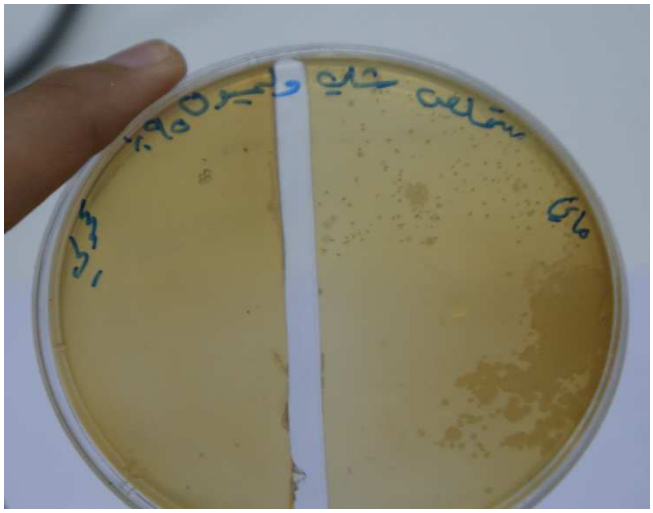


Fig. (10): The effects of the 90%Concentrations of green tea with lemon

Table (6): The Synergistic effects of the extracts at concentration of 90% in the growth of bacteria and comparing the results with the control.

Extract type	control	Antibiotic use	Aqueous green tea	Alcoholic green tea	Aqueous green tea with lemon	Alcoholic green tea with lemon
Growth type	V.H	I	H	W	I	W
V.H for very heavy , H for Heavy ,I for intermediate, W for weak						

Table (7): The Synergistic effects of the extracts at concentration of 90% in the in the number of grown colonies.

Extract type	Antibiotic control	Alcoholic green tea	Aqueous green tea	Alcoholic green tea with lemon	Aqueous green tea with lemon
Number of colonies	**170**	**140**	**130**	**126**	**160**

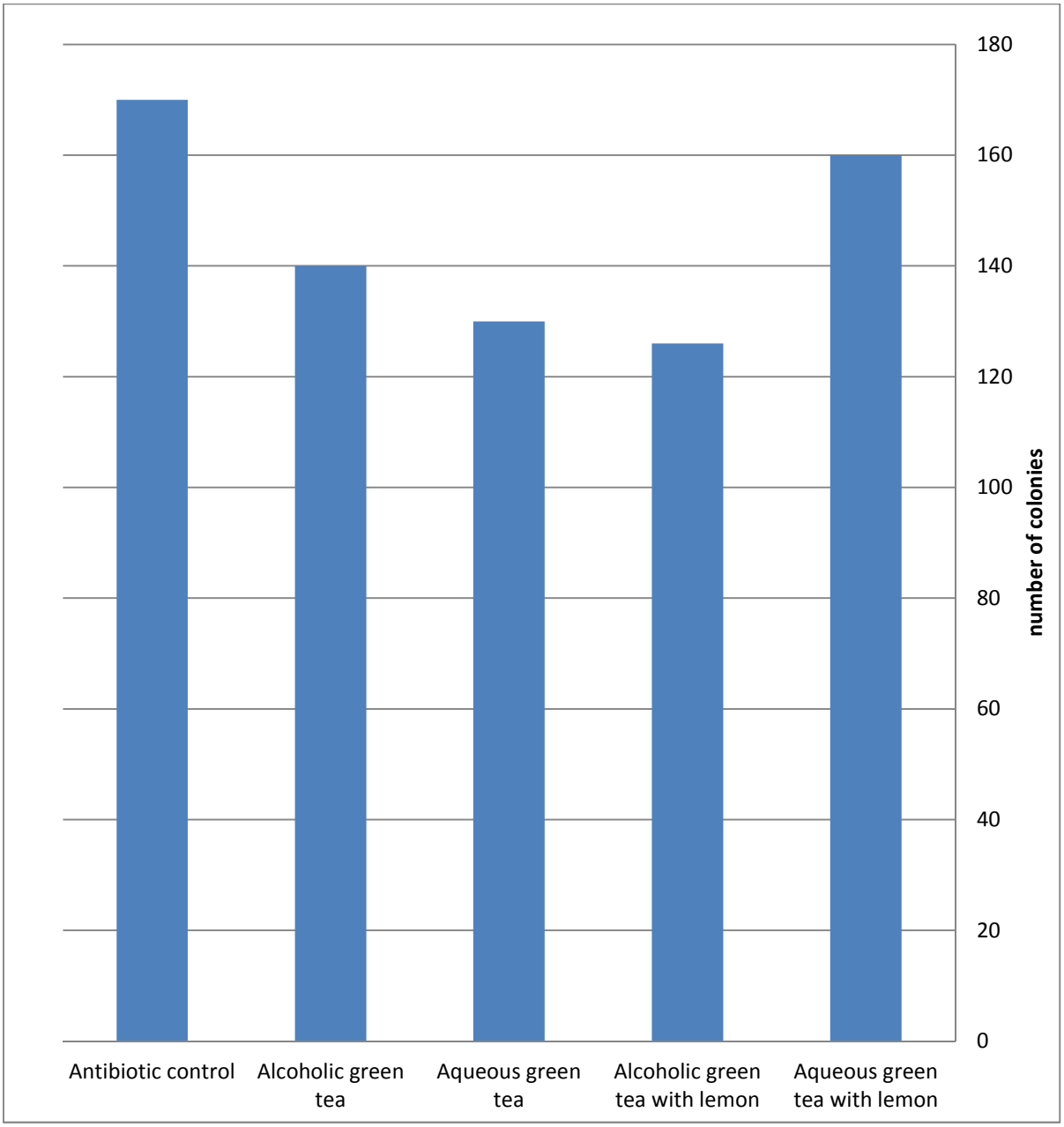


Figure no. (11) the synergistic effect of the extracts at 90% concentration in the number of grown colonies

4 DISCUSSION

The results of confirmatory tests on the isolates that were taken from al Hussein medical city patients with urinary tract infection for all the properties that *E.coli* characteristic with were positive.

After refreshing it on nutrient broth the fourth McFarland standard was taken and cultivate on Mueller Hinton agar by taking 0.1µm of the specimen and adding different concentrations of green tea and green tea with lemon extracts, the results showed that the best inhibitory concentration to inhibit the growth of bacteria were 90% for the alcoholic green tea with lemon extract in the same time the same concentration give the best inhibitory rate in the green tea aqueous extract.

To confirm the results the concentration of 90% was selected and redistributed on bacterial grown on Mueller Hinton agar and after incubation the number of grown colonies were counted for the aqueous and alcoholic extract at concentration of 90% for each of the green tea and green tea with lemon extracts, the green tea with lemon alcoholic extract shows the

best results in elimination growing bacteria since only 6 colonies where grown comparing to the control that exceeded 900 colonies.

