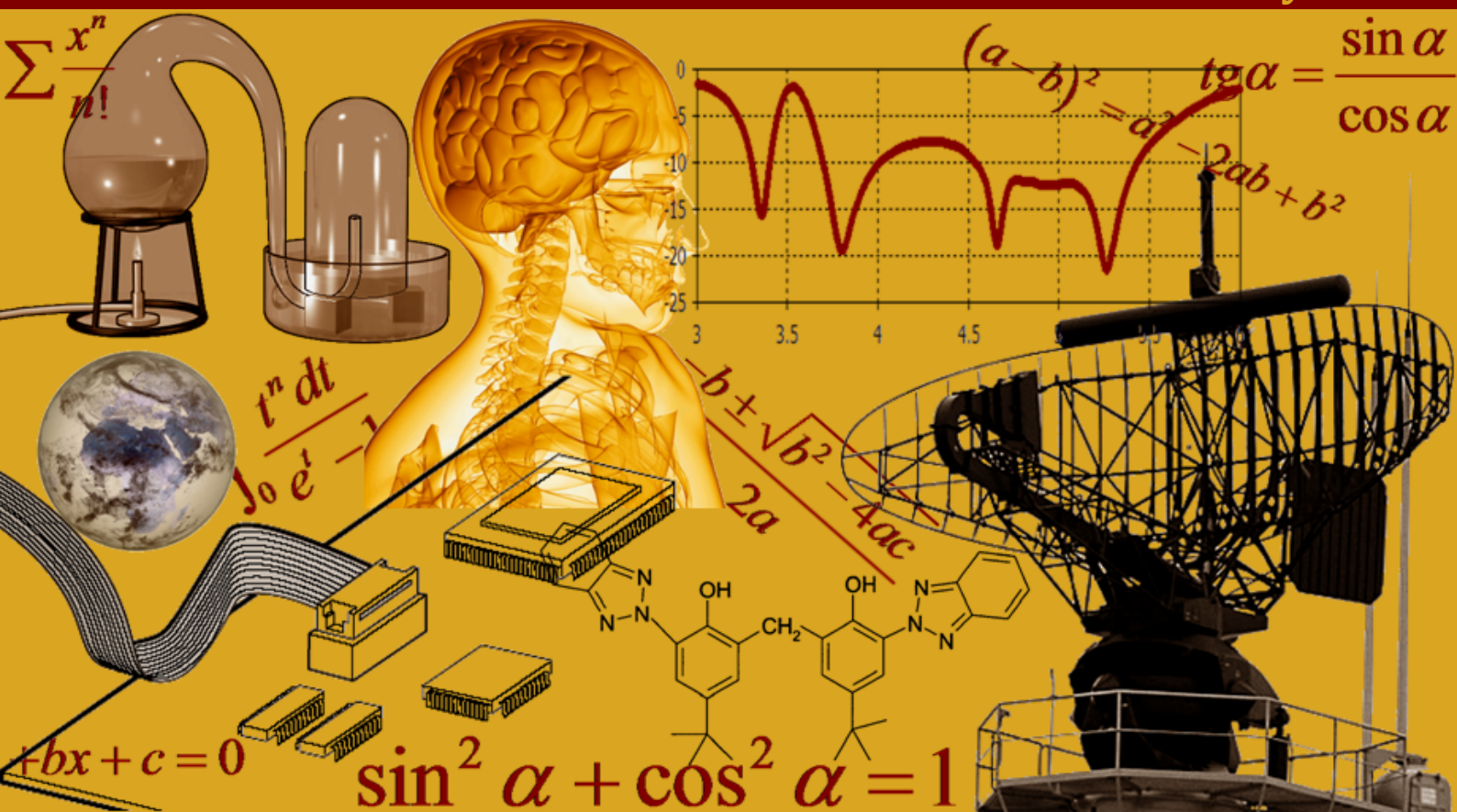


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 59 N. 1 February 2022



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 Rasoni 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

Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue de la Lobo (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)	1-11
<i><u>Sampah Georges Eblin, Affoué Berthe Yao, Kouao Armand Anoh, and Kouakou Séraphin Konan</u></i>	
Activités sexuelles précoces au Bénin: Trajectoire de vie, Dynamiques socioéconomiques et Héritage socioculturel	12-34
<i><u>Alihonou S. Achille Tokin, Mouftaou Amadou Sanni, and Mateyédou Lamboni</u></i>	
Performances comparées des Algorithmes de Newton-Raphson et Lambda-Gamma-révisé dans la planification hydrothermale à court terme	35-47
<i><u>Irengé Baguma Raoul, Wamkeue René, Tagoudjeu Jacques, Teukam Dabou Raoult, and Kamundala Janvier</u></i>	
Habitudes alimentaires et état nutritionnel des élèves âgés de 5 à 18 ans des ménages urbains de l'arrondissement communal 1 de Niamey, Niger	48-58
<i><u>Samna Soumana Oumarou, Amadou Issoufou, Oumarou Diadié Halima, Idrissa Soumana Miriam, and Balla Abdourahamane</u></i>	

Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue de la Lobo (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)

[Assessment of the physico-chemical quality of waters of the Lobo reservoir (West-central Côte d'Ivoire)]

Sampah Georges Eblin, Affoué Berthe Yao, Kouao Armand Anoh, and Kouakou Séraphin Konan

Département des Sciences de la Terre, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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 Lobo River reservoir, the main source of drinking water supply for the municipality of Daloa, is facing a deterioration in its quality. This study aims to assess the quality of this resource. The physico-chemical and chemical parameters of this water were determined during the two seasons of the year 2020. The methodological approach consisted firstly of characterizing the water in the reservoir in relation to the WHO guide values; secondly, determining the phenomena that govern the mineralization of this water and, thirdly, calculating the organic pollution index (OPI) and the water quality index (WQI) of the reservoir. The results show that the physico-chemical parameters (T, pH and EC) comply with the WHO guide values. However, the water has a high turbidity, with a very strong colour in all seasons. Phosphate (0.93 mg/L), ammonium (1.48 mg/L), total iron (2.99 mg/L) and manganese (0.66 mg/L) concentrations are high. On the other hand, chlorides, nitrates and nitrites remain low in both seasons. On the other hand, chlorides, nitrates and nitrites remain low in both seasons. Normalized Principal Component Analysis (NPCA) revealed that the mineralization of this water is of natural and anthropogenic origin. The water quality (2.25 to 3.25) and organic pollution (429.73 to 693.31) indices show that the water in the reservoir is unfit for consumption, with moderate pollution in the dry season and heavy pollution in the rainy season.

KEYWORDS: Daloa, WQI, OPI, Lobo River, Water quality.

RESUME: La retenue de la rivière Lobo, principale source d'approvisionnement en eau potable de la commune de Daloa est confrontée à une dégradation de sa qualité. Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité de cette ressource. Les paramètres physico-chimiques et chimiques de cette eau ont été déterminés durant les deux saisons de l'année 2020. La démarche méthodologique a consisté d'abord à la caractérisation de l'eau de la retenue par rapport aux valeurs guides de l'OMS; ensuite, à la détermination des phénomènes qui gouvernent la minéralisation de cette eau et enfin, au calcul des indices de pollution organique (IPO) et de qualité de l'eau (IQE) de la retenue. Les résultats montrent que les paramètres physico-chimiques (T, pH et CE) sont conformes aux valeurs guides de l'OMS. Cependant, l'eau a une turbidité élevée, avec une très forte couleur quelle que soit la saison. Les concentrations de phosphates (0,93 mg/L), d'ammonium (1,48 mg/L), du fer total (2,99 mg/L) et du manganèse (0,66 mg/L) sont élevées. En revanche, les chlorures, nitrates et nitrites restent faibles sur les deux saisons. L'analyse en composantes principales normées (ACPN) a révélé que la minéralisation de cette eau est d'origines naturelle et anthropique. Les indices de qualité de l'eau (2,25 à 3,25) et de pollution organique (429,73 à 693,31) montrent que l'eau de la retenue est impropre à la consommation, avec une pollution modérée en saison sèche et forte en saison des pluies.

MOTS-CLEFS: Daloa, IQE, IPO, Rivière Lobo, Qualité de l'eau.

1 INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème [1]. Cependant elle doit être gérée et protégée en raison de sa vulnérabilité à la surexploitation et à la pollution [2]. Les pays en développement sont confrontés à une pollution de l'eau liée souvent aux activités anthropiques, à une urbanisation incontrôlée avec l'absence souvent de traitements adaptés des eaux usées générées et leur rejet direct dans le milieu naturel. Cette pollution a des conséquences sur les écosystèmes aquatiques, la chaîne trophique et la santé [3].

En Côte d'Ivoire, en zone de socle, l'eau de surface constitue la principale source d'approvisionnement en eau potable des grandes localités. L'utilisation de cette ressource en vue de satisfaire les besoins des populations est essentiellement due au fait que cette ressource est supposée pérenne et surtout aux faibles débits en zone de socle [4], [5]. Ainsi, l'alimentation en eau potable dans la commune de Daloa est assurée à partir de la rivière Lobo, affluent du fleuve Sassandra et principale eau de surface dans la région. Cependant, cette ressource en eau est fortement influencée par la pollution anthropique et subit le phénomène d'eutrophisation [6]. En effet, ce bassin est une région par excellence de forte production agricole [7], [8]. Or les activités anthropiques à caractère socioéconomique couplées aux processus naturels (érosion des sols, précipitations, évaporation, ruissellement des eaux pluviales) accélèrent la dégradation des ressources en eau de surface [9]. Ces activités engendrent un déséquilibre naturel par l'augmentation de la charge organique de l'eau et des sédiments. Il s'en suit l'encombrement des réservoirs, avec pour conséquences, l'eutrophisation et l'asphyxie du milieu aquatique [10]. Cette éventuelle dégradation pourrait impacter significativement le coût du traitement de cette eau. Ainsi, cette étude vise à évaluer la qualité chimique de cette eau utilisée pour l'alimentation en eau potable de la commune de Daloa. L'approche méthodologique s'est basée sur les techniques d'études hydrochimiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La retenue de la Lobo est située à 25 km au Nord-ouest de la ville de Daloa, à 5°38' de longitude Ouest et 6°54' de latitude Nord (Figure 1). Le bassin versant à la retenue couvre une superficie de 5 740 km². Cette zone est sous l'influence du régime équatorial de transition atténué, caractérisé par deux saisons [11]: une grande saison des pluies, de mars à octobre, avec des précipitations moyennes mensuelles variant de 106,3 à 155,3 mm et une saison sèche, de novembre à février, avec des pluies moyennes mensuelles comprises entre 13 et 62 mm. Les températures moyennes mensuelles varient de 24,93°C en juillet à 28,06°C en février. Les sols du bassin sont fertiles, profonds et favorables aux cultures vivrières de grande consommation et surtout aux cultures pérennes, dont le binôme café-cacao qui a favorisé une croissance démographique rapide dans la région [8]. L'approvisionnement en eau potable de ces populations est assuré à partir d'un captage dans la retenue.

