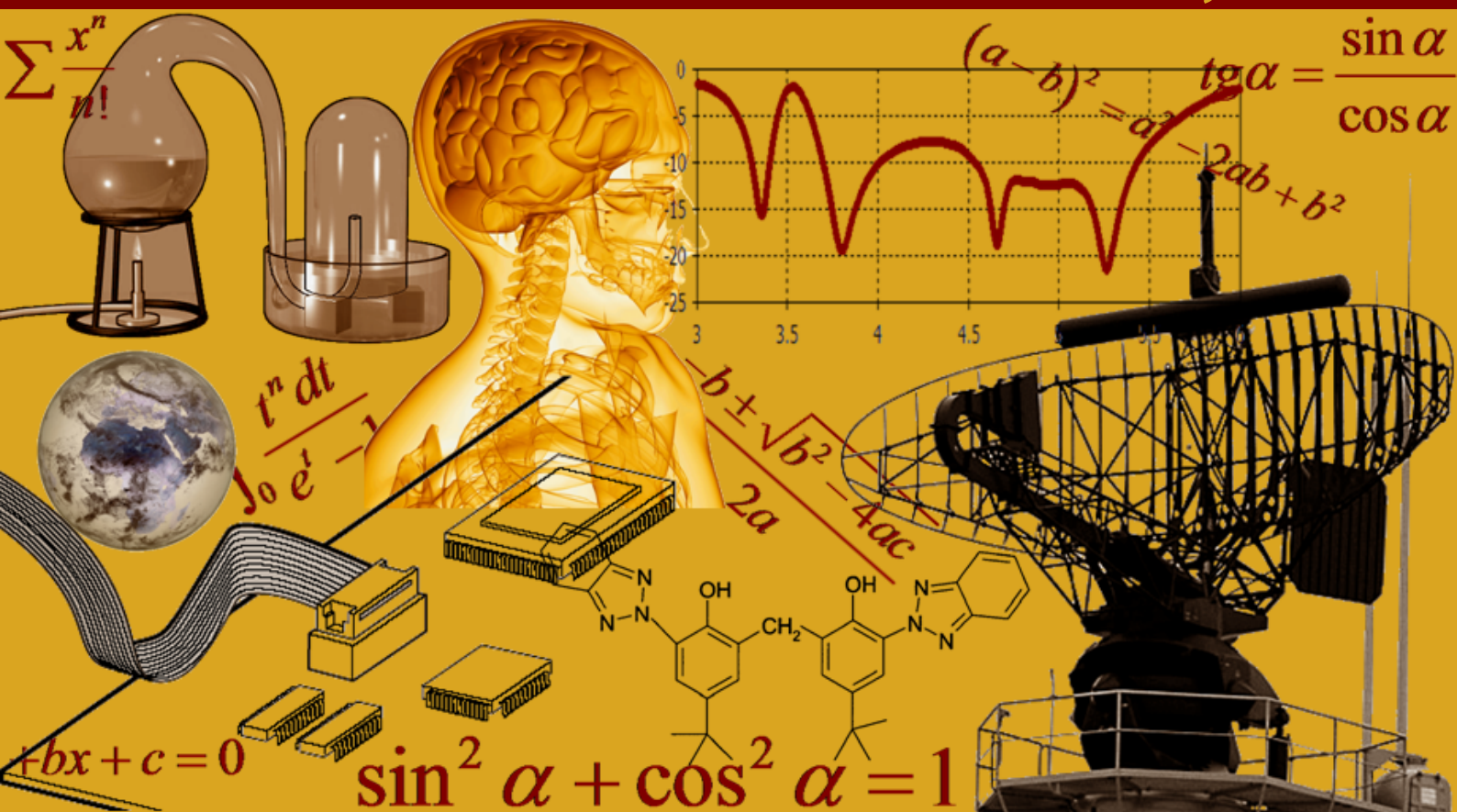


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 43 N. 1 June 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Raisoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Caractéristiques de la croissance et facteur de condition k de <i>Clarias jaensis</i> (Boulenger, 1909) pêchée dans les rivières de la plaine inondable des Mbô (Cameroun)	1-9
<i><u>Tchouante Tzukam Christelle, Thomas Efole EWOUKEM, and JOSEPH TCHOUMBOUE</u></i>	
Utilisation de l'analyse palynologique pour la reconstitution paléoenvironnementale et paléoclimatique des dépôts de l'Albien des puits Offshore du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, marge d'Abidjan	10-24
<i><u>Mamery Doukoure, Zéli Bruno DIGBEHI, Bakary FOFANA, Kader Bamba, Kalou Bi Kié Hervé Dobo, Raphael Yao Konan, Kangah Kouadio David, Ignace Tahi, and Yaya Coulibaly</u></i>	
Effet comparé des extraits des feuilles de <i>Manihot esculenta</i> Crantz (Euphorbiaceae) et de <i>Laportea aestuans</i> (Urticaceae) sur la croissance et la qualité d' <i>Arthrospira platensis</i> en culture artisanale dans la localité de Yabassi-Cameroun	25-40
<i><u>MUTLEN Melvin, FOKOM Raymond, Minette Tomedi Eyango, DIBONG Siegfried Didier, SIMENI Yannick Hervé, and BOYOMO SAMAKI Brice Steve</u></i>	
Online to Onsite: A Case Study of Information System for Capturing Museum Visits	41-50
<i><u>Fang-Yi SU</u></i>	
TERRITOIRES SOCIO ECONOMIQUES PRODUIT PAR L'ACTIVITE MINIERE ARTISANALE AU LUALABA	51-57
<i><u>KALALA MUTANDA Patrico</u></i>	

Caractéristiques de la croissance et facteur de condition k de *Clarias jaensis* (Boulenger, 1909) pêchée dans les rivières de la plaine inondable des Mbô (Cameroun)

[Growth characteristic and condition factor K of *Clarias Jaensis* (Boulenger, 1909) caught in the floodplain rivers of Mbô (Cameroon)]

Tchouante Tzukam Christelle¹, Efole Ewoukem Thomas², and J. Tchoumboue¹

¹Département de Production Animales, Université de Dschang, Bp : 222 Dschang, Cameroon

²Département de Foresterie, Université de Dschang, Cameroon

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

ABSTRACT: The study on the characteristics of growth and condition factor K of *Clarias jaensis* was made in the floodplain of Mbô in Cameroon according to site, season, sex and size class. To assess the structure and dynamics of the population of *C. Jaensis*, in order to reduce mismanagement of fishing, 230 fish caught by "hawk" type gill nets, hooks and baited traps were collected monthly in three sites (Menoua, Nkam and flooded ponds) among fishermen between November 2016 and September 2017. The measurements and weighings of the total and standard lengths, then the total weight and eviscerated weight of the specimens ranged from 12.00 to 52.00 cm and 10.50 to 47, 50 cm respectively; Between 9.99 to 1165.59 g and 8.65 to 1119, 80 g. Overall, this species has a positive allometry growth. However, it showed seasonal variations. Thus, in the dry season, it passes from positive allometry to negative allometry regardless of sex and state of maturity, then isometry growth in the Nkam River to allometry positive in Menoua and flooded ponds. Condition factor K varied between 1.05 and 1.17 regardless of the factor considered. However no significant differences were observed. In view of these results, *C. Jaensis* could be considered as potential candidate for aquaculture

KEYWORDS: Length-weight, K-factor, allometry growth, Mbô Plain, Cameroon.

RÉSUMÉ: L'étude sur les caractéristiques de la croissance et le facteur de condition K de *Clarias jaensis* a été faite dans la plaine inondable des Mbô au Cameroun en fonction du site, de la saison, des sexes et des classes de taille. Pour évaluer la structure et la dynamique de la population de *C. jaensis*, afin de réduire la mauvaise gestion de pêche, 230 poissons capturés par des filets maillants de type « épervier », hameçons et des nasses appâtées ont été collectés mensuellement dans trois sites (Menoua, Nkam et les étangs inondés) auprès des pêcheurs entre novembre 2016 et septembre 2017. Les mensurations et pesés des longueurs totale et standard, puis le poids total et le poids éviscéré des spécimens varient respectivement entre 12,00 à 52,00 cm (LT) et 10,50 à 47,50cm (LS) ; entre 9,99 et 1165,59 g (PT) et 8,65 à 1119,80g. Dans l'ensemble, cette espèce a une croissance allométrie positive, cependant, elle a présenté des variations saisonnières. C'est ainsi qu'en saison sèche, la croissance passe d'allométrie positive à allométrie négative quels que soient le sexe et l'état de maturité, ensuite de croissance isométrie dans la rivière Nkam à allométrie positive dans la Menoua et les étangs inondés. Le facteur de condition K a varié entre 1,05 et 1,17 quels que soit le facteur considéré. Toutefois aucune différence significative n'a été observée. Au vue de ces résultats, *C. jaensis* pourrait être considéré comme un candidat potentiel pour l'aquaculture.

MOTS-CLEFS: Longueur-poids, facteur K, croissance allométrie, plaine des Mbô, Cameroun.

1 INTRODUCTION

La diversité biologique de la faune fait actuellement objet de plusieurs recherches dans le domaine de l'évolution. Chez les poissons, la connaissance sur la croissance se manifeste par des variations de la longueur et du poids (Baijot *et al.*, 1994[1] ; Pauly et Moreau, 1997[2]; Lévêque, 1999[3]). Cette relation permet une meilleure compréhension de l'évolution des stocks en fonction des modifications apportées dans son exploitation. Selon Stergiou et Moutopoulos (2001) [4], les données sur la relation longueur-poids sont utiles pour l'estimation de la biomasse à partir des longueurs, du facteur de condition K des populations piscicoles dans un milieu donné, et à la prédiction du poids dans l'évaluation des captures. Toutefois, la taille de poissons est une caractéristique biologique et un bon indicateur des performances zootechniques susceptibles de s'exprimer en milieu d'élevage (Fontaine *et al.*, 2009) [5]. Cependant, il est conditionné par l'environnement externe qui peut agir à travers le rétrécissement saisonnier des superficies des plans d'eau (Lévêque et Paugy, 2006) [6], le confinement des poissons, la rareté des ressources alimentaires (Chikou *et al.*, 2008) [7], la qualité de l'habitat (Kapute *et al.*, 2016) [8] et le sexe.

L'Afrique abrite une biodiversité de 3800 espèces de poissons d'eau douce, suffisante pour soutenir un développement aquacole durable (Mbéga, 2013) [9]. Toutefois, beaucoup d'entre elles restent mal connues pour être valorisées et parfois sont menacées de disparition du fait de l'eutrophisation, de la dégradation de l'environnement et de la rupture de l'équilibre communautaire par les espèces allochtones (Lévêque, 2000) [10]. Ainsi, un grand intérêt est accordé de nos jours à la préservation de la biodiversité via la domestication des espèces autochtones d'intérêt à haut potentiel aquacole (Lazard, 2013) [11].

Le Cameroun possède une grande diversité d'espèces d'eau douce peu exploitées, qui pourrait avoir une grande importance économique. Ainsi, au sein de cette biodiversité endogène, le genre *Clarias spp* est représenté dans de nombreuses rivières par différentes espèces. Dans la plaine inondable des Mbô, on retrouve dans les cours d'eau particulièrement deux espèces *Clarias gariepinus* et *jaensis*. Ce dernier est apprécié dans les plats traditionnels et de mariages, ainsi que dans d'autres célébrations coutumières, il est facile à manipuler et très prisée par la population locale (Pouomogne, 2008) [12] : est donc un candidat potentiel pour la pisciculture. Bien que certaines études sur le régime alimentaire et la reproduction de *C. jaensis* en vue de sa domestication aient été effectuées en milieu naturel, la connaissance préalable sur l'étude des caractéristiques de la croissance notamment la relation longueur-poids et le facteur de condition K serait envisagée afin de valoriser et de garantir un environnement constant en vue d'élaborer la technique de son élevage. C'est dans cette perspective que le travail a été initié avec pour objectif général de contribuer à la préservation et à la valorisation de la biodiversité des ressources halieutiques endogènes en général et des Clariidae en particulier au travers l'évaluation de l'influence des facteurs endogènes et exogènes sur les caractéristiques de croissance de *C. jaensis*.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PÉRIODE ET ZONE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée de novembre 2016 à septembre 2017, dans la plaine inondable des Mbô (LN : 5° 10'-5° 30' et LE : 9° 50'-10° 10', altitude moyenne : 700 m) au Cameroun. Elle est située dans la vallée supérieure du Nkam et s'étend au Nord jusqu'à la falaise des Mbô (Dschang) et au Sud jusqu'au sommet du Mont Manengouba. Le climat chaud et humide est de type camerounien à régime des pluies pseudo tropical avec une précipitation moyenne de 1860 mm. (fig. 1). La plaine des Mbô est caractérisée par deux saisons: une saison sèche allant de mi-novembre à mi-mars, au cours de laquelle les températures varient de 18 °C à 30 °C ; et une saison de pluie de mi-mars à mi-novembre avec des températures de 17 °C à 26 °C. L'humidité relative varie de 49,0 à 97,9% entre les deux saisons.

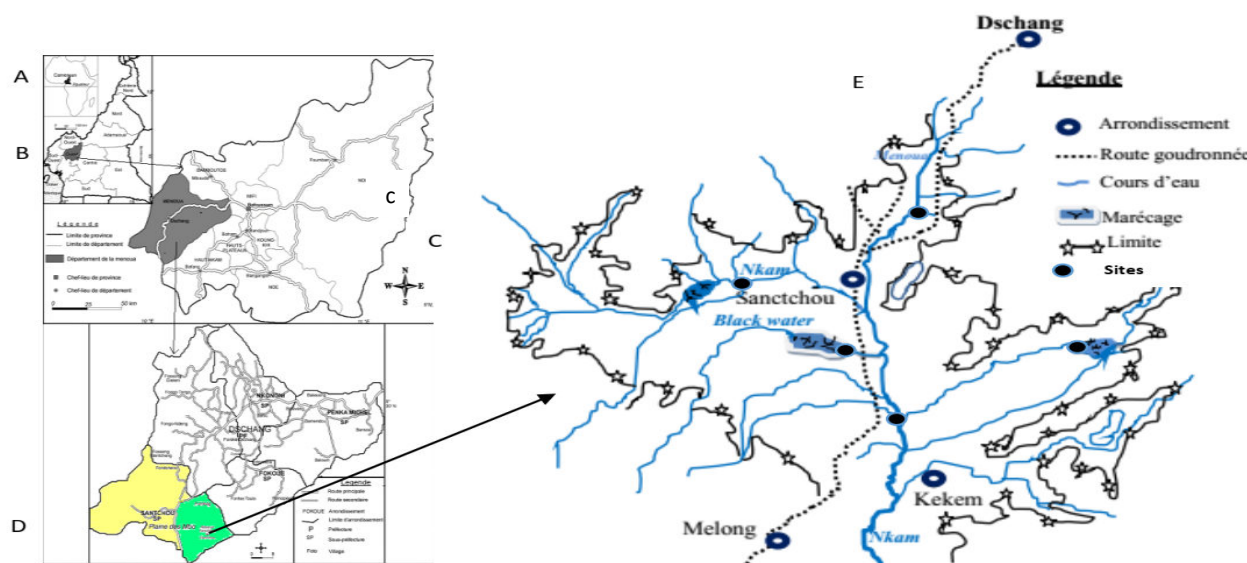


Fig. 1. Réseau hydrographique et site de collecte des données localisés dans la Plaine des Mbô (E), Département de la Menoua (D), Région Ouest (C), Cameroun (B) et Afrique (A)

2.2 ECHANTIonnAGE DES POISSONS

Les poissons capturés à l'aide de filets maillants de type épervier 3 à 4 doigts (3 à 4 cm), des nasses et des hameçons appâtées du milieu naturel ont été collectés mensuellement le matin auprès des pêcheurs puis étiquetés (date de collecte et lieu), mis en glacière et transportés au Laboratoire d'Ichtyologie et d'Hydrobiologie Appliquées de l'Université de Dschang et; ensuite identifié selon Stiasny *et al.* (2007) [13]. Au total 230 poissons ont été capturés. Les mesures des longueurs ont été faites à l'aide d'un ichtyomètre à 0,1 cm près de l'extrémité antérieure du museau jusqu'à la base de la nageoire caudale pour la longueur standard (LS), et jusqu'à la pointe pour la longueur totale (LT). Le poids total (PT) de chaque poisson a été mesuré à l'aide d'une balance électronique (OHAUS DIAL-OGRAM) de précision 0,1g. Après dissection et examen à l'œil nu des gonades, le sexe de chaque poisson a été déterminé ; Les individus chez qui le sexage était impossible, ont été considérés comme animaux à «sexe indéterminé». Le poids éviscéré (Pé) a été obtenu après extraction des viscères, à l'aide de la précédente balance.

2.3 DÉTERMINATION DE LA RELATION TAILLE-POIDS ET DU FACTEUR DE CONDITION K

Les relations longueur totale-longueur standard et poids total-poids éviscéré ont été établies par régression linéaire selon la méthode des moindres carrés, et les équations ont été les suivantes : $LT = a + b LS$ et $Pt = a + b Pé$ (a = ordonné à l'origine et b = pente de la droite de régression). La relation longueur-poids a été établie sous la forme $PT = a LT^b$ (Le Cren, 1951) [14] avec a comme constante de la régression, b le coefficient de régression, LT en cm et PT en g. En supposant que b est souvent proche de 3.

Le facteur de condition K a été calculé suivant Ricker (1975) [15]: $K = 100 \times PT / LT^3$ en fonction du site, de la saison, du sexe et de la classe de taille. Dans ce dernier cas, les poissons ont été regroupés en fonction de la longueur standard par classe de 8 cm d'intervalle, soit au total 4 classes.

2.4 ANALYSE STATISTIQUES

Les relations longueur totale-longueur standard et poids total-poids éviscéré ont été effectuées en fonction du site, de la saison, du sexe et de la classe de taille. Dans le souci de vérifier si la valeur de b déduite des courbes de régression était différente de 3, nous avons employé le test de Student au seuil de signification de 5%. Les paramètres de régression ont été calculés et analysés à l'aide du logiciel SPSS version 21.0.

3 RÉSULTATS

3.1 FRÉQUENCE DES CLASSES DE TAILLE EN FONCTION DU SITE, DE LA SAISON ET DU SEXE

La fréquence des classes de taille en fonction du site, de la saison et du sexe (fig2) montre que, indépendamment de la saison et du sexe, elle a été plus représentée dans la classe de taille [26-34[cm et moins dans celle de [10-18[cm. Lorsqu'on compare les saisons en tenant comptes des sexes, elle est plus représentée chez les femelles de la classe [26-34[cm en étant le moins dans celle ≥ 34 cm quelle que soit la saison.

Lorsqu'on considère les sites indépendamment des saisons et des sexes, la classe de taille [26-34[cm a enregistré la fréquence de classe de taille la plus élevée (37%) suivie de la classe [18-26[cm dans le fleuve Nkam. La plus faible (2%) étant obtenue dans la classe ≥ 34 cm dans le fleuve Menoua. En tenant compte des saisons à sexe égal, de toutes les fréquences des classes de taille ainsi représentées, la classe de taille [26-34[cm suivie de celle entre 18 à 26 cm a été la plus élevée en saison sèche et la plus faible étant la classe de taille ≥ 34 cm en saison pluvieuse.

A site égal lorsqu'on compare les sexes, la fréquence des classes de taille la plus représentée est celle des femelles de la classe [26-34[cm quels que soient la saison et le site. Par ailleurs, la plus faible fréquence de taille représentée est celle des mâles de la classe [10-18[cm en saison sèche, suivie de la classe [18-26[et ≥ 34 cm en saison pluvieuse dans le fleuve Menoua. Cependant, la fréquence de taille de l'intervalle 26 à 34 cm a été absente chez les indéterminés quels que soient le site et la saison.

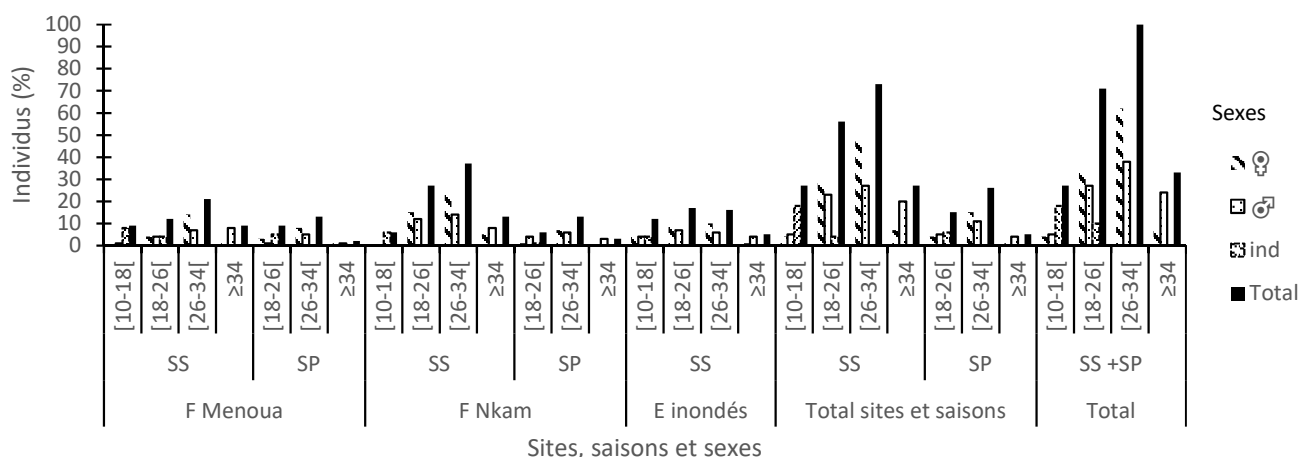


Fig. 2. Fréquence des classes de taille en fonction du site, de la saison et du sexe

♀ : femelle ; ♂ : mâle ; ind : sexe indéterminé ; SS : saison sèche, SP : saison pluvieuse ; F : fleuve ; E : étangs

3.2 FACTEUR DE CONDITION K EN FONCTION DU SITE, DE LA SAISON ET DU SEXE

Le facteur de condition K en fonction du site, de la saison et du sexe tel que illustré par la fig. 3 montre que dans l'ensemble, il est plus élevé chez les femelles (1,19) et plus faible (1,11) chez les mâles. En considérant les saisons quel que soit le sexe, il est plus élevé en saison pluvieuse par rapport à la saison sèche. Cependant, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'a été observée.

En comparant les sites indépendamment des saisons et des sexes, le facteur de condition K est plus élevé dans le fleuve Menoua et plus faible dans les étangs inondés. En tenant compte du sexe, le facteur k a été plus élevé chez les femelles en saison pluvieuse en étant plus faible chez les indéterminés en saison sèche dans le fleuve Menoua. Par ailleurs, il a été plus élevé chez les mâles en saison pluvieuse dans le fleuve Nkam et plus faible chez les sexes indéterminés en saison sèche dans les étangs inondés.

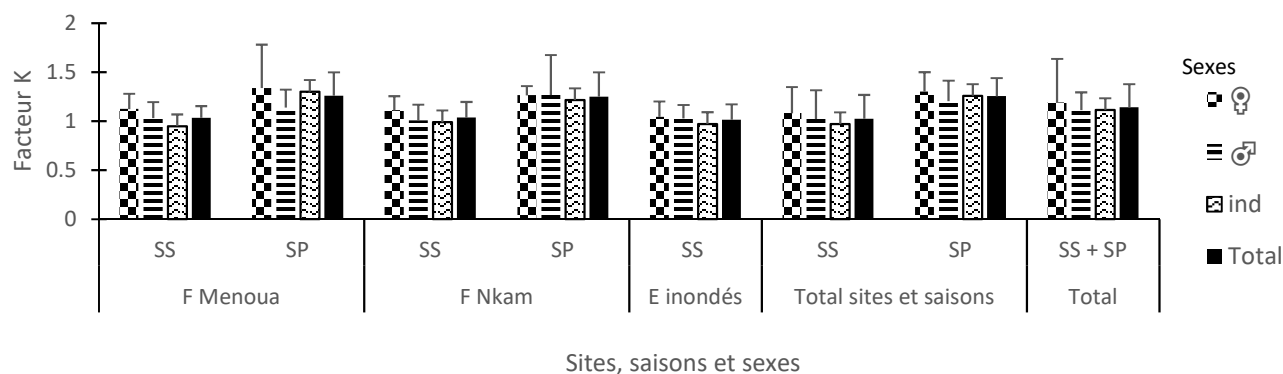


Fig. 3. Facteur de condition K en fonction du site de capture, de la saison et du sexe dans la plaine des Mbô chez *C. jaensis*.

♀ : femelle ; ♂ : mâle ; ind : sexe indéterminé ; total : sexe indéterminé, femelle, mâle ; SS : saison sèche, SP : saison pluvieuse ; F : fleuve ; E : étangs

3.3 RELATION ENTRE LA LONGUEUR TOTALE (LT)/ LONGUEUR STANDARD (LS) ET LE POIDS TOTAL (PT)/ POIDS ÉVISCÉRÉ (PE)

La relation (LT)/(LS) et le PT/Pe en fonction du site, de la saison, du sexe et de l'état de maturité (Tab. 1 et 2) ont été dans l'ensemble positive, de type linéaire et hautement significative ($P < 0,001$). Quel que soit le facteur de variation considéré, le coefficient de détermination a été très élevé.

Tableau 1. Relation entre la longueur totale et la longueur standard en fonction du site, de la saison, du sexe et de l'état de maturité

Sites, Saisons et sexes	n	Equation de régression : $LT = bLS + a$	R^2	P
Total sites et saisons				
Sèche				
♀	87	$LT = 1,047LS + 1,3911$	0,985	$P < 0,001$
♂	75	$LT = 1,072LS + 0,671$	0,991	$P < 0,001$
♀♂	163*	$LT = 1,061LS + 0,993$	0,991	$P < 0,001$
Ind	21	$LT = 1,004LS + 1,614$	0,980	$P < 0,001$
Total (ss)	184	$LT = 1,065LS + 0,836$	0,993	$P < 0,001$
Pluvieuse				
♀	20	$LT = 1,046LS + 1,610$	0,954	$P < 0,001$
♂	20	$LT = 1,037LS + 2,187$	0,910	$P < 0,001$
♀♂	40*	$LT = 1,043LS + 1,812$	0,928	$P < 0,001$
Ind	6	$LT = 0,931LS + 3,957$	0,937	$P < 0,001$
Total (sp)	46	$LT = 1,055LS + 1,465$	0,944	$P < 0,001$
Total (ss + sp)	230	$LT = 1,067LS + 0,873$	0,988	$P < 0,001$

Tableau 2. Relation entre le poids total et le poids éviscéré en fonction du site, de la saison, du sexe et de l'état de maturité

Sites, Saisons et sexes	n	Equation de régression : $PT = aPe + b$	R^2	P
Total sites et saisons				
Sèche				
♀	87	$PT = 1,077Pe + 0,993$	0,994	$P < 0,001$
♂	75	$PT = 1,051Pe + 1,064$	0,999	$P < 0,001$
♀♂	162*	$PT = 1,059Pe + 1,351$	0,997	$P < 0,001$
Ind	22	$PT = 1,035Pe + 0,902$	0,998	$P < 0,001$
Total	184	$PT = 1,059Pe + 0,966$	0,998	$P < 0,001$
Pluvieuse				
♀	20	$PT = 1,065Pe - 1,658$	0,996	$P < 0,001$

♂	20	PT= 1,058Pe – 1,539	0,999	P < 0,001
♀♂	40*	PT= 1,060Pe – 1,170	0,998	P < 0,001
Ind	6	PT= 1,062Pe + 1,579	0,987	P < 0,001
Total	46	PT= 1,056Pe + 0,253	0,998	P < 0,001
Total (ss + sp)	230	PT= 1,059Pe + 0,879	0,998	P < 0,001

♀ : femelle ; ♂ : mâle ; ind : sexe indéterminé ; * : total femelle et mâle ; n= nombre de poisson, R²= coefficient de détermination, PT= poids totale, LS= longueur standard ; a= ordonné à l'origine, b= pente de la droite de régression, P < 0,001= hautement significatif

3.4 RELATION ENTRE LE POIDS TOTAL (PT) ET LA LONGUEUR STANDARD (LS)

La relation (PT)/(LS) en fonction du site, de la saison, du sexe et de l'état de maturité (Tab. 3) montre en général qu'elle est de type puissance avec une croissance allométrie positive et hautement significative (P<0,001). Quel que soit le facteur de variation considéré, le coefficient de détermination a été très élevé.

Lorsqu'on compare les saisons quel que soit le sexe, la croissance allométrie la plus élevée est enregistrée en saison sèche comparée à la saison pluvieuse. A saison égale en tenant compte des sexes, la valeur la plus élevée est obtenue chez les mâles et la plus faible chez les femelles en saison sèche. A l'inverse, la croissance allométrie est plus élevée chez les mâles et plus faible chez les indéterminés en saison pluvieuse. Indépendamment des saisons et des sexes, la croissance allométrie est plus élevée dans le fleuve Menoua et les étangs inondés et plus faible dans le fleuve Nkam.