After studying and measuring the inhibitory effect of the antibiotic ciprofloxacin on *E.coli* the synergistic effects of antibiotic and the alcoholic and aqueous extracts in the concentration of 90% have been study and measured for the purpose of confirm or synergy the effect of each of the antibiotic in the termination of bacteria and the extracts as antibacterial and antioxidant to the side effects that caused by the antibiotic during treatment [9]. Two mechanisms was adopted in the result, and both showed the significant effect of alcoholic green tea with lemon extract at concentration of 90% in the present of antibiotic, and this has a major role in reducing or termination of the bad side effects that comes with antibiotic when using green tea with lemon concomitant with antibiotic.

Conclusion and Recommendation

5 CONCLUSION

We conclude from this study the following:-

1- This study has shown that green tea can be further developed for use in the treatment of infectious disease.

2- This study can be utilize further in developing green tea as an alternative therapy to treat urinary tract infection caused by *E.coli.*

3- This study is pretty good in which we evaluated the activity of green tea extracts that are effective against *E.coli* isolated from clinical specimens obtained from one of the largest hospitals in Karbala

4- The synergistic action of the extracts with the antibiotics are promising by which we can reduce the harmful side effects of the antibiotics especially ciprofloxacin due to the antioxidant properties of green tea.

5- We can add a few drops of lemon juice to the green tea drink to maintenance its properties and power its effect.

6 RECOMMENDATION

1- Studying the antimicrobial effects of green tea against other infectious agents.

2- We recommended to drink green tea daily to Take advantage of its anti-microbial and antioxidant properties.

3- We recommended to add few drops of lemon juice to the green tea due to its effects in enhancing its properties.

4- Trying to purify the active ingredient in green tea and test their effect in some infections.

REFERENCES

[1] Carson C., Naber K. G. (2004).Role of fluoroquinolones in the treatment of serious bacterial urinary tract infections. Drugs 64 1359–1373 10.2165/00003495-200464120-00007.

[2] National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases.(2005). Urinary Tract Infection in Adults. Publication No. 06-2097. Bethesda, MD: National Kidney and Urologic Diseases Information Clearinghouse, National Institutes of Health.

[3] Anderson G. G., Martin S. M., Hultgren S. J. (2004). Host subversion by formation of intracellular bacterial communities in the urinary tract. Microbes Infect. 6 1094–1101 10.1016/j.micinf.2004.05.023.

[4] Karlowsky J. A., Kelly L. J., Thornsberry C., Jones M. E., Sahm D. F. (2002). Trends in antimicrobial resistance among urinary tract infection isolates of Escherichia coli from female outpatients in the United States. Antimicrob. Agents Chemother. 46 2540–2545 10.1128/AAC.46.8.2540-2545.2002.

[5] Kaper J. B., Nataro J. P, Mobley H. L. T. (2004).Pathogenic Escherichia coli. Nat. Rev. Microbiol. 2123–140 10.1038/nrmicro818.

[6] Warren J. W., Abrutyn E., Hebel J. R., Johnson J. R., Schaeffer A. J., Stamm W. E. (1999).Guidelines for antimicrobial treatment of uncomplicated acute bacterial cystitis and acute pyelonephritis in women. Infectious Diseases Society of America (IDSA). Clin. Infect. Dis. 29 745–758.

[7] Wagenlehner F. M., Naber K. G. (2005). Fluor quinolone antimicrobial agents in the treatment of prostatitis and recurrent urinary tract infections in men. Curr. Infect. Dis. Rep. 7 9–16 10.1007/s11908-005-0018-9.

[8] G.H.Bonjar.(2004). "Screening for antibacterial properties of some Indian plants against two strains of E.coli ". Asian journal of plant sciences, Vol.3,NO.3 , pp.310-314 .
[9] Ann Pharmacother .(1994). Recommended treatment for urinary tract infection in pregnancy. 28: 248-51.
[10] Song J. M., Seong B. L. (2007). Tea catechins as a potential alternative anti-infectious agent. Expert Rev. Anti. Infect. Ther. 5 497–506 10.1586/14787210.5.3.497.
[11] Cushnie T, Lamb AJ.(2005)"Antimicrobial activity of flavonoids Int J Antimicrob Agents".26:343e356.
[12] Reygaert W, Jusufi I. (2013). "Green tea as an effective antimicrobial for urinary tract infections caused by. Escherichia coli".Front Microbiol;4: 2013.
[13] Chacko S. M., Thambi P. T., Kuttan R., Nishigaki I. (2010). Beneficial effects of green tea: a literature review. Chin. Med. 5 13 10.1186/1749-8546-5-13.
[14] McKay D. L., Blumberg J. B. (2002). The role of tea in human health: an update. J. Am. Coll. Nutr.21 1–13.
[15] Cabrera C., Artacho R, Giménez R. (2006). Beneficial effects of green tea – a review. J. Am. Coll. Nutr. 25 79–99.
[16] Yam T. S., Shah S, Hamilton-Miller J. M. T. (1997). Microbial activity of whole and fractionated crude extracts of tea (Camellia sinensis), and of tea components. FEMS Microbiol. Lett. 152 169–174 10.1111/j.1574-6968.1997.tb10424.x.
[17] Taylor P. W., Hamilton-Miller J. M. T., Stapleton P. D. (2005). Antimicrobial properties of green tea catechins. Food Sci. Technol. Bull. 2 71–81.
[18] Friedman M. (2007). Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. Mol. Nutr. Food Res. 51 116–134 10.1002/mnfr.200600173.
[19] J. M.T.Hamilton-Miller. (1995)."Antimicrobial properties of tea (Camellia sinensis L." . Minireview .Antimicrobial Agents Chemotherapy, Vol.39, NO.11, pp.2375 -2377 .
[20] N.H.Jazani, M. Zartoshti, Sh. shahabi, Z. Yekta and Sh. Nateghi. (2007) . "Evaluation of the synergetic effect of soluble extract of green tea (Camellia sinensis) on the activity of ciprofloxacin in urinary isolated E.coli".Journal of Biological Sciences, Vol.7, NO.8, pp. 1500-1503 .
[21] R. J. Green, A. S. Murphy, B. Schulz, B. A. Watkins and M. G. Ferruzzi. (2007).Common tea formulations modulate in vitrodigestive recovery of green tea catechins".Mol.Nutr. Food Res.,vol.51,1152-1162.
[22] Pamplona-Roger GD (1999). Encyclopedia of medicinal Plants Vol 1. In: Editorial editor. Madrid, Safeliz SL.pp.265-267.
[23] Wright SC, Maree JE and Sibanyoni M (2009). Treatmentof oral thrush in HIV/AIDS patients with lemon juice and lemon grass (Cymbopogon citratus) and gentian violet. Phytomedicine, 16(2-3): 118-124.
[24] Sengun IY and Karapinar M (2004). Effectiveness oflemon juice, vinegar and their mixture in the elimination of Salmonella typhimurium on carrots (*Daucus carota* L.). *Int. J. Food Microbiol.,* 96(3): 301-305.
[25] Tomotake H, Koga T, Yamato M, Kassu A and Ota F(2006). Antibacterial activity of citrus fruit juicesagainst Vibrio species. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo),*52(2): 157-160.
[26] Kumar S, Nancy, Singh D and Kumar V (2012).Evaluating the antibacterial activity of plant extractsagainst bacterial pathogens. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics,* 2(4): 182-185.
[27] Bauer AW, Kirby WM, Sherris JC, Turck M.(1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. Am J Clin Pathol;45(4):493-6.
[28] Ahmed, I.; Mehmood, Z. & Mohammad, F. Screening of some Indian medicinal plants for their antimicrobial properties. (1998). J. Enthnopharmacole.; 62: 183 – 193.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 18 No. 1 Oct. 2016, pp. 331-340
© 2016 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