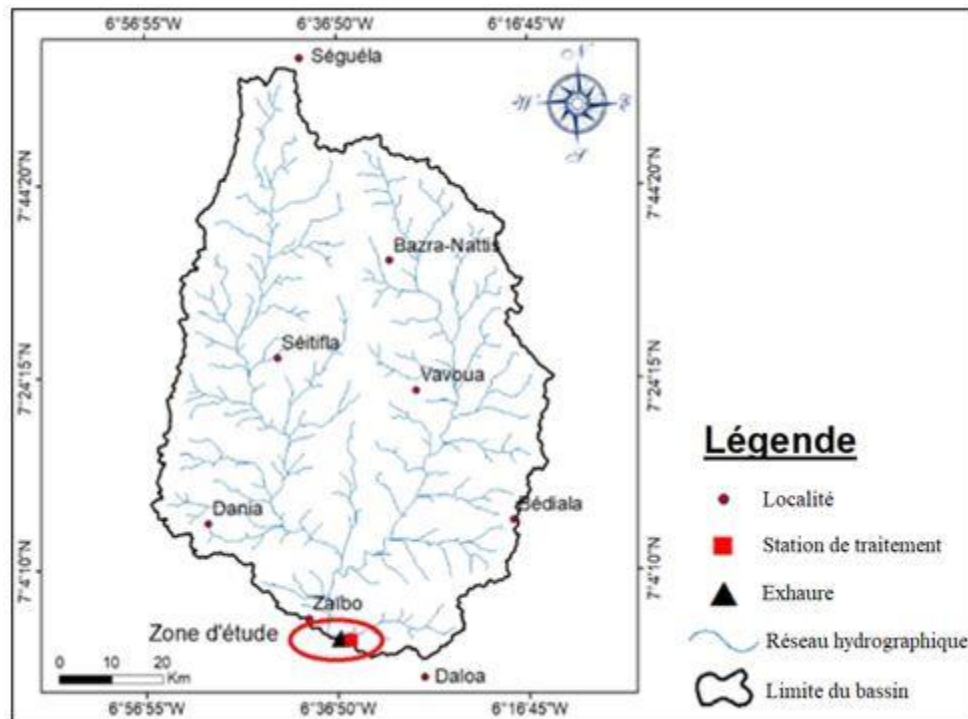


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude (Daloa)

2.2 COLLECTE DE DONNEES

Les données utilisées dans cette étude sont issues des résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau de la retenue de la Lobo, à la station de production d'eau potable de Daloa, en Décembre 2020. L'autre partie des données est acquise en Février, Mai, Août et Novembre de la même année. Ces paramètres sont: le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T), la turbidité (Turb.), la couleur (Coul.) et la conductivité électrique (CE) mesurés *in situ*. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène de capacité 1 L, conservés dans une glacière contenant des carboglaces et transportés au laboratoire pour être analysés. Les paramètres chimiques déterminés sont: le fer (Fe), le manganèse (Mn^{2+}), l'ammonium (NH_4^+), les phosphates (PO_4^{3-}), les nitrites (NO_2^-), les nitrates (NO_3^-), le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), les chlorures (Cl^-), la silice (SiO_2) et la demande biochimique en oxygène pour 5 jours (DBO5).

3 TRAITEMENT DES DONNEES

3.1 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE LA RETENUE DE LA LOBO

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont soumis à une analyse statistique simple pour une meilleure exploitation des données. La démarche a consisté d'abord à étudier les valeurs extrêmes (minima et maxima), la valeur centrale (la moyenne) et le paramètre de dispersion (écart-type). Ensuite, une comparaison des valeurs des paramètres physico-chimiques et chimiques de l'eau aux directives de potabilité de l'Organisation Mondiale de la Santé a été faite. Enfin, une analyse des paramètres physico-chimiques et chimiques a été réalisée.

3.2 MÉCANISME D'ACQUISITION DE LA MINÉRALISATION DES EAUX DE LA RETENUE

L'Analyse en Composantes Principales Normées (ACPN) a été utilisée pour mettre en évidence les différents pôles d'acquisition de la minéralisation des eaux de la retenue de la Lobo. C'est une méthode statistique de description permettant de synthétiser et de classer un grand nombre de variables, afin d'en extraire les facteurs principaux qui sont à l'origine de l'évolution simultanée des variables et de leurs relations réciproques. Elle fait l'objet de plusieurs applications dans le but de comprendre et expliquer le fonctionnement hydrodynamique et/ou hydrochimique des réservoirs superficiels ou souterrains [12], [13], [14], [15], [16]. Les analyses ont porté sur 13 paramètres physico-chimiques et chimiques. Ces analyses statistiques

ont été réalisées sous le logiciel STATISTICA 7.1. Les résultats sont présentés en tableaux et en diagrammes. Les éléments statistiques caractéristiques sont: la matrice de corrélation, les valeurs propres des facteurs et le cercle de communautés.

3.3 EVALUATION DE LA POLLUTION ORGANIQUE

La méthode de l'indice de pollution organique (IPO) a été utilisée pour déterminer le degré de pollution organique de l'eau de la retenue de la Lobo. Cette méthode a été utilisée par plusieurs auteurs [17], [18]. Le principe consiste à répartir les valeurs de quatre (04) éléments polluants en cinq (05) classes (Tableau 1) et à déterminer à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne. En d'autres termes, l'IPO se détermine en faisant la moyenne des numéros de classes pour chaque paramètre selon l'équation 1:

$$IPO = (\sum_{k=1}^i (Ck, \dots Ci) / n) \text{ (Eq. 1)}$$

Avec C, le numéro de classe du paramètre et n, le nombre de paramètres analysés.

Tableau 1. Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique [19]

Classes	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (µg/L)	PO ₄ ³⁻ (µg/L)
1	> 15	> 6	> 150	> 900
2	10,1-15	2,5-6	51-150	251-900
3	5,1-10	1-2,4	11-50	76-250
4	2-5	0,1-0,9	6-10	16-75
5	< 2	< 0,1	< 5	< 15

Les valeurs obtenues sont classées en 5 niveaux (couleurs) de pollution correspondant à des degrés de pollution organique (Tableau 2).

Tableau 2. Classification de l'indice de pollution organique [19]

Couleur	Classes	IPO	Degré de Pollution Organique
	1	4,6-5,0	Pollution Nulle
	2	4,0-4,5	Pollution Faible
	3	3,0-3,9	Pollution Modérée
	4	2,0-2,9	Pollution Forte
	5	1,0-1,9	Pollution Très Forte

L'IPO permet donc de rendre compte de manière synthétique, le degré de pollution organique existante aux points de prélèvements.

3.4 DÉTERMINATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU DE LA RETENUE DE LA LOBO

Treize paramètres physico-chimiques et chimiques ont été sélectionnés pour calculer l'Indice de Qualité de l'Eau (IQE). Cet indice est une technique de classification de la qualité de l'eau qui repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau aux valeurs guides [20]. En d'autres termes, l'IQE résume de grandes quantités de données sur la qualité de l'eau en termes simples (Excellente, Bonne, Mauvaise, Très mauvaise, etc.). Cette méthode a été initialement proposée par [21]. Dans cette approche, une valeur numérique appelée poids relatif (Wi), spécifique à chaque paramètre, est calculée selon la formule suivante:

$$W_i = \frac{k}{S_i} \text{ (Eq. 2)}$$

Où k, constante de proportionnalité peut être calculée à l'aide de l'équation 3:

$$k = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n S_i} \right) \text{ (Eq. 3)}$$

Avec n , le nombre de paramètres et S_i , la valeur maximale de la norme standard internationale des eaux de surface de chaque paramètre en mg/L.

Une échelle d'évaluation de la qualité (Q_i) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme dudit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 tel que présenté dans l'équation 4:

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) * 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Avec Q_i , l'échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre et C_i , la concentration de chaque paramètre en mg/L.

L'indice global de la qualité de l'eau est calculé suivant l'équation 5:

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{Eq. 5})$$

Cinq (5) classes de qualité peuvent être identifiées selon les valeurs de l'indice de qualité de l'eau IQE (Tableau 3).

Tableau 3. Classification et usages possibles de l'eau selon l'IQE [22], [23]

Couleurs	Classes de IQE	Types d'eau	Usages possibles
	[0 - 25 [	Excellente qualité	Eau potable, Irrigation, et Industrie
	[25 - 50 [	Bonne qualité	Eau potable, Irrigation, et Industrie
	[50 - 75 [	Mauvaise qualité	Irrigation et industrie
	[75 - 100 [	Très mauvaise qualité	Irrigation
	[100; → [	Eau impropre ou non potable	Traitement Approprié requis avant utilisation

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE LA RETENUE DE LA LOBO

4.1.1.1 INDICATEURS PHYSICO-CHIMIQUES

Les valeurs maximales, minimales et moyennes des paramètres physico-chimiques durant les deux saisons ainsi que les valeurs guides de l'OMS (2017) sont présentées au tableau 4.

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la retenue de la Lobo durant les deux saisons de l'année 2020

Paramètres	Saison	Min.	Max.	Moy.	Ecart-type	Directives OMS (2017)
Température (°C)	SS	25,3	27	26,15	0,85	25-30
	SP	25,9	28	26,95	1,05	
pH	SS	6,6	6,95	6,775	0,175	6,5-8,5
	SP	6,608	7,05	6,829	0,221	
CE (µS/cm)	SS	166,8	300	233,4	66,6	180-1000
	SP	190,2	205	197,6	7,4	
Turbidité (NTU)	SS	6,83	15	10,915	4,085	≤ 5
	SP	3,79	7,65	5,72	1,93	
Couleur (UCV)	SS	167	188	177,5	10,5	≤ 15
	SP	192	312	252	60	

La température varie de 25°C à 28°C durant les deux saisons. Elle est donc conforme aux directives de l'OMS (25-30°C). Les valeurs de pH sont également conformes aux directives de l'OMS (6,5 < pH < 8,5). En effet, elles tournent autour de la valeur

de neutralité qui est 7. La conductivité électrique est comprise entre 166,8 et 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur les deux saisons. Dans l'ensemble, l'eau de la retenue est faiblement à moyennement minéralisée. L'eau est moins trouble en saison des pluies qu'en saison sèche. La couleur est très largement supérieure à la valeur guide de l'OMS quelle que soit la saison.

4.1.1.2 INDICATEURS CHIMIQUES

Les caractéristiques des paramètres chimiques durant les deux saisons sont présentées au tableau 5. Les concentrations de phosphates et d'ammonium sont élevées en saison pluvieuse tandis que les fortes valeurs du fer total et du manganèse sont observées en saison sèche. En revanche, les chlorures, nitrates et nitrites restent faibles sur les deux saisons.