Tableau 3. Relation entre le poids total et la longueur standard en fonction du site de la saison, du sexe et de l'état de maturité

Sites, Saisons et sexes	n	Equation de régression : PT= aLS ^b	R ²	P
Fleuve Menoua				
Sèche				
♀	19	PT= 0,017LS ^{2,865}	0,935	P < 0,001
♂	20	PT= 0,009LS ^{3,018}	0,967	P < 0,001
♀♂	39*	PT = 0,012LS ^{2,945}	0,955	P < 0,001
Ind	12	PT = 0,004LS ^{3,356}	0,963	P < 0,001
Total	51	PT= 0,006LS^{3,139}	0,978	P < 0,001
Pluvieuse				
♀	13	PT= 1,083LS ^{1,009}	0,979	P < 0,001
♂	7	PT = 0,001LS ^{3,805}	0,909	P < 0,001
♀♂	20*	PT= 0,051LS ^{2,571}	0,750	P < 0,001
Ind	5	PT= 0,086LS ^{2,389}	0,968	P < 0,001
Total	24	PT= 0,043LS^{2,620}	0,830	P < 0,001
Total (ss + sp)	75	PT= 0,008LS^{3,111}	0,955	P < 0,001
Fleuve Nkam				
Sèche				
♀	43	PT= 0,012LS ^{2,960}	0,934	P < 0,001
♂	34	PT = 0,005LS ^{3,208}	0,951	P < 0,001
♀♂	77*	PT= 0,008LS ^{3,068}	0,933	P < 0,001
Ind	6	PT= 0,025LS ^{2,632}	0,919	P < 0,001
Total	83	PT= 0,008LS^{3,070}	0,966	P < 0,001
Pluvieuse				
♀	8	PT= 0,012LS ^{3,009}	0,953	P < 0,001
♂	13	PT= 0,030LS ^{2,728}	0,818	P < 0,001
♀♂	21*	PT = 1,050LS ^{2,501}	0,899	P < 0,001
Total	21	PT= 0,023LS^{2,806}	0,851	P < 0,001
Total (ss+sp)	105	PT= 0,008LS^{3,079}	0,950	P < 0,001
Etangs inondés				
Sèche				
♀	25	PT = 0,008LS ^{3,077}	0,970	P < 0,001

♀	21	PT= 0,006LS ^{3,162}	0,971	P < 0,001
♂	46*	PT = 0,007LS ^{3,114}	0,969	P < 0,001
Ind	4	PT= 0,011LS ^{2,924}	0,989	P < 0,001
Total	50	PT= 0,007LS^{3,111}	0,976	P < 0,001
Total sites et saisons				
Sèche				
♀	87	PT = 0,009LS ^{3,048}	0,955	P < 0,001
♂	75	PT = 0,006LS ^{3,115}	0,965	P < 0,001
♀♂	162*	PT = 0,008LS ^{3,071}	0,958	P < 0,001
Ind	22	PT= 0,007LS ^{3,093}	0,952	P < 0,001
Total	184	PT = 0,007LS^{3,109}	0,846	P < 0,001
Pluvieuse				
♀	20	PT = 0,062LS ^{2,524}	0,795	P < 0,001
♂	20	PT = 0,019LS ^{2,859}	0,821	P < 0,001
♀♂	40*	PT = 0,034LS ^{2,700}	0,804	P < 0,001
Ind	6	PT= 0,095LS ^{2,354}	0,962	P < 0,001
Total	46	PT = 0,032LS^{2,719}	0,846	P < 0,001
Total (ss + sp)	230	PT= 0,008LS^{3,112}	0,959	P < 0,001

♀ : femelle ; ♂ : mâle ; ind : sexe indéterminé ; * : total femelle et mâle ; n= nombre de poisson, R²= coefficient de détermination, PT= poids totale, LS= longueur standard ; a= ordonné à l'origine, b= pente de la droite de régression, P < 0,001= hautement significatif

4 DISCUSSION

La fréquence de classe de taille des individus plus âgés a été plus élevée dans le fleuve Nkam et en saison sèche par rapport aux autres sites. Ceci pourrait être en relation avec l'écologie alimentaire et l'éthologie reproductive de cette espèce. En effet, plusieurs cours d'eaux se jettent dans le fleuve Nkam qui semble être une zone de frai essentielle à la réussite de la ponte chez cette espèce. De plus, les larves d'insectes, les crustacés et les algues, aliments essentiels des poissons aux stades larvaires et juvéniles sont plus abondants dans le fleuve Nkam en saison sèche. Cela fait penser que *C. jaensis* aurait effectué des migrations de pontes d'un point à l'autre.

Le facteur de condition K de *Clarias jaensis* est en général supérieur à 1, ce qui signifierait que les poissons se portent bien dans cet écosystème. D'après Fulton (1902) [16], K≥1 exprime le « bien-être » d'une population au cours des stades variés de son cycle de vie ; alors que K<1 signifie que le poisson n'est pas en embonpoint dans son biotope. Le « bien-être » de la population de cette espèce se serait donc bien exprimé dans l'écosystème de la plaine inondable des Mbô au cours de cette période d'étude. Le facteur de condition K a peu varié (1,11 à 1,19) en restant supérieur à 1 quels que soient le site de capture, la saison et le sexe. Ces résultats sont semblables à ceux trouvés chez *C. gariepinus* ou K varie entre 1,00 et 1,11 dans la retenue de Tapoa au Burkina (Baijot et al., 1994) [1] et diffère de ceux observés chez *Clarias gariepinus*, *ebriensis* et *Synodontis nigrita* dans le Delta de l'Ouémé (Chikou et al., 2008) [7].

Par ailleurs, les valeurs du facteur de condition k obtenue chez les mâles et les femelles de *Clarias jaensis* ont été plus faibles que celles observées chez les mâles (1,29) et chez les femelles (1,36) de *Clarias gariepinus* (Baijot et al., 1994) [1]. Toutefois, elles ont été plus élevées que les valeurs obtenues chez *C. anguillaris* et *C. gariepinus* rapportées par Nomwine et al., (2018) [17] et par Chikou et al., (2008) [7] dans la vallée de l'Ouémé. Ces auteurs soulignent que les réserves sont investies dans l'élaboration des produits sexuels et que le développement des gonades comprime de plus en plus le tractus digestif du poisson et peuvent faire baisser le facteur de condition K. Cette différence serait liée à l'espèce, au sexe et à l'alimentation. En effet, Konan et al., 2014[18] ont montré que les valeurs élevées du facteur de condition K pourraient expliquer par la présence d'une alimentation diversifiée et abondante dans le milieu.

Le facteur de condition K a été plus élevé en saison pluvieuse qu'en saison sèche quel que soit le facteur considéré. Ceci pourrait être dû aux conditions du milieu qui deviennent de plus en plus favorables du point de vue de l'alimentation. En effet, au mois de mai, la montée des eaux a commencé. Ces eaux venant de l'amont chargées en matières organiques inondent la plaine mise en culture par les populations pendant la décrue et fertilisent ainsi le milieu. Ainsi, il y a beaucoup plus de nourriture et de nouvelles eaux bien oxygénées. Les conditions se trouvent ainsi réunies pour le poisson-chat de grandir (Chikou et al., 2008) [7].

Les longueurs totale et standard, ainsi que le poids total et éviscéré chez *Clarias jaensis* dans la plaine inondable des Mbô sont très fortement corrélées quels que soient la saison, le sexe et l'état de maturité. Ces résultats sont comparables à ceux

rapportés par (Chikou *et al.*, 2008) [7] dans le Delta de l'Ouémé chez six espèces de Clariidae, par (Coulibaly, 2008) [19] dans le fleuve de Sourou au Burkina Faso chez *C. gariepinus* et par (Ndjaki, 2009) [20] chez *C. buthupogon* dans les rivières de Yoko, de Biaro et de leurs affluents.

La valeur du coefficient de régression b qui donne des informations sur le type de croissance du poisson (Montcho *et al.*, 2009) [21] varie en général dans nos travaux de 2,35 à 3,80 si l'on ne tient pas compte de celle des femelles en saison pluvieuse dans le fleuve Menoua. Nos résultats se trouvent dans l'intervalle rapporté par Paugy et Moreau, 1997) [2], Offen *et al.*, 2009) [22] et Montchowui *et al.*, 2009) [23] qui situeraient la valeur de b entre 2,50 et 3,50 ; 2,50 et 4,00 ou entre 2,00 et 4,00 respectivement. Des résultats similaires ont été rapportés chez quatre espèces de poissons de la rivière de Sourou (2,70 à 3,15) (Coulibaly, 2008) [19] et chez *C. gariepinus* dans la Mare Hippopotame à Burkina Faso (Sanon, 1995) [24].

Le coefficient de régression b n'a pas varié d'un site à un autre et est sensiblement égal à 3. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Chikou *et al.*, 2008[7] chez *C. gariepinus* dans le lit du fleuve (3,03), les acada (2,96) et dans les trous à poissons (2,95) et par (Goulibaly, 2008) [19] dans la rivière de Sourou (3,14) chez la même espèce. Par contre, elle diffère des résultats observés chez *Clarias gariepinus* par Sanon (1995) [24] à la Mare aux Hippopotames (3,21), par Coulibaly (2003) [25] dans les pêcheries du centre de Burkina Faso (3,23) et de celle obtenue chez *C. anguillaris* dans le lac Bam (3,21) et le réservoir de la Kompienga (3,33) au Burkina Faso (Nomwine *et al.*, 2018) [17]. Ces auteurs expliquent que le coefficient de régression b supérieur à la valeur standard ($b=3$), montrerait que la croissance est en faveur du poids donc est allométrie positive. La valeur de b chez *C. jaensis* a été supérieure à celle obtenue chez *Heterobranchius longifilis* dans la rivière Idodo au Nigéria Anibeze (2000) [26]. Les différences observées seraient liées à la disponibilité alimentaire, l'habitat et à l'espèce.

Le coefficient de régression b a été inférieur à la valeur isométrique de $b=3$ en saison pluvieuse quels que soient le sexe et l'état de maturité, montrant ainsi que la croissance est en faveur de la longueur donc est allométrie négative. Cela indique selon (Offem *et al.*, 2008) [22], que les populations de poissons forment un groupe hétérogène avec des poids du corps variant différemment avec le coefficient cubique de leurs longueurs totales. La même observation a été faite chez quatre espèces de poissons au Burkina Faso par Coulibaly (2008) [19] et chez *C. jaensis* élevé en association avec *Oreochromis niloticus* (Zango *et al.*, 2018) [27]. Cependant, en saison sèche la valeur du coefficient de régression b chez les femelles a été proche de la valeur standard ($b=3$): donc isométrie; tandis qu'elle a été allométrie positive chez les mâles. La disponibilité de nourriture et l'état de maturité sexuelle pourraient expliquer la différence de croissance entre les deux sexes. La croissance isométrie indique que la plaine inondable des Mbô possède des groupes homogènes de *C. jaensis*.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude sur les caractéristiques de croissance de *Clarias jaensis* dans la plaine inondable des Mbô, il ressort que cette espèce a une croissance allométrie variant d'une saison à l'autre et un facteur de condition supérieur à 1 indiquant un bien être des poissons. Le facteur de condition K et le coefficient de régression b ont variés avec le site de capture, la saison, le sexe et l'état de maturité. Elle pourrait donc être exploitée comme espèce potentielle pour l'aquaculture.

RÉFÉRENCES

- [1] E. Baijot, J. Moreau, I. Barry, S. Bouda. Biologie et démographie des principales espèces de poissons des retenues d'eau du Burkina Faso. In *Aspects Hydrobiologiques et Piscicoles des Retenues en Zone Soudano-sahélienne*. (eds). CTA, Wageningen., 87-122, 1994.
- [2] D. Pauly, J. Moreau. *Méthodes pour l'Evaluation des Ressources Halieutiques*. CEPADUES: Toulouse.1997.
- [3] C. Lévêque. Croissance et ontogénie. In *Les Poissons des Eaux Continentales Africaines: Diversité, Ecologie, Utilisation par l'Homme*, (eds). IRD : Paris (France) 153–166. 1999.
- [4] K. I. Stergiou and D. K. Moutopoulos, A review of length-weight relationship of fishes from Greek Marine Waters. *Naga*, 24 (1-2): 23–39. 2001.
- [5] P. Fontaine, M. Legendre, M. Vandeputte et A. Fostier. Domestication de nouvelles espèces et développement durable de la pisciculture. *Cah. Agric.*, 18 (2-3): 119-124.
- [6] C. Lévêque et Paugy D. *Les poissons des eaux continentales africaines*. Institut de Recherche pour le Développement. IRD Edition, Paris. 2006.
- [7] A. Chikou, P.A. Laleye, V. Raemakers et V.J. Philippart. Etude de l'âge et de la croissance chez *Clarias gariepinus* (Pisces, Clariidae) dans le delta de l'Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 2(2) :157-167.2008.
- [8] F. Kapute, J. Valeta, J. Likongwe, J. Kang, J. Nagoli and D. Mbamba. Growth performance of three tilapia fish species raised at varied pond sizes and water depths. *Int. J. of Fisheries and Aquaculture*, (8): 81-86. 2016.

- [9] J. D. Mbega. Systématique des poissons africains. Ecole d'été. 2013.
- [10] C. Lévêque. Les introductions d'espèces dans les milieux naturels et leurs conséquences. In: Les Poissons des Eaux continentales africaines. Diversité, Écologie, Utilisation par l'Homme. 1999. pp. 351-364. Paris: IRD
- [11] J. Lazard. " Les paradoxes et les questionnements soulevés par l'exploitation de la biodiversité (autochtone et introduite en aquaculture) ". *Académie d'Agriculture de France*, 2013.
- [12] V. Poumogne. Capture-based aquaculture of *Clarias catfish*: case study of the Santchou fishers in western Cameroon, A Lovatelli, PF Holthus (eds). Capture-based aquaculture. Global overview. FAO Fisheries Technical Paper. No. 508, Rome, 93-108. 2008.
- [13] M.L.J. Stiassny, G.G. Teugels et C.D. Hopkins. Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique Centrale (Vol.1). In *Faune et Flore Tropicales*. IRD Editions, Tervuren, MRAC : Paris ; 805. 2007.
- [14] E.D. Le Cren. The length-weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of animal Ecology*, 20 (2): 201-219. 1951.
- [15] Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- [16] Fulton. Rate of growth of seas fishes. *Sci. Invest. Fish. Div. Scot. Rept.*, 1902. 20:1035–1039.
- [17] D. A. Nomwine, R. Ouédraogo et A. Ouéda. Relation poids-longueur et facteur de condition de *Clarias anguillaris* et *Sarotherodon galilaeus* pêchées dans le lac Bam et le réservoir de la Kompienga au Burkina Faso. 2018. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(4): 1601-1610.
- [18] Y. A. Konan, M. Bamba et T. Koné. Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation de *Clarias buettikoferi* (Siluriformes; Clariidae) dans la forêt des marais Tanoé-Ehy (Côte d'Ivoire). *Cybum*, (2014). 38(4):61-68.
- [19] N. D. Coulibaly, Relation longueur-poids chez quatre espèces de poissons de la rivière Sourou au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 2008. pp.331–338.
- [20] J. N. Ndjaki. Étude des peuplements ichtyologiques des siluriformes des rivières forestières de Yoko, de Biaro et de leurs affluents. Biologie et écologie de *Clarias buthupogon* Sauvage 1879. 2009.
- [21] A. S. Montcho, P. Laleye, and K. E. Linsenmair. Length-length, length-weight relationships and condition factor of Nile perch, *Lates niloticus* (Linnaeus, 1762) in the Pendjari River, West Africa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2009. 3(3): 466-474.
- [22] O. B. Offem, A. Y. Samsons and T. I. Omoniyi. Length-weight Relationship, Condition factor and Sex Ratio of Forty six Important Fishes in a Tropical Flood River. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 2009. 4(2): 65-72.
- [23] E. Montchowui, M. J. Kogbeto and P. Lalèyè. 2009. Weight-length relationships for commercial fish species caught in Lake Hlan in Benin (West Africa). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2009. 3(3): 612–616.
- [24] Z. L. Sanon. Inventaire et dynamique de quelques espèces de poissons dans la réserve de la biosphère de la mare aux hippopotames et dans le lac de la vallée du Kou. Mem. Ingéniorat, Université/Inst. Dévelop. Rural de Ouagadougou, 1995. p.59.
- [25] N. D. Coulibaly. Relation taille-poids de 11 espèces de poissons du Burkina Faso. In *Fish Biology: Local Studies as Basis for Global Inferences*, Palomares MLD, Samb B, Diouf T, Vakily JM, et Pauly D (eds). ACP-UE Fisheries Research Report n°14 : Bruxelles, 2003. 20 – 22.
- [26] C.I.P. Anibeze. Length-weight relationship and relative condition of *Heterobranchius longifilis* (Valenciennes) from Idodo River, Nigeria. *Naga*, 2000. 23(2):34 – 35.
- [27] P. Zango, M. T. Eyango, T.C. Tiogue, E. T. Efole, V. poumogne, O. Mikolaseck O. et Tchoumboue Performance comparée de survie et de croissance d'*Oreochromis niloticus* associé à *Clarias jaensis* et à *Clarias gariepinus*. Cameroon journal of experimental biology 2018. Volume 11 N° 01,1-8.

Utilisation de l'analyse palynologique pour la reconstitution paléoenvironnementale et paléoclimatique des dépôts de l'Albien des puits Offshore du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, marge d'Abidjan

Mamery Doukoure¹, Bruno Zeli Digbehi², Bakary Fofana¹, Kader Bamba¹, Kalou Bi Kié Hervé Dobo¹, Raphael Yao Konan¹, Kangah Kouadio David¹, Ignace Tahi¹, and Yaya Coulibaly¹

¹Société Nationale des Opérations Pétrolières de Côte d'Ivoire (Petroci), BPV 194 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This work presents the results of palynological analysis of the Albo-Cenomanian interval of two wells located on the Abidjan margin in the offshore sedimentary basin of Côte d'Ivoire.

It aims to reconstruct deposition environments during this interval coinciding with the oceanic anoxic event (EAO1) recorded in the Atlantic. After classical chemical attacks with strong acids, the palynomorphs extracted from 114 cuttings samples were identified and counted. The results show that out of 9786 registered palynomorphs 5108 belong to the Y-3M well and 4678 to the Y-4M well.

Quantitative analysis of spore groups, pollen grains (*Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*), elateres and dinocysts revealed a predominantly continental (littoro-deltaic) depositional environment with marine incursions. This sedimentation occurred under a predominantly arid to semi-arid palaeoclimate under relatively humid conditions in some places.

These palynological quantitative approaches will help to refine the deposit environment of the Albien in Ivory Coast.

KEYWORDS: Palaeoenvironment, Albien, sedimentary basin, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Ce travail présente les résultats d'analyse palynologique de l'intervalle albo-cénomaniennne de deux puits implantés sur la marge d'Abidjan dans le bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire.

Il a pour objectif de reconstituer les environnements de dépôts durant cet intervalle qui coïncide avec l'événement anoxique océanique (EAO1) enregistré dans l'Atlantique. Après des attaques chimiques classiques aux acides forts, les palynomorphes extraits de 114 échantillons de déblais ont été identifiés et comptés. Les résultats montrent que sur 9786 palynomorphes enregistrés 5108 appartiennent au puits Y-3M et 4678 au puits Y-4M.

L'analyse quantitative des groupes de spores, de grains de pollen (*Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*), d'élatères et de dinokystes a révélé un environnement de dépôt à dominance continentale (littoro-deltaïque) ayant subi des incursions marines. Cette sédimentation s'est effectuée sous un paléoclimat à prédominance aride à semi-aride sous des conditions relativement humides par endroits.

Cette approche quantitative palynologique a contribué significativement à affiner particulièrement notre connaissance sur les milieux de dépôt de l'Albien en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: Paléoenvironnement, Albien, bassin sédimentaire, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire les sédiments les plus anciens sont attribués au Crétacé moyen (au moins). En revanche, certains auteurs ([1] Spengler et Delteil, 1963 ; [2] Blarez, 1986 ; [3] Mascle et Blarez, 1986 [4] Digbéhi, 1987 , [5] Chierici , 1996 ; [6] Yacé, 2002 ; [7] Digbehi et *al.*, 2012, ..) estiment qu'à l'exemple du Ghana, du Gabon et d'Angola, l'histoire du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire se prolongerait jusqu'au Crétacé inférieur et même au Jurassique terminal ? par une épaisse série continentale dite "Continental intercalaire" d'épaisseur variable.

Cependant, une reconstitution paléoenvironnementale précise n'a pu être donnée par ces auteurs sur le Crétacé inférieur en générale et sur l'Albien en particulier du bassin de Côte d'Ivoire. Par ailleurs, des études plus récentes (palynologiques et Paléoenvironnementales) des dépôts d'âge Crétacé-Tertiaire de la ride Côte d'Ivoire-Ghana (CIG) issues du programme ODP ont été entreprises par [8] Masure et al. (1998); [9] Moullade et al. (1998); [10] Oboh-Ikuenobe et al. (1998); [11] Atta-Peters et Salami (2004b); [12] Atta-Peters et al. (2015), etc. Ces études ont été concentrées précisément sur le Crétacé supérieur. Cependant, les travaux de [13] Atta-Peters et Salami (2006) réalisés sur le bassin offshore de Tano du puits Tano 1-1 au Ghana et à proximité de la marge transformante Côte d'Ivoire-Ghana leur ont attribué un âge Aptien-Albien et un environnement de dépôt marin marginal sous un climat aride à semi-aride humide. Ceux de [14] Atta-Peters (2013) réalisés sur des sédiments du puits 1S-3AX et de [15] Annan (2016) ont révélé à partir d'un assemblage de formes à Elaterates, un âge Albien-Cénomaniens sous des conditions paléoclimatique aride à semi-aride durant ces périodes dans le bassin de Tano au Ghana.

En outre, ([16] PETROCI & BEICIP, 1990); [17] Bamba (2011) ; [18] Bamba et al., (2017), dans le but d'assurer une meilleure connaissance de la géologie et la stratigraphie du bassin de Côte d'Ivoire, ont réalisé des études sédimentologique, biostratigraphique qui ont permis de proposer des découpages stratigraphiques de l'Albien. Néanmoins, des insuffisances persistent toujours notamment sur les caractéristiques palynologique et paléoenvironnementale des dépôts de cet étage du bassin, tant sur le plan de sa répartition latérale que verticale.

Le présent travail se justifie donc par la nécessité, grâce aux études menées sur les déblais de puits pétroliers offshore Y-3M et Y-4M dans la marge d'Abidjan (figure 1) de proposer une reconstitution paléoenvironnementale détaillée basée sur de nouvelles approches palynologiques impliquant la phytogéographie et la paléoécologie de l'intervalle, afin d'aider à la circonscription du potentiel pétrolier et gazier des dépôts de l'Albien du bassin de Côte d'Ivoire et singulièrement de celui de la marge d'Abidjan.

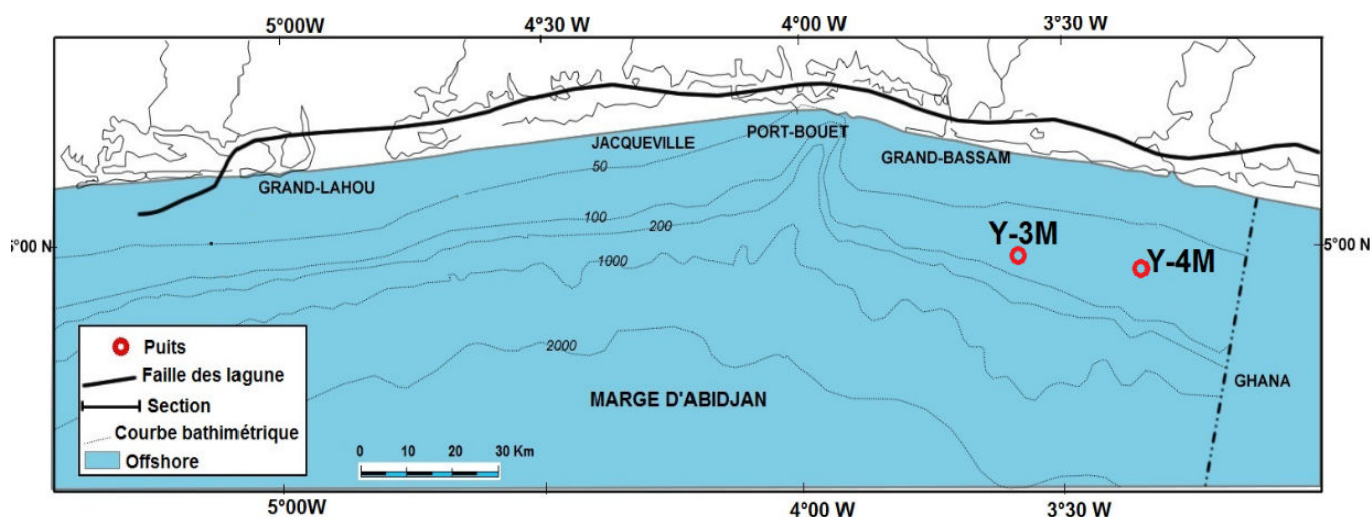


Fig. 1. Présentation du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire et localisation des puits Y-3M et Y-4M

2 APERCU DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE CI

L'histoire géologique de ce bassin est donc liée à l'ouverture de l'Atlantique. Elle débute par l'Albo-Aptien transgressif [6] (Yacé, 2002) sur une série continentale intercalaire ? mal datée, composé de d'argiles feuilletée noires à intercalation de grès et de marnes et se termine par des dépôts lagunaires à argiles noires du Quaternaire (Figure 2).

Son histoire se résume à une phase de rift (Albo-Aptien) et de post-rift (Cénomaniens-Quaternaire).

Il occupe une superficie de 30 000 km² s'étendant de Sassandra à l'Ouest jusqu'à Axim au Ghana à l'Est ([1] Spengler et Delteil, 1963) et présente une partie émergée (onshore) et une partie immergée (offshore) où a lieu cette étude. Ce bassin offshore n'est étudié que par les forages pétroliers, et est le plus étendu (22 000 km²). Dans sa région dite « marge d'Abidjan » ou zone d'étude s'étend de Grand-Lahou jusqu'à la frontière Ghanéenne (voir Figure 1). Elle est caractérisée par un socle profond où l'épaisseur des sédiments croît d'Ouest en Est (Figure 2).

STRATIGRAPHIE		LITHOLOGIE		ÉPAIS- SEURS (m)	UNITES LITHOLOGIQUES
C E N O Z O I Q U E	Quaternaire			50	Argiles sableuses rubéfiées, sables marins
	Mio-pliocène			600	sables argileux rougeâtres, argilites
	Oligocène			?	Argiles sombres
	Eocène	Gt	P O S T - R I F T	490	Argilites glauconieuses, sableuses à bancs calcaires
	paléocène	Gt		500	Argilites parfois glauconieuses à passées calcaires ou sableuses
M E Z O S O I Q U E	Sénonien			?	Argiles, formation détritiques à calcaires zoogènes, calcaires gréseux et sables
	Turonien			?	Argiles (brunes) légèrement calcaireuses et silteuses
	Cénomanién			700	Argiles noires, sables fins et calcaires
	Albo-Aptien		R I F T	2600	Argiles feuilletées noires à intercalation de grès et de marnes
	Série continentale de base			500-5000	Sables, grès conglomératiques, argiles versicolores à intercalation d'argiles noires
SOCLE			Anté Rift		

Fig. 2. Esquisse de colonne stratigraphique du bassin de Côte d'Ivoire montrant les trois phases de son évolution géodynamique (extrait de [5] Chierici, 1996 modifiée)

3 MATERIEL ET METHODE

La présente étude est basée sur 114 échantillons de déblais de forage récupérés dans les puits Y-3M et Y-4M. Ils ont été traités selon la technique de préparation standard adoptée par le laboratoire de palynologie du Centre d'Analyses et de Recherches (CAR), PETROCI HOLDING.

Chaque échantillon de déblais a subi une préparation palynologique consistant en la destruction de la matière minérale par l'utilisation des acides forts (HCl à 37 % et HF 70 %). La matière organique obtenue après lavage est montée entre lame et lamelle pour les études au microscope en lumière naturelle transmise afin d'identifier les palynomorphes. Une datation relative des formations traversées par les deux puits est faite grâce aux espèces caractéristiques des âges indiquées dans la bibliographie en vue d'établir la palynostratigraphie de la zone d'étude. La fréquence d'un palynomorphe a été discutée relativement par rapport aux étages et / ou aux zones dans lesquels il se trouve pour la présente étude. La détermination des paléoenvironnement a consisté en la caractérisation et au comptage des palynomorphes.

La reconstitution paléoenvironnementale a été basée sur les analyses quantitatives de trois approches palynologiques :

- Paléoclimat basée sur l'étude de celle de [19 et 20] Vakhrameev (1981, 1982) relative à l'abondance de *Classopollis*. Par conséquent, une faible abondance (1-10%) des *Classopollis* a indiqué un climat tropical, 20-50% subtropical chaud, et 60-100% semi-aride à arides. En revanche, la prédominance de spores de fougère reflète des environnements proches littoraux sous des conditions humides.
- Index Marine Palynologique (IMP) basée les critères de [21] Helenes et al. (1998). IMP est calculé selon la formule : $IMP = (R_m/R_t + 1)100$, où le R_m est l'abondance des palynomorphes marins (dinokystes, acritarches et basales chitinoïdes de foraminifères) et R_t est l'abondance des palynomorphes terrestres (pollens et spores) comptés par échantillon. Dans la présente étude, R_m et R_t ont été exprimés comme nombre de genres par échantillon.
- Diagramme ternaire des palynomorphes Microplancton-Spores-Pollen copié sur le modèle de [22] Tyson (1993). Ainsi donc, l'abondance de microplancton (Dinokystes + acritarches + bases chitinoïdes foraminifères) indiqués des environnements de dépôt marins en général, spores des environnements deltaïques et grains de pollen des paléoenvironnements littoraux (proche continentaux ou marins marginaux) (figure 3).