BIODIVERSITY CONSERVATION IN NIGERIA: CONTEMPORARY CHALLENGES FOR ECOLOGIST

Habu Audu[1] and Gila Manga Ayuba[2]

[1]Department of Biology, College of Education Akwanga, P.M.B. 05, Akwanga, Nasarawa State, Nigeria

[2]Departments of Biology, College of Education Akwanga, P.M.B. 05, Akwanga, Nasarawa State, Nigeria

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 discuses biodiversity and its significance. It looked at the status of Nigeria's biodiversity and why it is important to conserve it. Importance of biodiversity in Nigeria includes the provision of food, medicines and industrial materials. It highlights the aim and types of biodiversity conservation. The text examines some approaches that in the author's opinion, will contribute significantly in complimenting the already existing approaches to biodiversity conservation in Nigeria. Among the factors that contribute to biodiversity loss are poverty, population growth, deforestation and habitat degradation. A brief review of the methods of biodiversity conservation shows that protected—area system is the main method of biodiversity conservation in Nigeria, although in some cases it is been supported by community-based conservation approach. Amidst this effort, biodiversity continued to be eroded; this called for ecologist working to conserve Nigeria's biodiversity to be involved more directly to augment the already existing conservation efforts. Priorities for ecologist thus include understanding the causal relationships between people and biodiversity, placing economic value on biodiversity and prioritizing target outcomes and indicators.

KEYWORDS: Biodiversity conservation; Food production; Deforestation; Agricultural expansion; Invasive species; Poverty.

1 INTRODUCTION

Biodiversity comprises all species of plants, animals and microorganisms, the ecosystems and the ecological processes of which they are parts. It is the term used to describe nature's variety, including both the number and frequency of ecosystems, species or genes in a given assemblage [50]. Biodiversity is considered by some to be the same as species richness; some consider it as species diversity, while many consider it to be the complete variety of life on this planet [70]. According to the International Convention on Biological Diversity [72], "Biodiversity"(biological diversity) means the variability among living organisms from all sources, including among other things, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part including within species-diversity, between-species diversity and ecosystem diversity. Biodiversity is fundamentally and categorically divided into three related levels of biological organization which are: Genetic diversity which means variability in genetic composition among the populations and individuals of the same species: Species diversity which means variability among species in ecosystem and ecosystem diversity which means habitat diversity per unit area [23].

Biodiversity serve as the very bases of human existence and economic development because it plays a significant role in the way ecosystems function and in the many services they provide [17]. These services include nutrient and water cycling, soil formation and retention, resistance against invasive species, pollination of plants, and regulation of climates as well as pest and pollution control by ecosystems [17].

Conserving of biodiversity is the use of biological resources in ways that do not diminish or destroy the variety of genes and species or important habitats and ecosystems [1]. Conservation of biodiversity could be *in situ* (protection, maintenance

Corresponding Author: Habu Audu

and management of variety of life forms in their real habitat) or *ex situ* (collection of some species or their populations and communities in areas away from their real habitat) [52].

2 STATUS OF BIODIVERSITY IN NIGERIA

Nigeria covers 923,000 km^2 with a human population of 140 million growing at an annual rate of about 2.8% according to The Report of the Nigeria's Population Commission on the 2006 Census [58]. A total of about 7895 plant species identified in 338 families and 2,215 genera have been recorded in Nigeria. There are about 22, 000 vertebrates and invertebrates species. Of these, about 20, 000 are insects, 1, 000 are fishes, 247 are mammals, 123 are reptiles [26] and 894 are birds [19]. Also about 1,489 species of micro-organisms have been recorded. This ranks Nigeria as one of the richest countries of Africa in terms of biodiversity. All these species of animal and plant are distributed differently within the country's vegetation ranging from the mangrove along the coast in the South to the Sahel in the North [26].

Most Nigerians are not aware that most of our biodiversity are threatened by intense pressure from various human related activities such as farming, building of infrastructures and industries, drainage and filling of wetlands, human settlements among others [5]. The consequences of these activities are loss of biodiversity. Presently, among the biological resources the world may loss as a result of threat from these activities is about 37 species of birds [18]. The population of Nile crocodile (*Crocodilus niloticus*) once present in Nigeria waters right up to Lake Chad is fast declining due to habitat destruction and hunting [33]. About 65 of 560 species of trees in Nigeria forestry are now faced with extinction while many are at different stage of risk [33]. These are all conservation issues to the country.

Nigeria used to have 8 National Parks, however, with the reversion of the Yankari National Park to a State game reserve , the present network of protected areas include 7 national Parks, 15 game reserves [74] and 36 forest reserves [19]. Other protected areas include sanctuaries and game reserves meant to conserve wild life and to supplement protein from domestic sources [26]. Tables 1 and 2 show the threatened biodiversity species and National Parks in Nigeria respectively.