Tableau 5. Caractéristiques chimiques de l'eau de la retenue de la Lobo durant les deux saisons de l'année 2020

Paramètres	Saison	Min.	Max.	Moy.	Ecart-type	Directives OMS (2017)
Chlorures (Cl^-)	SS	17	25	21	4	250
	SP	21,7	22,5	22,1	0,4	
Ammonium (NH_4^+)	SS	0,15	0,52	0,335	0,185	1,5
	SP	0,55	1,48	1,015	0,465	
Fer (Fe)	SS	2,442	2,58	2,511	0,069	0,3
	SP	1,864	2,99	2,427	0,563	
Manganèse (Mn^{2+})	SS	0,329	0,663	0,496	0,167	0,1
	SP	0,19	0,467	0,328	0,138	
DBO5 (mgO_2/L)	SS	11,63	14,81	13,22	2,25	
	SP	12,12	16,21	14,17	2,89	
Calcium (Ca^{2+})	SS	17,6	19,6	18,53	1,006	
	SP	20,4	29,2	26,27	5,08	
Magnesium (Mg^{2+})	SS	0	7,29	4,54	3,96	
	SP	1,70	8,51	5,6	3,50	
Nitrates (NO_3^-)	SS	0,4	0,7	0,55	0,15	50
	SP	1,3	2,2	1,75	0,45	
Nitrites (NO_2^-)	SS	0	0,003	0,001	0,0017	3
	SP	0	0,061	0,021	0,034	
Silice (SiO_2)	SS	0	10,80	7,1	6,15	10
	SP	0	18,60	9,23	9,30	
Phosphates (PO_4^{3-})	SS	0,19	0,61	0,4	0,21	0,2
	SP	0,7	0,93	0,815	0,115	

4.1.2 MINÉRALISATION DES EAUX DE LA RETENUE

Les résultats obtenus à la suite du traitement statistique sont exprimés sous forme de tableaux ou graphiques

4.1.2.1 MATRICE DE CORRÉLATION

Les différentes corrélations entre les variables nécessaires pour la compréhension des phénomènes étudiés sont présentées dans le tableau 6. Il existe de nombreuses corrélations fortes positives et négatives entre certains paramètres physico-chimiques et chimiques :

- Les corrélations sont hautement significatives entre pH, SiO_2 ($r > 0,9$) et Cl^- ($r > 0,80$); Veuillez ne pas numéroter le résumé;
- Il existe des corrélations négatives très importantes entre pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{3-} et NO_3^- ($r < -0,9$);
- Les corrélations sont très importantes entre NO_3^- , Mn^{2+} ($r = 0,99$), Fe ($r = 0,94$) et Mg^{2+} ($r = 0,93$);
- Les corrélations sont fortes entre CE, NO_3^- ($r = 0,81$) et Mn^{2+} ($r = 0,75$);
- Les corrélations sont aussi fortes entre NO_3^- , NH_4^+ et PO_4^{3-} ($r \geq 0,70$).

Tableau 6. Matrice de corrélation

Variables	T°C	pH	CE	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe	Mn ²⁺	PO ₄ ³⁻	SiO ₂	Cl ⁻
T°C	1,00											
pH	0,16	1,00										
CE	0,26	-0,59	1,00									
NO ₃ ⁻	-0,11	-0,94	0,81	1,00								
NH ₄ ⁺	-0,77	-0,65	0,39	0,70	1,00							
Mg ²⁺	-0,32	-0,99	0,52	0,93	0,75	1,00						
Ca ²⁺	-0,39	-0,93	0,25	0,77	0,66	0,95	1,00					
Fe	-0,19	-0,23	0,56	0,94	0,66	0,99	0,94	1,00				
Mn ²⁺	-0,11	-0,97	0,75	0,99	0,68	0,95	0,83	0,97	1,00			
PO ₄ ³⁻	-0,07	-0,91	0,28	0,73	0,40	0,89	0,94	0,92	0,80	1,00		
SiO ₂	0,41	0,91	-0,66	-0,95	-0,88	-0,94	-0,82	-0,92	-0,95	-0,69	1,00	
Cl ⁻	0,17	0,81	-0,88	-0,96	-0,76	-0,81	-0,60	-0,81	-0,92	-0,51	0,93	1,00

4.1.2.2 VALEURS PROPRES DES FACTEURS

Le tableau 7 représente les trois premiers facteurs avec leurs valeurs propres et les différents pourcentages exprimés.

Tableau 7. Valeurs propres et pourcentage de variance exprimée

	F1	F2	F3
Valeur propre	9,12	1,66	1,21
% variance exprimée	76,05	13,84	10,10
Cumul de valeur propre	9,12	10,78	12,00
% de variance exprimée cumulé	76,05	89,89	100,00

Les trois premiers facteurs représentent 100% de la variance exprimée dont 76,05% pour le facteur 1, 13,84% pour le facteur 2 et 10,10% pour le facteur 3. Le couple F1×F2 exprime à lui seul 89,89% de l'information recherchée. Les mécanismes qui contrôlent donc l'évolution chimique de l'eau de la retenue sont largement contenus dans les deux premiers facteurs. Ainsi, l'analyse a porté uniquement sur ces deux facteurs (F1×F2).

Le facteur F1 est déterminé dans sa partie positive par plusieurs variables qui traduisent à la fois une minéralisation liée au contact eau-roche (Ca²⁺, Mg²⁺), au phénomène d'oxydo-réduction (Mn²⁺, Fe) et aux apports superficiels d'éléments (PO₄³⁻, NO₃⁻, NH₄⁺). Par ailleurs, le regroupement dans sa partie négative des paramètres SiO₂, pH et Cl⁻ traduit une minéralisation liée à l'hydrolyse acide des minéraux silicatés de la roche.

La position médiane de CE par rapport aux facteurs F1 et F2 déterminée par la température confirme l'origine naturelle et anthropique de la minéralisation de l'eau de la retenue de la Lobo.

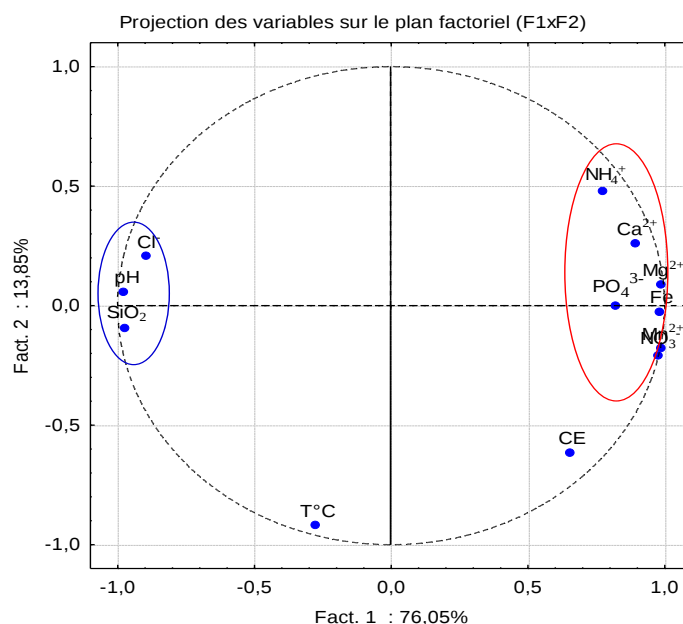


Fig. 2. Cercle de corrélation du plan factoriel F1x2

4.1.3 QUALITÉ DES EAUX DE LA RETENUE DE LA LOBO

4.1.3.1 INDICE DE POLLUTION ORGANIQUE (IPO)

L'indice de pollution organique (IPO) obtenu a permis de déterminer les classes de qualité des eaux de la retenue de la Lobo pour les deux saisons. L'IPO évolue de 3 à 3,25 en saison sèche tandis qu'en saison des pluies, il oscille entre 2,25 et 2,75 (Tableau 8). La retenue de la Lobo présente alors une pollution organique modérée en saison sèche et forte en saison pluvieuse.

Tableau 8. Degré de pollution organique des eaux de la Lobo

Saisons	IPO	Degré de pollution Organique
Sèche	3,25	Pollution Modérée
	3	Pollution Modérée
Pluvieuse	2,25	Pollution Forte
	2,75	Pollution Forte

4.1.3.2 INDICE DE QUALITÉ DE L'EAU (IQE)

L'indice de qualité de l'eau varie de 557,58 à 597,84 en saison sèche et de 429,73 à 693,31 pendant la saison pluvieuse (Tableau 9). Le pourcentage de l'indice de qualité calculé sur l'eau brute et traitée représente 100% pour la classe eau impropre (> 100) et montre que l'eau brute de la retenue est impropre à la consommation.

Tableau 9. Classe des indices de qualité des eaux de la retenue de la Lobo

Saisons	Indices de qualité	Classes de qualité	Couleurs
Sèche	557,58	Impropre	
	597,84	Impropre	
Pluvieuse	429,73	Impropre	
	693,31	Impropre	

4.2 DISCUSSION

Les activités anthropiques dans le bassin versant de la Lobo, en particulier l'agriculture, participent à la dégradation de la qualité de l'eau de cette ressource. L'eau de la retenue est faiblement à moyennement minéralisée. Ceci pourrait être due à la composition géologique des terrains traversés par ces eaux [24]. La présence de Mg^{2+} signifie que cette eau est influencée par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

Dans la retenue, les teneurs en ammonium sont plus élevées que celles des nitrites. L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Il pourrait provenir de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates [25]. Ce qui entraîne une faible nitrification des eaux [26]. L'ammonium est donc un excellent indicateur de pollution organique de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel. Les faibles teneurs de NO_2^- montrent que ces éléments pourraient provenir principalement du métabolisme des microorganismes. Selon [27], la présence des teneurs élevées en PO_4^{3-} dans les eaux aussi bien en saison sèche que pluvieuse est liée à la fertilisation des terres (engrais chimiques) et à la décomposition de la matière organique des rejets urbains.