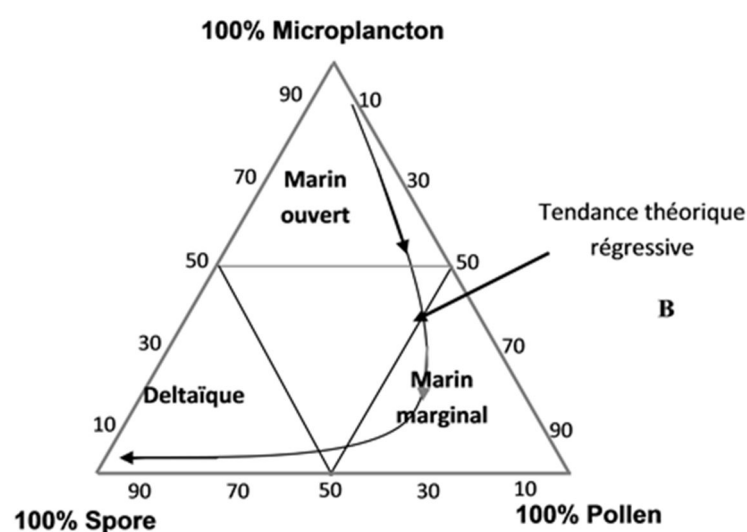


Fig. 3. Diagramme ternaire Microplancton-Spores-Pollen [22] (Federova, 1977 modifiée de Tyson, 1993)

4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

APERÇU LITHOLOGIQUE ET PALYNOSTRATIGRAPHIQUE

La Figure 4 indique des variations latérales de faciès d'ouest en est. D'abord, la partie inférieure du puits Y-3M, présente un faciès argileux gris sombre et un faciès à calcaires et argiles dans sa partie supérieure. Dans le sondage Y-4M, à l'extrême est de la marge d'Abidjan, le même faciès argileux comporte cependant des intercalations de grès dans la partie basale, mais des calcaires et des marnes dans la partie supérieure.

Il en découle que les puits Y-3M et Y-4M, localisés à l'est de la marge d'Abidjan entre "le trou sans fond" et la frontière Ghana-Côte d'Ivoire, sont marqués par des niveaux à dominance argileuse.

Notons que les deux puits sont presque dépourvus de "glaucanie". Seule la partie supérieure du puits Y-3M contient de la pyrite. Cependant, dans l'ensemble des intervalles étudiés, l'on note une fréquence relative de débris carbonés.

La répartition et l'association qualitative de quelques espèces chronostratigraphiques (bons marqueurs), avec une faible extension verticale et large extension géographique, permettent l'identification de différentes étages palynologiques informelles pour la présente étude. Parmi celles-ci : Albien inférieur-Albien moyen, Albien supérieur-Cénomanien inférieur ; Albien moyen et Albien supérieur.

Les limites des zones et sous-zones sont établies essentiellement à partir des extensions qui montrent les variations quantitatives et qualitatives les plus constantes dans les différents sondages. Les dinoflagellés sont d'une importance mineure en raison de leur rareté.

Les étages palynostratigraphiques sont définis et caractérisés dans le sens de l'évolution de la microflore.

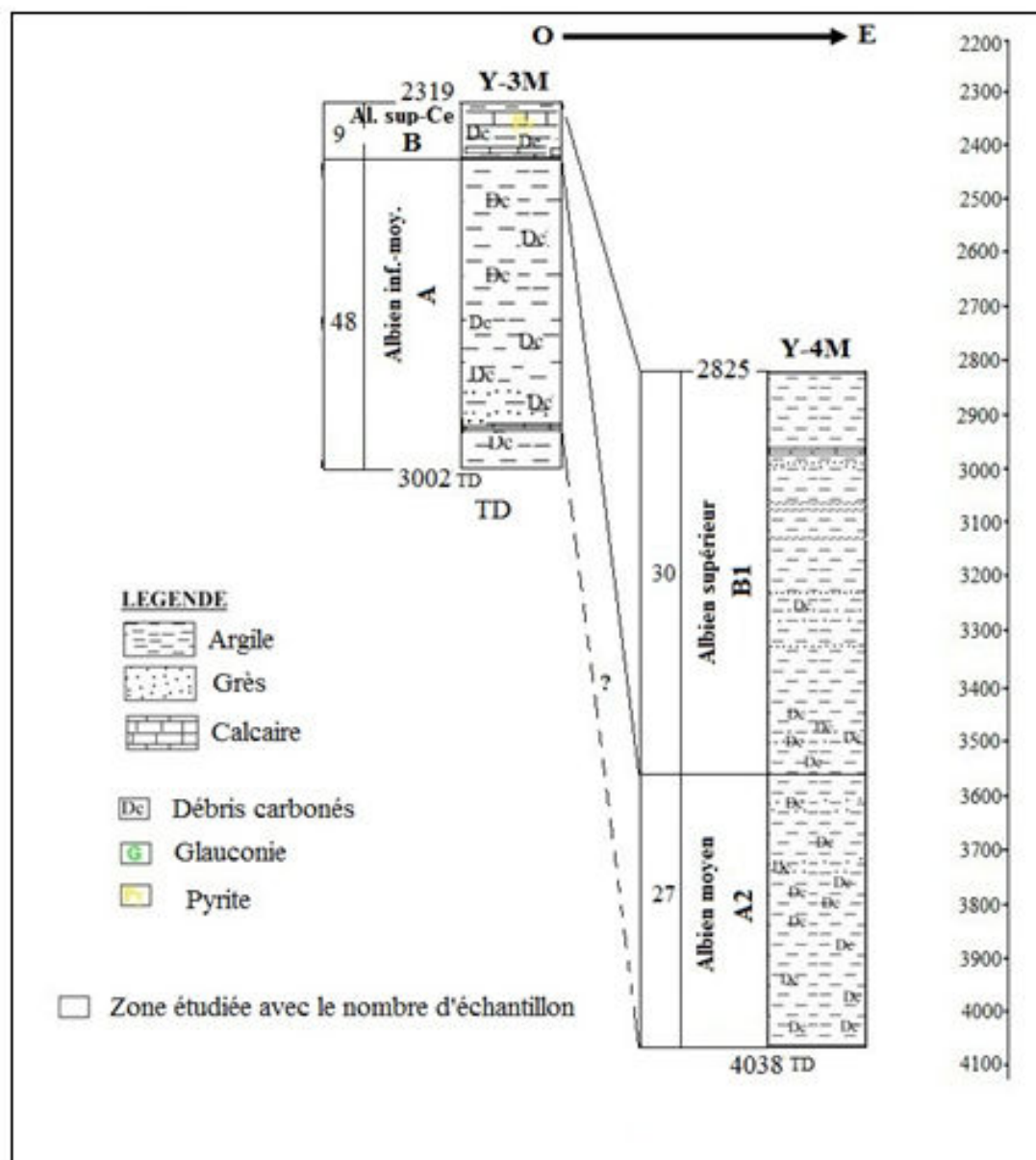


Fig. 4. Corrélation des logs lithostratigraphiques des puits Y-3M et Y-4M

PALÉOENVIRONNEMENTS

IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUE

Les investigations paléoclimatiques ont été basées sur les fréquences relatives de six groupes de palynomorphes choisis qui sont des indicateurs bien connus des périodes crétacées

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN INFÉRIEUR-MOYEN

Elle regroupe les paléoclimats Pc1, pc2, pc3 et pc4 à prédominance subtropicale chaude à semi-aride avec des soupçons de climat de type tropicale sous des conditions humides. Les taux des *Elaeterates* sont relativement en baisse soient 0 à 10% par rapport à ceux des *Afropollis* qui varient de 0 à 40% sauf dans le pc1 où la tendance est inversée (*Elaeterates* de 0 à 50% et *Afropollis* de 0 à 20%). Par conséquent, la diminution des élaetères semblerait être due au climat à aridité modérée voir même

relativement prononcée sans influence de climat tropical (Figure 5). Cela, se traduit nettement dans l'intervalle du paléoclimat pc4, où pour aucun soupçon de saison humide, la fréquence relative des *Elatères* est en deçà de 10%, alors que le taux des *Classopollis* varie de 20 à 60% environ. Contrairement à l'intervalle du pc1, où la relative abondance du taux des *Elatères* pourrait être la conséquence de la légère influence du climat tropical relative à l'humidité par endroits.

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE LA ALBIEN SUPÉRIEUR-CÉNOMANIEN

Elle renferme le pc 5 et traduit l'alternance de climat aride à semi-aride sous des conditions semi-humides (Tableau VII). Cette zone paléoclimatique contient des faibles proportions des genres à élatères, *Afropollis* et spores variant de 0 à 6% alors que celles des *Classopollis* sont abondantes oscillant entre environ 50 à 100%. (Figures 5 et 6.).

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN MOYEN

Elle regroupe uniquement le paléoclimat pc6 identifié dans le sondage Y-4M (Figure 7). Elle est sous la prédominance de climat humide reflété par la tendance tropicale humide due au taux de *Classopollis* variant de 0 à 20% environ sous des influences paléoclimatiques subtropical chaud à semi-aride par endroits. Dans cette association, le taux des élatères fluctue de 3 à 33% dans le puits Y-4M sous une prédominance paléoclimatique humide à influence subtropicale chaude. Cependant, le taux des *Afropollis* est quasiment nul dans cet intervalle (Figure 8).

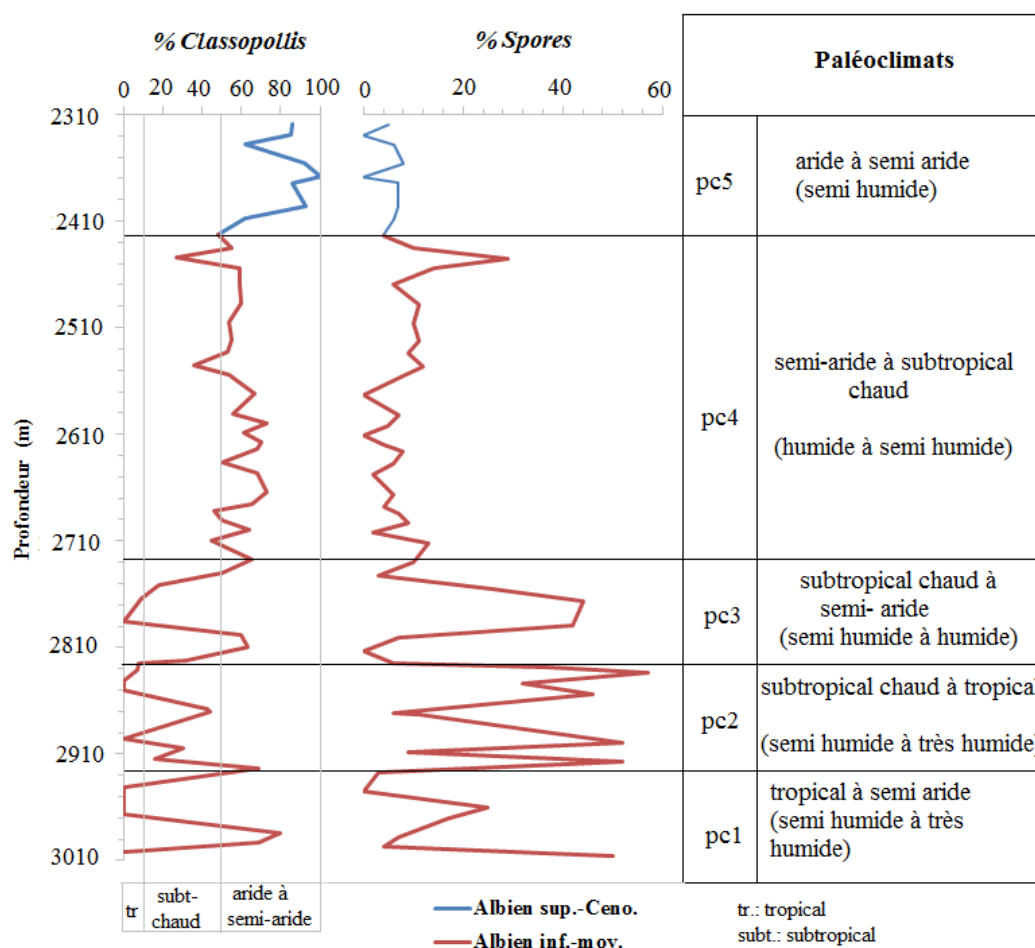


Fig. 5. Fréquence relative des *Classopollis* et spores dans le puits Y-3M et leurs implications paléoclimatiques

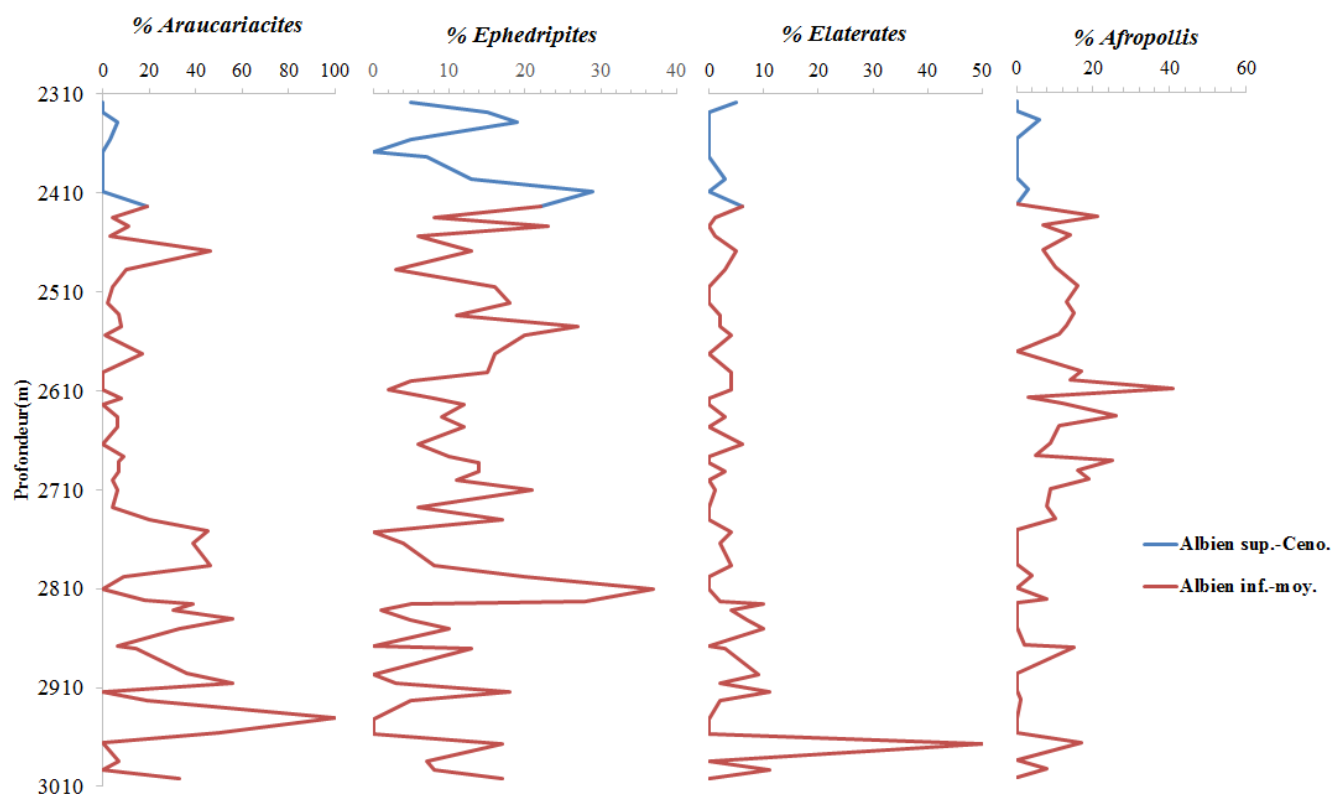


Fig. 6. Fréquence relative de quatre groupes de palynomorphes dans le puits Y-3M

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN SUPÉRIEUR

Cet assemblage est relativement semblable à celui de l'Albien moyen avec une prédominance de climat tropical à subtropical chaud sous conditions humide à semi humide. Cet intervalle s'observe dans le puits Y-4M et regroupe les paléoclimats pc7 et pc8 (Figure 8).

La fréquence relative des Elatères varie de 0 à 20% dans le puits Y-4M.

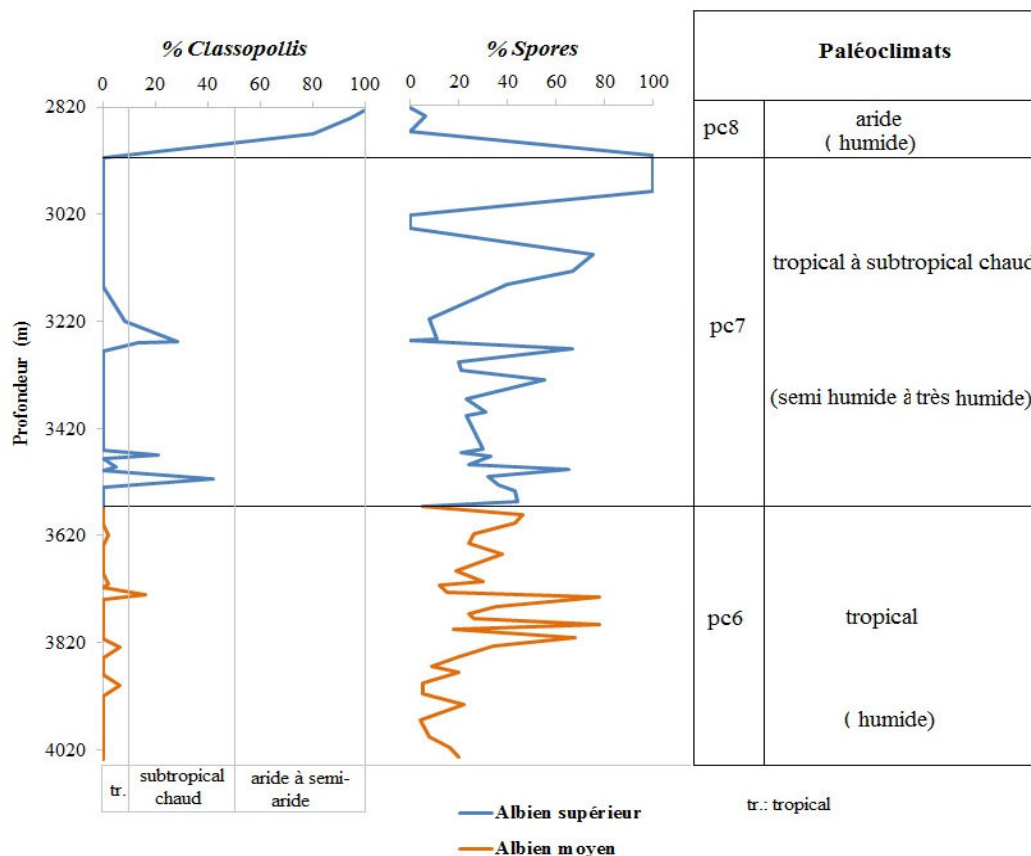


Fig. 7. Fréquence relative des Classopollis et spores dans le puits Y-4M et leurs implications paléoclimatiques

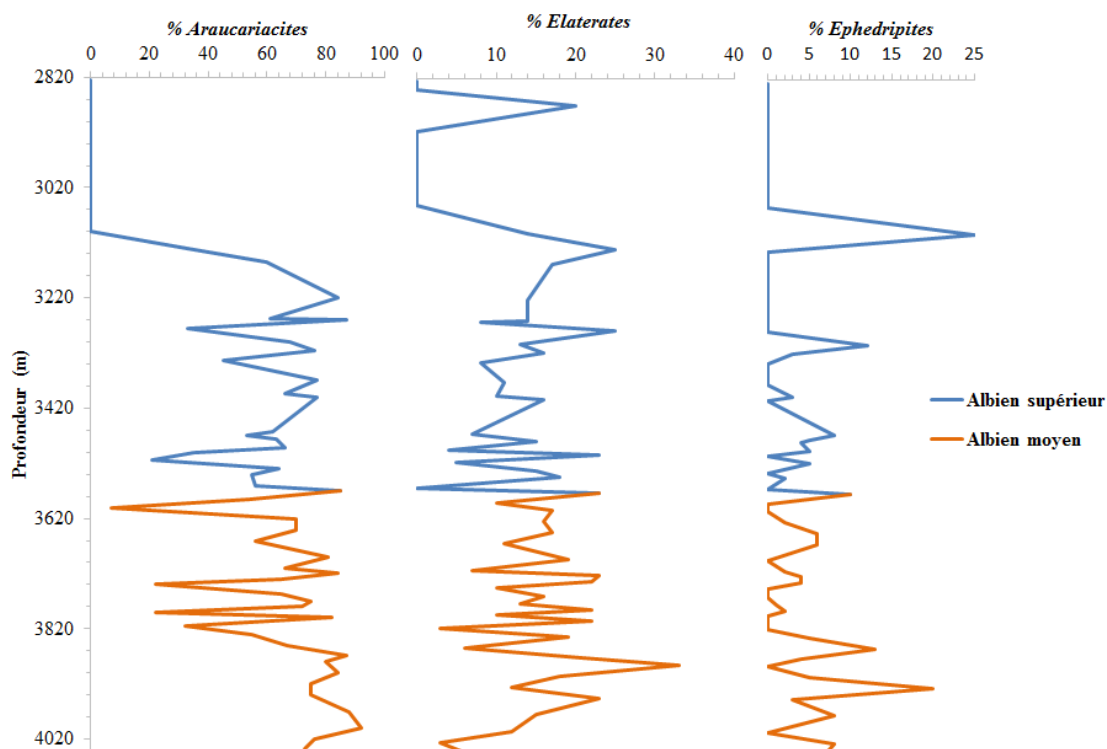


Fig. 8. Fréquence relative de trois groupes de palynomorphes dans le puits Y-4M

5 DISCUSSION

Les fréquences relatives des genres *Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*, de spores de ptéridophytes, *Afropollis* et *Elaterates* seraient conditionnée par des types de climats spécifiques ([23] Brenner, 1976; [24] Boltenhagen et Salad-Cheveldayoff, 1980; [19-20] Vakhrameev 1981,1982 ; [25] Doyle et al., 1982 ; [26]; Parrish et al., 1982; [27] Lima, 1983 ; [28] Batten et Wenben, 1987 ; [29] Parrish, 1987 ; [30] Herngreen et Dueñas-Jimenez, 1990; [31] Herngreen et al., 1996; [32] Schrank., 2001 ; [14] Atta-Peters-Peters, 2013,...).

Par exemple, Selon les travaux de [30] Herngreen et Dueñas-Jimenez (1990); [31] Herngreen et al. (1996); [32] Schrank (2001) ; [14] Atta-Peters (2013) la présence des *Elaterates* a été interprétée comme indiquant les conditions paléoclimatiques aride à semi-aride dans la ceinture ASA.

Relativement à la présente étude, cette aridité est illustrée dans les intervalles Albien inférieur-Cénomaniens du puits Y-3M par des teneurs relatives des *Elaterates* variant de 0 à 50% et l'abondance des *Classopollis* (70 à 100%) comparable aux résultats des travaux de [20] Vakhrameev (1982), où les *Classopollis* ont un taux plus élevé, atteignant 60 à 75% et même 90% pointant vers un climat aride. En outre, les travaux de [33] Abubakar et al., (2006) selon [34] Dino et al., (1999) et [14] Atta-Peters (2013), les plantes à Elatères ont été trouvées dans les zones sèches sous des climats chauds. Tout comme, ceux de [15] Annan (2016) indique également que les sédiments albien-cénomaniens, dans le bassin de Tano au Ghana, sont caractérisés par la présence de pollen à élatères avec de rares dinokystes indiquant un dépôt dans un milieu marin marginal sous un climat chaud, aride à semi-aride.

Par ailleurs, les fréquences relatives du genre *Ephedripites* (0 à 40%) dans ces mêmes intervalles viennent corroborer les résultats des travaux de [25] Doyle et al. (1982), [28] Lima (1993) estimant l'abondance des grains de pollen gymnospermiques polyplicates (Ephedroides) comme preuve des conditions climatiques aride dans le Nord du Gondwana. De plus, les travaux de [34] Dino et al., (1999) ; [32] Schrank (2001) et [35] Mahmoud et Deaf (2007) comme ici dans le puits Y-3M démontrent que les plantes mères des grains de pollen *Afropollis* et *Elaterates* ont prospéré dans les plaines côtières humides. Par contre selon les travaux [31] Herngreen et al. (1996), [36] Ibrahim (2002), [37] Mahmoud et Moawad (2002) repris par [38] Zooba et al., (2008), la forte abondance d'*Afropollis* indique un climat chaud aride à semi-aride.

Par conséquent la présence relative des *Afropollis* dans les échantillons étudiés de ce puits suggérerait que des conditions semblables ont prévalu durant l'Aptien/Albien inférieur ? Jusqu'au Cénomaniens comme cela a été au Ghana durant l'Albien-Cénomaniens [14] (Atta-Peters, 2013).

Cependant, dans l'intervalle Albien moyen du puits Y-4M, l'on constate un climat à tendance tropicale humide relative due à de faibles taux de *Classopollis* fluctuant de 0 à 20% maximum. Par conséquent, la thèse selon laquelle les flores à Elatères apparaîtraient dans les endroits secs sous climats aride à semi-aride ne semble pas toujours être justifiée car les élatères cet intervalle fluctueraient dans un environnement humide influencé par des climats à tendance tropicale humide.

Les associations paléoclimatiques de l'Albien supérieur de la présente étude semble être consécutives à un environnement relativement humide sous condition climatique tropical à subtropical chaud humide qui serait la conséquence de la chute des taux de *Classopollis* et *Ephedripites* jusqu'à 0%. Cette interprétation s'oppose ainsi à celles de Herngreen and [30] Dueñas-Jimenez (1990), [31] Herngreen et al. (1996), [34] Dino et al. (1999), [32] Schrank, (2001) qui y voyaient des conditions arides.

Cette tendance baissière du taux de *Classopollis* est indiquée dans les travaux [20] Vakhrameev (1982) par une teneur variant de 0 à 10% et confirmée dans ceux de et de [39] Yang (2002), [40] Herzsuh et al. (2004) [41] Ji et al. (2015) ; [42] Zhang et al. (2015) en Chine, où la faible abondance relative des Ephedraceae et Cheirolepidaceae indique un climat humide et relativement frais. Dans le même intervalle, les teneurs spectrales de spores varient de 0 à 100% traduisant les conditions d'humidité remarquables comme mentionnées dans les travaux de [27] Lima (1993) où les fougères modernes, les producteurs de spores ptéridophytes, préfèrent des conditions plus humides et sont plus variées et communes dans les hautes terres tropicales fraîches que dans la forêt tropicale de plaine.

En outre, dans les travaux de [43] Schrank et Mahmoud (1998) et [38] Zooba et al. (2008), la présence de spores de fougère, principalement produites par des plantes hygrophiles, associées à des algues d'eau douce suggère la possibilité de conditions humides locales ou saisonnières.

Le genre *Araucariacites* est le plus représentatif atteignant parfois 100%. Leur groupe présente en général une corrélation inverse de celle des *Classopollis* (Figures 5-8), confirmée dans les présents travaux que dans ceux de [25] Doyle et al. (1982) qui ont mentionné qu'une augmentation de l'aridité a entraîné un déclin de l'abondance des *Araucariacites*. En outre, des auteurs tels que [44] Arai & Coelho (2001) ont également suggéré que les *Araucariacites* sont caractéristiques des climats humides et subtropicaux à tropicaux.

Par ailleurs, les travaux de [45] Olugbenga (2013) au Nigeria, ont montré que l'apparition des *Araucariacites* du Cénomanien jusqu'au Turonien et Santonien suggère que l'existence de climats secs à moins humide ont prévalu durant cette période.

INDEX MARINE PALYNOLOGIQUE (IMP)

PUITS Y-3M

La courbe d'IMP fluctue de 100 à 123 caractérisant un apport de flux terrestres importants. Dans l'Albien inférieur-Cénomanien, l'IMP reste constante à 100 traduisant un paléoenvironnement de dépôt continental influencé sous des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride sous des conditions humide à semi-humide.

Par contre, l'IMP varie de 100 à 123 dans la partie moyenne de l'Albien inférieur-moyen couvert par les pc2 et pc3 impliquant un dépôt de flux microfloristique dans un milieu continental sous influence marine, c'est à dire un association paléoclimatique de type subtropical chaud à semi-aride sous des conditions humides (Figure 9a). Dans ce puits l'incursion marine est caractérisée par la rare présence du groupe des *Oligosphaeridium*. Aucun Peridinoïde également n'a été identifié dans ce puits.

PUITS Y-4M

Dans ce puits l'IMP fluctue de 100 à 150 de l'Albien moyen à la partie basale de l'Albien supérieur (Figure 9b). Par conséquent, La courbe IMP caractériserait un environnement continental sous influence marine par endroits sous des conditions climatique humide à subtropicale chaude. Cependant, dans la partie supérieure de l'Albien supérieur, l'IMP demeure constant à 100 suggérant une microflore de milieu continental avec une association paléoclimatique à prédominance tropicale à subtropicale chaude sous conditions humide à semi humide. L'incursion marine est matérialisée par la présence commune des *Oligosphaeridium* que par la rareté des *Odontochitina*. Tous comme le puits Y-3M, Y-4M reste pauvre en Peridinoïde.

DISCUSSIONS

Dans le secteur d'étude, la transgression marine est caractérisée par la rare et relative présence des Gonyaulacoïdes et Ceratoïdes représentés respectivement par les genres *Oligosphaeridium* et *Odontochitina* qui semblent être en conformité avec les travaux de [13] Peters et Salami (2006) au Ghana, où la rare apparition des dinokystes tels que *Oligosphaeridium*, *Spiniferites* en association avec *Cyclonephelium*, *Subtilisphaera* suggère un environnement marin marginal pour les sédiments d'âge aptien-cénomanien inférieur.

Par contre, selon les travaux de [46] Jörg et al. (2002) cité par [47] Bié (2012), le taux élevé des gonyaulacoïdes indique que la tranche d'eau est élevée et que l'environnement de dépôt est marin proche de la côte et probablement soumise à une forte évaporation. Aussi, en Egypte, les travaux [48] d'El Beialy et al. (2010) estiment que leur dominance dans un milieu donné indique un environnement continental à marin marginal.