Table 1. Threatened biodiversity species in Nigeria

A SPECIES (PLANT)	COMMON NAME	MAIN USES	STATUS
Milicea excelsia	African teak	Timber	Endangered
Diospyros elliotic	Red fruited ebony	Carving	Endangered
Triplochiduiton scleroxylon	African white wood	Timber	Endangered
Mansoiea altissinia	Mansonia	Timber	Endangered
Masilania accuminata	-	Chewing stick	Endangered
Garcina manri	Ofun	Chewing stick	Endangered
Oucunbaca aubrevillei	-	Medicine	Almost extinct
Erythrina Senegalensis	Coral flower	Medicine	Endangered
Cassia nigricans	Black grain olive	Medicine	Endangered
Nigelle sativa	Black cumin	General	Endangered
Hymenocardia acida	Large red heart	General	Endangered
Kigelia Africana	Sausage tree	General	Endangered
B ANIMAL			
Crocodylus nitoticus	Slender snouted crocodile	Food/Medicine/bags	Endangered
Osteolaemus tetraspis	African dwarf crocodile	Food/Medicine	Endangered
Struthio camelus	Ostrich	Food/Medicine	Endangered
Psittacus erithacus	African gray parrot	Medicine/Pet	Endangered
Cercopithecus erythrogaster	white throated monkey	Food	Endangered
Loxodonta Africana	African bush Elephant	Food/Ivory	Endangered
Trichecus senegalensis	Manatee	Food/Medicine	Endangered
Giraffa camelopedalus	Giraffe	Food/Medicine	Endangered
Python sabae	Royal python	Bags	Endangered
Gazella dorcas	Dorcase gazelle	Food	Endangered

Source – Federal Government of Nigeria 2001

Table 2. National Parks.

NAME OF PARK	AREA	LOCATION	VEGETATION TYPE
1a Kanji National Park (Borgu sector) 1b Kanji National Park (Zurguma sector)	532,000 ha	Niger State	Guinea Savanna
2 Kamuku National Park	121,130 ha	Kaduna State	Guinea Savanna
3 Old Oyo National Park	253,000 ha	Oyo State	DryForest/Guinea savannah
4 Okomu National Park	200 ha	Edo State	Lowland Rainforest
5a Cross-River National Park (Oban Division) 5b Cross-River National Park (Okwango Division)	400,000 ha	Cross-River State	Lowland Rainforest
6 Gashska Gumti National Park	6, 402, 480 ha	Taraba State	Guinea Savannah/Montane
7 Chad Basin National Park 7a(Hadejia-Nguru Wetlands/oasis Sector) Chad Basin National Park 7b (Sambisa Sector) Chad Basin National Park (Chingurme-Duguma Sector)	230,000 ha	Borno State	Sahel Savannah

Source-Federal Government of Nigeria 2001.

3 IMPORTANCE OF BIODIVERSITY IN NIGERIA

3.1 FOOD

One of the importance of biodiversity conservation is the gene pool of wild plants which is available to support the narrow genetic base of these established food crops, providing disease resistance, improve productivity and different environmental tolerances [58]. During times of food insecurity, particularly during times of low agricultural production or cyclical food gaps or periods of climate induced vulnerability, biodiversity provides an important safety-net [36]. People around the world mostly depend on these species for their food, shelter, and clothing [43]. In Nigeria, forests serves as a source of ripe fruits, vegetables, and different types of leaves that can be used as dietary supplements. For instance, the leaves of baobab tree (*Adansonia digitata*) are used in the preparation of soup. The flower is eaten raw, the seed also provide flour which is very rich in vitamin B and protein and can be used as baby food [29], while the seeds of *Pakia biglobosa* are used for making delicious sauce in Northern part of the country. Also, wild animals such as antelope, hippopotamus, and bird are hunted for their meat as source of protein and other nutrients [19].

3.2 MEDICINE

People have long used biological resources for medicinal purposes. Biodiversity provides an important source of medicinal resources and play a vital role in the discovery of drugs [46]. About 80% of human population globally, depends on medicines from nature for primary healthcare [13]. The World Health Organization estimates that in many developing countries up to 80% of the population depends on biodiversity for primary health care and the loss of biodiversity has been linked to the increased emergence and transmission of infectious diseases with deleterious impacts on human health [38]. In Nigeria, the bark of *Faidherbia albida*/ Acacia albida tree is used to cure diseases such as cough, pneumonia, vomiting and diarrhea while the leaves and the gum are used for the treatment of haemorrhage and ophthalmia. Various parts such as the roots, flowers, pods and the seeds are used in the treatment of influenza, toothache, and rheumatism. Some other known medicinal plants in Nigeria includes Mango (*Mangifera indica*), Hogplum (*Spondias monbin*), Arrow poison (*Strophantus hispidus*), Goatweed (*Ageratum conyzoides*), Pawpaw (*Carica papaya*), Siam weed (*Eupatorium odoratum*) [7].

3.3 INDUSTRIAL MATERIAL

Biodiversity provides a wide variety of species used by many industries [9].For instance, wood, a commodity used globally is still largely gotten from the wild. It is used for construction and as raw materials for timber and paper industries. Nigerian

native plants such as *Terminalia superba* (Afara), *Nauclea diderriichi* (Opepe), Mahogany and Iroko have been of continued importance as raw materials for timber industries. They are also used for the construction of buildings and furniture. Latex, which is produced by rubber tree, also serves as a raw material for rubber industries for the production of plastics, gums, cables etc.

3.4 AGRICULTURE

Biodiversity provides the "natural capital" for ecosystem services, ecological processes such as the maintenance of watershed services, soil fertility, pollination, seed dispersal, nutrient cycling, natural pest and disease control [35]. All these rely to a greater or lesser extent on biodiversity, or components of it processes that are critical to the maintenance of agricultural systems [10]. Greater plant species diversity increases soil nutrient remineralization, usage and efficient retention which leads to greater productivity and minimizes nutrient loss through leaching in the ecosystem [73]. Variety of soil microorganisms play an important role in the process of nutrient recycling which is also necessary for the maintenance of soil productivity [41]. The soil's nutrient status is further improved and made readily available by species such as earthworms which mix and aerate it. Increased plant species diversity decreases disease prevalence on plants and improve pest control by increasing the number of predators such as lizards, birds and certain insects [64]. In Nigeria, insects like bees play a vital role in agriculture as pollinators of crops, aside the production of honey.

3.5 RESEARCH, EDUCATION AND MONITORING

The available knowledge of biodiversity is still inadequate to ensure proper management, and only by further scientific research are we likely to learn new and improved methods for managing it [65]. Natural habitats serve as living laboratories to learn how to get better use from biological resources, how to maintain the gene pool of biological resources, and how to renew dilapidated ecosystem. In Nigeria, ecologically and culturally important sites like National parks and Game reserves are used for research into ecology and for comparisons with other areas under different system of use [19].

3.6 RECREATION

Most people derived recreational value from biodiversity through leisure activities such as bird watching, hiking in the country side, natural history study, hunting and fishing for pleasure rather than necessity. People also value such areas for films, photographs or literature based on or using wildlife, natural habitats and natural features, tourism, ecological field study and other scientific features [50]. Many people from other parts of the world are attracted by the terrain and wildlife of Africa, and this is a major foreign exchange earner for many countries, most notably Kenya [65]. In Nigeria, National parks, wild life parks and bird sanctuary are also used for recreational purposes such as tourism and birdwatching [19]. Although, touristic activities must also be carefully regulated to ensure that they do not undermine the biodiversity on which they are based [65].