L'Analyse en Composantes Principales Normée (ACPN) a permis de mettre en évidence la corrélation entre ces paramètres, des indications sur l'origine de la minéralisation des eaux ainsi que l'origine du fer et du manganèse. Les résultats montrent des corrélations hautement significatives entre Cl^- et SiO_2 ($r = 0,93$), entre Mg^{2+} et Ca^{2+} ($r = 0,95$), entre Fe et Mn^{2+} ($r = 0,97$), entre Fe et NO_2^- ($r = 0,93$). La proximité entre Fe et Mg^{2+} ($r = 0,99$) montre qu'ils proviennent de la roche, car le Ca^{2+} est un élément de la roche. L'origine de ces deux éléments dans l'eau est donc naturelle. La présence du fer et du manganèse serait liée au milieu réducteur que constitue la roche encaissante. Cette affirmation est justifiée par [28], [29] qui attestent que les teneurs élevées de ces deux paramètres dans les eaux pourraient être attribuées aux formations géologiques cristallines. Ces minéraux se retrouvent dans les eaux de surface au contact de l'eau avec la roche encaissante et/ou lors des échanges entre la nappe et le cours d'eau. Cela corrobore avec les études de [30] lorsqu'ils affirment que les teneurs élevées de fer et de manganèse pourraient expliquer la connexion entre les nappes et les rivières. Mais le Fe et le Mn^{2+} peuvent provenir également des apports anthropiques car ils présentent ici une corrélation significative avec le NH_4^+ respectivement de 0,86 et 0,87. Ainsi, l'ACPN révèle que la minéralisation de l'eau de la retenue est contrôlée par le contact eau-roche comme l'indique les résultats des tests statistiques. La géologie de la région est dominée par les formations telles que les granites, les gneiss et les schistes. L'hydrolyse de telles roches riches en feldspaths alcalins et en plagioclases acides, explique les teneurs en Ca^{2+} dans ces eaux [31]. L'apport des activités anthropiques dans cette minéralisation a également été mis en évidence. Les pratiques agricoles et autres activités anthropiques dans le bassin versant de la Lobo participent à la dégradation de la qualité de l'eau de cette rivière. En effet, d'autres études ont montré l'importance des activités anthropiques dans la minéralisation des eaux superficielles [32], [3].

Le calcul de l'indice de pollution organique (IPO) montre que les eaux de la Lobo sont modérément polluées en saison sèche contre une forte pollution en saison des pluies. Cet état de pollution est surtout lié aux très faibles concentrations de nitrites (NO_2^-) dont une augmentation engendre un état critique de pollution organique. L'état de pollution en saison des pluies pourrait principalement s'expliquer d'une part par les fortes concentrations de phosphates et d'ammonium obtenues dans ces eaux et d'autre part par les écoulements de surface dans le bassin versant [33].

Les valeurs de l'indice de qualité (IQE) sont comprises entre 429,73 et 693,31 durant l'année 2020. L'IQE a montré que sur les deux saisons, l'eau est impropre à la consommation. Cette mauvaise qualité de l'eau est due aux différentes concentrations élevées des paramètres organoleptiques (la turbidité, la couleur), physico-chimique (la température) et chimiques (le fer, le manganèse) dans la retenue. Cette mauvaise qualité de l'eau pourrait s'expliquer également par les apports anthropiques et naturels comme le montre les résultats de l'ACPN [34], [35].

5 CONCLUSION

Il ressort de l'évaluation de la qualité des eaux de la retenue de la Lobo que les paramètres physico-chimiques mesurés connaissent une augmentation en saison des pluies du fait des eaux de ruissellement et du lessivage des aires agricoles autour de la retenue. L'analyse en composantes principales normées montre que la minéralisation de l'eau de la retenue est d'origines naturelle et anthropique. Elle est acquise par le contact eau-roche (minéralisation-temps de séjour), les phénomènes d'hydrolyse acide des minéraux silicatés, d'oxydo-réduction et de la pollution anthropique. L'eau est riche en fer (2,99 mg/L), manganèse (0,467 mg/L) et phosphates (0,93 mg/L), avec une turbidité élevée et une coloration très largement supérieure à la valeur guide de l'OMS. Par contre, les nitrates, les nitrites, la silice ont de faibles concentrations.

Les indices de qualité (IQE) et de pollution organique (IPO) montrent que l'eau de la retenue est impropre à la consommation, avec une pollution modérée. Cette eau doit subir impérativement un traitement de potabilisation avant tout

approvisionnement en eau de consommation. La protection de la retenue s'avère donc nécessaire vis-à-vis des activités anthropiques et surtout agricoles pratiquées autour du cours d'eau.

REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet EPEAEP: « Elaboration d'un modèle de gestion intégrée des ressources en eau pour l'amélioration de l'approvisionnement en eau potable de la commune de Daloa. » retenu par le projet AMRUGE-CI (Appui à la Modernisation et à la Réforme des Universités et Grandes Ecoles de Côte d'Ivoire. L'étude a été possible grâce à l'appui de la Société de distribution d'eau de la Côte d'Ivoire (SODECI) qui a fourni une grande partie des données hydrochimiques.

REFERENCES

- [1] L. Tampo, M. Gnazou, V. Akpataku, L. Bawa, and G. Djaneyé-Boundjou, Application des méthodes statistiques à l'étude hydrochimique des eaux d'un hydrosystème tropical: Cas du bassin versant de la rivière Zio (Togo), *European Scientific Journal*, vol 11, no 14, pp. 204-225, 2015.
- [2] Osuolale and Okoh, Human enteric bacteria and viruses in five Wastewater treatment plants in the Eastern Cape, South Africa, *Journal of Infection and Public Health*, vol 10, pp. 541-547, 2017.
- [3] A. Adjagodo, D.T.M. Agassounon, N.C. Kelomè and R. Lawani, Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaîne trophique à travers le monde: synthèse bibliographique, *International Journal of Biological and Chemical Science*, vol 10, no 3, pp. 1459-1472, 2016.
- [4] K. E. Ahoussi, Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville, Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), p.270, 2008.
- [5] B. Dibi, Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans la région d'Aboisso (Sud-est de la Côte d'Ivoire): Apport du SIG et de l'analyse multicritère, Thèse de doctorat, Université de Cocody- (Abidjan, Côte d'Ivoire), p. 167, 2008.
- [6] K.E. Ahoussi, F. Silué and K. Dongo, Etude des caractéristiques physiques et chimiques des eaux de surface de la zone forestière de Côte d'Ivoire: cas de la rivière Lobo à Daloa, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol 25 pp. 1375-1388, 2019.
- [7] Y.T. Brou, Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, (Lille, France), p. 226, 2005.
- [8] W.N.G. Koukougnon, Milieu urbain et accès à l'eau potable: cas de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat des Sciences de l'Homme et de la Société, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), p. 364 2013.
- [9] S. Aw, E.B.Z. N'goran, S. Siaka and B. Parinet, Intérêt de l'analyse multi dimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico chimique de l'eau d'un système lacustre tropical: cas des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, vol 38, pp. 2573-2585, 2011.
- [10] G. Ado, V. Desayes, and D. Mama, Etude statistique du rôle du phosphore et de l'azote NTK dans le mécanisme de l'eutrophisation des lacs de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire, *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, vol. 10, pp. 155-171, 2000.
- [11] A.B. Yao, B.T.A. Goula, Z.A. Kouadio, K.E. Kouakou, A. Kané, and S. Sambou, Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide. Cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Revue ivoirienne des Sciences et Technologie*, vol. 19, pp. 136-157, 2012.
- [12] S.G. Eblin, G. Soro, A.P. Sombo, N. Aka, O. Kambiré and N. Soro, Hydrochimie des eaux souterraines de la région d'Adiaké (Sud-Est côtier de la Côte d'Ivoire), *Larhyss Journal*, vol. 17, pp. 193-214, 2014.
- [13] F. Kanohin, O.B. Yapo, B. Dibi and A.C. Bonny, Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 11, no 5, pp. 2495-2509, 2017.
- [14] S. Khelif and A. Boudoukha, Multivariate statistical characterization of groundwater quality in Fesdis, East of Algeria, *Journal of Water and Land Development*, vol. 37, pp. 65-74, 2018.
- [15] G. Soro, T.D. Soro, N.M-R. Fossou, O.A. Adjiri and N. Soro, Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 13, no 3, pp. 1870-1889, 2019.

- [16] K.S.A. Yao and K.E. Ahoussi, Caractérisation physico-chimique des eaux de surface dans un environnement minier du Centre-ouest de la Côte d'Ivoire: cas du département de Divo, *European Scientific Journal*, vol. 16, no. 12, pp. 293-315, 2020.
- [17] B. Sadaali, E.F. Deradji, T. Saboua, R. Remita and F. Zahi, Impact de l'activité anthropique sur la dégradation de l'environnement et sur la Qualité des eaux: cas du parc national d'EL Kala, *Revue des Sciences et de la Technologie*, vol. 30, pp. 66-775, 2015.
- [18] M.H. Bekri, A. El Hmaidi, H. Jaddi, H. Ousmana, Z. Kasse, E.M. El Faleh, A. Essahlaoui and A. El Ouali, Utilisation des indices de qualité et de pollution organique dans l'évaluation de la qualité physicochimique des eaux superficielles des Oueds Moulouya et Ansegmir (Haute Moulouya, NE Du Maroc), *European Scientific Journal*, vol. 16, no. 27, pp. 55-75, 2020.
- [19] L. Leclercq, Les eaux courantes: caractéristiques et moyens d'étude, dans les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, *International Journal of Aquatic Biology*, Vol. 6, no. 5, pp. 259-260, 2001.
- [20] OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4ième Edition intégrant le premier additif, (Genève, Suisse), p. 539, 2017.
- [21] R.K. Horton, An index-number system for rating water quality, *Journal of Water Pollution Control Federation*, vol. 37, no. 3, pp. 300-306, 1965.
- [22] D.N. Aher, V.D. Kele, K.D. Malwade and M.D. Shelke, Lake Water Quality Indexing to identify suitable sites for household utility: A case study Jambhulwadi Lake; Pune (MS), *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no. 5, pp. 16-21, 2016.
- [23] Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A., and O'Connor, M.F., A Water Quality Index-Crashing the Psychological Barrier. In: *Indicators of Environmental Quality*, Thomas A.W. (Eds.), Springer (Boston), pp. 173-182, 1972.
- [24] G.V. Akilinson, Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Méné (Bassin versant du Sassandra, Côte d'Ivoire), Mémoire de Master en Science et Gestion de l'Environnement, Université Nangui-Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, p. 45, 2014.
- [25] H.L. Zinsou, P. Gnohoussou, D. Adandedjan and P. Laleye, Profil de distribution des macroinvertébrés benthiques du delta de l'Ouémé à partir du Self Organizing Map (SOM), *Afrique SCIENCE*, vol. 12, no. 1, pp. 224-236, 2016.
- [26] M. Sondergaard, J.P. Jensen and E. Jeppesen, Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes, *Hydrobiologia Science*, vol. 506, no. (1-3), pp. 135-145, 2003.
- [27] I. Guasmi, Pollution des eaux et pouvoir auto-épurateur de l'Oued Medjerda (Nord-est Algérien), Thèse de doctorat de l'Université d'Annaba (Annaba, Algérie), p. 240, 2009.
- [28] O.M.J. Mangoua, D.L. Goné, K.A. Kouassi K.G. N'guettia, G.A. Douagui, I. Savané and J. Biémi, Hydrogeochemical assessment of groundwater quality in the Baya watershed (Eastern of Côte d'Ivoire), *African Journal of Agricultural Research*, vol 10, no. 49, pp. 4477-4489, 2015.
- [29] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro and J. Biémi, Etude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'Ouest montagneux de la Côte d'Ivoire: Cas du village de Mangouin-Yrongouin (S/P de Biankouman), *Journal of applied biosciences*, vol. 63 pp. 4703-4719, 2013.
- [30] G.S. Ouattara, B. Dibi, A.B. Konan-Waidhet, O.M.J. Mangoua and B. Kamagate, Study of groundwater-river interactions using hydrochemical tracers in fissured rock: Case of the Lobo watershed at Nibéhibé (Central-West, Côte d'Ivoire), *International Journal of Environment and Climate Change*, vol. 10, no. 12, pp. 55-66, 2020.
- [31] N. Soro, Hydrochimie et géochimie isotopique des eaux souterraines du degré carré de Grand-Lahou et ses environs (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Implication hydrologique et hydrogéologique, Thèse de Doctorat d'État des Sciences Naturelles, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire) p. 272, 2002.
- [32] F. Lakhili, M. Benabdelhadi, N. Bouderkha, H. Lahrach and A. Lahrach, Etude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc), *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 11, pp. 1857-7431, 2015.
- [33] J-M. Dorioz, Mécanismes et maîtrise de la pollution diffuse agricole: le cas du phosphore et sa portée générale, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 17, no. 1, pp. 277-291, 2013.
- [34] M. Izougarhane, D. Mansouri, H. El Ibaoui, S. Chakiri and M. Fadli, Physico-chimie et teneurs métalliques des eaux de l'estuaire de l'Oued Sebou durant des années de dragage du sable, *European Scientific Journal*, vol. 12, no. 30, pp. 127-151, 2016.
- [35] S. Şener, E. Şener and A. Davraz, Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SWTurkey), *Science of the Total Environment*, vol. 584, pp. 131-144, 2017.