Au vue de ce qui précède, comparativement aux travaux de ces auteurs précités, le paléoenvironnement de dépôt de la zone d'étude à une dominance continentale avec par endroits des incursions marines impliquant un environnement presque littoral et/ou "plateau continental" interne. Cet environnement de dépôt serait influencé par des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride sous des conditions relativement humides due à l'abondance des plantes issues de Ptéridophytes (spores) et Araucariaceae (*Araucariacites*) dans l'ensemble des quatre puits étudiés.

REMARQUE :

L'absence de Péridinoïdes dans les différents puits n'a pas suscité d'intérêt pour l'étude de la proximité du rivage et de la salinité à travers le rapport P/G. Par contre, la problématique de cette absence dans le secteur d'étude alors que le milieu semble être littoral, a amené à faire des hypothèses suivantes :

- Elle serait due à l'abondance relative de *Classopollis* évoquant un climat aride à semi-aride qui a pu induire une salinité élevée ; donc favorable à la présence de Gonyaulacoïdes ;
- Elle serait due à l'hostilité du milieu de dépôt non favorable à la prolifération des péridinoïdes (exemple de subsidence tectonique pendant le *rifting* créant des *horsts* et *graben*)
- Elle serait liée à des facteurs contrôlant la salinité non encore déterminés, notamment une stratification partielle des eaux marines etc.

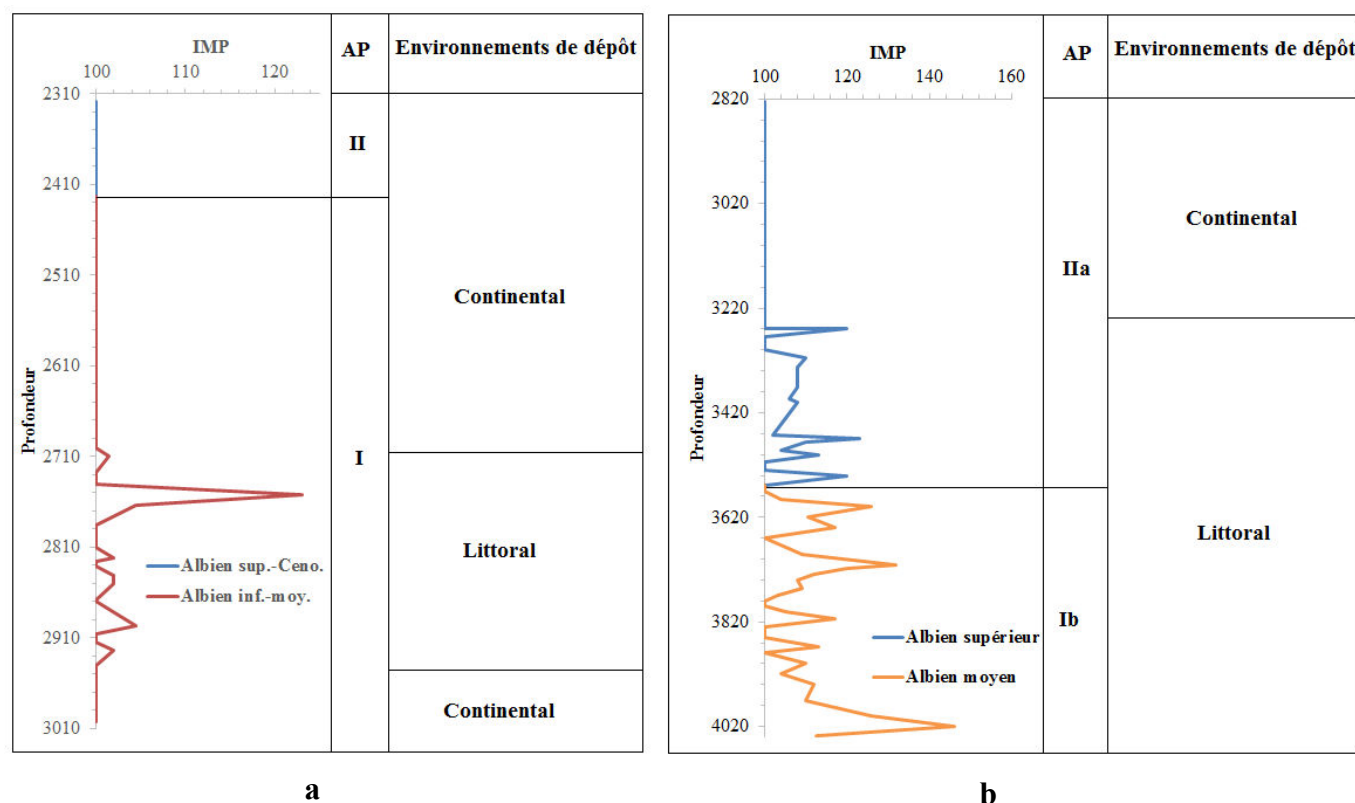


Fig. 9. Courbes d'évolution verticale de l'IMP et leurs implications paléoenvironnementales en fonction des assemblages paléoclimatiques (AP). a-Y-3M et b-Y-4M

DIAGRAMME TERNAIRE DES PALYNOMORPHES MICROPLANCTON-SPORES-POLLEN (MSP)

DIAGRAMME TERNAIRE DU PUIS Y-3M

Dans ce puits, les proportions des palynomorphes varient de rares à abondantes. En effet, l'Albien inférieur-moyen se caractérise par une dominance de grains de pollen (50 à 100%) de milieu littoral ou marin marginal et de spores (50 à 67%) suggérant un type deltaïque.

L'Albien supérieur-Cénomane se trouve dans un seul champ de milieu littoral [22] (Tyson, 1993) avec, au total de milieu littoro-deltaïque (voir Figures 3 et 10).

LE DIAGRAMME TERNAIRE DU PUIS Y-4M

Le paléoenvironnement du puits Y-4M est relativement semblable à celui du puits Y-3M durant l'Albien moyen-supérieur. Ainsi, l'Albien moyen est marqué par une prédominance de grains de pollen et spores fluctuant de 50 à 80% environ caractérisant des dépôts également littoro-deltaïque (voir Figures 3 et 11).

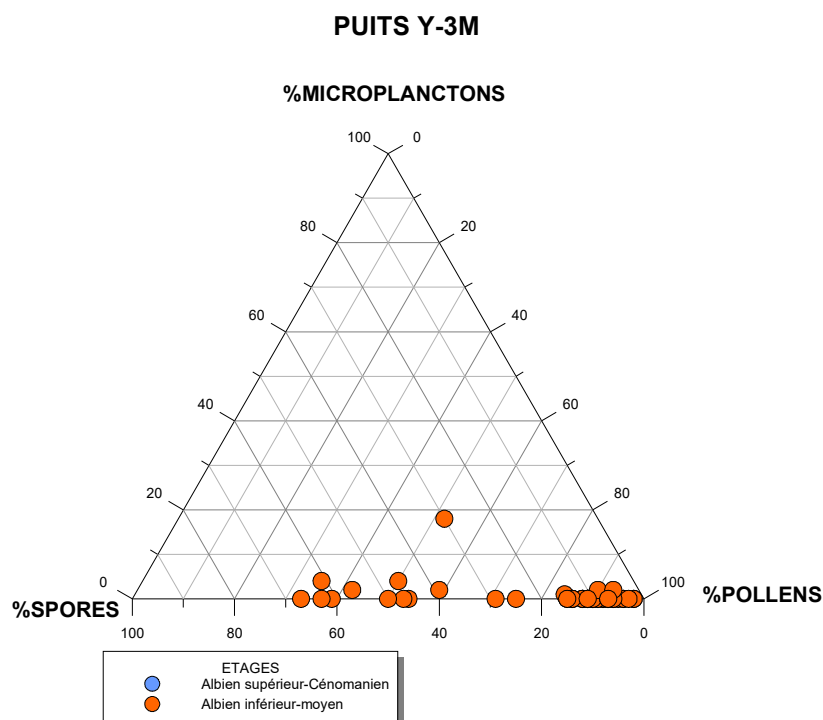


Fig. 10. Diagramme ternaire MSP du puits Y-3M

DISCUSSION PALÉOENVIRONNEMENTALE

Les paléoenvironnements de dépôts dominants sont de types littoraux et deltaïques dans l'ensemble des différents puits étudiés. Le type littoral est corroboré par la faible proportion des dinokystes d'origine marine. Par ailleurs, en Egypte, d'après, les travaux [49] d'Habib (1982), [50] Traverse (1988), [22] (Tyson, 1993), et [51] Zooba (2006) les grains de pollen sont les plus dynamiques et les plus faciles à transporter de toutes les miospores et leur contribution en pourcentage par rapport à la population totale de sporomorphes augmente en direction *offshore* indiquant la distance relative des sources fluvio-deltaïques actives.

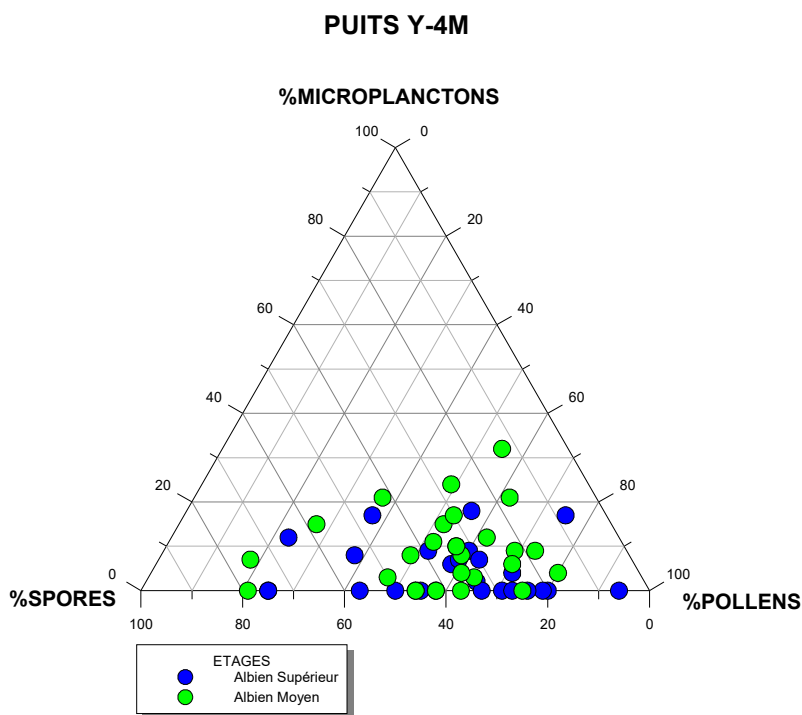


Fig. 11. Diagramme ternaire MSP du puits Y-4M

Pour ces auteurs suscités, bien que les grains de pollen soient hautement représentés, les spores ptéridophytiques se trouvent encore dans des pourcentages considérables qui reflètent que l'environnement de dépôt n'est pas si éloigné des sources fluvio-deltaïques actives (c'est-à-dire littoral ou proche des côtes). Les mêmes de [51] Zooba (2006) indiquent qu'en général, les faciès prodelta présentent des pourcentages élevés de spores et grains de pollen et les assemblages se caractérisent par des abondances absolues élevées et des diversités modérées. De plus, d'après les travaux de [22] Tyson (1993), [43] Schrank et Mahmoud (1998), [37] Mahmoud et Moawad (2002), et [51] Zobaa (2006) la prédominance des spores ptéridophytiques sur les grains de pollen est un autre indicateur utile de la proximité des zones sources fluvio-deltaïques. Ceci reflète également l'apparition de conditions humides nécessaires pour soutenir la croissance significative de ptéridophytes tels que les environnements lacustres et autres d'eau fraîche à saumâtre (lacs et étangs).

Ces zones deltaïques marécageuses de basse altitude sont de bons sites pour la production de spores. C'est le cas dans la présente étude où la forte abondance des grains de pollen et spores dans les puits Y-3M et Y-4M (50% à 100% environ) implique un paléoenvironnement de source fluvio-deltaïque à littoral subissant parfois des incursions marines (présence de rares dinokystes).

Au total, le milieu de dépôt appuyé sur l'analyse de diagramme MSP de [22] Tyson (1993) serait de type deltaïque sur une plate-forme littorale (due à l'abondance des grains de pollens) relativement proche de la source terrestre.

6 CONCLUSION

Les études palynologiques des dépôts d'âge albien des déblais de forage offshore de deux puits pétroliers du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire dans la marge d'Abidjan ont révélé des résultats qui permettent de proposer une meilleure compréhension de l'évolutions des paléoenvironnements de dépôt des échantillons de la zone d'étude.

L'étude quantitative des groupes *Classopollis*, *Ephedripites*, *Elaterates*, *Araucariacites*, de spores, grains de pollen et dinokystes a montré que l'environnement de dépôt du secteur d'étude serait influencé par des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride (due à une végétation dominée par les Cheirolepidiaceae et Ephedraceae) sous des conditions relativement humides due à l'abondance des spores de Ptéridophytes. Cette interaction entre la chaleur et l'humidité existant dans le milieu de dépôt est illustrée également par la prédominance des Araucariaceae (*Araucariacites*) dans l'ensemble des deux puits étudiés. En outre, qu'il est de source fluvio-deltaïque à littoral subissant parfois des incursions marines (présence de rares dinokystes).

REFERENCES

- [1] SPENGLER A. & DELTEIL J. Le bassin sédimentaire tertiaire de la Côte d'Ivoire. In : Les bassins sédimentaires du littoral Africain. Ann. Serv. Géol. Afr., Paris, pp. 99 -113. (1963).
- [2] BLAREZ E. La marge continentale de Côte d'Ivoire-Ghana; structure et évolution d'une marge continentale transformante. Thèse Doctorat, Univ. Paris VI (France), 188p. (1986).
- [3] MASCLE J. & BLAREZ E. Evidence for transform margin evolution from the Ivory Coast-Ghana Continental margin. *Nature*, vol 32, pp.378-381. (1986).
- [4] DIGBEHI Z. B. Etude comparée de premiers stades d'ouverture atlantique: golfe de Guinée et golfe de Gascogne (Sédimentologie-Biostratigraphie). Thèse de doctorat, Université pau, 366 p. (1987).
- [5] CHIERICI A. Stratigraphie, paléoenvironnements et évolution géologique du bassin de Côte d'Ivoire-Ghana. Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud : actes colloques Angers 1994, 117p. (1996).
- [6] YACÉ I. Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183p. (2002).
- [7] DIGBEHI Z. B., DOUKOURE M., JULIETTE T.Y., RAPHAEL K.Y., JEAN-PAUL N.Y., DAVID K.K. & IGNACE T. Palynostratigraphy and palaeoenvironmental characterization and evidence of Oligocene in the terrestrial sedimentary basin, Bingerville area, Southern Côte d'Ivoire, Northern Gulf of Guinea. *African Journal of Environmental Science and Technology* Vol. 6(1), pp. 28-42. (2012).
- [8] MASURE E., RAUSCHER R., DEJAX J., SCHULER M., FERRE B. Cretaceous–Paleocene palynology from the Côte D'Ivoire-Ghana transform margin, Sites 959, 960, 961, and 962. In: *Masclé, J., Lohmann, G.P., Moullade, M. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 159, pp.253–276. (1998).*
- [9] MOULLADE M., WATKINS D.K., OBOH-IKUENOBE F.E., BELLIER J.-P., MASURE E., HOLBOURN A.E.L., ERBACHER J., KUHN W., PLETSCHE T., KAMINSKI M.A., RAUSCHER R., SHAFIK S., YEPES O., DEJAX J., GREGG J.M., SHIN I.C., AND SCHULER M. Mesozoic biostratigraphic, paleoenvironmental, and paleobiogeographic synthesis, equatorial atlantic. *Proc. ODP, Sci. Results*, 159. (1998).

- [10] OBOH-IKUENOBE F.E., YEPES O. & GREGG J. M. (1998). Palynostratigraphy, palynofacies, and thermal maturation of cretaceous–paleocene sediments from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 159. 277-318. (1998).
- [11] ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B. Late Cretaceous to Early Tertiary pollen grains from offshore Tano basin, Southwestern Ghana, *Revista Espanola de Micropaleontologia*, 36(3), pp 451-465. (2004b).
- [12] ATTA-PETERS D., ACHAEGAKWO C. A., KWAYISI D. & GARREY P. Palynofacies and source rock potential of the ST-7H well, offshore Tano basin, Western Region, Ghana. *Earth Sciences*, V. 4 p 1-20. (2015).
- [13] ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B. Aptian-Maastrichtian palynomorphs from the offshore Tano Basin, western Ghana: *Journal of African Earth Sciences*, v. 46, p. 379-394. (2006).
- [14] ATTA-PETERS, D. Occurrences of elaterate pollen from the Lower Cretaceous of Ghana: Implications for biostratigraphy and palaeoclimatology. Department of Earth Science, University of Ghana, P. O. Box LG 58, Legon, Accra, Ghana. *International Letters of Natural Sciences*. p 54-66. (2013).
- [15] ANNAN W. Palynological analysis of the st-5 and st -6 wells, offshore tano basin, south western ghana: implications for stratigraphy and paleoenvironment. *University of Ghana*. <http://ugspace.ug.edu.gh>. 119p. (2016).
- [16] PETROCI & BEICIP Côte d'Ivoire petroleum Evaluation, ministère des mines, Abidjan, Côte d'Ivoire, 99p. (1990).
- [17] BAMBA M. K., DIGBEHI Z. B., SOMBO B. C., GOUA T. E. et N'DA L. V. Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paléoenvironnement des dépôts Albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie, Genève*, 30 (1) : 1-11. (2011).
- [18] BAMBA, K. M. DIGBEHI, B. Z. GOUA, E. T., BAIKORO, B. & DOUKOURE, M. Biostratigraphic Evidence of Early Cretaceous (Aptian – Albian) In Cote D'ivoire Sedimentary Basin Based on Planktic Foraminiferal Data. *International Journal of Science and Technology (STECH) Bahir Dar- Ethiopia*, Vol. 6 (2), S/No14, 2017: 1-20. (2017).
- [19] VAKHRAMEEV V. A. Pollen *Classopollis*: indicator of Jurassic and Cretaceous climates. *The Paleobotanist* 28/29, pp301-307. (1981).
- [20] VAKHRAMEEV V. A. *Classopollis* pollen as an indicator of Jurassic and Cretaceous climate. *International Geology Review* 24, 1190-6. (1982).
- [21] HELENES J., DE-GUERRA C. & VASQUEZ J. Palynology and chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the subsurface of the Barinas area, western Venezuela. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 82, 1308-1328. (1998).
- [22] TYSON R.V. Palynofacies analysis. In: Jenkins, D.J. (ed.): *Applied Micropalaeontology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Pp 153-191. (1993).
- [23] BRENNER G.J. Middle Cretaceous floral provinces and early migrations of angiosperms. In: C.B. Beck (Editor), *Origin and Early Evolution of Angiosperms*. Colombia Univ. Press, New York, pp.23-47. Birgl, H., 1957. *Biostratigrafia*. (1976).
- [24] BOLTENHAGEN E. AND SALARD-CHEBOLDAEFF M. Essai de reconstitution climatique Crétacé et Tertiaire du Gabon et du Cameroun d'après la palynologie. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., N.S. Sér. B*, 27: 203-210. (1980).
- [25] DOYLE J. A., JARDINÉ S. & DOERENKAMP A. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and palaeoenvironments of northern Gondwana. *Bull. Cent. Rech. Expl.-Prod. Elf-Aquitaine*, v. 6, p. 39-117. (1982).
- [26] PARRISH J.T., ZIEGLER A.M. AND SCROTESE C.R. Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cainozoic. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 40(1-3): 67-101. (1982).
- [27] LIMA M. R. Paleoclimatic reconstruction of the Brazilian Cretaceous based on palynological data. *Revista Brasileira de Geociências* v.13, pp. 223-228. (1983).
- [28] BATTEN D.J. & LI WENBEN Aspects of palynomorph distribution, floral provinces and climate during the Cretaceous. *Geol. Jahrb.*, A96: 219-237. (1987).
- [29] PARRISH, J.T. Global palaeogeography and palaeoclimate of the Late Cretaceous and Early Tertiary. In: E.M. Friis, W.G. Chaloner and P.R. Crane (Editors), *The Origins of Angiosperms and their Biological Consequences*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp.51-73. (1987).
- [30] HERNGREEN G. F. W. & DUENAS-JIMENEZ, H. Dating of the Cretaceous Une Formation, Colombia and the relationship with the Albian-Cenomanian African-South American microfloral province. *Review of Palaeobotany and Palynology* 66, 345-359. (1990).
- [31] HERNGREEN G. F. W., KEDVES, M., ROVNINA, L. V. & SMIRNOVA, S. B. Cretaceous palynofloral provinces: a review. In: Jansonius, J. & McGregor, D. C. (ed.), *Palynology: principles and applications; AASP Found.*, v. 3, p. 1157-1188. (1996).
- [32] SCHRANK E. Paleocological aspects of *Afropollis*/Elaterates peaks (Albian-Cenomanian pollen) in the Cretaceous of northern Sudan and Egypt. *Proc. IX Inter. Palynol. Congr., Huston, Texas, USA, 1996; AASP Found.*, p. 201-210. (2001).
- [33] ABUBAKAR M. B., OBAJE N. G., LUTERBACHER H. P., DIKE E. F. C. & ASHRAF A. R. A report on the occurrence of Albian–Cenomanian elater-bearing pollen in Nasara-1 well, Upper Benue Trough, Nigeria: Biostratigraphic and palaeoclimatological implications: *Journal of African Earth Sciences*, v. 45, p. 347-354. (2006).

- [34] DINO R., POCKNALL D. T. & DETTMAN M. E. Morphology and ultrastructure of elater-bearing pollen from , *Rev. Palaeobot. Palynol.* p 201-235. (1999).
- [35] MAHMOUD M. S. & DEAF AMR S. Cretaceous palynology (spores, pollen and dinoflagellate cysts) of the siqefa 1-x borehole, northern egypt. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia.* V.113, pp. 203-221. (2007).
- [36] IBRAHIM M. I. A. New angiosperm pollen from the upper Barremian-Aptian of the Western Desert, Egypt. *Palynol.*, v. 26, p. 107-133. (2002).
- [37] MAHMOUD M.S., MOAWAD A.M.M. Cretaceous palynology of the Sanhur-1X borehole, northwestern Egypt. *Revista Española de Micropaleontologia* 34 (2), pp.129–143. (2002).
- [38] ZOBAA M., SANCHEZ BOTERO C., BROWNE C., OBOH-IKUENOBE F. E., & IBRAHIM M. I. Kerogen and palynomorphe analyses of the mid-Cretaceous Bahariya Formation and Abu Roash "G" Member, North Western Desert, Egypt: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 58, p. 933-943. (2008).
- [39] YANG, Y. Systematic and Evolution of Ephedra L. (Ephedraceae) from China (PhD thesis), Institute of Botany Chinese Academy of Sciences, Beijing, pp. 1–231 (in Chinese with English abstract). (2002).
- [40] HERZSCHUH, U., TARASOV, P., WÜNNEMANN, B., HARTMANN, K. Holocene vegetation and climate of the Alashan Plateau, NW China, reconstructed from pollen data. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 211, 1–17. (2004).
- [41] JI L., ZHANG M. & SONG Z. The palynological record from Coniacian to lower Campanian continental sequences in the Songliao Basin, northeastern China and its implications for palaeoclimate. *Cretaceous Research* 56 pp.226-236. www.elsevier.com/locate/CretRes. (2015).
- [42] ZHANG M., JI L., DU B., DAI S. & HOU X. Palynology of the Early Cretaceous Hanxia Section in the Jiuquan Basin, Northwest China: The discovery of diverse early angiosperm pollen and paleoclimatic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 440, pp. 297–306. (2015).
- [43] Schrank, E. & Mahmoud, M. S. Palynology (pollen, spores and dinoflagellates) and Cretaceous stratigraphy of the Dakhla Oasis, Central Egypt. *J. Afr. Earth Sci.*, v. 26, p. 167-193. (1998).
- [44] ARAI M & COELHO P. S. M. Statistical analysis of palynological assemblages from the Aptian-Albian of the Araripe Basin, Northeast Brazil: A case study of paleoenvironmental significance of Early Cretaceous. <https://www.researchgate.net/publication/313600259>. (2001).
- [45] OLUGBENGA A. BOBOYE. Palynostratigraphic and palaeoecological studies of the Cretaceous strata in the Bornu Basin, northeastern Nigeria. *RMZ-M&G.*, Vol. 60 . pp. 17–30. (2013).
- [46] JÖRG P. & SCHMIEDL G. Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Upper Rhine Graben (SW Germany): Paleoenvironnement and Paleoclimatic implications. *Marine Micropaleontology*, no 45; pp.1-24. (2002).
- [47] BIE G.R, DIGHEHI Z. B., YAO K. R., TEA Y.J., KANGAH K.D. & TAHI I. Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur-Eocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *International Journal of African Studies* ISSN 1451-213X Issue 6 (2012), pp.40-57. (2012).
- [48] EL BEIALY, S.Y., EL ATFY, H.S., ZAVADA, M.S., EL KHORIBY, E.M. & ABU-ZIED, R.H. Palynological, palynofacies, paleoenvironmental and organic geochemical studies on the Upper Cretaceous succession of the GPTSW-7 well, North Western Desert, Egypt. *Mar. Pet. Geol.* 27, 370–385. (2010).
- [49] Habib, D. Sedimentary supply origin of Cretaceous black shales. *Nature and Origin of Cretaceous Carbon-Rich Facies*, Academic Press, London, p. 113-127. (1982).
- [50] TRAVERSE A. Paleopalynology. *Unwin Hyman, Boston*, 600 p. (1988).
- [51] ZOBAA M.K. Subsurface Jurassic-Cretaceous applied palynology of the Sharib-1X and Ghoroud-1X wells, North Western Desert, Egypt. *B.Sc. Geol. Thesis, University of Benha Univ. Fac. of Sce. Geol. Dep.* 138p. (2006).

Effet comparé des extraits des feuilles de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) et de *Laportea aestuans* (Urticaceae) sur la croissance et la qualité d'*Arthrospira platensis* en culture artisanale dans la localité de Yabassi-Cameroun

[Biomass production and quality of *Arthrospira platensis* in open culture as affected by leaf extracts of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) and *Laportea aestuans* (Urticaceae) at Yabassi-Cameroon]

MUTLEN Melvin¹, FOKOM Raymond², TOMEDI EYANGO Minette¹, DIBONG Siegfried Didier³, SIMENI Yannick Hervé¹, and BOYOMO SAMAKI Brice Steve¹

¹Laboratoire d'Aquaculture et de Démographie des Ressources Halieutiques ; Département d'Aquaculture de l'Institut de Sciences Halieutiques de l'Université de Douala à Yabassi ; BP 7236, Douala, Cameroon

²Laboratoire des Microbiologies des Sols. Centre de Biotechnologie de l'Université de Yaoundé 1 ; BP Yaoundé, Cameroon

³Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, B.P. 2701, Université de Douala, Cameroon

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

ABSTRACT: Cyanobacteria *Arthrospira platensis* var *Toliarensis* is a food source with high nutritional qualities due to the diversity and richness of its constituents. However, its production in a synthetic medium is very expensive given the high requirements in mineral elements of this micro-algae. The present study conducted at the Spirulina Production Pilot Unit of the Institute of Fisheries and aquatic Sciences of the University of Douala at Yabassi aimed to evaluate the effect of the different doses *Manihot esculenta* Crantz (Casava) and *Laportea aestuans* leaves extracts on biomass production and nutritional characteristics of postharvest dry biomass of *Arthrospira platensis*. To achieve this objective, 11 experimental culture substrates were developed, 10 of which were based on extract of *Manihot esculenta* leaves at different doses (10 g / l, 20 g / l, 30 g / l, 40 g / l, 50 g / l) and based on extract of *Laportea aestuans* doses (at the same doses are respectively 10 g / l, 20 g / l, 30 g / l, 40 g / l, 50 g / l) and 1 referential medium (Modified Jourdan medium).). All the media previously prepared were subsequently seeded with 5 ml / l of a strain of *Arthrospira platensis* for each respective medium. A daily check of the physicochemical parameters was carried out, as well as weekly harvests in order to evaluate the productivity of each culture medium. A characterization of nutritional parameters (quantification of proteins, carbohydrates, lipids, phycocyanin and moisture) of post harvest biomasses from different media was made later. A comparative analysis of dry biomass obtained from different experimental culture media based on *Manihot esculenta* leaf extract at different doses (10 g / l, 20 g / l, 30 g / l, 40 g / l, 50 g / l) and those with the extract of *Laportea aestuans* doses (respectively at doses of 10 g / l, 20 g / l, 30 g / l, 40 g / l, 50 g / l) compared to the reference medium of Jourdan shows a significant difference ($P < 0.05$) between treatments. The culture medium at a dose of 50 g / l of *Laportea aestuans* (M11) had a significantly greater effect on biomass production than all other experimental media with an average biomass of 5.65 ± 0.32 g / l. These results are also reflected in the better nutritional profile of post-harvest biomass from this environment, particularly their protein content (an average of $55.44 \pm 0.38\%$) and carbohydrate (an average value of $33.93 \pm 5.45\%$) in lipid (9.97 ± 1.11) in moisture ($16.30 \pm 4.66\%$) but also in phycocyanin ($11.66 \pm 2.97\%$) compared to other experimental media.

KEYWORDS: *Arthrospira platensis*, *manihot esculenta*, *Laportea aestuans*.