3.7 CULTURAL VALUES

Most of the areas with the highest biological diversity on the planet are inhabited by indigenous and traditional people, providing a strong link between biological and cultural diversity [54]. Indigenous people use a very wide range of lesser-known species and often possess deep ecological knowledge that helps maintain the ecosystems in which they live [48]. Most cultures view themselves as an integral part of the natural environment therefore have respects for other living organisms. Some forests areas in Nigeria are set aside and protected by rural communities mostly in the south for cultural purposes [19].

4 CAUSES OF BIODIVERSITY LOSS

Biodiversity is important to human development as a result of the goods and services it provides. However, it is being lost due to a number of factors, including uncontrolled conversion of land, pollution, unsustainable harvest of biological resources and introduction of invasive species [15]. In Nigeria, factors responsible for the loss of biodiversity include but not limited to the following:

4.1 HABITAT DEGRADATION

Increased rate of biodiversity loss and environmental degradation are clearly attributed to human activities [16]. Based on the Millennium Ecosystem Assessment, major habitats including forests, grasslands and coastal zones have been heavily impacted by human activities leading to their degradation [44]. Farming, which covers about 36% of the potentially suitable land surface of the globe, is the major cause of habitat degradation and loss [20]. Habitat degradation is caused by human activities such as mining, clear-cut, logging, trawling, urban sprawl and introduction of invasive species or by natural environmental change due to factors such as volcanic eruption and climate change [66]. With more than half of the world's population now dwelling in urban centers, urban sprawl has also contributed to the degradation and loss of many habitats [74]. Agricultural expansion is a primary cause of habitat destruction in Nigeria as it is associated to vegetation destruction and short fallow period. For instance, most of the montane forest patches of the Cross River National Park-Okwango division are seriously degraded through subsistence agriculture and overgrazing resulting to serious sheet and gully erosion [19].

4.2 POPULATION GROWTH

Human population is expected to grow to nine billion by the year 2050 [53]. Population size; growth and density are often regarded as important factors in explaining the loss of species [14]. Biodiversity is generally threatened most where population density is highest, and regions rich in endemic species have higher-than-average population densities and population growth rates. This is true in many parts of Asia and Africa where humans and threatened species are often concentrated within the same geographical locations [76].Threat to biodiversity is likely to rapidly increase in regions where human population growth rates are high due to the predicted increase in demands for resources of a growing population in these regions [76].Many countries in the developing world are facing rapid growth in population, with related pressure on natural habitat and their native fauna and flora [67]. As a result of population pressure, high intensity of logging, illegal exploitation, agricultural expansion and collection of fuel wood has continued to pose serious threats to the country's forest resources [26].

4.3 POVERTY

African livelihoods depend to a great extent on free and accessible variety of biological resources [31]. This direct reliance is associated to the narrow manufacturing or industrial base in Africa [77]. In the event of declining productivity due to environmental degradation, there would be few alternative of income readily available [11]. Huge external debt and low prices for agricultural and primary materials contribute to poverty and almost certainly also have great consequences on the environment [11]. Nigerian national dept increased from $26 billion to $70 billion, dept servicing increases from 10% to 50%, unemployment increases from 11.8% to 24%, youth unemployment increases from 9% to 50%, GDP growth decreases from 11% to 6% among others economic woes, hence increasing poverty rate from 54% to 71% in the past six years [70]. Also bribery and corruption are usually additional problems because funds that would have being used to fuel development in the country for all Nigerians were used to fund the lifestyle of a few. The implication of these is negative environmental effect among other consequences.

4.4 DEFORESTATION

Logging and conversion to agriculture or grazing are the main cause of deforestation in the tropics [61]. Of the roughly 16 million km2 of tropical rainforest that originally existed worldwide, less than 9 million km2 remains today [48]. The current rate of rainforest loss is debated, with different estimates ranging from around 60 000 km^2 to 130 000 km^2 per year [21]. In tropical Africa, forest loss is severe in West Africa, montane areas of East Africa, and Madagascar, however, substantial forest still remains in the Congo Basin [41]. According to NEST [51], forest destruction in Nigeria, stood at the rate of about 600,000 hectares per year. Nigeria has one of the highest rates of deforestation in the world, having lost around 410,100 hectare per year over the period 2005 to 2010 [8]. Deforestation, farming and exploitation of forest resources for survival are among the leading causes of the destruction of Nigeria's rain forest. These activities are threatening the existence of species among which is the white-throated monkey (*Cercopithecus erythrogaster*) and Cross River Gorrila (*Gorilla gorilla diehli*) endemic to Nigeria [52].

4.5 POLLUTION

Pollution can lead to the reduction, and even loss of some keystone species which in turn can result to the destruction of the entire ecosystem [27]. Pesticide and fertilizer effluents from agriculture and forestry, industry including mining and oil or

gas extraction, sewage plants, run-off from urban and suburban areas, and oil spills, are examples of pollutants that harm biodiversity directly through mortality and reduced reproductive success, and also indirectly through habitat degradation [45]. One of the threats to biodiversity in Nigeria is environmental pollution due to oil exploration. In the Niger Delta region of Nigeria, where most of the oil explorations take place, there have been a considerable environmental pollution and forest degradation due to spillage [2]. Other minerals whose mining also caused environmental degradation in Nigeria include tin, coal, iron ore and gemstone.

4.6 DESERTIFICATION

Desertification is a type of land degradation where by a relatively dry land region becomes increasingly arid, typically losing its water bodies as well as vegetation and wildlife [28]. Dry lands occupy approximately 40–41% of Earth's land area and are home to more than 2 billion people [34]. It has been estimated that some 10–20% of dry lands are already degraded, the total area affected by desertification being between 6 and 12 million square kilometers that about 1–6% of the inhabitants of dry lands live in desertified areas, and that a billion people are under threat from further desertification [78]. It is estimated that Nigeria is losing about 35,000 hectares of landmass to desertification annually and that such conditions are expected to be advancing southwards at the rate of about 0.6km per annum threatening the existence of both the terrestrial and aquatic biodiversity in such region. Desertification in northern Nigeria has been evidently linked to greater extent human activities such as large-scale land clearing for agriculture and river damming, but is also exacerbated by periodic drought [30].