Activités sexuelles précoces au Bénin: Trajectoire de vie, Dynamiques socioéconomiques et Héritage socioculturel

[Early Sexual Activity in Benin: Life Trajectory, Socioeconomic Dynamics and Sociocultural Heritage]

Alihonou S. Achille Tokin¹, Mouftaou Amadou Sanni¹, and Mateyédou Lamboni²

¹Laboratoire de Recherche en Sciences de la Population et du Développement (LaReSPD) de l'Université de Parakou, BP 123, Benin

²Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, Canada

Copyright © 2022 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 literature on sexual behavior, including its characteristics, explanatory factors and consequences, is very abundant. Unfortunately, little or no work addresses the life courses and the influence of cultural and socioeconomic heritage patterns in which sexual activity occurs at the beginning of women's fertile lives. This article examines the sexual behavior of adolescent girls between 2006 and 2018 in Benin through the lens of capabilities. Data from the last three (03) Benin Demographic and Health Surveys (DHS) conducted between 2006 and 2018 were used to identify factors associated with early sexuality among adolescent girls in Benin. The variable explained was first early sexual intercourse. The discrete-time logistic regression method used led to the results that, taking into account the effect of duration and timing variables, the factors associated with early sexual debut in adolescence are residence in the departments of Atacora/Donga and Alibori/Borgou; low level of schooling or lack of schooling; and membership in a religion of Muslim and Christian persuasion. Taking into account the standard of living of the households and the activity carried out by the adolescents, it is noted that adolescents living in an environment of average standard of living have significantly different sexual behaviors from other adolescents in recent years. The risk of early sexual debut is greater in this social group, all other things being equal. Social position, educational background, and cultural identity are among the factors that influence adolescents' ability to manage their own sexuality.

KEYWORDS: Sexuality, adolescence, life course, capability; logit; gender norms; Benin.

RESUME: La littérature relative aux comportements sexuels, notamment, leurs caractéristiques, facteurs explicatifs et conséquences, est très abondante. Malheureusement, peu ou presque pas de travaux abordent les parcours de vie et l'influence des modèles d'héritage culturel et socioéconomique dans lesquels se produit l'activité sexuelle au début de la vie féconde chez la femme. Cet article se propose d'examiner sous le prisme des capacités, le comportement sexuel des adolescentes entre 2006 et 2018 au Bénin. Les données des trois (03) dernières enquêtes démographiques et de santé du Bénin (EDSB) réalisées entre 2006 et 2018 ont été mises à profit pour cerner les facteurs associés à la sexualité précoce chez les adolescentes du Bénin.

La variable expliquée est le premier rapport sexuel précoce. La méthode de régression logistique en temps discret utilisée a conduit aux résultats selon lesquels prenant en compte l'effet de la durée et des variables de moment, les facteurs associés à l'entrée précoce dans la sexualité à l'adolescence sont la résidence dans les départements de l'Atacora/Donga et dans l'Alibori/Borgou; le faible niveau de scolarisation ou l'absence de scolarisation; l'appartenance à une religion d'obédience musulmane et Chrétienne. Prenant en compte le niveau de vie des ménages et l'activité exercée par les adolescentes, il est noté que les adolescentes vivant dans un environnement de niveau de vie moyen ont des comportements sexuels significativement différents des autres adolescentes ces dernières années. Le risque d'entrée dans la sexualité précoce est plus accru dans ce groupe social toutes choses étant égales par ailleurs. La position sociale, le parcours de vie scolaire et l'identité culturelle sont déterminants parmi les facteurs qui influencent le pouvoir d'agir des adolescentes en ce qui concerne leur capacité de gestion de leur propre sexualité.

MOTS-CLEFS: Sexualité, adolescence, parcours de vie, capacité; logit; normes de genre; Benin

1 INTRODUCTION

La littérature sur les comportements sexuels à risque est particulièrement très abondante chez les adolescentes. Celle relative au risque d'exposition au VIH/Sida est plus importante, comparativement à l'exposition aux grossesses précoces, notamment, non désirées. Pourtant, ces grossesses précoces, très fréquentes au sein des adolescentes et jeunes, sont une indication de l'activité sexuelle [1]. Ce qui justifie les propos de Babatunde Osotimehin¹ (2013), qui renseigne qu'une adolescente enceinte a moins de chance de réaliser ces projets de vie surtout ceux concernant son éducation, ses perspectives d'emploi et se retrouve dans le cercle vicieux de la pauvreté [2]. Dans beaucoup de pays, notamment en Afrique au sud du Sahara, le constat est le même.

Pour certains auteurs, dans le cadre des interventions, les adolescentes sont responsables de la sexualité et de leurs grossesses [2]. Cette assertion doit être nuancée dans le contexte des pays en développement où les circonstances et des pressions sociales se conjuguent à l'encontre des adolescentes. C'est ainsi que d'autres auteurs ont soutenu que les adolescents (es) découvrent la sexualité dans un contexte de normes liées au genre et dans un environnement où les parents ou les pairs exerçaient des pressions sur des adolescentes pour qu'elles aient ou pas des relations sexuelles précocement [3]. Ces normes peuvent jouer un rôle important dans le processus par lequel les adolescentes sont soumises à des relations sexuelles non souhaitées et non protégées, aussi bien dans le mariage ou en dehors de celui-ci. En effet, la sexualité des adolescentes connaît de plus en plus de profonds bouleversements. Si auparavant, on observe un interdit de la sexualité prémaritale, de nos jours cela semble avoir disparu sous l'effet conjugué des facteurs tels que l'urbanisation rapide, la désorganisation sociale, le contexte socioéconomique et de l'évolution des mentalités. L'attention portée à l'activité sexuelle précoce résulte des relations que l'adolescente entretient avec d'autres qui ont des conséquences sociales, sanitaires, économiques et démographiques néfastes [4]. Il ressort que dans les pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne, l'intensité de l'activité sexuelle accroît le risque des grossesses précoces et, partant la fécondité à l'adolescence [4]. Dans certains contextes, les naissances pré-nuptiales sont exposées à des sanctions sociales. Les déterminants familiaux et sociaux semblent jouer un rôle indéniable dans la compréhension de l'activité sexuelle, car ils se mettent en place pour conditionner la sexualité des adolescentes et jeunes [5]. A juste titre, le sociologue Bozon, soutient que les comportements des individus ne sont pas inscrits dans leurs gènes; ils ne sont pas forcément liés aux seules conditions du moment, mais sont conditionnés par des facteurs extérieurs ce qui fait que des attitudes à l'égard de la sexualité se fixent de manière précoce et cohérente durant l'adolescence [5].

Dans les pays en développement, la majorité de jeunes filles de 15-19 ans qui ont une activité sexuelle sont mariées [3]. Ces filles mariées font face à plusieurs autres défis. En effet, elles subissent souvent une réduction soudaine de la taille de leurs réseaux sociaux, ce qui les laisse avec peu d'amis, voire aucun. Si par le passé, les premiers rapports sexuels coïncidaient avec le mariage; aujourd'hui, il est de plus en plus courant de voir que les adolescentes ont des rapports sexuels de plus en plus précoces et avant le mariage. Selon certaines études, l'éducation relative à la santé en matière de reproduction et de sexualité contribue à retarder le début de l'activité sexuelle et, chez les adolescentes sexuellement actives, à encourager le recours à la contraception [6]. Bien que ce modèle ne soit pas valorisé dans tous les contextes, les normes culturelles veulent que les filles ne soient pas sexuellement actives avant le mariage, mais dans les faits la plupart en consomment avant le mariage. Ainsi, les statistiques indiquent qu'en Afrique subsaharienne, la prévalence de premiers rapports sexuels précoces est élevée avec une uniformisation de l'âge aux premiers rapports à l'échelle mondiale [7]. En effet, pour les jeunes femmes, cet âge se situe entre 17 et 20 ans [7]. Les travaux d'autres chercheurs ont montré que les premières expériences sexuelles s'inscrivent dans un parcours vers l'âge adulte et sont influencées par le milieu, le contexte et la culture dans lesquels les jeunes grandissent [8], [9], [10]. Les facteurs sociaux [11], [12]; les facteurs biologiques [13], [14] et les facteurs psychologiques [15] influencent les premiers rapports sexuels chez les adolescentes.

Toutefois, le risque d'avoir les premiers rapports sexuels varie d'une classe sociale à une autre, comme il a été démontré dans les travaux de prévention de VIH et d'autonomisation des jeunes [16]. Même si ce risque existe dans tous les milieux, il apparaît nettement amplifié par les situations de précarité sociale, compte tenu du fait que les grossesses à l'adolescence ne sont pas distribuées également dans toutes les classes sociales et qu'elles sont souvent liées à des abus sexuels selon certains auteurs [17]. Ce qui motive le sociologue Bozon (1993) à suggérer la piste selon laquelle l'analyse des comportements sexuels ne peut se limiter aux pratiques réalisées, à la fréquence des rapports ou à la description des fantasmes sexuels [5]. Mais il faut considérer également les significations de l'activité sexuelle, les places que la sexualité occupe dans la vie des individus. Car dit-il, le premier rapport sexuel ne s'oublie pas, il fait partie des événements qui s'impriment profondément dans la mémoire des individus et marquent la trajectoire de vie de ce dernier [5]. Le premier rapport sexuel comme événement s'inscrit dans un contexte générationnel, social et psychologique [5]. Selon Bozon, le déroulement du premier rapport fait partie de l'histoire personnelle de chacun; mais il renseigne aussi sur les appartenances sociales de l'individu, et sur son époque ». Il s'inscrit donc dans une logique de trajectoire de vie et, « *un événement biographique peut être lié au futur d'un individu à plusieurs titres* » [18].