RESUME: La cyanobactérie *Arthrospira platensis* var *Toliarensis* est une source alimentaire à hautes qualités nutritives grâce à la diversité et la richesse de ses constituants. Toutefois, sa production dans un milieu synthétique est très coûteuse vu les exigences trop élevées en éléments minéraux de cette micro-algue. La présente étude menée à l'unité pilote de production de

spiruline de l'Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala à Yabassi visait à évaluer l'effet des différentes doses d'extraits de *Manihot esculenta* Crantz et de *Laportea aestuans* sur la production en biomasse et quelques caractéristiques nutritionnelles des biomasses post récoltes d' *Arthrospira platensis*. Pour atteindre cet objectif 11 substrats de culture expérimentaux ont été élaborés dont 10 à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et à base d'extrait de *Laportea aestuans* doses (aux même doses soient respectivement 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et 1 milieu dit référentiel (Milieu de Jourdan modifié). L'ensemble des milieux préalablement préparé ont par la suite étéensemencé soit 5ml/l d'une souche d'*Arthrospira platensis* pour chaque milieu respectif. Un contrôle journalier des paramètres physico chimiques était effectué, ainsi que des récoltes hebdomadaires afin d'évaluer la productivité de chaque milieu de culture. Une caractérisation des paramètres nutritionnels (quantification des protéines, glucides, lipides, phycocyanine et humidité) des biomasses post récoltes issus des différents milieux a été faite par la suite. Une analyse comparative des biomasses sèches obtenus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux à l'extrait de *Laportea aestuans* doses (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) comparativement au milieu référentiel de Jourdan montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements. Le milieu de culture à la dose de 50 g/l de *Laportea aestuans* (M11) a eu un effet significativement plus important sur la production en biomasse que l'ensemble des autres milieux expérimentaux avec une biomasse moyenne de $5,65 \pm 0,32$ g/l. Ces résultats se traduisent également par le meilleur profil nutritionnel des biomasses post récoltes issus de ce milieu notamment leur teneur en protéine (soit une moyenne de $55,44 \pm 0,38\%$), en glucide (soit une valeur moyenne de $33,93 \pm 5,45\%$) en lipide ($9,97 \pm 1,11$) en humidité ($16,30 \pm 4,66\%$) mais également en phycocyanine ($11,66 \pm 2,97\%$) comparativement aux autres milieux expérimentaux.

MOTS-CLEFS: *Astrospha plantensis*, *manihot esculenta*, *Laportea aestuans*.

1 INTRODUCTION

La malnutrition proteino-énergétique constitue l'un des principaux fléaux au quels sont confrontés les pays dit en voies de développement dont le taux de croissance démographique reste au dessus de la production agricole. Ce décalage entre l'accroissement démographique et la production alimentaire soulève des problèmes de plus en plus alarmants. En effet cette situation conduit à une demande alimentaire élevée et à une recrudescence de la mortalité infantile (Banque Mondiale, 2002). En 2006 déjà, on estimait à 10 millions le nombre d'enfant de moins de 5 ans décédés de malnutrition, avec plus de la moitié issu du continent africain (principalement en Afrique subsaharienne). Au Cameroun en particulier, cette proportion de personnes atteintes de malnutrition, est plus fréquente chez les enfants âgés de 0 à 5 ans où elle est responsable de près de 38% des décès [19]. Cette situation reste peu reluisante en dépit des disponibilités alimentaires et des potentialités agricoles dont regorge le pays. Eu regard de cette situation, des organismes internationaux concernés par ces problèmes, tels que la FAO (Food and Agriculture Organisation), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), le FISE (Fonds International de Secours de l'Enfance), ont recommandé aux chercheurs du monde entier de réexaminer les potentiels alimentaires de l'humanité dans ses sources conventionnelles, semi-conventionnelles et non conventionnelles [20]. En effet, pour accroître les ressources alimentaires de l'humanité, il faudrait s'intéresser aux sources non conventionnelles, c'est à dire, à celles qui n'ont pas été ou peu exploitées jusqu'ici. Dans ce sens, de nombreuses micro algues, notamment la cyanobactérie *Spirulina platensis*, ont depuis longtemps retenu l'attention des chercheurs comme sources de protéines [22]. En effet, la spiruline présente des avantages majeurs dans la lutte contre la malnutrition chronique grâce aux multiples vitamines, oligo-éléments et protéines végétales (60-70%) qu'elle renferme [3].

Considéré comme une source alimentaire de haute qualité nutritive de part sa haute digestibilité, sa forte teneur en protéines (50 à 70% de son poids sec), sa richesse en acides gras essentiels, en vitamines et éléments minéraux majeurs, la Spiruline connaît un regain d'intérêt croissant de la part de la communauté scientifique internationale. Au regard de sa possible utilisation comme source de produit à vertus thérapeutique [36]. Au regard de sa possible utilisation comme source de produit à vertus thérapeutique [36]. De part sa richesse en pigments essentiels, la spiruline contient de nombreux pigments photosynthétiques dont la concentration excède 20% du poids sec, comme les chlorophylles, le bêta-carotène, les phycocyanines et les xanthophylles, qui peuvent avoir des valeurs bénéfiques et commerciales [41][23]. La chlorophylle est le pigment le plus visible dans la spiruline, qui contribue entre 6,8 et 11 kg^{-1} . Il libère des ions lorsqu'il est frappé par l'énergie de la lumière du soleil. Ces ions libres stimulent les réactions biochimiques qui forment les protéines, les vitamines et les sucres dans les cultures de spiruline [32]. Les caroténoïdes quant à eux sont généralement responsables des teintes rouges et jaunes observées dans la nature et se situent en moyenne entre 3,4 et 4,0 g kg^{-1} . Le bêta-carotène représente 80% des caroténoïdes présents dans la spiruline, qui est convertible en vitamine A [40],[17],[38]. La xanthophylle se présente dans la spiruline à une concentration de 1,0 g kg^{-1} et sa concentration dépend de l'espèce et des conditions environnementales. Les xanthophylles sont une source importante de pigments jaune orangé. Ils sont utilisés dans l'industrie de la volaille comme additif alimentaire pour améliorer le jaune d'œuf très coloré, ainsi que la pigmentation de la viande et de la peau qui plaît au consommateur

[11],[33]. Les phycocyanines par contre sont une source importante de pigment bleu à utiliser dans la coloration des aliments, elles se retrouvent dans la spiruline à une concentration comprise entre 30 et 220 g kg⁻¹ [15].

La production de spiruline à coûts réduits est nécessaire lorsqu'on considère la culture à grande échelle à des fins industrielles. Le coût des éléments nutritifs est considéré comme le deuxième facteur majeur influençant le coût de production de la biomasse de spiruline après le travail [40]. Dans cette culture, les intrants ont un impact direct sur la croissance et sur la photosynthèse [42]. Le milieu de Zarrouk a servi avec succès de milieu standard (SM) pour la culture de la Spiruline pendant de nombreuses années [42]. Toutefois, la production de la spiruline dans ce milieu synthétique est très coûteuse vu les exigences trop élevées en éléments minéraux de cette algue, l'épuisement rapide des minéraux et la difficulté à maintenir les conditions de culture favorable à la culture d'*Arthrospira platensis* [3]. La non disponibilité et le coût élevé de certains intrants chimiques dans le marché local constitue un obstacle à la culture en masse de cette algue, d'où l'intérêt de faire recours à d'autres sources minérales.

Parmi les sources minérales biologiques non conventionnelles alternatives aux sources minérales synthétiques potentiellement utilisables en culture de la spiruline, les feuilles de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) et de *Laportea aestuans* (Urticaceae) constituent des opportunités intéressantes eues égard de leur composition chimique. En effet *Manihot esculenta* Crantz est une plante alimentaire vivace tropicale de la famille des Euphorbiaceae cultivée pour ses racines tubérisées riches en hydrate de carbone et pour ses légumes feuilles riches en vitamines, en sels minéraux et en protéines [13],[8]. Au Cameroun cette plante est cultivée dans quatre des cinq zones agroécologiques que compte le pays soit sur une superficie d'environ 205 000 ha et constitue de ce fait l'une des cultures vivrières les plus importantes [26]. Les feuilles de *Manihot esculenta* Crantz sont particulièrement riches en protéines (21%), en carotènes, en minéraux (K, Ca, Na, I) et en vitamines (B1, B2, et C) [29]. Les études menées par IITA(1990) révèlent que les feuilles de *Manihot esculenta* Crantz crues contiennent d'ailleurs considérablement plus d'énergie, de protéines, de lipides, de glucides, de fibres, de cendres, de sels minéraux (Ca, P, Fe, etc.), de vitamine A, de thiamine, de riboflavine et de niacine que certains légumes introduits, tels que le chou chinois ou l'épinard. Cependant, la présence de l'acide cyanhydrique, du tanin et la pauvreté de leurs protéines en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) limitent leur large utilisation [9],[18],[39] en alimentation animale. Les études antérieures réalisées par Alexandre Glouchkoff [2] sur la composition des feuilles de *Manihot esculenta* ont pu mettre en évidence la présence d'éléments minéraux majeurs que sont le Magnesium, le Phosphate, le Potassium, Calcium, fer, sodium et bien d'autres. Toutefois la valorisation des extraits des feuilles des cultivars du Cameroun comme sources minérales dans la culture de la spiruline n'ont pas encore fait l'objet d'investigations scientifiques. *Laportea aestuans* quant à elle est une herbacée annuelle vivace de 30 à 120 cm de long native d'Afrique appartenant à la famille des Urticaceae. Encore appelé Ortie indienne des bois, elle fait partie des plantes médicinales les plus utiles et les plus efficaces de par sa composition minérale qui lui confère diverses propriétés médicinales. Cette plante est utilisée en pharmacopée traditionnelle comme antimicrobien, abortif, laxatif, dans le traitement de la vue et dans la lutte contre la douleur. Elle est également utilisée dans le traitement des troubles pulmonaires et gastriques, de la diarrhée et de la dysenterie [4],[3],[16],[30]. Au Gabon, au Nigeria et au Ghana, les feuilles cuites de *Laportea aestuans* sont consommées comme légumes [28],[12]. Des auteurs tel que [27] ont mis en exergue son utilisation dans l'alimentation animale notamment celle du bétail; mais également comme fertilisant et pesticide biologiques en agriculture. Toutefois il a été donné de constater qu'aucune étude scientifique portant sur son utilisation comme source minérales biologique potentielles dans la culture de la spiruline n'a été faite. La présente étude vise à évaluer l'effet des différentes doses d'extraits de *Manihot esculenta* Crantz et de *Laportea aestuans* sur la production en biomasse et quelques caractéristiques nutritionnelles des biomasses post récoltes d'*Arthrospira platensis*

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans la localité de Yabassi Chef-lieu du Département du Nkam, l'un des quatre départements de la Région du Littoral Cameroun (Figure 1).

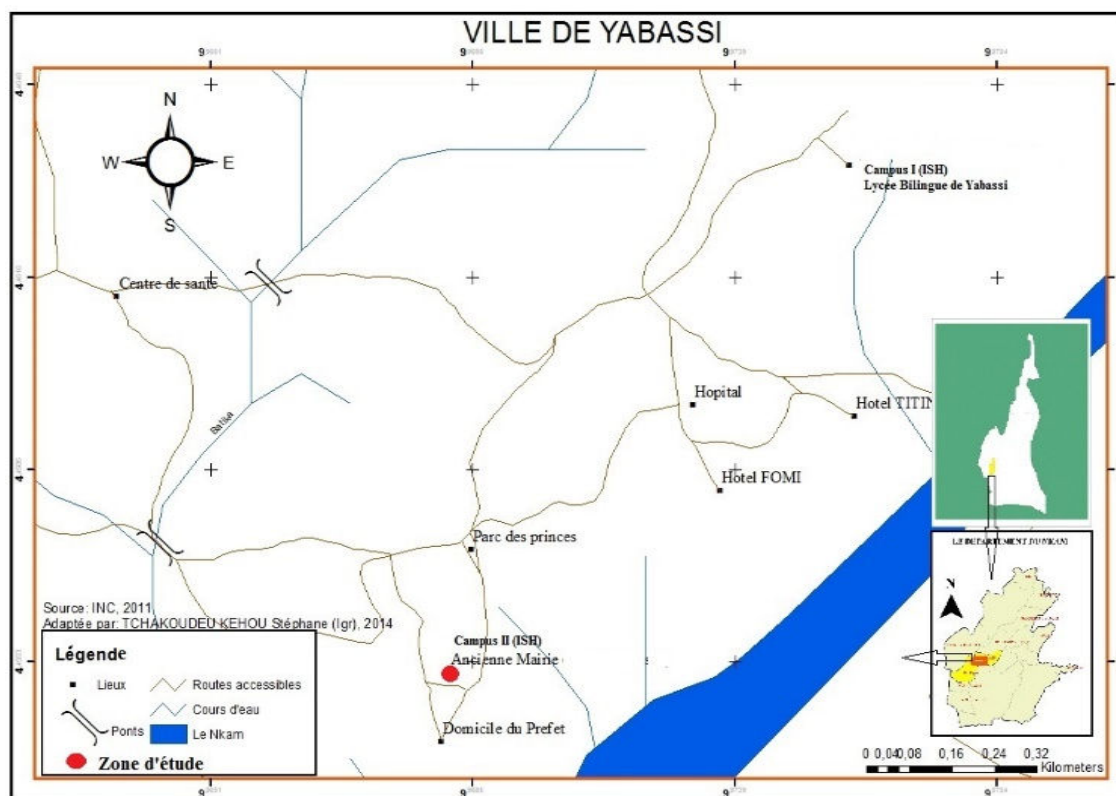


Fig. 1. Situation géographique du site expérimental

Elle est située entre le 9°50' et le 10°10' de latitude Nord, et entre le 4°20' et le 4°40' de longitude Est avec une altitude moyenne de 15 à 20 m correspondant à la vallée du NKAM. Le climat qui sévit dans la zone de Yabassi est de type subéquatorial à tendance tropicale avec deux saisons : une saison sèche qui dure de novembre à juin et une saison de pluie qui va de juillet à octobre. La température y varie de 24,9 °C à 28,2 °C avec une température moyenne de 27,5 °C.

2.2 SÉLECTION ET MAINTIEN DE LA SOUCHE DE SPIRULINE

La souche *Arthrospira platensis* utilisée dans le cadre de cette expérimentation est la variété *Toliarensis* originaire de Madagascar. Elle appartient à la classe des cyanobactéries [34], l'ordre des nostocales, famille des oscillatoriacées [24]. Cette algue se présente sous forme d'un filament pluricellulaire à forme hélicoïdale [33]. La longueur moyenne du filament comprenant 5 à 7 spires est de 250 µm et le filament spiralé a un diamètre voisin de 10 µm [6]. Cette souche a été gracieusement offerte par la ferme de production *Spirusud-antenna* basée à Toliara à Madagascar. Une fois à l'Unité pilote de production de Spiruline de l'Institut des Sciences Halieutiques, elle a été mise en culture dans un milieu neuf (milieu synthétique de Jourdan [22]) préalablement préparé dans un bassin de 7m² puis nourri quotidiennement au bicarbonate de potassium.

2.3 CONDITIONS DE CULTURE

2.3.1 PRÉPARATION DES INTRANTS BIOLOGIQUES

Les feuilles de *Manihot esculenta* ainsi que celle de *Laportea aestuans* ont été récoltées in situ aux environs du Campus II de l'Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala à Yabassi au lieu dit ancienne mairie. Une fois récolté, elles étaient respectivement lavées, égouttées puis pesées en fonction de la concentration de la solution mère à préparer. Ainsi pour un volume d'eau total de 45 l, 1125 g de feuilles étaient sollicitées. Par la suite les feuilles étaient écrasées à l'aide d'une machine mécanique. Le produit obtenu était introduit dans un contenant disposant d'un volume d'eau de 45 l préalable. L'ensemble était homogénéisé puis tamisé (Figure 3 et Figure 4). Plusieurs dilutions ont été effectuées pour permettre d'obtenir les différentes doses à évaluer. Les différents extraits y résultant étaient directement utilisés pour la composition des milieux de culture expérimentaux. Les principales doses évaluées au cours de cette expérimentation sont les suivantes : D₁=10 g/l ; D₂=20 g/l ; D₃=30 g/l ; D₄= 40 g/l ; D₅= 50 g/l respectivement pour chaque extrait brut.



Fig. 2. Préparation d'extraits aqueux à base des feuilles de *Manihot esculenta*



Fig. 3. Préparation d'extraits aqueux à base de feuille de *Laportea aestuans*

2.3.2 PRÉPARATION DES DIFFÉRENTS SUBSTRATS DE CULTURE

11 substrats de culture expérimentaux ont été élaborés dans le cadre de ce travail suivant la méthode décrite par Jourdan(1999). Les différentes proportions d'intrants entrant dans la constitution des différents milieux expérimentaux sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Composition des différents milieux de culture expérimentaux

Intrants	Concentration (g/l)										
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁
Bicarbonate de sodium (NaHCO ₃)	08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphate trisodique (P ₂ O ₅)	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfate de potassium (K ₂ SO ₄)	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfate de magnésium (MgSO ₄)	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate de potassium (KNO ₃)	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfate de fer (FeSO ₄)	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorure de sodium (NaCl)	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
Chlorure de calcium (CaCl ₂)	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Natron	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
Argile verte	02	02	02	02	02	-	-	-	-	-	-
Extrait Feuilles de <i>Manihot esculenta</i>	-	10	20	30	40	50	-	-	-	-	-
Extrait feuilles de <i>Laportea aestuans</i>	-	-	-	-	-	-	10	20	30	40	50

NB : M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₂ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 10g/l; M₃ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 20g/l; M₄ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 30g/l; M₅ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 40g/l; M₆ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 50g/l; M₇ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 10g/l; M₈ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 20g/l; M₉ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 30g/l; M₁₀ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 40g/l; M₁₁ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 50g/l

Le dispositif expérimental (Figure 4) était constitué d'une serre artisanale de deux pentes à l'intérieure de laquelle était disposé une étagère d'un mètre de hauteur. Trente-trois (33) bassines d'une capacité chacune de 20 l ont été utilisées pour conduire les essais. Elles ont été disposées de manière aléatoire sur une étagère conçus et assemblés à l'aide des bambous de chine.



Fig. 4. Dispositif expérimental

2.3.3 INOCULATION DE LA SOUCHE DANS LES MILIEUX PRÉALABLEMENT PRÉPARÉS

Les différents milieux expérimentaux ainsi que le milieu synthétique témoin ont été inoculé par un culot de spiruline récolté par filtration à partir d'une culture jeune issue d'un bassin de production de 7m². 18 bassines de 20 l de contenance chacune ont été utilisées dans le cadre de ces expérimentations. Chaque bassine expérimentale contenant chacun un milieu de culture préalablement préparé recevait un volume de 5ml de l'Inoculum. L'ensemble était mélangé délicatement pour homogénéiser les différents milieux.



Fig. 5. Inoculation de la souche *Arthrospira platensis* dans les différents milieux de culture expérimentaux

2.4 SUIVIE DE LA CULTURE

Le contrôle des paramètres physicochimiques que sont la température, le pH, l'Oxygène dissous, la conductivité, la transparence et la profondeur étaient mesurés quotidiennement à l'aide d'un multi paramètre de marque, d'un disque de Secchi et d'une règle graduée. L'agitation des milieux de cultures s'effectuait manuellement comme préconisé par Jourdan [23] et ceci quotidiennement suivant la fréquence suivante : 8h, 12h, 16h. L'agitation servait à homogénéiser et à assurer une bonne répartition des éléments nutritifs et de l'éclairage dans les milieux de culture ; ce qui permettait de faire une alternance rapide de l'ombre et de la lumière sur les filaments de spiruline. La photopériode était de 12h/24.



Fig. 6. Suivre, Récolte et Séchage des biomasses

2.5 EVALUATION DE LA CROISSANCE

La concentration en biomasse de chaque milieu de culture était évalué à l'issue de la récolte, qui s'effectuait tous les 7 jours à 7 h du matin très précise durant toute la durée des expérimentations. 5 ml de chaque substrat de culture était prélevé puis filtré à l'aide d'un papier filtre dit papier Whatmann préalablement pesé. Puis l'ensemble est rincé avec 25ml d'eau distillée acidifiée (pH 4) pour libérer tous les sels et nutriments. Après filtration le papier filtre était séché dans un séchoir solaire et ceci à température ambiante, soit à 35°C en moyenne, puis repesé. Le poids sec était évalué en $g.l^{-1}$ [1].

2.6 ANALYSE BROMATOLOGIQUE DES BIOMASSES POST RÉCOLTES

L'analyse bromatologique des biomasses post récoltes prend en compte l'évaluation de la teneur en protéines, en Matières grasses, en hydrates de carbone, ainsi que l'humidité relative pour 100g de chaque échantillon.

2.6.1 QUANTIFICATION DE PROTÉINES TOTALES

La quantification des protéines s'est faite suivant la méthode décrite par Devani *et al* en 1989, suivant le principe du dosage de l'azote total des minéralisât préalablement obtenus des différents échantillons de spiruline sec. En effet, l'ammoniac (NH_3) réagit avec l'acétyle acétone et le formaldéhyde dans un milieu aqueux pour former un complexe; le 3,5-diacétyl-1,4 – dihydrolutidine de coloration jaune, qui absorbe avec un maximum à 412 nm dans les limites de 0,5 à 6 μg d'azote/ ml. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité en azote présent dans le milieu. Dans un tube à essai contenant 0,5mL du minéralisât précédemment obtenu, a été ajouté 1,2 ml d'acétate de sodium suivi de 1,6 ml de solution réactive. L'ensemble a été homogénéisé et le mélange obtenu a été incubé dans de l'eau bouillante pendant 15 minutes puis, laissé à refroidir dans un courant d'eau froide jusqu'à 30°C. Après incubation, la densité obtenue a été lue à 412 nm au spectrophotomètre contre un blanc constitué uniquement d'acétate de sodium et solution réactive. Pour chaque échantillon trois répétitions ont été effectuées. L'étalonnage a été réalisé avec une solution de $(NH_4)_2SO_4$ (0,4mg/l).

$$\text{Teneur en azote : } N(\%) = [(V - V_0) / M \times V_1] \times 0,14$$

$$\text{Teneur en protéine : } P(\%) = \%N \times 6,25.$$

2.6.2 QUANTIFICATION DES MATIÈRES GRASSES (NF V 03-905)

La détermination des matières grasses est faite dans cette manipulation selon la méthode d'extraction par le SOXHLET en utilisant l'hexane comme solvant suivant la norme AFNOR, 1977. A cet effet 50 g d'échantillon sont placées dans le Soxhlet et y introduire 500 mL d'hexane dans le ballon, régler la température à 60°C. Par la suite, chasser la majeure partie du solvant à l'aide de l'évaporateur rotatif pour éviter l'ébullition de l'huile qui à la longue pourrait modifier les indices d'acidité. Le ballon contenant les lipides est placé à l'étuve pendant 30 min à 103°C, puis au dessiccateur pendant 30 min. Le poids des lipides est obtenu par la différence entre le poids final et le poids initial du ballon. Les résultats sont donnés par la formule suivante:

$$\text{Teneur en MG (\% MS)} = (A-B) .100/C. MS/100$$

A: poids du ballon + extrait en gramme ;

B: poids du ballon vide en gramme ;

C: poids de la prise d'essai en gramme ;

MS: matière sèche en pourcentage

2.6.3 QUANTIFICATION DES HYDRATES DE CARBONE

La méthode utilisée pour déterminer le taux des carbohydrates est inspirée de celle de la réaction acide sulfurique + anthrone adaptée à la biomasse algale suivant la méthode décrite par Miron, 2003. A 100 mg de biomasse sont ajoutés 8 ml d'acide perchlorique agité fortement et laissé. Cinq mL du réactif à l'antrone fraîchement préparé sont ajoutés à 1 mL du filtrat précédemment obtenu puis chauffés à 100°C pendant 12 minutes, une couleur verte se développe en raison de la formation d'un complexe glucose-anthrone, dont on détermine la densité optique à 630 nm après refroidissement du mélange. Le blanc étant 5 mL du réactif additionné à 1 ml d'eau distillée. Une courbe étalon est réalisée en préparant des concentrations connues de D + glucose dissous dans de l'eau distillée. Densité optique et concentration en glucose (Cg; mg/mL) sont liés par la relation suivante:

$$C_g = 0,536 \times DO_{630} + 0,0028$$

Cg : concentration de glucose (mg/mL).

2.6.4 QUANTIFICATION DE LA PHYCOCYANINE (%)

Pour la détermination de la phycocyanine, 3g de solution d'échantillon ont été centrifugés et décantés. A partir du surnageant, 0,5 ml de solution a été prélevé dilué 100 fois avec de l'eau distillée. La densité optique (DO) de chaque échantillon a été mesurée par spectrophotométrie à 615 et 652 nm. La teneur en phycocyanine exprimée en % de la matière sèche (DW) a été estimée à travers la relation :

$$\text{Teneur en phycocyanine (\%)} = [1,873 \times (DO_{615} - 0,473 \times DO_{652}) \times 100] / C$$

C étant la concentration de Spiruline dans la solution.

2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats sont exprimés en moyenne $\pm$ écart type. L'homoscedacité et la normalité des jeux de données ont été préalablement vérifiés grâce au test de Hartley. Les conditions de normalité et d'homoscedacité étant remplies, le test ANOVA au seuil de signification de 5% est effectué. Les différences étaient considérées comme significatives à $P < 0,05$. Les tests statistiques ont été effectués avec le logiciel *Statistica v.10*.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 QUALITÉ PHYSICO CHIMIQUE DES MILIEUX DE CULTURE

Les principaux paramètres physico chimiques évalués au cours de cette phase d'expérimentation étaient la Température, le pH et la conductivité. Il en ressort que les moyennes des températures et celles de pH sont restées relativement stable au cours de cette phase d'expérimentation. Il en est de même de la conductivité. En effet les moyennes de température oscillaient entre $29,13 \pm 5,28$ °C et $24,6 \pm 1,3$ °C, tandis que les moyennes de pH allaient de $11,21 \pm 0,42$ à $8,87 \pm 0,38$. Les valeurs de conductivités quant à elles variaient respectivement de $20,38 \pm 3,35$ à $29,88 \pm 4,12$ ms /cm. Soient des moyennes respectives de $27,35 \pm 3,47$ °C pour la Température, $9,94 \pm 0,37$ pour le pH. L'analyse statistique précise qu'il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les différents traitements (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques des milieux expérimentaux

Milieux de culture expérimentaux						
Paramètres	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
pH	9 ^a ±0,09	9,2 ^a ±0,09	8,88 ^a ±0,3	8,87 ^a ±0,38	8,88 ^a ±0,38	9,2 ^a ±0,13
Température (°C)	27,4 ^{ab} ±3,5	29,10 ^a ±5,1	26 ^b ±1,3	25,6 ^b ±1,03	24,6 ^{bc} ±1,3	29,13 ^a ±5,28
Conductivité (ms /cm)	29,59 ^a ± 5,23	29,59 ^a ± 4,99	29,45 ^a ± 5,07	29,37 ^a ± 5,18	28,42 ^a ± 5,12	20,38 ^c ± 3,35

Milieux de culture expérimentaux					
Paramètres	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁
pH	11,21 ^b ±0,42	11,10 ^b ±0,78	11,08 ^b ±0,46	11,01 ^b ±0,51	10,94 ^b ±0,55
Température (°C)	27,62 ^{ab} ±4,39	27,62 ^{ab} ±3,32	27,61 ^{ab} ±4,43	27,69 ^{ab} ±4,30	28,52 ^a ±4,30
Conductivité (ms /cm)	29,76 ^a ± 2,83	29,88 ^a ± 4,12	28,72 ^a ± 3,54	28,95 ^a ± 1,37	26, 75 ^b ± 2,05

NB : Les chiffres possédant les mêmes lettres dans la même ligne ne sont pas significativement différents ($p < 0,05$).

3.2 PRODUCTION EN BIOMASSE DES DIFFÉRENTS MILIEUX DE CULTURE EXPÉRIMENTAUX AU COURS DE LA PHASE D'EXPÉRIMENTATION

Tout au long de la période d'essai, les biomasses produites dans les différents milieux ont été enregistrées à la fin de chaque semaine. Une analyse comparative des biomasses sèches obtenus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux à l'extrait de *Laportea aestuans* doses (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) comparativement au milieu référentiel de Jourdain montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements (Figure 7 et Figure 8). En effet des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* comparativement au milieu référentiel de Jourdain, celui de Jourdain a enregistré une production en biomasse sèche plus élevée que l'ensemble des autres traitement soit une moyenne de $73,26 \pm 0,81$. Les milieux de culture à la dose de 40 g/l et de 50 g/l de *Manihot esculenta* ont eu un effet similaire sur la production en biomasse soit des valeurs moyennes en biomasse sèche respectifs de $0,93 \pm 0,06$ g/l (M₅) et de $0,96 \pm 0,09$ (M₆). Des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* le Milieu M₃ (soit à la dose de 20 g/l de *Manihot esculenta*) a été le plus productif soit avec production en biomasse moyenne de $1,88 \pm 0,41$ g/l. Pour ce qui est des Milieux de culture expérimentaux à l'extrait de *Laportea aestuans* (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l), le milieu de culture à la dose de 50 g/l (M₁₁) a eu un effet significativement plus important que l'ensemble des autres milieux expérimentaux avec une biomasse moyenne de $5,65 \pm 0,32$ g/l. Les milieux de culture M₉ (30 g/l) et M₁₀ (40 g/l) quant à eux ont eu un effet similaire avec des biomasses moyennes respectives de $4,88 \pm 0,11$ g/l et $4,99 \pm 0,21$ g/l.