4.7 INVASIVE ALIEN SPECIES

Invasive alien species are also considered one of the main threats to biodiversity globally, and are dispersed through poor planned economic introductions, air transport, hull-fouling and ballast water from ships, as well as trade in pets, garden plants and aquarium species [57]. They have infested and affected native species in almost every ecosystem type, in all regions; including marine ecosystems and affect native species mostly through predation, competition and habitat modification with particularly acute effects on the terrestrial biodiversity of small islands [42]. In Africa, almost all countries are affected by invasive alien species. In 2004, the IUCN–World Conservation Union identified 81 invasive alien species in South Africa, 49 in Mauritius, 44 IN Swaziland, 37 in Algeria and Madagascar, 35 in Kenya, 28 in Egypt, 26 in Ghana and Zimbabwe, and 22 in Ethiopia [32]. In Nigeria, alien invasive species such as *Chromolaena odorata* (Linn), a weed species, *Lantana camara,* a multi-taxon hybrid swarm and water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart), a fresh water weed are considered as threats to biodiversity due to their effect on native species [39].

5 APPROACHES TO CONSERVATION OF BIODIVERSITY IN NIGERIA

Protected-area systems are commonly used globally as a major tool for maintaining biodiversity and key ecosystems services [44]. In Nigeria, protection of habitats and species has long been practice by various cultures, through preservation and other distinctive habitats for religious, ceremonial and or hunting purposes [3]. The protected-area system approach of biodiversity conservation in Nigeria has categorized areas designated for biodiversity conservation into four: National parks, Game reserve, Forest reserve and sacred groves. Nigeria present network of protected areas include 7 national Parks, 15 game reserves [74] and 36 forest reserves which are found in almost every state [19]. Governmental agencies like ministry of environment and National park service in collaboration with non-governmental organizations (NGOs) such as Nigerian conservation foundation, worldwide fund for nature (WWF), and royal society for the protection of birds (RSPB) embarked on various projects to help in the conservation of the nation's biodiversity [19].

This paper outlines the meaning of biodiversity and why it is important in Nigeria. Most importantly, it looks into the status of biodiversity in Nigeria, and the factors impacting on it conservation. We examined some options for ecologist working with Nigerian biodiversity, which, in our own opinion, will compliment the already existing conservation approaches.

In an attempt to improve biodiversity conservation in Nigeria, the following issues should be addressed by ecologists.

- Ecologists working with a conservation authority are advised to become more involved in supplementing local ecological knowledge with modern conservation skills in such a way that it provides timely and related information to resource manager and other resources users [12]. Furthermore, it is also important to take into cognizance the significance of local ecological knowledge and local resource users in effective biodiversity conservation even though they are not fit for the present level of biodiversity degradation [57].
- When the international conservation communities or local authority provide funding for conservation then ecologist should prioritize target results and intermediate indicators such as gorilla surviving in a particular habitat and endemic

bird species found in a particular forest area and describe ways the local community would follow to gain the benefits from the contracted conservation results [25]. Also ecologists should assess the impact of such project on the conservation of biodiversity by at least comparing the situation before and after the contract [36] which in most cases are lacking. This will provide a practical and robust focus for the conservation effort.

- Ecologists working with Nigeria biodiversity are encouraged to justify their commitments for biodiversity conservation by giving biodiversity conservation and sustainable resource use direct economic value [31]. This can be achieved by exploring the potentials of non-consumptive use of biodiversity resources such as nature tourism which can attracts large economic gains in some situations [63].This approach should include benefits for the locals which should be the same or more than the perceived benefits from activities such as logging and fuel wood collection. For instance, in Kenya, according to the World Travel and Tourism Council, in 2014, Travel and Tourism have contributed 4.1% of the GDP of Kenya while in Nigeria, in 2014, estimated revenue related to tourism and travel accounts for approximately 1.7 % of the gross domestic product [78]. Such benefits can only be improved by broadening and placing economic value on the non-consumptive use of biodiversity.
- When working with community-based conservation project, ecologists should device a way of monitoring and presenting the impact of such approach to the management of biological resources in a statistically robust manner which in most cases is rare [6]. In a situation where such information is available, it takes the form of a case-study approach in which the aims, implementation and outcomes of initiative are described quantitatively, which makes available only the contextual detail and do not allow statistical analysis and the testing of hypothesis about the link between poverty and conservation [62]. This makes it difficult to provide a quantitative evidence to support conclusions on the impact of community-based approach to the conservation of biological resources [67] among other challenges associated with community- based project approach.
- Ecologist should try to understand the interactions between people and nature within complex adaptive systems when looking for solutions to ecological problems, in order to identify and manage threshold of potential concern for a key set of ecologically response variables. In order to determine the thresholds, it is important to understand the causal relationships between people and biodiversity after which adaptive management measures for drivers of biodiversity loss such as wild meat consumption, logging and deforestation should be devised [47].

6 CONCLUSION

Against the background of poverty and poor institutional organization, biodiversity in Nigeria is continued to be threatened by unsustainable human activities. This is placing mounting pressure on ecologist to look for ways to bolster the already existing conservation approaches in a way that are locally feasible and plausible. My opinion is that, even though getting institutions to work in the right track will take a slow political process over time, ecologists working with Nigeria biodiversity most become more engaged directly in the formation of specific approaches to biodiversity conservation. These approaches should work more in complementing the already existing conservation methods with more scientific oriented ways against the threads facing biodiversity in Nigeria.

AKNOWLEDGEMENT

Thanks to Ulf Uttoson for his comments on the article. We are also thankful to our colleagues for their encouragement.

REFERENCES

[1] Attuquyefio, D.K. and Fibril, J.N. “An Overview of Biodiversity Conservation in Ghana: Challenges and prospects”. *West African Journal of Applied Ecology*, vol.7, pp. 1-18, 2005.

[2] Adelana, S.O. et al. “Environmental Pollution and Remediation: Challenges and Management of Oil Spillage in the Nigerian Coastal Areas”. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, vol. 2, pp. 834-845, 2011. [Online] Available: Scihub, AJSIRdatabase (November 6, 2014)

[3] Aminu-Kano, M. and Marguba, L.B. *History of Conservation in Nigeria*, In: Ezealor, A. U. (Ed.), *Critical Sites for Biodiversity Conservation in Nigeria*: *Nigerian Conservation Foundation*, Lagos, pp.3-11, 2002.

[4] Balmford, A. and Long, A. “Avian endemism and forest loss”. *Nature*, vol. 372, pp.623-624, 1994.

[5] Birdlife International). *Threatened birds of the world*. Barcelona, Spain: Lynx Edicions and Cambridge, UK: BirdLife International, 2000.

[6] Brooks, J. S., Franzen, M. A., Holmes, C. M., Grote, M. N. and Borgerhoff Mulder, M. M. *Development as a conservation tool: Evaluating ecological, economic, attitudinal, and behavioural outcomes.* Systematic Review No. 20, Centre for Evidence-Based Conservation, Birmingham, 2006.