¹ Secrétaire général adjoint des Nations Unies et Directeur exécutif UNFPA, Fonds des Nations Unies pour la population en 2013

Au Bénin, la question de la sexualité constitue une problématique majeure. Les adolescentes et les jeunes constituent des cibles importantes en raison de la spécificité de cette période du développement du cycle de vie. Les dernières statistiques montrent une sexualité estimée à 13% avant 15 ans; 20% des grossesses surviennent avant 20 ans; et 13% des mariages avant 15 ans et les besoins non satisfaits en contraception des 15-19 ans sont de 33% [19]. Les grossesses non désirées en milieu scolaire et parascolaire sont aussi fréquentes. On dénombre par exemple entre 2017 et 2018, 5957 grossesses non désirées en milieu scolaire et plusieurs cas de mariages forcés avec de fortes disparités selon les départements [20]. Mieux, l'enquête réalisée sur le VIH et la santé de la reproduction chez les adolescents et jeunes de 10-24 ans a montré que 45% avaient déjà eu leur premier rapport sexuel en 2018 [21]. Les études sociologiques réalisées en communauté au Bénin montrent que la décision d'entrée en vie sexuelle chez l'adolescente ne dépend pas seulement de l'âge, mais aussi d'autres caractères de développement secondaire comme apparition des menstruations [22]. En effet, la perception que chaque société a de l'adolescence influence significativement la sexualité et l'activité sexuelle chez les adolescentes. Selon les chercheurs comme Becker, « *la vie sexuelle des adolescents interpelle les aînés quant à ce qu'ils en montrent plus qu'à ce qu'ils en disent* » [23]. En revanche sur le plan économique, la sexualité est souvent associée à l'influence de moyens financiers, comme l'avait souligné Lévi-Strauss, lorsqu'il évoquait son pouvoir comme monnaie d'échange des femmes [24].

De ce fait, une meilleure compréhension du contexte de survenance de la sexualité comme un état d'être ou de fait est nécessaire à l'amélioration des programmes d'intervention comportementale axés sur l'autonomisation. Cette étude s'inscrit dans la prévention des risques sexuels prenant compte la portée de la sexualité [28]. Elle décrit l'évolution des premières expériences sexuelles et examine le rapport entre l'initiation précoce de l'activité sexuelle et les facteurs socioéconomiques ou culturels. Plus spécifiquement, elle examine les différences interindividuelles de l'influence des modèles d'héritage culturel et du capital social d'une part, et les trajectoires qui conduisent à des rythmes de transitions différentes (absence de vie sexuelle à l'adolescence au début de vie sexuelle précoce en fonction du contexte socio-économique, culturel et des attributs des adolescentes d'autre part. Le cadre de capacité de Robeyns [25] est mobilisé comme grille d'analyse afin d'évaluer les caractéristiques (attributs) des adolescentes et de leur bien-être par leurs « réalisations », mais aussi par leurs « capacités ». Ce cadre postule que « *Les capacités créent un fonctionnement qui crée plus de capacités qui peuvent être influencées positivement et négativement par les facteurs de conversion* » Il sert de référence et explicite la diversité qui peut se manifester en termes d'âge, d'appartenance ethnique, de sexualité, de situation géographique, ou de responsabilité. Tous les facteurs sont interdépendants. L'activité sexuelle précoce étant une évidence de nos jours, quel est le processus qui aboutit à cela ? En combien de temps cela survient ? Quels sont les facteurs associés au changement d'état chez les adolescentes ? Quel rôle jouent les trajectoires dans l'entrée précoce en vie sexuelle lorsqu'il s'agit d'un processus déterminé par des modèles culturels et du capital social ?

L'étude postule que prenant en compte l'effet de la durée d'entrée dans la sexualité au premier rapport sexuel et des effets de moment, la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité augmente avec la modernisation des valeurs toutes choses étant égales par ailleurs. Les individus aspirent donc en moins à l'entrée à la sexualité avant 18 ans au fur et à mesure qu'ils améliorent leur connaissance sur la sexualité et sont motivés pour vivre une vie à laquelle elles aspirent par l'acquisition de l'autonomie économique durant leur maturité. Il s'agit de faire l'analyse des différences interindividuelles dans les rythmes de transition d'une situation d'absence de vie sexuelle à l'adolescence à une autre (celle de début de vie sexuelle précoce).

2 METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La présente recherche couvre tout le territoire national du Bénin qui est situé en Afrique de l'ouest dans la zone tropicale entre l'équateur et le tropique du Cancer (entre parallèles 6°30' et 12°30' de latitude nord et les méridiens 1° et 30°40' de longitude Est). Le Bénin est caractérisé par une pluralité ethnique avec une répartition particulière dans les régions ou département de résidence des adolescentes. Deux grands groupes socio-culturels qui y cohabitent. Le premier, situé au sud et au centre du Bénin comprend les adja (15,2%), les fon (39,2%) et les yoruba (12,3%). Le second situé au nord qui regroupe les batombou (9,2%), les dendi (2,5%), les Bètamari (6,1%), les yoa lokpa (4,0%), les peulhs (7,0%) [32] sur une superficie de 114.763 km² avec une forte disparité par rapport à la densité de sa population. En effet, les régions du Nord sont moins peuplées (Alibori 20 hbts/km², Atacora 27 hbts/km²) et les zones méridionales surpeuplées (Ouémé 570 hbts/km², Littoral 8 419 hbts/km²). Le Bénin est à prédominance jeune (46% de moins de 15 ans) et féminine (51% de femmes). Le profil démographique du pays indique que les adolescents (10-19 ans) constituent 25,6% de la population béninoise avec des niveaux de fécondité les plus élevés dans les régions du Nord [26].

2.2 DONNEES

Cette étude fait usage des données des trois (03) dernières enquêtes démographiques et de santé du Bénin (EDSB), notamment celles d'années 2006, 2011-2012 et 2017-2018. Il s'agit d'une enquête nationale à cinq ans d'intervalle avec un échantillon représentatif d'adolescentes béninoises au niveau national, départemental le milieu urbain et le milieu rural. Cette enquête est réalisée par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) avec l'assistance technique d'ICF International. Les EDSB visent à fournir des données adéquates pour suivre la population et la situation sanitaire dans le pays. Toutes les femmes âgées de 15-49 ans vivant habituellement dans les ménages sélectionnés et présentes la nuit précédant l'enquête, étaient éligibles pour être interviewées. Le

questionnaire individuel femme constitue le questionnaire central des enquêtes EDS. Il est composé de 15 sections qui permettent d'estimer des indicateurs socio-économiques et démographiques [19].

2.3 POPULATION CIBLE DE L'ETUDE

L'échantillon de cette étude est composé des adolescentes susceptibles de connaître le premier rapport sexuel. Ces femmes sont âgées de 15-19 ans au moment des Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS) au Bénin entre 2006 et 2017-2018. Cette tranche d'âge est plus inclusive et essentielle pour l'élaboration des lois, de politiques sociales et de système de services adaptés au développement. Elle correspond à la période de la puberté, d'adolescence et de la jeunesse car il s'agit d'une période de transition de l'enfance à l'âge adulte qui occupe désormais une part importante dans le parcours de vie que jamais auparavant [27].

L'échantillon est constitué des individus âgés de 15-19 ans au moment de l'enquête et sont observés depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 17 ans révolus.

Pour chaque cycle d'enquête, les femmes interrogées, étaient issus d'un processus d'échantillonnage aréolaire, stratifié et tiré à deux degrés. L'unité primaire de sondage est la grappe ou zone de dénombrement (ZD). L'échantillon de cette étude est de 2981 en 2006, 2827 en 2011-2012 et 3335 en 2017-2018 conformément au tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. *Effectifs des femmes interrogées dans le cadre des EDS en 2006, 2011-2012 et 2017-2018 par âge et milieu de résidence*

	EDSB, 2006	EDSB, 2011-2012	EDSB, 2017-2018
Effectif des 15-49 ans éligibles interviewés	17 794	16 599	15 928
Effectif des 15-19 ans sexuellement actif quelle que soit l'activité sexuelle la plus récente	2981	2827	3335

Source: EDS Bénin, 2006, 2011-2012 et 2017-2018

L'autorisation d'utiliser l'ensemble de données a été accordée par Measure DHS après avoir évalué l'intention pour la demande de l'ensemble de données.

2.4 VARIABLES D'ANALYSE

Dans le cadre de notre étude, la variable à expliquer est le premier rapport sexuel précoce (c'est-à-dire avant 18 ans). Les variables explicatives regroupent un ensemble susceptible de conditionner le processus d'entrée en vie sexuelle précocement ou tardivement. Selon les directives de l'Organisation mondiale de la Santé pour les programmes de prévention du VIH chez les adolescents, l'initiation précoce de l'activité sexuelle est définie comme ayant eu de premiers rapports sexuels vaginaux avant ou à l'âge de 14 ans [28]. Mais compte tenu de l'âge à la majorité sexuelle au Bénin, et aux fins de l'analyse, nous avons donc défini comme précoces les premiers rapports sexuels vaginaux avant l'âge de dix-huit ans (18 ans exclu). En effet, selon le cadre légal au Bénin, l'enfant mineur de sexe féminin doit être protégé contre toute grossesse avant l'âge de dix-huit (18) ans. La grossesse chez l'enfant mineur est interdite. L'événement d'intérêt principal est la durée jusqu'à l'occurrence d'un premier rapport sexuel avant 18 ans, qui marque la transition vers la vie adulte. Dans cette étude, la variable dépendante est le premier rapport sexuel précoce. Elle prend la valeur « 1 » pour toute femme adolescente de 15 à 19 ans ayant eu son premier rapport sexuel avant 18 ans, et « 0 » dans le cas contraire. La population cible est mise en observation à partir de la naissance jusqu'à 19 ans. La durée d'exposition est égale l'âge auquel l'individu a connu le premier rapport sexuel ou l'âge au moment de l'enquête s'il n'a jamais eu de rapport sexuel et n'a pas plus de 19 ans, date de sortie de l'adolescence.