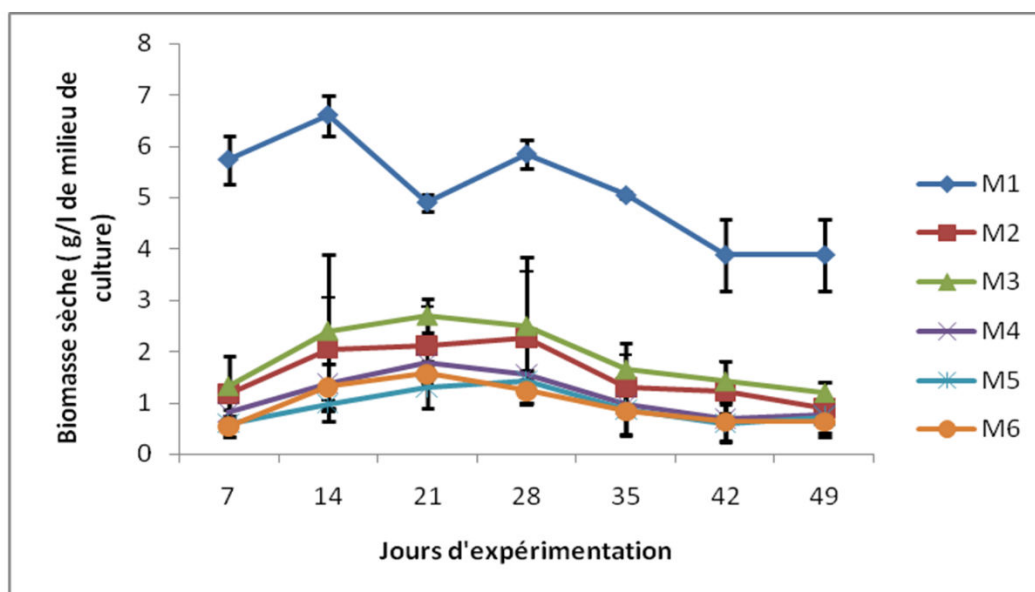


Fig. 7. Evolution de la production en biomasse sèche d'*Arthrospira platensis* des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait aqueux des feuilles de *Manihot esculenta* comparativement au milieu référentiel de Jourdan au cours de la période d'expérimentation

NB : $\bar{x}$ = écart type de la moyenne (n=3). M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₂ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 10g/l; M₃ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 20g/l; M₄ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 30g/l; M₅ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 40g/l; M₆ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 50g/l

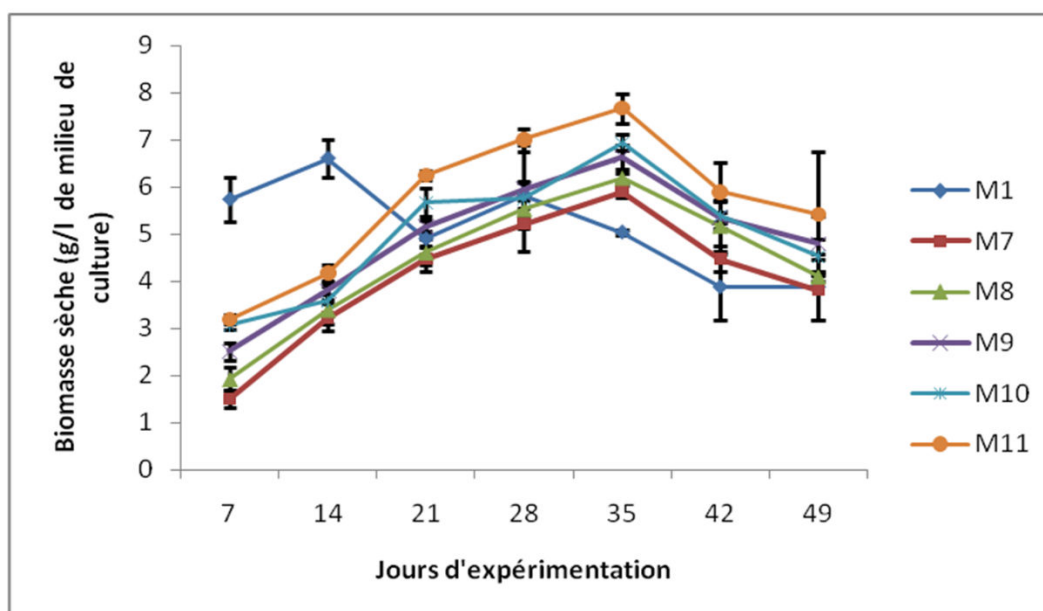


Fig. 8. Evolution de la production en biomasses sèches d'*Arthrospira platensis* dans les différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait des feuilles de *Laportea aestuans* comparativement au milieu référentiel de Jourdan au cours de la période d'expérimentation

NB : $\bar{x}$ = écart type de la moyenne (n=3). M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₇ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 10g/l; M₈ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 20g/l; M₉ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 30g/l; M₁₀ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 40g/l; M₁₁ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 50g/l

3.3 CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES DES BIOMASSES POST RÉCOLTES ISSUS DES DIFFÉRENTS MILIEUX DE CULTURE AU COURS DE LA PHASE D'EXPÉRIMENTATION

Une analyse comparative de quelques paramètres nutritionnels (teneur en protéine, en glucide, lipide, phycocyanine et Humidité) des biomasses post récoltes obtenus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux à l'extrait de *Laportea aestuans* doses (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) comparativement au milieu référentiel de Jourdan montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements (Tableau 3 et Tableau 4). En effet des différents résultats obtenus, il ressort que la teneur moyenne en protéines des biomasses post récolte issus des milieux de culture à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* est plus élevé dans le milieu M3 (soit à la dose à 30 g/l) et le milieu référentiel de Jourdan soient des valeurs moyennes respectives de $42,92 \pm 0,66\%$ et de $41,29 \pm 0,36\%$ comparativement aux valeurs obtenues des biomasses post récoltes issus des autres milieux (milieux aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l d'extrait de *Manihot esculenta*). Les milieux M5 et M6 ont un effet similaire sur la production en protéine avec des moyennes respectives de $16,37 \pm 0,37\%$ et de $17,90 \pm 0,10\%$. L'analyse en protéines totaux des biomasses post récoltes issues des différents milieux de culture du début à la fin de la phase exponentielle de croissance révèle une différence significative ($P < 0,05$) entre les différents traitements tant pour les milieux de culture à base d'extraits de *Manihot esculenta* et ceux à base d'extraits de *Laportea aestuans* (Figure 9 et Figure 10). Toutefois, l'optimum de croissance est atteint au 21^e Jours pour les milieux à base d'extraits de *Manihot esculenta* tandis que pour les milieux de culture à base d'extraits de *Laportea aestuans*, la phase de croissance est plus longue et est atteinte au 35 jours. Une analyse de la corrélation entre les biomasses sèches obtenue des différents milieux de culture et leur teneur en protéines totaux montre une corrélation significative ($r^2 = 0,823$ à $P < 0,05$) entre ces deux facteurs.

L'analyse de la teneur en glucide des biomasses post récoltes issus des différents milieux de culture à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* révèle que le Milieu de Jourdan M1 présente la valeur la plus élevée soit une moyenne de $32,55 \pm 4,46$. Les milieux M3 (20 g/l) M4 (30 g/l) et M5 (40 g/l) ont eu un effet similaire soient respectivement $14,02 \pm 2,17\%$, $13,94 \pm 0,04\%$ et $13,52 \pm 1,38\%$. Quant à la teneur en lipide, le milieu M4 (30 g/l) a enregistré la valeur la plus importante soit une moyenne de $14,33 \pm 4,16\%$. La teneur en phycocyanine toutefois a été la plus importante dans les milieux M1, M2 et M6 correspondant aux valeurs moyennes de $7,97 \pm 1,71\%$; $7,04 \pm 0,63\%$ et de $7,55 \pm 1,26\%$ respectivement. Les milieux M4 M5 et M6 quant à eux ont eu un effet similaire en ce qui concerne la teneur en humidité.

Concernant les paramètres nutritionnels des biomasses post récoltes issus des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Laportea aestuans* il est à noter que le taux de protéine le plus élevé a été enregistré dans le milieu M11 avec une valeur moyenne de $55,44 \pm 0,38\%$. Les milieux M8 et M10 ont eu un effet similaire avec des taux de protéines respectifs de $46,86 \pm 0,30$ et de $45,56 \pm 0,29\%$. En ce qui concerne la teneur en glucide, Les milieux M1, M11 ont eu un effet similaire soient des moyennes de $33,93 \pm 5,45\%$ et de $32,55 \pm 4,46\%$ correspondant aux valeurs les plus élevées. De même les milieux M8 M9 et M10 ont eu un effet similaire sur la synthèse en glucide (soient des valeurs moyennes de $29,37 \pm 7,61\%$; $30,33 \pm 3,78\%$ et $31,90 \pm 5,14\%$). Toutefois les teneurs en lipides ont été plus importantes dans biomasses issus des milieux de culture M1 (Milieu Référentiel), M9 (30g/l), M10 (40g/l) et M11 (50g/l) soient des valeurs moyennes respectives de $9,93 \pm 1,32\%$, $9,1 \pm 1,51\%$ et $9,7 \pm 1,09\%$. Quant à la teneur en humidité, elle a été la plus importante dans le milieu M7 (10g/l) soit une moyenne de $19,27 \pm 3,61\%$. Tandis que les autres milieux de culture (M1, M8, M9 M10 et M11) ont eu un effet similaire. La teneur en phycocyanine quant à elle a été la plus élevée dans les milieux M10 et M11 soient des valeurs moyennes de $10,28 \pm 2,81$ et de $11,66 \pm 2,97\%$.

Tableau 3. Paramètres nutritionnels des biomasses post récoltes des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de *Manihot esculenta* comparativement au milieu référentiel de Jourdan

Paramètres	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Moy prot	41,29 ^a ±0,36	29,52 ^b ±0,69	42,92 ^a ±0,66	19,45 ^c ±1,86	16,37 ^d ±0,35	17,90 ^d ±0,10
Moy Gluci	32,55 ^a ±4,46	12,19 ^{bc} ±0,33	14,02 ^b ±2,17	13,94 ^b ±0,04	13,52 ^b ±1,38	12,73 ^{bc} ±0,27
Moy Lipi	9,93 ^d ±1,32	8,0 ^d ±1	10,66 ^c ±2,51	14,33 ^a ±4,16	12,66 ^b ±2,08	5,66 ^e ±3,21
Moy Phyco	7,97 ^a ±1,71	7,04 ^a ±0,63	6,28 ^a ±1,41	4,22 ^b ±0,22	3,55 ^b ±0,76	7,55 ^a ±1,26
Moy Humid	16,49 ^b ±2,01	18,95 ^b ±4,24	16,43 ^b ±2,59	19,04 ^a ±2,47	19,21 ^a ±3,73	19,32 ^a ±4,63

NB : Les chiffres possédant les mêmes lettres dans la même ligne ne sont pas significativement différents ($p < 0,05$). M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₂ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 10g/l; M₃ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 20g/l; M₄ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 30g/l; M₅ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 40g/l; M₆ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 50g/l

Tableau 4. Paramètres nutritionnels des biomasses post récoltes des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de *Laportea aestuans* comparativement au milieu référentiel de Jourdan

Paramètres	M7	M8	M9	M10	M11	M1
Moy prot	36,68 ^c ±0,33	46,86 ^c ±0,30	52,68 ^b ±0,71	45,56 ^c ±0,29	55,44 ^a ±0,38	41,29 ^d ±0,36
Moy Gluci	27,78 ^b ±11,76	29,37 ^{ab} ±7,61	30,33 ^{ab} ±3,78	31,90 ^{ab} ±5,14	33,93 ^a ±5,45	32,55 ^a ±4,46
Moy Lipi	6,58 ^b ±0,25	8,13 ^{ab} ±1,76	9,1 ^a ±1,51	9,7 ^a ±1,09	9,97 ^a ±1,11	9,93 ^a ±1,32
Moy Phyco	8,75 ^{ab} ±1,48	9,02 ^{ab} ±2,89	7,67 ^b ±0,52	10,28 ^a ±2,81	11,66 ^a ±2,97	7,97 ^b ±1,71
Moy Humid	19,27 ^a ±3,61	17,72 ^b ±4,95	17,90 ^b ±4,90	17,34 ^b ±4,54	16,30 ^b ±4,66	17,49 ^b ±2,01

NB : Les chiffres possédant les mêmes lettres dans la même ligne ne sont pas significativement différents ($p < 0,05$). M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₇ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 10g/l; M₈ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 20g/l; M₉ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 30g/l; M₁₀ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 40g/l; M₁₁ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 50g/l

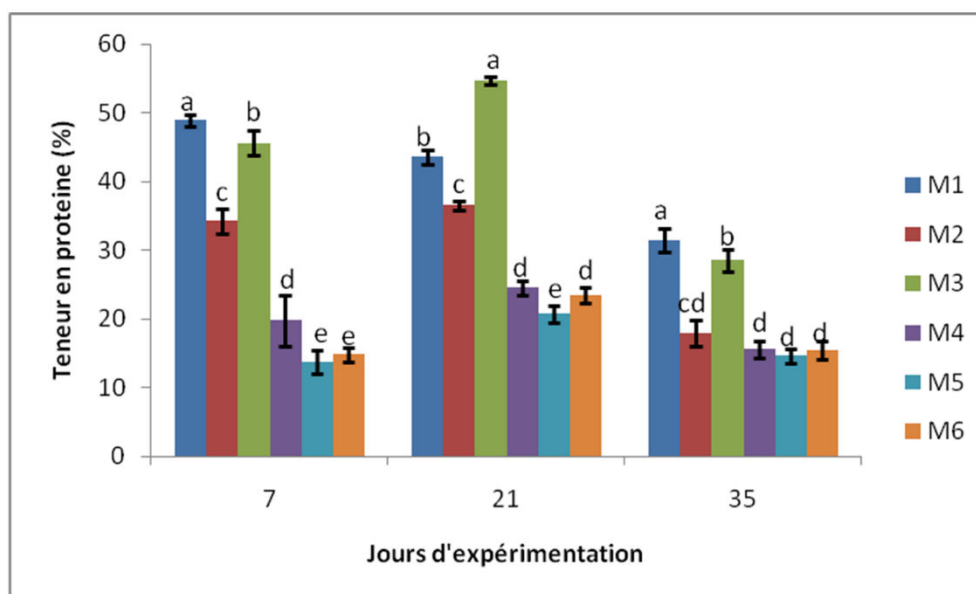


Fig. 9. Teneur en protéines des biomasses post récoltes issus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de *Manihot esculenta* comparativement au milieu référentiel de Jourdan en début et à fin de la croissance exponentielle

NB : Les barres verticales portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents ($p < 0,05$; τ = écart type de la moyenne ($n=3$)). M₁ = Milieu de Jourdan modifié; M₂ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 10g/l; M₃ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 20g/l; M₄ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose de 30g/l; M₅ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 40g/l; M₆ = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Manihot esculenta* à la dose 50g/l

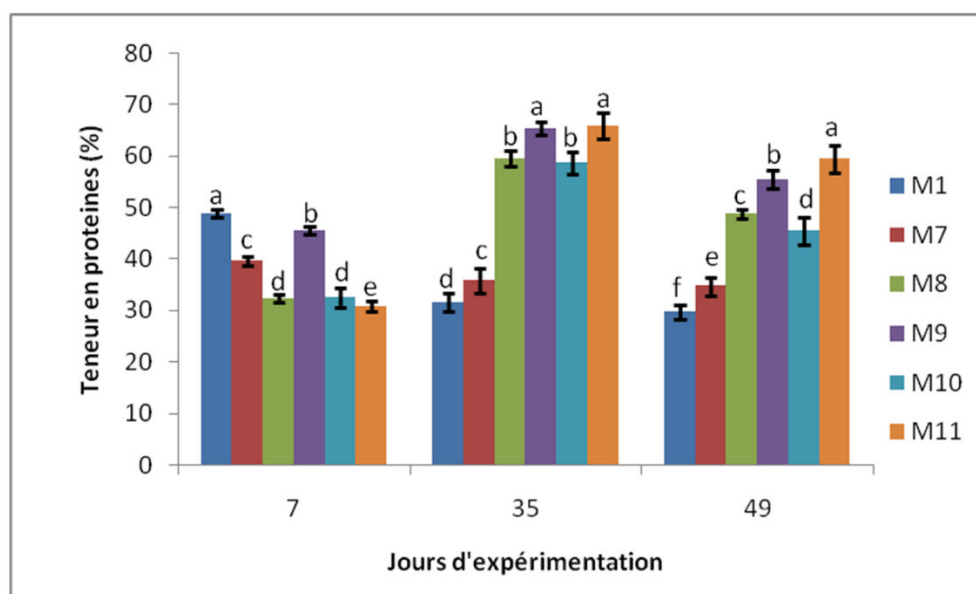


Fig. 10. Teneur en protéines des biomasses post récoltes issus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de *Laportea aestuans* comparativement au milieu référentiel de Jourdan en début et à fin de la croissance exponentielle

NB : Les barres verticales portant les mêmes lettre ne sont pas significativement différents ($p < 0,05$; $\bar{x}$ = écart type de la moyenne ($n=3$)). M_1 = Milieu de Jourdan modifié; M_7 = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 10g/l; M_8 = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 20g/l; M_9 = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose de 30g/l; M_{10} = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 40g/l; M_{11} = Milieu de culture constitué d'extrait aqueux de feuilles de *Laportea aestuans* à la dose 50g/l

4 DISCUSSION

Les principaux paramètres physico-chimiques mesurés au cours de cette phase d'expérimentation à savoir la Température, le pH et la conductivité du milieu de culture ont eu des valeurs moyennes qui sont conformes aux exigences de croissance adéquate d'*Arthrospira platensis* telles que rapportées par Jourdan (2014)[24]. Soient des valeurs moyennes comprises entre 20°C – 40°C pour la température, et 8,5 à 11,5 pour le Ph. En effet les valeurs de température et de pH durant la période d'expérimentation oscillaient dans l'intervalle moyen de $29,13 \pm 5,28$ °C et $24,6 \pm 1,3$ °C pour la température et $11,21 \pm 0,42$ à $8,87 \pm 0,38$ pour le Ph. Ce résultat corrobore avec celui de Jarisoa [21] qui trouve des températures moyennes de 24 °C et 33 °C. Ces valeurs élevées de pH, traduisent une bonne activité photosynthétique de la cyanobactérie dans les différents milieux de culture. Selon Doumandji *et al.*[11], une élévation de pH représente un indicateur positif de l'efficacité photosynthétique d'*Arthrospira platensis*.

Une analyse comparative des biomasses sèches obtenus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux à l'extrait de *Laportea aestuans* doses (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) comparativement au milieu référentiel de Jourdan montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements. Les résultats enregistrés indiquent que la dose d'extrait appliqué aurait un effet significatif sur la production en biomasse des différents milieux de culture. Toutefois bien que le milieu M_1 (Milieu référentiel de Jourdan) a enregistré une meilleure production en biomasse comparativement aux autres traitements, il est à noter que des milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* le Milieu M_3 (soit à la dose de 20 g/l de *Manihot esculenta*) a été le plus productif, avec production en biomasse moyenne de $1,88 \pm 0,41$ g/l. Tandis que dans les Milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de *Laportea aestuans*, le milieu de culture à la dose de 50 g/l (M_{11}) a eu un effet significativement plus important que l'ensemble des autres milieux expérimentaux avec une biomasse moyenne de $5,65 \pm 0,32$ g/l. Ces résultats obtenus sont supérieurs aux observations de Maarez *et al.* [31] qui ont obtenus à l'issu de leurs travaux une production en biomasse allant de 4,30 à 4,87 g/l. Cette différence pourrait s'expliquer par l'usage de milieux de culture différents. En effet dans le cadre de nos expérimentations le substrat de culture est constitué d'extrait de *Laportea aestuans* alors que chez ces auteurs les milieux référentiel de ZAROUCK et SHU ont servit de substrat de culture. Cette différence en termes de substrat de culture pourrait expliquer la différence de croissance d'*Arthrospira platensis* dans ces milieux. De plus des auteurs tels que Pandey *et al* [35] ont pu mettre en relation la forte production en biomasse d'*Arthrospira platensis* et le niveau élevé d'alcalinité du milieu de culture. A cet effet nous notons que dans le milieu de culture

à la dose de 50 g/l de *Laportea aestuans* (M₁₁) la valeur moyenne de pH est de 10,94 ± 0,55. Des auteurs tels que Soundarandian & Vasanthi [41] rapportent que la croissance d'*Arthrospira platensis* est maximale à un pH de 10. Cette croissance importante pourrait être attribuée à une activité optimale de l'ensemble des enzymes nécessaires à la photosynthèse et à la respiration à ce pH.

Une analyse comparative de quelques paramètres nutritionnels (teneur en protéine, en glucide, lipide, phycocyanine et Humidité) des biomasses post récoltes obtenus des différents milieux de culture expérimentaux à base d'extrait de feuilles de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux à l'extrait de *Laportea aestuans* doses (soient aux doses respectives de 10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) comparativement au milieu référentiel de Jourdan montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements. Concernant la teneur moyenne en protéines des biomasses post récolte issus des différents milieux de culture expérimentaux les valeurs moyennes oscillent de 16,37 ± 0,35 à 55,44 ± 0,38 %. Le taux de protéine le plus élevé a été enregistré dans le milieu M₁₁ le milieu de culture à la dose de 50 g/l de *Laportea aestuans* soit une valeur moyenne de 55,44 ± 0,38%. Toutefois il est à noter que ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Fox [27] soient des teneurs respectives de 75,62% et 60%. Cette différence pourrait s'expliquer par la différence des substrats de culture utilisés, le moment de récolte et même la technique de séchage tel que rapporté par Mohamed [47]. Toutefois les résultats obtenus des biomasses post récoltes du milieu M₁₁ sont supérieurs à ceux trouvés par Jarisoa [21] soit une moyenne de 40% du poids sec notamment avec la souche *toliarensis*. Cette différence pourrait être due aux substrats de culture différents qui agiraient de manière différentielle sur la biosynthèse protéinique.

L'analyse de la teneur en glucide précise des différences entre les différents milieux de culture avec des valeurs moyennes qui varient de 12,19 ± 0,33% à 33,93 ± 5,45%. Le milieu M₁₁ ayant enregistré la valeur la plus élevée. Cette variabilité de la teneur en glucide reste dans la gamme de variation de la teneur en glucide de la spiruline tel que stipulé par Cruchot [8] soit de 15 à 25% avec une marge relative de 10%. La teneur moyenne en lipides quant à elle oscille entre 5,66 ± 3,21 (Milieu M₆) et 14,33 ± 4,16 (Milieu M₄). Ces résultats obtenus sont similaires à ceux préconisés par Xue [39] et Cohen [6] soient des valeurs comprises entre 6 et 13% du poids sec. En ce qui concerne la Phycocyanine la valeur moyenne la plus faible a été obtenue du milieu M₅ soit 3,55 ± 0,76% tandis que la plus élevée du milieu M₁₁ soit une moyenne de 11,66 ± 2,97%. Ces moyennes obtenues sont inférieures à celles recommandées par Falquet [15]. Selon cet auteur la teneur de la spiruline en phycocyanines doit être supérieure à 15 mg/g. Cette faible teneur des biomasses post récoltes pourraient être due à la période de récolte et la technique de séchage qui pourraient altérer les constituants présents dans les biomasses récoltées. Une analyse de la teneur en humidité des biomasses post récoltes indique une variabilité de cette grandeur avec des valeurs moyennes allant de 16,30 ± 4,66 (M₁₁) à 19,32 ± 4,63 (M₆). Ces différentes valeurs sont en accord avec les recommandations de Jourdan [24] soit une humidité des biomasses sèches inférieure à 25%.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude indiquent que les extraits des deux plantes étudiées à savoir de *Manihot esculenta* à différentes doses (10 g/l ; 20 g/l ; 30 g/l ; 40 g/l ; 50 g/l) et ceux de *Laportea aestuans* aux mêmes doses respectives peuvent servir de substrats à la production d'*Arthrospira platensis*. De ces résultats il ressort que le milieu de culture M₁₁ (à la dose de 50g/l d'extrait de *Laportea aestuans*) a eu un effet significativement plus important que l'ensemble des autres milieux expérimentaux sur la production en biomasse avec une biomasse moyenne de 5,65 ± 0,32 g/l. Ces résultats se traduisent également par le meilleur profil nutritionnel des biomasses post récoltes issus de ce milieu notamment leur teneur en protéine (soit une moyenne de 55,44 ± 0,38%), en glucide (soit une valeur moyenne de 33,93 ± 5,45%) en lipide (9,97 ± 1,11) en humidité (16,30 ± 4,66%) mais également en phycocyanine (11,66 ± 2,97%) comparativement aux autres milieux expérimentaux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Dr. FOKOM RAYMOND, Chargé de Cours au Département de Transformation et Contrôle qualité des produits Halieutiques pour sa contribution à la réalisation de ce travail de recherche en ce qui concerne la caractérisation bromatologiques des biomasses post récoltes.

REFERENCES

- [1] AOAC., "Analysis of the Association of Official Analytical Chemists". (Ed. William, H.), 17ed., Gaithersburg, MD, USA, pp. 141-144, 2000.
- [2] Alexandre Glouchkoff., "Utilisation des feuilles de manioc en Afrique et bromatologie des feuilles de manioc", 49p. 2007.
- [3] Benahmed-djilali A., "Analyse des aptitudes technologiques de poudres de dattes (*Phoenix dactylifera*. L) améliorées par la spiruline. Etudes des propriétés rhéologiques, nutritionnelles et antibactériennes". Doctorat d'Etat en Génie des procédés, Université M'HAMED BOUGARA, Boumerdes, Algérie. 180p. 2012.
- [4] Burkill, HM., "The Useful Plants of West Tropical Africa", Second Edition. Vol.5, Families S – Z, Addenda Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond. United Kingdom, 689 p. 2000.
- [5] Chew, WL, A., "Monograph of Laportea (Urticaceae)", Gard. Bull. Singapore, 21: 178 – 195. 1969.
- [6] Cohen Z., Reung jitchachawali., M, Siangdung., W, Tanticharoen M., "Production and partial purification of γ -linolenic acid and some pigments from *Spirulina platensis*", Journal of Applied Phycology 5: 109-115. 1997.
- [7] Clement G., "Production et constituants caractéristiques des algues *Spirulina platensis* et maxima", Annales de la nutrition alimentaire, 29: 477-488. 1975.
- [8] Cruchot Hélène, "La spiruline bilan et perspectives", faculté de médecine et de Pharmacie de Besançon .P 5, 9-18, 23-69, 180-183. 2008
- [9] Da Costa TR, Pedro Soares VF, Maria C, Marta ZG, Giselly FL, Da Silva LI, Marcus VK., "Genetic diversity and population structure of sweet Cassava Using Simple Sequence repeat (SSR) molecular marker". African Journal of Biotechnology, 12(10): 10401048. 2013.
- [10] Dada Adigu O, Oworu Olusola O., "Mineral and Nutrient Leaf Composition of Two Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Cultivars Defoliated at Varying Phenological Phases" Not. Sci. Biol., 2(4): 44-48. ISSN 20673205. 2010.
- [11] Doumandji A., Boutekrabi L., Saidi N., Doumandji S., Hamerouch D. & Haouari S., "Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal". Nature & Technologie, 6: 40-50. 2012.
- [12] Durand-chastel H., "Production and use of *Spirulina* in Mexico", In: Algae Biomass. Shele, G. and Soeder J. (Edits), Elsevier, North Holland, Biomedical, Amsterdam. pp. 51–64. 1980.
- [13] Essiett UA., Edet NI., and, Bala DN., "Phytochemical and physicochemical analysis of the leaves of *Laportea aestuans* (Linn.) Chew and *Laportea ovalifolia* (Schumacher) Chew (male and female)", Asian J. Plant Sci. Res., 2011, 1(2):35-42. ISSN : 2249 – 7412. 2011
- [14] Esuma W, Patrick R, Anthony P, Robert K, Bramwel W., "Genetic Diversity of Provitamin A Cassava in Uganda". Journal of Plant Studies, 1(1): 60-70. 2012.
- [15] Falquet J., "Spiruline, Aspects nutritionnels". Antenna Technologie, Genève. 22p. 2006.
- [16] Fairchild, D., and Glazer, N., "Oligomeric structure, enzyme kinetics and substrate specificity of the phycocyanin alpha subunit phycocyanobilin lyase", J. Biol. Chem., 269:8686-8694. 1994.
- [17] Friis, I., "Urticaceae". In Verlag. The Families and Genera of Vascular Plants: Kubitzki, K. (Ed). Berlin: Springer, 2:612 – 630. 1993
- [18] Habib, B.; Parvin, M.; Huntington, C. and Hasan, R., "A Review on Culture, Production and Use of *Spirulina* as Food for Humans and Feeds for Domestic Animals and Fish". FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034, p. 33. (2008).
- [19] Houndonougbo MF, Chrysostome CAAM, Houndonougbo VP., "Performances bioéconomiques des poulettes alimentées avec des rations à base de feuilles séchées de manioc (*Manihot esculenta*)", Int. J. Biol. Chem. Sci., 6(2): 670-676. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.11>. 2012a.
- [20] INS., "Enquête démographique et de Santé à indicateur Multiple. Ministère de l'Économie de la Planification et de l'Aménagement du Territoire Ministère de la Santé Publique Yaoundé, Cameroun". 576P. (2011)
- [21] Jarisoa Tsaravevitra, "Adaptation de la Spiruline du Sud de Madagascar à la culture en eau de mer. Mise au point de structures de productions à l'échelle villageoise", Thèse, Université de Toliara, Madagascar. 179p. 2005.
- [22] Jourdan. J.P., "Sugar as a source of carbon for spirulina (*Arthrospira platensis*) culture", International symposium on Cyanobacterial biotechnology", Bharathidasan University, Tiruchirapalli, Inde. (1996)
- [23] Jourdan J.P., "cultivez votre spiruline: Manuel de culture artisanale". Genève, PP85 ;63, 1999.
- [24] Jourdan JP, "Cultiver votre Spiruline", Manuel de culture artisanale pour la production de spiruline, 143p. 2018.
- [25] Kihlberg R., "The microbe as a source of food", Annu. Rev. Microbiol 26: 427-466. (1972).
- [26] Koru, E. *Spirulina* Microalgae Production and Breeding in Commercial, Turkey J. Agric., 11:133-134. (2009).
- [27] Fox R D., "Spiruline : technique pratique et promesse. Edisud, aix-en-provence", 246p. 1999a.
- [28] Fox R D., "Spiruline : technique, pratique et promesse. Edisud, aix-en-provence", 246p. 1999b.
- [29] IRAD. "Diffusion des Nouvelles Technologies Agricoles en Afrique DONATA (Composante II de PSTAD)". IRAD (Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement) Cameroun, Rapport annuel d'activités 2013 : Yaoundé. 2013.