[7] Bhat, R.B., Adeloye A.A. and Etejore, E.O.). "Some Medicinal plants of Nigeria". *Journal Economic and Taxonomic Botany*, vol. 6, no.1, pp.161-163, 1985.

[8] Batta, H., et al. Press Coverage of Climate Change Issues in Nigeria and Implications for Public Participation Opportunities. *Journal of Sustainable Development*, vol.6, no.2, 2013.

[9] Beattie, A.J. and P.R. Ehrlich. *Wild Solutions: How Biodiversity is Money in the Bank,* 2nd Ed. Yale University Press, New Haven, 2004.

[10] Benton, T.G." Managing farming's footprint on biodiversity". *Science*, vol. 315, pp.341–342, 2007.

[11] Biodiversity Support Program. African Biodiversity: foundation for the future. A framework for the intergrading biodiversity conservation and sustainable development, Biodiversity Support Program. Beltsville, Maryland, 1993.

[12] Campbell, B et al. *The performance of natural resource system Assessing*: In Johan, T. du Toit., Brian, H. Walker and Bruce M. Campbell. (2004). *conserving tropical nature*: *current challenges for ecologist*. *Trends in ecology and evolution,* vol.19, no. 1, pp.12-17, 2001.

[13] Chivian, E. and Bernstein, A. (Eds.), *Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity,* 2008.

[14] Cincotta, R.P. and Gorenflo. Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being, Biodiversity Synthesis.* Washington DC: World Resources Institute (WRI), 2011.

[15] Christ, C., Hillel, O., Matus, S. and Sweeting, J. "Tourism and Biodiversity: Mapping tourism's global footprint". *Conservation International*, vol.6, pp.66, 2003.

[16] Crosby, M.J., Stattersfield, A.J., Collar, N.J. and Bibby, C.J. "Predicting avian extinction rates". *Biodiversity Letters*, vol. 2, pp.182-185, 1994.

[17] Dushyant Kumar Sharma and Mishra, J.K." Impact of environmental changes on biodiversity". *Indian Journal of Scientific Research,* vol.2, no.4, pp.137-139, 2011.

[18] Ezealor A. U. (Eds.). *Critical sites for conservation in Nigeria*. Nigerian Conservation Foundation, pp. 110, 2002.

[19] Ezealor A.U. Nigeria. In: L.C.D. Fishpool and M.I. Evans (Eds.), *Important Bird Areas in Africa and Associated islands*: *Priority sites for* conservation .Pisces Publications and BirdLIfe International, Newbury and Cambridge, UK, pp. 673-692, 2001.

[20] FAO. Global Forest Resources Assessment 2010–KeyFindings. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

[21] FAO Global forest resource assessment 2000— main report. New York: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000.

[23] Fielder, P.L. and Jain, S.K. (Eds.), *Conservation Biology*: the Theory and Practice of Nature Conservation. London: Chapman and Hall, 1992.

[24] FAO. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003.

[25] Ferraro, P.J. and kiss, A." Direct payment to conserve biodiversity". *Science*, vol.298, pp.1718-1719, 2002.

[26] Federal Government of Nigeria. First National Biodiversity Report, vol.1, pp.38, 2001.

[27] Guruswany, L. and Hendricks, B. *International Environmental Law in a Nutshell,* 3rd Ed. St Paul: West Group Publishers, pp.84, 2007.

[28] *Geist, Helmut. The causes and progression of desertification.* Ashgate Publishing, 2005 [Online] Available: ISBN 978-0-7546-4323-4 (August 10, 2015).

[29] Gebaur, K., El-Saddiq and Ebert, G. Baobab (*Adansonia digitata*): A review on Multipurpose Tree with promising Future in the Sudan, 2002. [Online] Available: http://www.Gartebauwisenchaft.org (July 25, 2015).

[30] Hollis, G.E., Adams, W.M. and Aminu-Kano, M. *The Hadejia-Nguru Wetlands: environment, economy and sustainable development of a Sahelian floodplain wetland.* Gland Switzerland/Cambridge UK: IUCN, 1993.

[31] Hazell, S.T. "Future Direction for Bird Conservation in Africa". *Ostric*h *supplement,* vol.15, pp. 13-21, 2001.

[32] IUCN/SSC/ISSG. Global Invasive Species database. IUCN – the World Conservation Union Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group, 2004.

[33] Iment, N. and Adebobola N. The effects of poverty in conservation of Biodiversity: The Nigeria Experience, 2001. [Online] Available: http://www.scienceinafrica.co.20 (December 6, 2015).

[34] Johnson, Pierre Marc et al., (Eds.).Governing global desertification: linking environmental degradation, poverty and participation. *Ashgate Publishing,* 2006. [Online] Available: ISBN 978-0-7546-4359-3(August 4, 2015).

[35] Jackson, L.E., Pascual, U. and Hodgkin, T. "Utilising and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes". *Agriculture, Ecosystems and Environment,* vol.121, pp. 196–210, 2007.