VARIABLE INDEPENDANTE

Les variables explicatives retenues dans cette étude sont celles liées aux modèles culturels et au capital social. Dans cette étude les **modèles culturels** sont définis comme des normes, des habitudes, des idées, des nécessités, des pratiques quotidiennes, etc., à propos du risque, qui procurent à l'individu des cadres de pensée et de pratiques qui sont reconnus et valorisés socialement et tout au moins en adéquation avec la vie sociale et le système socio-culturel [4]. En d'autres termes, les modèles culturels cristallisent et interprètent l'influence que les différents éléments du système socio-culturel peuvent avoir même de façon fortuite sur la sexualité ou la procréation. Il sera appréhendé par le degré d'adhésion aux modèles traditionnels de sexualité et de genre. Les variables culturelles d'opérationnalisation sont: *l'ethnie, la religion, le milieu de résidence et de socialisation, le niveau d'instruction, la région de résidence des adolescentes*.

Le capital social: Il est défini simplement comme « l'ensemble des ressources offertes aux individus par l'entremise de leurs relations sociales » [29]. Cela se traduit dans la vie quotidienne notamment par les « caractéristiques de l'organisation sociale telles que les réseaux, les normes et la confiance, qui facilitent la coordination et la coopération dans l'intérêt collectif » [30]. Pour Bourdieu et Wacquant, « *social capital is the sum of the resources, actual or virtual, that accrue an individual or a group by virtue of possessing a*

*durable network of more or less institutionalized relationships of mutual acquaintance and recognition » [31]. Il est envisagé à la fois comme un attribut des individus et des collectivités (ex: quartier, communauté, ville, région, etc.). Sur le plan individuel, il s'agit du réseau personnel de chaque personne, composé de liens solides et fiables avec des proches et d'un réseau de connaissances plus diversifié. Ces relations fournissent différents types de ressources à l'individu, telles que des informations, des connexions ou un réseau d'entraide. Sur le plan collectif, l'engagement communautaire et la confiance mutuelle entre individus contribuent au renforcement du capital social collectif [32]. Ce concept sera opérationnalisé par **le niveau de vie, l'occupation ou le groupe socioprofessionnelle d'appartenance, l'accès à l'information, le soutien social (la taille du ménage et le lien de parenté avec le chef de ménage).***

2.5 TECHNIQUE ET MODELES D'ANALYSE

2.5.1 TECHNIQUE STATISTIQUE D'ANALYSE

Dans cette étude, nous proposons de dégager des schémas typiques caractérisant la séquence des premières relations sexuelles chez les adolescentes. Sur la base de données d'enquêtes individuelles (EDS) nous analysons les expériences sexuelles vécues entre 15 et 19 ans, telles qu'elles sont rapportées par ces jeunes femmes lors des trois dernières enquêtes réalisées entre 2006 et 2017-2018 au Bénin.

Pour ce faire, nous avons d'abord transformé le fichier des données de sorte que l'unité d'analyse de l'exposition au risque d'un premier rapport sexuel précoce soit le nombre d'adolescentes-années. Autrement dit, chaque jeune de l'échantillon compte pour un nombre d'unités correspondant au nombre d'années où elle a été observée (incluant l'année au cours de laquelle elle est entrée dans la sexualité, si l'événement s'est réalisé [33].

2.5.2 METHODE D'ANALYSE

Trois méthodes d'analyses seront mobilisées dans le cadre de cette étude. D'abord, les analyses bivariées seront utilisées pour explorer les associations entre la variable d'intérêt, premier rapport sexuel précoce (c'est-à-dire avant 18 ans) et chacune des variables. Ensuite, l'analyse est basée sur la statistique descriptive de Kaplan-Meier pour estimer et comparer les fonctions de survie du premier rapport survenu précocement chez les adolescentes avec les modalités de chaque variable des modèles culturels et du capital. Cette étape d'exploration donne de premières réponses aux questions. Enfin, pour mettre en évidence l'effet des variables explicatives sur le premier rapport sexuel précoce, le modèle de risque et durée en temps discret a été réalisé en lien avec la fonction logit. Ce modèle biographique apparaît comme le meilleur outil d'analyse en raison de la nature rétrospective (longitudinale) des données. Il divise le temps en intervalles discrets et estime le risque d'avoir son premier rapport sexuel avant le 18^{ème} anniversaire pour chaque intervalle de temps, sachant qu'il ne s'est jamais produit auparavant.

Soit $P(x)$ la probabilité ou la proportion d'adolescentes ayant connu le premier rapport sexuel avant 18 ans que l'on souhaite analyser, et x un vecteur de caractéristiques possédées par les adolescentes, la formulation générale du modèle logit s'écrit [34]:

$$\text{Log} \left(\frac{P(x)}{1-P(x)} \right) = \log \left(\frac{P_0}{1-P_0} \right) + \sum_{j=1}^k b_j X_j$$

Où P_0 représente la probabilité analysée des individus de référence, c'est-à-dire, des adolescentes dont les caractéristiques sont égales à 0. L'exponentiel des coefficients b à estimer est appelé le odds ratio ou plus simplement le odds. Selon cette équation, la probabilité à estimer n'est pas seulement fonction des différentes caractéristiques des individus, mais aussi une fonction du temps, elle est donc notée $P(t, xt)$.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

De façon générale, la proportion d'adolescentes ayant eu leur premier rapport sexuel précoce varie peu entre 2006 et 2018. Il est noté que deux adolescentes sur cinq (45%) ont eu leur premier rapport sexuel précocement quelle que soit la date de l'enquête. Au cours de cette période, cette proportion diminue légèrement passant de 45% en 2006 à 44% en 2011-2012 est constante les dernières années.

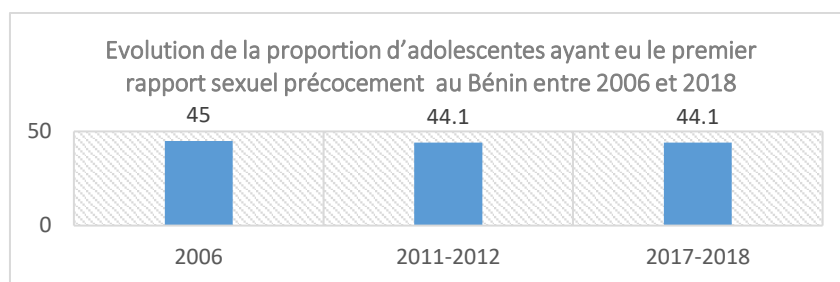


Fig. 1. Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement au Bénin entre 2006 et 2018

3.1 ANALYSE DIFFERENTIELLE DU PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE

Il s'agit d'une analyse descriptive du premier rapport sexuel précoce en fonction des groupes de variables explicatives qui font l'objet de notre analyse. Nous allons montrer par la statistique du khi deux, l'existence d'une éventuelle association entre chacune des variables indépendantes et la variable dépendante (premier rapport sexuel précoce), mais aussi de voir les variations selon les modalités de chaque variable indépendante de l'étude ainsi que l'évolution des inégalités régionales et sociale liées à l'activité sexuelle précoce durant la période 2006 et 2018.

3.1.1 PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE ET CONTEXTE DE RESIDENCE

DIFFERENCIATION LIEE A LA REGION DE RESIDENCE

La région de résidence est un important facteur de différenciation inégale de l'entrée en activité sexuelle chez les adolescentes. Le tableau 2 ci-dessous fait observer des variations significatives entre les régions de résidence quelle que soit la période d'observation.

Dans l'ensemble, l'activité sexuelle précoce chez les adolescentes est restée peu variable entre 2006 et 2018. Ce schéma tendanciel n'est resté uniforme pour toutes les régions de résidence du Bénin. La région de l'Atacora/Donga, a connu bien que faible, une hausse relative de la précocité du rapport sexuel entre 2006 et 2011-2012 puis une baisse. A l'opposé, les autres régions ont connu une baisse relative et plus prononcée dans l'Ouémé/Plateau allant de 36,7% à 27,2% soit -25,9%) au cours de la même période. Cette hausse de valeur² pourrait témoigner de la faible capacité des adolescentes en matière de négociation des relations homme et femme, mais aussi rendre compte de la forte primauté du mariage précoce dans cette région. Par ailleurs, l'effet de la modernité dans les autres régions de résidence expliquerait d'une part cette baisse relative avec la présence des nombreux programmes implémentés dans le domaine de la santé sexuelle et reproductive.

Tableau 2. Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon la région au Bénin entre 2006 et 2018

Région de résidence	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Atacora/Donga	56,3	57,6	56,7
Alibori/Borgou	59,4	53,5	57,4
Zou/Collines	50,9	49,4	49,1
Ouémé/Plateau	36,7	33,8	27,2
Mono/Couffo	29,1	44,1	28,7
Atlantique/Littoral	41,1	33,5	34,2
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	114,85***	87,49***	198,44***

² X%

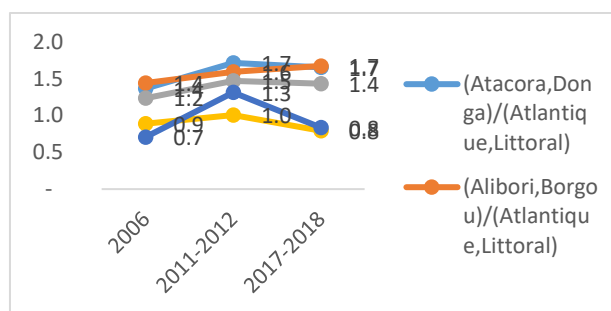


Fig. 2. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon la région de résidence sur la période

Les résultats de figure 2 ci-dessus renseignent sur la période 2006 - 2018, des différences régionales au niveau de la précocité des rapports sexuels à l'adolescence. Les inégalités régionales observées connaissent de différentes tendances. Elles sont à la hausse pour toutes les régions de résidence en comparaison à l'Atlantique/Littoral entre 2006 et 2011-2012 et à la baisse pour elles toutes comparées à l'Atlantique/Littoral au cours de la période 2017-2018. En revanche, les régions du centre et du Nord Bénin montrent une tendance à la hausse entre 2006 et 2018 en comparaison à l'Atlantique/Littoral. L'intensité des activités sexuelles précoces est donc plus élevée chez les adolescentes dans ces régions comparativement à l'Atlantique/Littoral et semble faible dans l'Ouémé/Plateau et le Mono/Couffo au cours de la même période.

DIFFÉRENTIATION LIÉE AU MILIEU DE RÉSIDENCE

Le milieu de résidence de l'adolescente est significativement associé à la précocité du premier rapport sexuel. Le tableau 3 ci-dessous montre que la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précoce est augmentée de façon continue en milieu rural allant de 45,9% à 48,4 % soit une hausse relative de (+5,4%) comparativement au milieu urbain où elle est plutôt en diminution (-11,6%) entre 2006 et 2018.