- [30] Lyphout JP, thèses de doctorat. « L'ortie a-t-elle un avenir dans l'avenir de l'agricultureécologique intensive » ? terrenales lycée Briacé Mairie. pp 428, 2015.
- [31] Marrez Diaa A., Mohamed Naguib M., Yousef sultan Y., Zakaria Y. Daw and Aziz Higazy M., "Impact of Culturing Media on Biomass Production and Pigments Content of *Spirulina platensis*." International Journal of Advanced Research (2013), Volume 1, Issue 10, 951-961.ISSN No. 2320-5407. 2013.
- [32] Morrison JF, Twumasi SK., "Comparative studies on the in vitro antioxidant properties of methanolic and hydro-ethanolic leafy extracts from eight edible leafy vegetables of Ghana". Afr J Biotech 2010; 9:5177-84. 2010.
- [33] Mweugang N. N., Tendonkeng F., Miegoue E., Matumuini F. E. N., Zougou G. T., Fonteh F. A, Boukila B., et Pamo E. T., "Effets de l'inclusion de feuilles de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la ration sur les performances de reproduction du cobaye (*Cavia porcellus* L.) local camerounais", Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(1): 269-280. ISSN 1991-8631. 2016.
- [34] Nadine A., "General information for medicinal plants",New edition Vol. 6 West India Chew Western edition, 2001;5: 7-31. 2001.
- [35] Pandey, P.; Pathak, N. and Tiwari, A., "Standardization of pH and light intensity for the biomass production of *Spirulina platensis*", J. Algal Biomass Utln., 1 (2):93-102. (2010).
- [36] Rangel-Yagui, O.; Danesi, G.; Carvalho, M. and Sato, S., "Chlorophyll production from *Spirulina platensis*: cultivation with urea addition by fed-batch process". Bioresour. Technol., 92(2):133–141. (2004).
- [37] Richmond, A., "*Spirulina*", In: Microalgal Biotechnology (Eds. Borowitzka, A. and Borowitzka, J.), Cambridge University Press, Cambridge. pp. 85-121.1988.
- [38] Rippka, R.; Deruelles, J.; Waterbury, B.; Herdman, M. and Stanier, Y., "Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria". J. Gen. Microb., 111:1-61.1979.
- [39] Xue CH, Hu YQ, Saito H, Zhang ZH, Li ZJ, Cai YP, Ou CR, Lin H, Imbs AB, "Molecular species composition of glycolipids from *Spirulina platensis*". Food Chemistry 77p. 2002.
- [40] Sguera Sébastien, "*Spirulina platensis* et ses constituants ; Intérêt nutritionnel et activité thérapeutiques". Thèse doctorat en Pharmacie, Faculté de pharmacie, Université Henry point carré-Nancy 175p . 2008.
- [41] Soundarapandian, P. and Vasanthi B., "Effects of Chemical Parameters on *Spirulina platensis* Biomass Production: Optimized Method for Phycocyanin Extraction. Internat. J. Zool. Res., 4(1):1-11.(2008).
- [42] Theodore, S. and Georgios, S. (2013). Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement.J. Serb. Chem. Soc., 78 (3): 395-405.
- [43] Udo IU, John JF., "Effects of processing methods on the utilization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaf meal (CLM) by African catfish (*Clarias gariepinus*)". Livestock Research for Rural Development, 27(8). 2015.
- [44] Vonshak, A.; Chanawongse, L.; Bunnag, B. and Tanticharoen, M., "Role of light and photosynthesis on acclimation process of cyanobacterium *Spirulina platensis* to salinity stress". J. Appl. Phycol., 8:119-124. (1996).
- [45] Vonshak, A., "Use of *Spirulina* Biomass", In: *Spirulina platensis* (*Arthrospira*) Physiology Filament Biology and Biotechnology. (Ed. Vonshak, A.), Taylor & Francis, ISBN, London, pp. 159-173. (2002).
- [46] Zarrouk C., " Contribution à l'étude d'une cyanophycée : influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler". Thèse Doctorat, Faculté des sciences, Université de paris. 1966.
- [47] Mohammed El Khelifi, Contribution à l'étude de la composition chimique de la Spiruline : *Spirulina platensis*. Master en Biologie option Sciences des aliments. Faculté de sciences de Nature de la Vie et de L'Univers ; Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. Algérie, pp53, 2011.

Online to Onsite: A Case Study of Information System for Capturing Museum Visits

Fang-Yi SU

Assistant Researcher, National Science and Technology Museum, Taiwan

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

ABSTRACT: The National Science and Technology Museum creates an “Online to Onsite visitor behavior system”(OOVBS) into “Explore IoT Exhibition”. The system is installed in all interactive units, through app, beacon technology and program for capturing personal experience during a museum visit. Besides, we adopted Stephen Bitgood’s behavior observation scale: the degree of involvement, the state of operations, the degree of reading, and the content of discussion into this interactive unit as criteria for evaluation. We will be able to retrieve visitors’ data that included basic information, comments and feedback, as well as comprehensive performance of visitor behavior via this system, by starting and operating interactive units with the corresponding identifiers of the applications demonstrated at the exhibition that they download. This article presents an “online to onsite” exhibition mode of intelligent museum to access learning behavior of visitors and build data analysis. Through the actual implementation of a visitor database for the exhibition, audiences’ visiting behavior and learning mode can be documented and evaluated. If the concept of a ‘museum group’ system can be developed in the future to integrate all museum audiences’ information, it will have an impact on the museum’s exhibitions, education, and operations.

KEYWORDS: Internet of Things (IoT), Beacon, Museum exhibition.

1 INTRODUCTION

In recent years, with the development of IoT and its related technologies, industries, the service industry in particular, have growing demand for interior positioning technology. With this trend comes the evolution of various services in museums from “informatization” to “intellectualization.” In her article “When the Art Is Watching You,” Ellen Gamerman (2014) [1] explored U.S. museums’ attempt of using beacon in exhibitions to capture visitors’ behavioral data to analyze audience behavior. With the transition of the purpose of holding exhibitions, the act of simply displaying exhibits is no longer what designers seek. Instead, serving the audience is slowly becoming the core value of exhibitions. Therefore, doing evaluation research on audience behavior has gradually become an important basis for museums in terms of raising exhibition service quality and formulating development strategy.

Using beacon as a medium to collect user information to accurately record the duration the audience is at each area of the exhibition and their actual audience behavior during the viewing process, the information can truthfully reflect the audience’s actual feelings, which conveniences the exhibitors in formulating more concrete evaluation and analysis of some deep-level details. This form of audience research will be more convenient and effective than traditional methods. Moreover, traditional audience behavior observation only randomly selects individual audiences or a small group of audience. This random evaluation method will generate great error and does not ensure the stability and accuracy of information. Through collecting audience data via beacon, compared to random data, this full-sample data can more accurately evaluate audience behavior and be integrated with a recommendation system, which will recommend the audience with exhibitions and events they might like based on behaviors including browsing, searching, preferences, etc[2].

This article takes the National Science and Technology Museum’s (NSTM) Explore IoT Exhibition (the Exhibition) as the actual field of design, with an attempt to construct an audience-centered intelligent exhibition mode, to evaluate audience behavior. This Online to Onsite visitor behavior system (OOVBS) has beacon micro positioning perceptive technology as a foundation, and uses information technology, mobile devices, human-computer interaction applications, etc., paired with physical

interactive units in the Exhibition, to track audiences' viewing tracks and further record their cognition, understanding, demand, and learning pattern of the exhibits to establish the learning records for attending the exhibition. Then, based on user involvement and operating behavior, the system sorts out whether the display method and content of the exhibits are appropriate and further analyzes them for improvement with the hopes of constructing a good and useful Online to Onsite exhibition design pattern. At the same time, it hopes to establish an interactive platform between the museum and visitors via an information response system so as to achieve instant communication between visitors and the museum.

2 RESEARCH PURPOSE

From evaluating audience behavior to designing exhibitions to marketing strategies, big data analysis is changing various levels of museum management around the world. The Met¹ attempted to capture all visitors' behavioral data by setting extensive beacon in the exhibition hall, for example, how long you were in the museum, judging your likes and dislikes of exhibits based on how long you stay at a place, whether you went to the souvenir store, etc. The information all go into the database in order to provide the visiting audience with more personalized experiences. The Norman Rockwell Museum of Massachusetts, U.S.² even gained more substantial revenue growth from the big data. From the big data, they analyzed visitors' various behavior patterns and applied them in their souvenir stores, greatly increasing its income. They also applied the patterns to the precise marketing of different exhibitions, raising their annual customer flow. The Dallas Museum of Art in Texas, U.S.³ implemented a frequent customer plan which uses exchanging goodies with information to encourage visitors that want to get the rewards to willingly keep coming back to the art museum.

France's Musée du Louvre⁴ [3] fully makes use of mobile clients to execute real-time guide of the attractions within the museum to help visitors get to their destination quickly. The Shanghai Natural History Museum⁵ established a collection big data and audience behavior data to understand what the audience is interested in, how long they've stayed, and analyze their tracks. The above are all examples of using big data to gain further enhancement. To sum up the aforementioned, it is not hard to see that "intellectualization" management has become an important direction of development in the improvement of museum services. Since the imagination, change, impact, and effects of the future of the digital age is truly unpredictable, knowing how to provide the audience with custom-made museum services and furthermore reach precise marketing, vast fundamental research and data collection are bound to happen. New-generation museums cannot neglect the formidable force of technology and development opportunities. What kind of a future do we face? One that's constantly changing and unpredictable. We might not be able to "update" right away, but we have to "keep up."

3 DOCUMENTATION ANALYSIS

3.1 THE APPLICATION OF BEACON

Beacon is a near-field perceptive technology of low-power consumption Bluetooth technology. It can also be called the "lighthouse." In the system, applications running within smartphones, tablets, wearable technology, or other calculating equipment can respond to the signals given out by the beacon. The beacon is a small and inexpensive physical equipment which can be placed by users at a certain place to send messages to "response equipment" within a certain distance[4]. Simply put, beacon is like a lighthouse that continues to broadcast signals. When a cell phone enters the "irradiation" area of the "lighthouse," the beacon will send a code to the cell phone. When the code is detected by the application in the phone, a series of actions will be initiated. The actions may include downloading information from the cloud or starting other applications or linkage devices. It mainly focuses on the use of push notifications for retail consumers in order to bring in promotional business opportunities. The third largest supermarket in the U.S., TARGET, uses beacon technology to fulfill the positioning service in the supermarket. Users only have to use the Target App to update their shopping lists beforehand. Once they arrive at the supermarket, the application will show a map for guided purchase, with the location of every product on the shopping list

¹ Ellen Gamerman's Dec. 11th, 2014 "When the Art Is Watching You."

² Same as above.

³ Same as above.

⁴ Cited from Wei Hsia's 2015 translation compilation, "The Excursion of Overseas Intellect Museums—Adaptation of Various New Technologies to Deliver Cultural Content in an Entertaining Manner."

⁵ Same as above.

clearly marked. The location of the store's additional recommended products will be displayed on this map at the same time. The function allows customers' shopping process to be more effective and also become the promotional means for the store's sale and discount information, which is killing two birds with one stone [2].

In recent years, with the development of IoT, interior positioning technology can be applied in more locations. Services in places such as museums, art museums, libraries, and amusement parks all attempted to generate big data on the basis of beacon perceptive technology. Though the analyzing technology of big data, they can plan, design, and adjust various facilities to meet the demand of the public. They include smart guide systems, rapid book search service, amusement park facility waiting times, etc. They are listed in the above-mentioned application case studies [2][4][5][6]. The Exhibition installed beacon in exhibition halls and carried out integration with the exhibition application and big data platform system. After getting a hold of attendee locations using the beacon equipment, we are able to more precisely grasp the audience behavioral patterns using the interactive units of the push notifications of the application, and the audience can organize the visiting route that best suits them based on the information

3.2 DEVELOPING AN APPROPRIATE NORMAL BEHAVIOR SCALE

In his 2004 article "A Study of Effectiveness of Interactive Multimedia Display at the National Museum of Natural Science," Yen-ming Lin[7] pointed out that one of the best methods to evaluate exhibition effects is through the observation of audience behavior. The act of tracking audience visiting routes, the exhibits seen, and time spent, etc. is called the observational method. Audience study in museums generally take the non-participant approach. Under the premise of not disturbing visitor, observers are sent to track and observe audience behaviors in the exhibition hall and record the data on scales such as visiting route, exhibits viewed, and time spent. Since the Exhibition is already installed with soft- and hardware, observers don't have to be dispatched to perform tracking. However, a behavior observation chart is still needed to assist the computer system in making records and provide program designers with algorithm logic. Therefore, the writer referred to Stephen Bitgood's 2014[8] observation chart as a basis and drew up an observation index suitable for the Exhibition and listed four common behavioral indexes: 1. Reading degree: whether the questions related to the Exhibition was correctly answered; 2. Involvement degree: the amount of time spent at each unit; 3. Operation: whether each unit is correctly operated and mission complete, 4. Discussion content: whether the experience at the Exhibition was shared on Facebook or other social network. Please see table 1 for index.

Table 1. Writer's conversion of Stephen Bitgood's observation index on behavioral analysis. (1994)

Indicator Class Definition	Reading degree	Involvement Degree	Operation	Discussion Content
Human Observation (Stephen Bitgood)	Read / Not read	Focused / Not focused	Cautious / Careless	Topical / Non-related
Program Interpretation Language (Converted by system)	Answered correctly / incorrectly Question on exhibition content	Length of time (seconds)	Completed correctly / Incomplete	Share experience of exhibition participation on Facebook or other social media sites

To conclude the above, in a spacious exhibition hall with a vast variety of display media, do the media help users learn? Is it easier for users to correctly absorb related scientific knowledge? These are the questions exhibition planners generally want to find the answer to. Hence, an effective information design is not only able to trigger user interest, it can also influence their behavior and learning [7]. OOVBS integrates on-site exhibition units and records audience behavior and learning history through program design, Exhibition application, and beacon, breaking the tradition of distributing questionnaires or tracking, and further analyzes the audience's cognitive, understanding, needs, and learning results, etc. on the content of the Exhibition. Then, user behavior is used to sort the the presentation method and content of display of the information at display units in the Exhibition to conduct further study and improvements, with the hopes of constructing a good and useful Online to Onsite exhibition design model.

4 THE PLANNING AND DESIGN OF CASE IMPLEMENTATION

4.1 ORIGIN OF IMPLEMENTATION

The Exhibition is a sub project proposed by the National Science and Technology Museum in 2017 in the Ministry of Education's "Smart Service, Citizen Joy in Learning—National Social Education Technology Innovative Service Project." It hopes, through the various display methods of museums, to introduce to the people the application development and future influence of IoT technology on daily lives. In order to let exhibition content and audience behavior more closely represent IoT environment, the exhibition idea is: to construct a future world of "people to people, people to object, and object to object" communication and connection. Based on that, two stories were developed to connect the entire exhibition. The first is Online to Onsite, to construct a Smart City. The basic structure of IoT is consisted of the perceptual, internet, and application layers. The visiting story of the Exhibition is built in the structure, allowing the people to view the displays using their mobile device with the Exhibition application and perception points. Online games are combined with onsite exhibitions to demonstrate what IoT is. To enhance viewing experience, the application can be used to accumulate virtual coins, which can be used to exchange the viewer's preferred items at the "actual" goods machines, reaching the IoT experience of Machine-to-Machine or Man-to-Machine (M2M) using "virtual" currency to purchase "physical" items.

The second story is statistics analysis, instantly displaying visitors' audience behavior. The ultimate goal of IoT is prediction. Therefore, through the display model of Online to Onsite, the sensory apparatus in the Exhibition and audience data are connected to allow all visitors to create their own IoT and construct a smart city through the Exhibition. Hence, to satisfy the display setting and demand, the National Science and Technology Museum advanced with an exhibition design different to before. In the past few years, the National Science and Technology Museum makes great use of the media interactive display to strengthen viewing experience. This time, apart from satisfying viewing experience, the National Science and Technology Museum also hopes to correct our designing experience through audience message transmission and application behavior.

4.2 APPLIED TECHNOLOGY AND STRUCTURE

In museums in Taiwan in the past, each display device was decentralized and operated independently. Not only was it difficult to control the operation of each device, it was also impossible to control the use of each device by each user. Therefore, with the opportunity of the Exhibition, all the interactive devices in the exhibition area are fully connected to the network, allowing IoT display to also be an actual IoT operation area. At the same time, beacons are built in the entire exhibition hall and are integrated with the accompanying application and big data platform system so that we can grasp audience behavior patterns more accurately, hence improving the accuracy and reliability of follow-up big data analysis results. The overall structure of the Exhibition OOVBS consists of three major projects, namely, "Exhibition System Structure," "Regional System Structure," and "APP Structure." The architecture and application are shown in Graphs 1 and 2.

To free the main server from the impact of traffic during the peak hours of the Exhibition, each booth will be divided into sub-servers. The main server is responsible for the eventual storage of the entire exhibition site, the exchange of sub-server data, the PHP-base API, and the internal management Dashboard. In addition, MongoDB in each sub-server is regularly backed up. Among them, to make data in different exhibition areas available for quick access, Redis uses a lightweight data storage structure in the memory to provide a space for data sharing buffers for the sub-server groups. The sub-server is mainly responsible for data exchange, collection, backup and monitoring of interactive devices, and uses agents (Socket. IO) to provide instant communication between devices and uses MongoDB for rapid data storage and sharing. It can also process requests from the main server in real time, such as pushing messages for users in the field, and further integrating information into the application.

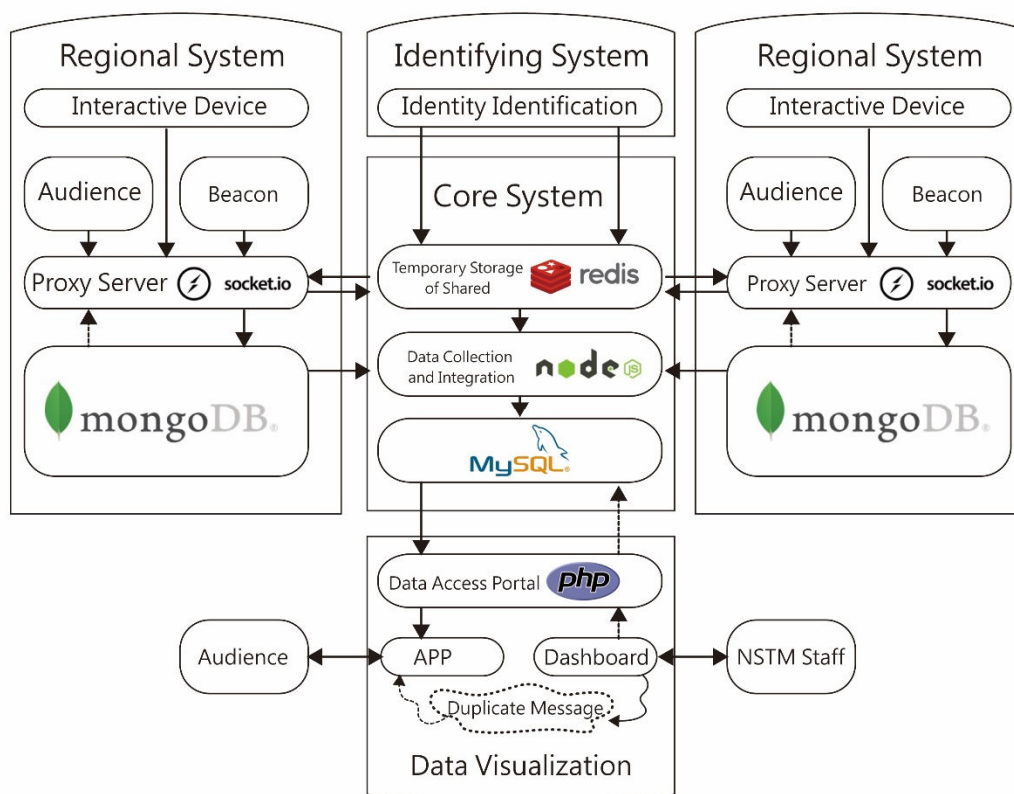


Fig. 1. Overall structure of the Online to Onsite visitor behavior system

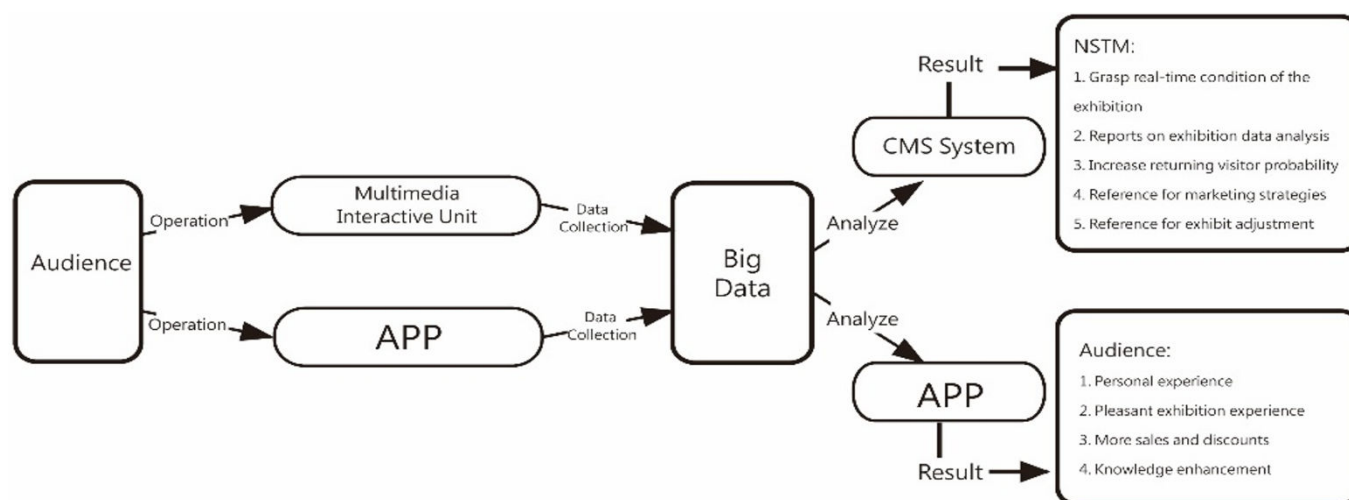


Fig. 2. Audience behavior data collection procedure and application.

4.3 PERFORMING INDEX CLASSIFICATION OF INTERACTIVE DISPLAY BEHAVIOR

The exhibition features a total of 6 display areas, 56 units, 1 small theater, 5 films, and 11 multimedia interactive units. The content and objectives of the multimedia interactive unit are compiled and designed according to the display plan of the Exhibition. Then, the expected achievement of the interactive mode and learning outcomes are reviewed. The visiting activity level index is classified into three levels and are rewarded 3-2-1 points based on high-medium-low degree of visiting behavior. This level gives the standard as well as provides interactive software programming to execute and determine the “node.” As soon as the visiting public participate in the interaction, OOVBS initiates the program and records the visitor’s learning trajectory. Exhibition display division, interactive unit contents, target, and leveling shown in Tables 2 and 3 respectively.

Table 2. The partition and display orientation of the Exhibition. (Drawn by Fang-yi Su)

Item	Exhibition area	Display Orientation
1	A: Now is the Future	The effects of industrial 1.0-4.0 on humans.
2	B: 0 and 1 Overturn the World	Understanding the evolution of the development and technology of the computing industry.
3	C: Virtual Neighbors	Understanding the development of the Internet from wired to wireless to unlimited.
4	D: Transboundary "Language"	Exploring the concept of IoT, its basic structure and key technology.
5	E: Smart City	Smart City: The great experience of an IoT world in all aspects of life.
6	F: Experience the Power of IoT Infinite Potential of IoT?!	Ponder that while IoT brings us more convenience in life, it could possibly invade our privacy? When robots and humans begin to co-exist, who would you trust?

Table 3. Exhibition interactive unit display content, target, and grading chart. (Drawn by Fang-yi Su)

OOVBS Evaluation Index	Exhibition Content and Target	Corresponding Interactive Display Unit	No. of Units	Level Grading Standard	Highest Total
Reading	1. Guide to understand the relationship between computer networks and our lives. What parts of your daily life is related to this topic. 2. Understand computers, Internet development related technologies, and IoT structure and development.	1. IoT Classroom 2. Understanding perceptive level – App. audio guide	2	Level 1: None correct (listen) Level 2: Half correct (listen) Level 3: All correct (listen)	6
Involvement	Understand computer development history and the evolution of Internet technology.	1. Challenge the binary method 2. Assemble a smart phone by hands	2	Level 1: 30 seconds Level 2: 60 seconds Level 3: 90 seconds	6
Operation	1. Smart City is an important area to experience IoT applications. The Exhibition simulates the changes in the normal behavior relating to food, clothing, and entertainment after smart devices infiltrate the lives of ordinary people and investigate how we can face the era of intellectualization. 2. With the rapid development of computer network technology, how we can change the face of human life from wired to wireless to unlimited. 3. Describe the key technologies of IoT and how to predict and analyze cloud computing and big data.	1. Acquaintance with the Framework of IoT's 2. Maker Network Cable 3. Experience a Smart Car 4. Cycling Health Test (smart medicine) 5. Acting as a Logistics Operator 6. Virtual Shopping with Joy	6	Level 1: Activate unit Level 2: Operate half-way Level 3: Operation complete	18
Discussion	1. How the development of technology affects IoT and Industrial 4.0. 2. Adjust self-perspective and understand the impact of technology on humans and society. Guide to understand the impact of technology in everyday life on human beings.	Share visiting experience on social network, take photos, or write review	1	Level 1: 1-2 posts Level 2: 3-4 posts Level 3: 5-7 posts	3

4.4 ACHIEVE OBJECT-LINK-NET MAN-MACHINE INTERFACE

To enable the Exhibition visitors and their data can correctly correspond to the field designed by the database, the Exhibition makes use of the accompanying application, which uses the Internet to connect interactive display units to the server. At the same time, the entity's interactive display unit uses the "node" of the program to judge the performance index, and then uses 73 beacons constructed to detect the location of the visitors and conducts an Online to Onsite interaction to achieve the goal, reaching the concatenation and integration of the object-link-net man-machine interface. After the visitors download the exhibition application and start to visit, when approaching the recorded unit, beacon will launch the user's app and respond to the unit, and then generate a bar code or number (commonly referred to as code) for visitors. After scanning the code on the entity's display interactive machine, after completing the pairing code authentication, the user begins to experience and learn.

5 DATA ANALYSIS

The data itself has no meaning until it is analyzed. Data collection is mostly passive for many organizations. Only when a problem occurs will relevant departments start analyzing data to determine and fix problems and formulate measures to prevent recurrence [9]. The Exhibition hopes to move from passive to active, through beacon technology and program nodes embedded in interactive software, to automatically retrieve data using rules and make the data useful information. The Exhibition automatically captures all visitor's current information and behaviors on the opening day through OOVBS. The system will output an EXCEL report and use the login time to log the LEVEL of the behavioral indicator after the visitors participate in the display. OOVBS collected 14,960 pieces of information from November 10, 2017 (the day of the Exhibition) to February 28, 2018. After downloading the system data, SPSS for Windows 18.0 statistical software was used as an analysis tool, using descriptive statistical analysis, including: Basic information, feedback (Satisfaction and the overall performance of favorite units), and visiting behaviors. The following is a preliminary discussion and explanation of the data.

5.1 BASIC INFORMATION AND FEEDBACK FROM THE VISITING PUBLIC

There are slightly more female visitors (7,520) than male visitors (7,440) that attend this exhibition. In terms of age, the number starts from 10 to under 13 (25.1%), followed by 25 to 35 (21.9%), 19 to 25 (20.9%). As for education level, universities (colleges) (52.4%) take majority. There is up to 63.1% of students in terms of visitor occupation. For the feedback, 98.4% of the visitors were satisfied with the Exhibition (57.2% very satisfied, 41.2% satisfied). In determining which interactive unit the public liked most, the "Maker Network Cable" ranked first at 32.6%, then the VR virtual reality technology incorporated interactive unit "Experience Smart Car" (22.5%) and "Virtual Shopping with Joy" (14.4%).

5.2 OVERALL PERFORMANCE OF VISITING BEHAVIOR

During the comprehensive performance of the visit, OOVBS recorded the time of visit and the level of visitation (LEVEL). According to the structure of Table 3, the degree of visit behavior was calculated by multiplying the number of interactive units by the grade points. The graded scores were divided according to the degree of participation in the unit. The level index is classified into three levels and are rewarded 3-2-1 based on high-medium-low; the system has a total of 11 units to participate in the record, the formula is as follows $2X3+2X3+6X3+1X3=33$, so the highest degree of visit behavior is 33 points, the lowest is 11 points, Then according to the class spacing, "low participation" (1-11 points), "middle participation" (11-22 points), and "high participation" (22 points or more-33 points) were divided. The average time for the total exhibition of this special exhibition is 92 minutes. According to the information recorded by the beacon, the average time for each unit to be parked is 8.36 minutes. There is no specific line of sight for the visit trajectory. The level of visit behavior is based on 14,960 statistics. The minimum is 15 points and the highest is 29 points. The overall average is 22.35 points. It falls on the level of "high participation." There is no "low participation" level. It shows that when visiting the special exhibition, the visiting people are willing to try to get close to the exhibition, participate in the interaction, and understand the content of the show is not just free buttons or rotating exhibits.