[36] Johan, T. du Toit., Brian H. Walker and Bruce M. Campbell. "Conserving tropical nature: current challenges for ecologist". *Trends in ecology and evolution*. vol.19, no.1, pp12-17, 2004.
[37] Karjalainen, E., Karjala, T. and Raito, H."Promoting human health through forests: overview and major challenges". *Environmental Health and Preventive Medicine ,* vol. 15, pp. 1–8, 2010.
[38] Keesing, F., Belden, L.K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C.D., Holt, R.D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K.E., Mitchell, C.E., Myers, S.S., Bogich, T. and Ostfeld, R.S. "Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases". *Nature ,* vol. 468, pp. 647–652, 2010.
[39] Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. and De Poorter, M. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database*. ISSG, Auckland, New Zealand, 2000.
[40] Lal, R. Soil conservation and Biodiversity: *In D.L. Hawks worth (Eds.),The Biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainability Agriculture* walling ford U.K CAB international, pp.89-104, 1994.
[41] Laurance, W. F. "Reflections on the tropical deforestation crisis". *Biological Conservation*, vol.91, pp.109–117, 1999.
[42] McGeoch, M.A., Butchart, S.H.M., Spear, D., Marais, E., Kleynhans, E.J., Symes, A., Chanson, J. and Hoffmann, M. "Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses". *Diversity and Distributions,* vol. 16, no.1, pp. 95–108, 2010.
[43] Myers, N. "The biodiversity Challenge: Expanded hot-spots analysis*" Environmentalist*, vol.10, pp.243-256, 1990.
[44] Millennium Ecosytem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being, Biodiversity Synthesis.* Washington DC: World Resources Institute (WRI), 2005.
[45] MA. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Reso2005urces Institute. Island Press, Washington, DC, 2005.
[46] Mendelssohn, Robert and Balick, Michael J. "The value of undiscovered pharmaceuticals in tropical forests". *Economic Botany,* vol. 49, no. 2, pp. 223–228, 1995.
[47] Milner-Gulland, E.J. et al. In: Johan, T. du Toit., Brian H. Walker and Bruce M. Campbell. (2004). conserving tropical nature: current challenges for ecologist. *Trends in ecology and evolution*, vol.19, no.1, pp.12-17, 2003.
[48] MEA. *Ecosystems and Human Well-Being, Biodiversity Synthesis.* Millennium Ecosystem Assessment. Washington DC: World Resources Institute (WRI),2005.
[49] Malaisse, F.*Se Nourir en Foret Claire Africaine.* Les Presses Agronomique de Gembloux, Gembloux, Belgium, 1997.
[50] McNeely, J.A. Economics and Biological Diversity. IUCN, Gland, Switzerland,1988.
[51] NEST. The Challenges of Sustainable Development in Nigeria. Report prepared for the United Nations Conference on Environment and Development, 1st-12th, June, 1992, Rio De Janeiro, Brazil, pp.152-172, 1992.
[52] Okorodudu-Fubara, M.T. *Law of Environmental Protection: Materials and Text,* Ibadan, Nigeria: Caltop Publication Ltd, pp.331-333, 1998.
[53] Oten-Yeboah A.A. In: Attuquyefio D.K and Fobil J.N. An Overview of Biodiversity Conservation in Ghana: Challenges and prospects. *West African Journal of Applied Ecology*, vol.7, pp.1-18, 1997, 1997.
[54] Perrings, C., Jackson, L., Bawa, K., Brussard, L., Brush, S., Gavin, T., Papa, R., Pascual, U. and De Ruiter, P. Biodiversity in agricultural landscapes: saving natural capital without losing interest. *Conservation Biology,* vol.20, pp.263–264, 2010.
[55] Posey, D. A. and Overal, W. (Eds.), *Ethnobiology: Implications and Applications: Proceedings of the First International Congress of Ethnobiology. Volume 1 (Theory and Practice; Ethnozoology)*. MPEG/CNPq/MCT, Belém), 1990.
[56] Republic of Kenya Ministry of Tourism and Wildlife. Tourism performance overview 2010, 2011. [Online] Available: http://www.tourism.go.ke/ministry.nsf/pages/facts_figures (January 12, 2014).
[57] Reise, K., Olenin, S. and Thieltges, D.W. "Are aliens threatening European aquatic coastal ecosystems"? *Helgoland Marine Research*, vol. 60, pp.77–83, 2006.
[58] Redford, K.H. and Stearman, A.M." Forest-dwelling native Amazonians and the conservation of biodiversity: interest in common or in collision?" *Conservation. Biology*, vol. 7, pp.718-1719, 1993.
[59] Report of Nigeria's National Population Commission on the 2006 Census. Report of Nigeria's National Population Commission on the 2006 Census. *Population and Development Review*, vol. 33, no.1, pp.206–210, 2007. [Online] Available: http://www.jstor.org/stable/25434601 (December 10, 2015).
[60] Reid, W.V. and Miller, K.R. *Keeping options Alive*: *The Scientific Bases for Conserving Biological Diversity*. World Resources Institute, Washington DC, 1989.
[61] Rowe R., Sharma, N.P and Browder J. Deforestation: problems causes and concerns. In*:* N.P. Sharma (Ed.), *managing the world forests; looking for Balance between conservation and Development, Dubuque*, IA Kendall Hunt, pp.33-45, 1992.
[62] Ravallion, M. *Evaluating anti-poverty programs.* In: T. P. Schultz and J. Strauss (Ed.), *Handbook of Development Economics*, North-Holland, Amsterdam, The Netherlands, pp. 3787-3846, 2007.
[63] Sweeting, J.E.N., A.G. Bruner, and A.B. Rosenfeld. The Green Host Effect: An Integrated approach to Sustainable Tourism and Resort Development. CI Policy Papers, Conservation International, Washington, D.C, vol.3, 1999.
[64] Spore. Biodiversity: our common Heritage. CTA no. 54, pp. 1-5, 1994.

[65] Simon, N. Stuart and Richard, J. Adams. Biodiversity in Sub-Saharan Africa and its Islands: Conservation, Management, and Sustainable Use. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission IUCN, Gland, Switzerland, no. 6, 1990.
[66] Sahney, S., Benton, M.J., Falcon-Lang H.J. "Rainforest collapse triggered Pennsylvanian tetrapod diversification in Euramerica". *Geology,* vol.38, pp. 1079–1082, 2010.
[67] Soderstrom B., Kiena S., and Reid R. S. "Intensified agricultural land-use and bird conservation in Burkina Faso". *Agricultural Ecosystems and Environment*, vol. 99, pp.113-124, 2003.
[67] Stewart, G. B., Coles, C. F. and Pullin, A. S."Applying evidence-based practice in conservation management: lessons from the first systematic review and dissemination projects". *Biological Conservation,* vol.126, pp.270-278, 2005.
[69] Sweeting, J.E. N., Bruner, A.G. and Rosenfeld, A.B. The Green Host Effect: An integrated Approach To Sustainable Tourism and Resort Development. CI Policy Papers, Conservation International, Washington, D.C, vol.3, 1999.
[70] Takacs, D. (1996). The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, pp. 393, 1996.
[71] The Nation, Nigeria. State of the Economy. Vol.10, no.3115, pp.35, 2015.
[72] The International Convention on Biological Diversity, (2003). Convention on Biological Diversity: Article 2: Use of Terms, 2003. [Online] Available: http://www.biodiv.org/convention/ (November 15, 2015).
[73] Tilman, D., Wedin D. and Knops, J. "Productivity and sustainability influence by Biodiversity in Grassland Ecosystems". *Nature,* vol.376, no.6567, pp. 718 – 720, 1990.
[74] Usman, B. A. and Adefalu, L. L. "Nigerian forestry, wildlife and protected areas: Status report". *Tropical Conservancy Biodiversity,* vol. 11, no. 3, pp. 44-52, 2010.
[75] United Nations Population Division. *World Population Prospects: The 2010 Revision*. New York: UN Population Division, 2011.
[76] Vié, J., C., Hilton-Taylor., C, and Stuart, S. N. *Wildlife in a Changing World—An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. Gland: International Union for Conservation of Nature (IUCN), 2010.
[77] World Bank. World Development report. Oxford, UK. Oxford University Press, 1992.
[78] *World Bank.* 2009*. Gender in agriculture sourcebook. World Bank Publications,* pp. 454, 2009. [Online] Available: ISBN 978-0-8213-7587-7 (October 15, 2015).
[78] WTTC World Travel and Tourism Council. Economic impact, pp.1-2, 2015. [Online] Available: https://www.wttc.org.(January 5, 2016)