In the part of the visit behavior of the four assessment indicators, due to the different number of display units, they cannot compare with each other. See Table 6. The levels of reading, involvement, and discussion are all listed in "High Participation" (average scores 4.44, 4.30, and 2.26). Among them, the reading index is given by "answering the content related questions" and answering "yes." In terms of scores, from the result of "high participation," the visiting people did a knowledge reading of the contents of the display. On the operation status indicator, they were "moderate participation" (average score of 11.35), and the judgment rating score was "correct operation." The demonstration unit completes the mission" as a benchmark. There are two units in this special exhibition that use virtual reality to interact. From the on-site observation, it is found that many

visitors are limited by physical factors (dizziness, nausea, etc.), resulting in failure to complete the operation. The assessment of the degree of participation provides the direction for future revision of virtual reality display techniques in the Science and Technology Museum, such as the degree of interaction with different ageing designs or the improvement in software programs, to better meet the needs of the audience.

Table 4. Individual evaluation index of audience behavior degree. (Drawn by Fang-yi Su)

OOVBS Evaluation Index	Audience Behavior Degree		
	Low	middle	High
Reading	1		6 (points)
Involvement	1		6 (points)
Operation	1		18 (points)
Discussion	1		3 (points)

Note: This table can only be used as schematic illustration for the segment each audience behavior falls.

To understand whether the level of participation of the public is influenced by “age” and “educational level,” according to the data, Chi-square Test analysis and statistics are used. However, because there is no “low participation” level, the number of non-conformance checks by the Less than 5, to avoid significant deviations in the results of the analysis, the “merge” and “educational” data were merged using the fine-grained merger method. Tables 7 and 8 show the 2X2 contingency table for the participation of the public and the two variables of “age” and “education level.” In terms of age, Person Chi-Square (χ^2) values and independence chi-square test results, χ^2 value is equal to 23.759, $df=1$, $p=.000<.05$, reaching a significant level, and in education degree χ^2 value is equal to 6.706, $df = 1$, $p = .010 <.05$, also achieved significant, indicating that the level of participation of the visiting people is influenced by “age” and “educational level” and is related. OOVBS is an innovative design concept of Bend exhibition. It is also rare for museums to use technology to record visitors’ visits. It has been used for more than 4 months and will be extended to the permanent exhibition halls of the science museum every year. A large amount of data will gradually be formed, and the variety of data and the true and false judgments of the data will require more techniques and experiences to conduct data mining, including: classification, estimation, prediction, correlation grouping or association rules. The article begins with a preliminary discussion of some of the data.

Table 5. Statistics and Chi-square test of audience behavior degree and age. (2*2 contingency table) (Drawn by Fang-yi Su)

Age	Audience Behavior Degree		(df)	(χ^2)
	Moderate	High		
10-25	4,480	3,840	1	23.759
25-65+	3,840	2,800		
Total	8,320	6,640		

Table 6. Statistics and Chi-square test of audience behavior degree and education. (2*2 contingency table) (Drawn by Fang-yi Su)

Education Level	Audience Behavior Degree		(df)	(χ^2)
	Moderate	High		
Elementary School – High / Vocational School	3,280	2,480	1	6.706
University / College – Graduate School	5,040	4,160		
Total	8,320	6,640		

6 CONCLUSION

The Exhibition is not only a subproject of the Science Museum's four-year plan of the Smart Museum, but also the celebration of the 20th anniversary of the Science Museum. It represents the beginning and end of the project. Therefore, the author takes this Exhibition as a practical field. While planning, designing, and producing the exhibits, it also integrated the structure of the visit behavior database into the exhibition, proposed a virtual and real integrated wisdom museum display model, and through actual implementation, established the audience database of the special exhibition and recorded it to assess audience visit behavior and learning mode. On the one hand, human beings are constantly creating materials. On the other hand, they can use these materials to create the future. The information created daily may be individual or partial, and the information obtained is macroscopic and global. It will approach the basics of things through analysis and research[10]. With the change of the times, the Internet has developed rapidly, the amount of data on the Internet has also increased day by day, and the data in various fields has also begun to become complicated. How to extract useful information from these large amounts of information, organizations, and new business model development and opportunities is an important issue in the development of technology in the new century.

Museum exhibitions and educational activities have always been the representatives of innovative models. The future museums must also be oriented towards intelligent management and tailor-made museum display activities for people of different ages and occupations. Museums can pinpoint the preferences of their target audience and then push a variety of suitable cultural activities to allow them to participate in the museum's innovative cultural activities in addition to the exhibition, rely on big data support, can put a family, an area, and even The characteristics, preference, purpose, and experience of the museum audience of the whole country are captured, which helps museums make forward-looking decisions, such as how to organize events, how to plan audiences' favorite shows, and how to accurately market them. It will then conduct research and make advance judgments about future markets [11]. This is also the goal of the IoT world. It is expected that the data collected by sensing elements will be used for data analysis, and ultimately forecasts will be made to accurately market and make decisions.

In recent years, big data and its related applications have become an e-commerce industry. The use of big data has a destructive and innovative effect on the retail industry[12]. It is believed that the museum will be able to use the successful models of other industries to develop smart services that suit itself. This article explores the design practice sharing and the current collection of visit materials developed by the Science and Technology Museum and hopes to discover more museums' applicable scope through the construction and implementation of this case, service model, and utility. Only this article will be used to provide a new perspective on the service performance of museum museums.

REFERENCES

- [1] Ellen Gamerman., "When the Art Is Watching You. "2014, Dec.11.The Wall Street Journal.
Taken from: http://www.acoustiguide.com/coverage/when-the-art-is-watching-you_-the-wall-street-journal (Date browsed: May 29, 2017).
- [2] Hui Yu, Yu-cui Zhang, "Research and Application of iBeacon in the Museum," 2015 Beijing Digital Museum conference essay, Beijing Association for Digital Science and Technology Popularization pages 244 to 248, 2015.
- [3] Wei Hsia(translation compilation)," The Excursion of Overseas Intellect Museums–Adaptation of Various New Technologies to Deliver Cultural Content in an Entertaining Manner," *New Economy Weekly*, 3rd issue: 44-46,2015.
- [4] Chao Li," Based on the Design and Research on Beacon Technology in Children Gaming Projects," *Design Arts Research*, 5(4): 37-39, 2015.
- [5] Yi Shih, "Let Visiting be Fun – The Application of Smart Guide-Positioning System in the Museum, 2015 Beijing Digital Museum conference essay," Beijing Association for Digital Science and Technology Popularization pages 365 to 369 , 2015.
- [6] Yueh-sheng Huang, Ming Liu,"The Application of Beacon in Mobile Library Service based on Location," *Library and Information Service*, 3rd issue: 73-78, 2015.
- [7] Yen-ming Lin,"A Study of Effectiveness of Interactive Multimedia Display at the National Museum of Natural Science," YunTech Department of Visual Communication Design MA dissertation, unpublished, 2004.
- [8] Bitgood, S." Designing effective exhibits: Criteria for success, exhibit design approaches, and research strategies. "*Visitor Behavior*,9(4):4-15,1994.
- [9] Xiao-bing Zhang,"A Slight Analysis on a Solution for Smart Museums," *Mechanical & Electrical Engineering Technology*, Z(1): 235-238, 2016.
- [10] Lan Zhang," The Opportunities and Challenges for Museums in a Big Data Environment," China Maritime Museum 4th Annual Conference essay collection, Shanghai: China Maritime Museum pages 186-195, 2013.
- [11] Li Lin,"Chengdu Museum: Journey of Custom-Made Big Data," 2016.09.19 Sina collection.
Taken from: <http://collection.sina.com.cn/cqyw/2016-09-19/doc-ixvvyqwa3446557.shtml> (Date browsed: September 29, 2017)
- [12] Chi-ruei Huang,"Case Study of Big Data Value Innovation – Using Alibaba Group as Example, "NTUST Graduate Institute of Finance MA dissertation, unpublished, 2015.

TERRITOIRES SOCIO ECONOMIQUES PRODUIT PAR L'ACTIVITE MINIERE ARTISANALE AU LUALABA

KALALA MUTANDA Patrico

Assistant à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, RD Congo

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

ABSTRACT: Cette observation mise à la portée des lecteurs, émane d'une observation faite dans les lieux où s'exploitent artisanalement les minerais du cuivre au Lualaba et dont la motivation majeure n'est autre que de montrer comment se crée des nouveaux territoires socio-économiques. Cette étude a été menée dans la province du Lualaba principalement dans les territoires de Mutshatsha, Lubudi et Kolwezi.

Ainsi, les autorités locales et provinciales devraient considérer ces territoires socio-économiques comme sources des gains pour organiser une structure du marché selon le modèle et organiser la cohabitation des anciens occupants avec les nouveaux (ceux qui sont venus des autres contrées et cités d'autres provinces) pour l'exploitation du cuivre dans ces territoires.

A ce jour, plusieurs territoires sont nés (non encore encadrés) et pas connus de l'administration Territoriales.

KEYWORDS: Exploitant artisanal, Socio-économique, commerçant, Mines, Carrière.

1 INTRODUCTION

Depuis longtemps l'homme intervient dans la nature pour satisfaire ses multiples besoins, en agissant sur la biodiversité. La question reste de savoir comment, quand, où et avec quel moyen il exploite cette nature. Son action sur l'environnement évolue au jour le jour avec l'avancée technologique et d'autres sciences telles que la Géologie, pétrographie, minéralogie, géologie, hydrologie etc.

L'objectif de cet article est d'explorer les possibilités du développement territorial structuré par le concept d'innovation socio-économiques que nous allons présenter plus loin en détail sous l'appellation territoire socio-économiques.

La Province du Lualaba incroyablement riche en ressources naturelles ; cette province regorge d'importants gisements de cuivre à haute teneur et des minerais associés. Ces ressources sont concentrées dans les territoires de Mutshatsha, Lubudi et Kolwezi.

Cet état de chose, nous poussent à poser quelques questions au sujet de Territoires Socio-économiques créés par l'exploitation Minière Artisanale :

- 1) Comment se crée les territoires dans les environs des sites miniers ?
- 2) Que faire pour pérenniser les territoires sociaux produits ?

Le choix de ce sujet est motivé par les soucis de contribuer à l'amélioration des recettes du trésor public et de pérenniser les territoires produits en créant des centres commerciaux et programmer l'aménagement de ces territoires.

Pour vérifier les hypothèses de notre travail et pour répondre aux préoccupations de nos questions soulevées dans la problématique, nous faisons recours aux méthodes analytiques, descriptives et explicatives appuyées par l'interview que nous avons réalisées dans les sites. Nous limitons les recherches dans les trois territoires et s'étalons sur une période de 2010 à 2016.

2 DE L'EXPLOITATION ARTISANALE

L'artisanat était particulièrement développé dans les sociétés congolaises précoloniales. La poterie, la fabrication d'armes et d'outils de fer existaient presque partout. Il s'avère que la plupart des gisements en exploitation au Katanga ont été découverts et travaillés par les populations locales avant la pénétration européenne [J. NYEMBO SH., (1975) : P. 93]. Les populations autochtones utilisaient déjà des fours en argile et des soufflets en peau d'antilope. Ils ont construit toute une tradition nommée « les mangeurs de cuivre », qui continue à être célébrée jusqu'à ce jour. Cette organisation de la société autour de l'activité du cuivre était ancrée dans la quotidienneté de la vie sous forme d'une trame caractéristique d'une civilisation propre. Ici, Le chef du village en donnait lui-même le signal sous le terme que voici : « Tuyé tukadié mukuba » [Entendez : « allons manger le cuivre »]. Dans la logique des autochtones, « manger du cuivre », c'est se nourrir, se « développer », s'enrichir..., pas nécessairement dans le sens de l'accumulation capitaliste, mais bien l'enrichissement pour toute la communauté, à condition d'y être accepté et intégré.

Par ailleurs, tous ceux qui ont étudié les sociétés africaines savent pertinemment bien qu'il n'existe pas de terre sans maître en Afrique. Au Congo (RDC), les autochtones étaient naturellement possesseurs légitimes du sol voir territoires. Les limites des terres tribales, terres de chasse et terres de culture, étaient habilement connues.

2.1 EXPLOITATION MINIERE ARTISANALE

Cette exploitation est définie de diverses manières dans le monde mais qu'end à l'ONU, on distingue trois types d'exploitation minière :

Grandes mines (exploitation industrielle ou à grande échelle),

Petites mines (exploitation semi- industrielle ou à petite échelle)

Et les mines artisanales (exploitation artisanale ou traditionnelle).

Cette dernière fait objet de notre travail.

Le Code minier, à l'instar de l'ordonnance-loi n° 81-013 du 02 avril 1981, organise les critères d'institution d'une zone d'exploitation artisanale. En effet, lorsque les facteurs techniques et économiques caractérisant certains gîtes d'or, de diamant ou de toute autre substance minérale ne permettent pas une exploitation industrielle ou semi- industrielle, le Ministre des Mines peut ériger de tels gîtes dans les limites d'une aire géographique déterminée en zone d'exploitation artisanale.

Un article du Département des Affaires Economiques et Sociales des Nations Unies ajoute que, l'exploitation artisanale c'est l'utilisation directe de l'énergie humaine dans l'extraction des minerais.

3 DES TERRITOIRES ET DEVELOPPEMENT

3.1 DES TERRITOIRES

Le territoire comme construction Socio-économique et institutionnelle Suivant à Améziane Ferguène, pour bien comprendre l'idée de construction territoriale, il est nécessaire d'examiner les notions d'*espace* et de *territoire* pour préciser ce qui les sépare. À proprement parler, la notion d'espace n'a pas de contenu concret. Il s'agit d'une notion abstraite qui évoque une étendue *géographique* informe (sans forme particulière et sans contours délimités). Cette étendue n'est certes pas sans consistance physique ; toutefois cette consistance n'implique ni spécifiés sur le plan économique ni particularismes sur le plan socioculturel.

D'un point de vue théorique, l'espace ainsi conçu (comme étendue géographique) a été parfaitement traduit par les néo-classiques à travers le concept d'« *espace homogène* ». Ce concept ; développé notamment par Johann Heinrich von Thünen : propose une théorisation de l'espace économique qui fait de celui-ci un (simple) support neutre des activités productives. Support neutre car, si l'espace intervient dans les décisions de localisation des firmes, c'est essentiellement à travers les coûts de transport imputables à l'acheminement des biens des lieux de production vers les lieux de consommation.

Qu'en est-il de la notion de territoire ? En toute rigueur, on ne doit pas parler *du territoire* mais *des territoires*. Au pluriel, parce qu'à la différence de la notion d'*espace*, celle de *territoire* a un contenu précis et concret. Il s'agit d'une portion déterminée de l'espace géographique qui a ses caractéristiques propres et qui, de ce fait, n'est réductible à aucune autre.

3.1.1 CARACTERISTIQUE DE LA DELIMITATION DE TERRITOIRE

Les caractéristiques propres qui délimitent un territoire dans sa singularité sont en gros de deux ordres : physico-économique d'une part et (2) socio-culturel d'autre part.

- Physico-économique

Un territoire se distingue d'un autre essentiellement par la nature et la quantité de ressources qui s'y trouvent. Ces ressources peuvent soit provenir du milieu naturel, soit être le résultat d'une création-recréation des hommes. Sur le plan *socio-culturel*, un territoire se définit d'abord par la collectivité - ou la communauté - humaine qui y vit. Cette collectivité humaine elle-même se spécifie par son histoire, son vécu, sa mémoire et sa culture.

- Socio-culturelle très forte :

« Le territoire, dans ce sens, renvoie fondamentalement à un système de valeurs partagées et à un sentiment d'identité et d'appartenance commune. En vertu de ce contenu culturel très fort, il est clair que le territoire n'est jamais une donnée a priori, une sorte de déjà-là ; il est au contraire un produit de l'action des hommes, une construction socio-économique et socio-culturelle des acteurs qui y vivent et qui y évoluent. »

3.1.2 LES ELEMENTS DE LA CONSTRUCTION TERRITORIALE

Selon Ferguène la construction territoriale peut être explicitée à travers quatre éléments principaux :

- 1) *Le territoire n'est pas une création ex-nihilo*, ni le produit d'une génération spontanée. Il est le résultat d'un long processus historique qui l'informe, le structure et le constitue comme lieu de vie commune et de mémoire collective.
- 2) *Les relations* qui s'y nouent et les transactions qui s'y pratiquent obéissent en partie au clivage marché/hierarchie. Mais, pour une autre partie, elles s'inscrivent dans des systèmes résiliants, faisant ainsi du *territoire* un lieu échappant en partie aux inconvénients des deux logiques concurrentes (marchande et hiérarchique).
- 3) Le territoire fait référence non seulement à une configuration économique - au sens des ressources et des activités qui y sont localisés - mais aussi à une configuration sociale, au sens d'une collectivité humaine qui y vit. Comme tel, il renvoie à un *système culturel et identitaire* qui soude la communauté concernée et assure sa cohésion. Les valeurs, règles et normes constitutives de ce système jouent un rôle central dans la dynamique du territoire car elles influent significativement certains aspects de la vie locale : les formes d'organisation du travail, les rapports entre les firmes du territoire, les relations entre celles-ci et l'environnement externe.
- 4) *La construction territoriale* n'est assurément pas qu'une affaire de dynamiques économique et socioculturelle. C'est également une affaire de dynamique institutionnelle. De fait, les institutions sociales - publiques, parapubliques et privées - tiennent une place importante dans le processus, dans la mesure où elles sont largement impliquées non seulement dans le fonctionnement industriel du territoire, mais aussi dans son organisation d'ensemble.

3.2 DES TERRITOIRES SOCIO- ECONOMIQUES

À l'origine, le territoire n'a pas d'existence propre au cœur de la théorie économique. L'espace n'a pas d'épaisseur il est espace-point où se localise l'entreprise en fonction de critères strictement individuels résultant de ses caractéristiques propres. La géographie n'existe pas, tout au plus à travers les obstacles naturels (montagnes, mers et fleuves, déserts, etc.) ou les moyens mis en œuvre pour les contourner ou les franchir. La seule question qui se pose réellement est celle de l'accessibilité du trajet point à point.

Mais très vite, on le verra, cette approche ne suffit plus. Les sites ne sont plus seulement pourvoyeurs de ressources ou d'avantages comparatifs. La localisation des activités transforme l'environnement, l'organise; les décisions d'implantation deviennent interdépendantes. La dimension locale des phénomènes économiques surgit et régit de manière parfois obscure les dynamiques économiques.

3.2.1 ESPACE DANS L'ANALYSE ECONOMIQUE

Historiquement, l'analyse économique spatiale a d'abord concerné l'analyse de l'entreprise dans le cadre théorique de l'économie néoclassique. La question de base sur laquelle s'interrogeaient les économistes était celle de la détermination d'une

localisation optimale pour un entrepreneur désireux d'implanter une unité nouvelle (entreprise, établissement, filiale), individualisée au regard de l'objectif de maximisation de son profit. Le fondateur de la démarche est en ce sens unanimement reconnu en Alfred Weber (1909) qui a introduit un modèle de localisation basé sur la prise en compte des coûts de transport (coûts d'acheminement des matières premières et coûts de transport des produits fabriqués vers leurs marchés). Le problème ainsi posé s'énonce : « comment va se localiser une entreprise dont la fonction de production est à coefficients fixes (c'est-à-dire qui utilise des proportions données de chaque input ou facteur) et dont le choix s'inscrit dans un espace homogène (espace au sein duquel les facteurs de production sont également dispersés)? » (Aydalot, 1985, p. 19). Ici « la maximisation du profit se confond avec la minimisation des coûts de transport totaux ».

Ce modèle, simpliste au départ, se verra enrichi tant sur le plan technique (introduction de la notion d'isodapane [1][1] Une isodapane est en quelque sorte une ligne de niveau...) et sur le plan économique : prise en compte de la localisation de la main-d'œuvre (c'est-à-dire de façon équivalente son coût) et les « économies d'agglomération » qui expriment le bénéfice que peuvent tirer deux entreprises d'une localisation commune moyennant des coûts de transports plus élevés. Avec Predhol (1928), la théorie de la localisation s'est enrichie de considérations relatives à la substituabilité des facteurs, dans la plus pure tradition néoclassique. La localisation apparaît dès lors comme un facteur de production parmi d'autres ou, dit d'une autre manière, « à chaque localisation possible correspond la combinaison de facteurs la mieux adaptée, compte tenu du prix relatif des facteurs en ce lieu. (...) L'entreprise choisira simultanément une localisation et une combinaison de facteurs déterminant ainsi la minimisation conjointe de l'ensemble de ses coûts » (Aydalot, *op. cit.*). D'autres auteurs introduiront la spatialisation de la demande et son élasticité-prix, la variation du niveau d'output en fonction de la localisation... Hotteling (1929) apportera ensuite une dimension nouvelle par l'introduction de la notion de concurrence spatiale en situation de duopole en reliant choix de localisation et détermination du prix de vente.

3.3 DE DEVELOPPEMENT

La notion de développement reste floue car elle recouvre une large complexité. Aussi, vu la complexité du terme, nous avons voulu privilégier les concepts de développement socio- économique étant donné le lien étroit avec le problème étudié.

3.3.1 LE DEVELOPPEMENT SOCIO-ECONOMIQUE

Le développement économique et social fait référence à l'ensemble des mutations positives (techniques, démographiques, sociales, sanitaires, ...) que peut connaître une zone géographique ou un territoire socio-économique (monde, continent, pays, région...).

Ainsi, selon J. A. SCHUMPETER, dans son livre « **L'analyse du développement économique** », le développement (socio-économique) est présenté comme « la mise en œuvre des nouvelles combinaisons de moyens de production de telle façon que les conditions anciennes soient modifiées, que de nouvelles combinaisons créent de nouveaux produits, que de nouveaux marchés s'ouvrent, que la structure de marché se modifie (quitter du monopole à l'oligopole). Ces diverses possibilités créent des révolutions productives ».

Le développement socio- économique ne doit pas donc être confondu avec la croissance économique. Celle-ci est habituellement nécessaire ou consécutive au développement mais elle n'en est qu'un aspect. La volonté de concilier développement socio- économique et croissance a mené le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) à forger, à côté des indicateurs de développement traditionnels (produit national brut, PNB en sigle et produit intérieur brut, PIB en sigle), d'autres indicateurs, tels que l'indice de développement humain (IDH), qui prend en compte la santé, l'éducation, le respect des droits de l'homme (dont font partie, depuis 1966, les droits économiques et sociaux), etc. Quand les membres d'une collectivité locale exercent les activités qui génèrent un revenu leur permettant de satisfaire les besoins fondamentaux tels que la nourriture, l'habillement, la santé, l'éducation, ... on peut donc dire qu'ils sont sur la voie du développement socio-économique, une deuxième dimension du développement que nous abordons dans ce travail.

Tout développement, économique ou social, doit tenir compte aussi bien des générations actuelles que des générations futures pour qu'il soit durable.

4 IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE ARTISANALE

- La question sociale vise à une amélioration des conditions de vie des travailleurs, de leurs familles, de cohabitation, d'échange linguistique et des populations avoisinantes ; une telle question nécessite une prise de conscience et une mobilisation de tous les acteurs impliqués dans le secteur minier.
- La question économique vise ici l'échange des biens contre monnaie et de la satisfaction de la demande par l'offre dans cette structure du marché qui est plus oligopolistique parce que nous avons un petit nombre des vendeurs sur un grands nombres d'acheteurs qui sont principalement les creuseurs et ensuite les familles qui vivent dans les territoires créent par les activités de l'exploitation minière du cuivre artisanale.

Pour bien illustrer notre chapitre, nous insérons les éléments et tableaux que voici :

Tableau 1. Caractéristique démographique et socio-économique des territoires

N°	Territoires	Village	Sites	Exploitants Miniers	RESIDENT		Activités Auxiliaires
					Originaire	Non Originaire	
1	Lubudi	Pumpi	Pumpi	200	25	125	125
2			Monde Arabe	350	10	90	250
3		Kafwaya	Kafwaya	250	30	120	100
4		Kakanda	Museba	800	156	494	200
5			Kyalubantu	2500		230	230
6	Mutshatsha	Kapata	Biwaya	442		125	125
7			Kamilombe	65065	891	200	200
8		Lenge	Lenge	15023	29	45	45
9		Mutoshi	Plaine	277	152	64	124
10			Djukumabwe	163	38	34	134
11			Mining	741	14	49	79
12			Ruwe Mess	104	28	20	60
13		Kisanfu	Kisankala	368	38	32	122
14		Kayebele	Kayebele	450	92	35	92
15		Kawama	Kawama	2300	56	210	310
16		Lualaba	Tilwezembe	850	24	85	325
17		Lualaba	Tilwezembe Intermédiaire	1352	63	150	150
18		Mwilu	Mwilu	580	400	50	132
19		Luilu	Kilamusembo	833	221	32	81
20		Musonoie	Tshipuki	4500	1029	200	297
21		kabundji	Kabundji	500	236	20	142
22		Uzk	Menuiserie	3450	89	120	215
23		Tshala	R 612	341	0	38	120
24			R 55	157	0	15	59
25			Gh	132	0	25	96

4.1 PRESENTATION DE L'ENQUETE

Cette étude s'est déroulée principalement sous forme d'entretiens et d'interviews avec les exploitants miniers, les originaires des villages environnant les sites Miniers et les commerçants des territoires de Mutshatsha, Lubudi et Kolwezi dans le Lualaba.

Elle a couvert 18 villages et 25 sites Miniers réguliers et irréguliers et s'est étalée sur la période de mai 2010 à juin 2016.

4.2 TECHNIQUE DE L'ENQUETE

La technique statistique nous a permis de ressortir un échantillon de 25 sites dont l'analyse des résultats d'enquête s'est fait par le Khi carré de Pearson (Test de χ^2) à partir du tableau de contingence 2 X 2 (avec la correction de Yates). Les corrélations

et les tests non-paramétriques (Wilcoxon) ont été utilisés pour déterminer les différences entre les moyennes et les variances. Le niveau des tests significatifs est de $P < 0.05$.

L'erreur standard de l'échantillon a été calculée pour mesurer sa précision. Cette erreur était calculée à l'aide des données sur la taille de l'échantillon (n) dont la représentativité prouvée par le Khi carré de Pearson et la proportion dans la population générale (p) telle que mentionné dans les documents divers de recensement de la population de Mutshatsha, Lubudi et Kolwezi.

Pour avoir la fraction aléatoire de l'échantillon le moteur le site <http://www.random.org> a été utilisée.

4.3 RESULTATS DE L'ENQUETE

La population de notre enquête est constituée par 25 sites répartis sur toute l'étendue du milieu concerné par la présente étude. Le choix des échantillons par sites était aléatoire et nous a permis d'avoir une répartition non régulière sur l'étendue de l'enquête.

Des enquêtes de terrain il est ressorti que la quasi-totalité de ces sites possède au moins une activité commerciale.

Tableau 2. Responsable des activités économiques dans les territoires socio-économiques.

	Effectifs	Non Originaire	Originaire
Responsable des d'activités économique	3813	2669.8	1143.13

Le tableau II. Montre comment les activités économiques sont principalement des non originaire et gérée principalement par les non originaires à (70.02 %) et d'autre part les originaires à (29,98%).

5 CONCLUSION

Ce travail, « Territoire sociaux économiques produits par l'exploitation minière du cuivre dans les territoires de Mutshatsha et Lubudi (**Province du Lualaba, RD Congo**) », est parti de cette question de départ « Quel est l'impact de l'exploitation artisanale du cuivre ? »

Il fallait ainsi déterminer l'incidence de l'exploitation artisanale du cuivre sur les initiatives de développement et sur la cohésion sociale, identifier les raisons de l'orientation de la population vers l'exploitation artisanale du cuivre, et faire voir les la surpopulation et les créations des activités commerciales occasionnés par artisanal minier.

Pour atteindre l'objectif que nous sommes fixés au départ, nous avons adopté une démarche méthodologique appropriée. A partir de l'exploration au tour de la question du départ, nous avons circonscrit notre problématique. Cela nous a permis, à construire notre analyse sur le modèle de la théorie des externalités (James MEADE), selon laquelle l'activité d'un agent économique (l'exploitation artisanale du cuivre, pour ce qui nous concerne) peut avoir des effets externes, positifs ou négatifs, sur les activités des autres agents (les initiatives locales commerciales et de développement à vocation) et sur le modèle de la théorie des besoins fondamentaux (PNUD) qui met l'accent sur la satisfaction des besoins fondamentaux des populations.

Pour l'analyse des informations de terrain obtenues par l'utilisation de plusieurs techniques telles que la technique d'enquête, le questionnaire, l'observation participante, les entretiens, et la technique d'interview, nous avons recouru à la méthode fonctionnelle (méthode qualitative) et à l'induction statistique (méthode quantitative). Cette dernière nous a poussés à constituer, par la technique de boule de neige, un échantillon de 25 sites. Cette analyse nous a permis d'aboutir à trois résultats qui constituent d'ailleurs les apports de ce travail contenus dans le deuxième et le troisième chapitre.

L'exploitation artisanale du cuivre a surpeuplé les villages de leurs populations actives. Cet exode des villages vers les carrières a eu des conséquences néfastes sur le dynamisme et la cohésion sociale de plusieurs villages : la diminution de la production agricole, la création des initiatives privées et à la fragilisation de la cohésion sociale par des conflits d'autorité.

Parmi les multiples raisons de surpeuplement de la population pour l'exploitation minière artisanale, l'obtention d'un revenu rapide et élevé reste la raison principale. La production est vendue sur place au soir même de l'exploitation De plus, le revenu mensuel d'un creuseur varie entre 210 et 280 dollars américains. Cette consommation consiste plus à la satisfaction des besoins alimentaires et vestimentaires.

Enfin, nous pouvons confirmer que l'exploitation minière artisanale au Lualaba a créée des territoires socio- économiques aux lieux où rien de pareil n'a existé dans le passé. Pour que ces territoires socio- économiques émerge dans les territoires, nous pensons qu'il faut, d'une part, bien gérer ces externalités d'autre part, encadrer les marchés et les structurer.