Tableau 3. Evolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon le milieu de résidence au Bénin entre 2006 et 2018

Milieu de résidence	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Urbain	43,9	39,1	38,8
Rural	45,9	48,4	48,4
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	0,44 ns	23,23***	30,76***

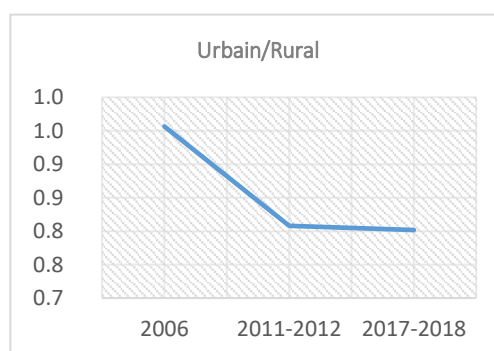


Fig. 3. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon le milieu de résidence sur la période 2006-2018

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

Comparativement au milieu rural, la figure 3 ci-dessus renseigne que l'intensité du premier rapport sexuel précoce est réduite entre 2006 et 2011-2012 puis stagne les dernières années. Les opportunités et possibilités pour un report du premier rapport sexuel en milieu rural étant faibles, les adolescentes des milieux ruraux sont beaucoup plus sous l'emprise des us et coutumes liés à la fécondité et au mariage précoce valorisés par la tradition.

3.1.2 PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE ET STRUCTURE FAMILIALE

DIFFERENTIATION LIEE A LA TAILLE DU MENAGE

Le nombre de personnes vivant dans un ménage est un facteur de différenciation de l'activité sexuelle précoce chez les adolescentes. Il est observé à travers le tableau 4 ci-dessous que la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précoce est en augmentation continue lorsque la taille de ménage est supérieure à 8 personnes. Par contre, lorsqu'elle est inférieure ou égale à 4 personnes, cette proportion est en diminution de façon continue et plus prononcée. L'analyse de l'intensité de l'activité sexuelle précoce montre que c'est après 2011-2012 qu'on observe une différence de comportement sexuel précoce chez les adolescentes selon la taille de leur ménage. Quelle que soit la date après 2006, l'intensité est plus élevée et plus remarquable chez les adolescentes qui vivent dans un environnement qui a de nombreuses personnes.

Tableau 4. *Evolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon la taille du ménage au Bénin entre 2006 et 2018*

Taille du ménage	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
≤4 personnes	60,2	52,1	51,4
Entre 5 et 6 personnes	41,6	40,9	40,7
Entre 7 et 8 personnes	36,6	40,3	36
Plus de 8 personnes	40,5	43,5	47,4
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	95,7***	20,02***	43,92***

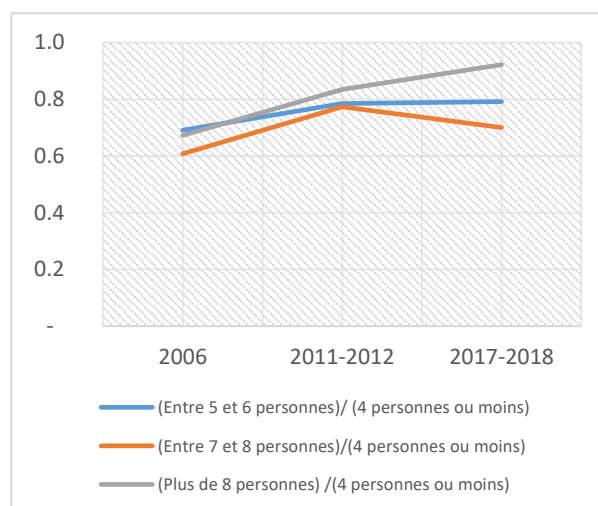


Fig. 4. *Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon la taille du ménage sur la période 2006-2018*

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

DIFFERENTIATION LIEE AU LIEN DE PARENTE AVEC LE CHEF DE MENAGE

La relation que l'adolescente entretient avec le chef de ménage est significativement associée au premier rapport sexuel. Le tableau 5 ci-dessous montre que la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement est en diminution de façon continue entre 2006 et 2017-2018 allant de 75,8% à 56,8% lorsque l'adolescente est chef de ménage (CM) alors qu'elle est en augmentation allant de 36,7% à 39,5% lorsqu'elle est sa fille entre 2006 et 2018. Quelle que soit la période, cette proportion est très élevée lorsqu'il s'agit de la femme du chef de ménage. On en déduit cette différenciation pourrait s'expliquer par l'union précoce des adolescentes qui les maintiendrait dans une faible capacité de négociation des rapports « homme et femme ». Ce qui est illustré par la figure 5 qui renseigne qu'en comparaison au chef de ménage, l'intensité plus forte en union. Ce qui est normale dans un contexte de nuptialité précoce.

Tableau 5. *Evolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon le lien de parenté avec le CM au Bénin entre 2006 et 2018*

Liens relationnels avec le chef de ménage	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
CM	75,8	70,4	56,8
Femme du CM	91,4	90,2	92,9
Fille du CM	36,7	39	39,5
Autres parents	39,6	39,4	40,4
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	428,61***	253,89***	286,51***

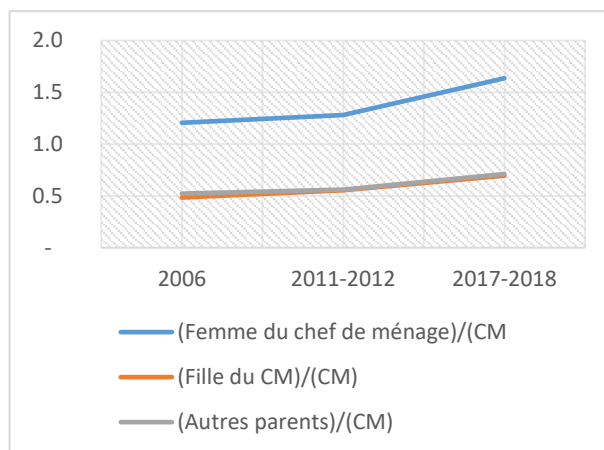


Fig. 5. *Différentiel relatif au premier rapport sexuel précocement selon le lien de parenté avec le chef du ménage sur la période 2006-2018*

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

DIFFÉRENTIATION LIÉE AU STATUT MATRIMONIAL DE L'ADOLESCENTE DANS LE MÉNAGE

Le statut matrimonial de l'adolescente est significativement associé à la précocité du premier rapport sexuel. Le tableau 6 ci-dessous montre que la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement est plus élevée chez les adolescentes en union. Ce qui est normal dans le contexte de nuptialité précoce. Quels que soient l'état matrimonial et la période, il est noté une tendance baissière les dernières années. Ce constat pourrait se justifier par le fait que les opportunités et possibilités pour un report du premier rapport sexuel précocement chez les adolescentes en union sont faibles compte-tenu de leur statut d'épouse aux jeunes âges. Elles sont vulnérables, car sont souvent sous l'emprise des us et coutumes liés à la fécondité et au mariage précoce valorisés par la tradition.

Tableau 6. *Evolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon le statut matrimonial au Bénin entre 2006 et 2018*

Etat matrimonial	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Célibataire	31,7	35,7	32,8
En union	93,2	94,1	92,3
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	55,8***	389,79***	735,57***

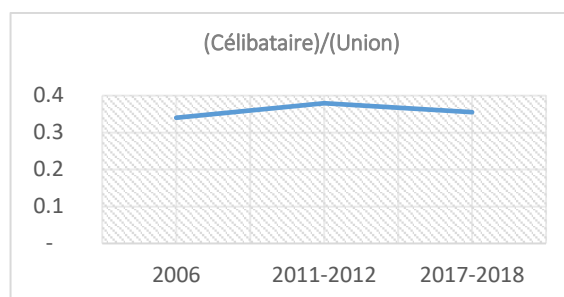


Fig. 6. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon le statut matrimonial sur la période 2006-2018

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

3.1.3 PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE ET CARACTERISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES

DIFFÉRENTIATION LIÉE AU NIVEAU DE RICHESSE RELATIVE DES MÉNAGES

Il ressort du tableau 7 ci-dessous que l'activité sexuelle précoce varie significativement selon le niveau de vie du ménage. En effet, il est observé que la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement diminue avec l'amélioration du niveau de vie des ménages quelle que soit la période. Sur la période 2006-2018, cette proportion est plus élevée chez les adolescentes pauvres comparativement à leurs homologues de conditions de vie moyenne et riche. Elle diminue chez les adolescentes issues des ménages riches allant de 41,1% en 2006 à 38,1% en 2017-2018. En revanche, elle est restée constante chez les adolescentes des conditions de vie pauvres. Comparées aux adolescentes pauvres, la figure 7 montre que l'intensité de la sexualité précoce est plus élevée chez les filles d'une condition de vie moyenne que celles issues des ménages riches. Ceci peut être dû aux conditions socioéconomiques différentes dans lesquelles les adolescentes vivent. Ainsi, les adolescentes qui vivent dans les ménages qui ont des ressources financières ont plus de capacité de négocier les relations et de faire des choix responsables comparativement à leurs congénères pauvres ou issus des ménages moyennement riches.

Tableau 7. Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon les conditions de vie des ménages au Bénin entre 2006 et 2018

Niveau de vie des ménages	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Ménage pauvre	49,5	49,8	49,1
Ménage de vie moyenne	47,3	47,4	49,1
Ménage au moins riche	41,1	38,3	38,1
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	13,9***	27,23***	40,30***

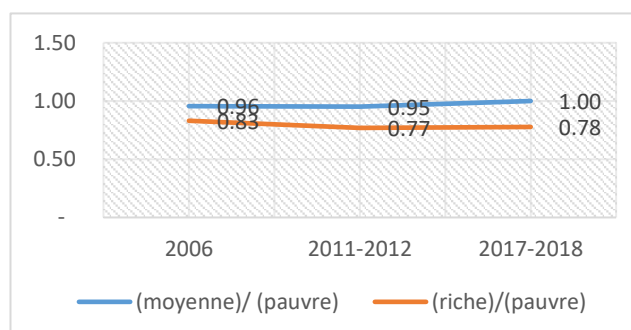


Fig. 7. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon les conditions de vie des ménages sur la période 2006-2018

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

DIFFERENTIATION LIEE A LA CATEGORIE SOCIOPROFESSIONNELLE

L'activité économique exercée par l'adolescente est un facteur de différenciation de l'activité sexuelle précoce au Bénin entre 2006 et 2018. Quelle que soit la période, la proportion des adolescentes ayant connu le premier rapport sexuel précocement est plus élevée chez les adolescentes exerçant les activités agricoles. En effet, le tableau 8 ci-dessous révèle que ce sont les adolescentes exerçant un emploi salarié (+9,7%), les vendeuses et artisanes (+21,6%) et celles exerçant une activité agricole qui ont connu une augmentation de la proportion de celles ayant eu le premier rapport sexuel précoce entre 2006 et 2017-2018. A l'opposé, ce sont les ménagères qui ont connu une diminution de niveau (-11,2%). Ces tendances nous renseignent que les adolescentes ménagères souvent sous le contrôle parental ou sous la responsabilité de leur tuteur/tutrice développent moins des comportements sexuels précoces au premier rapport sexuel. Ce qui n'est pas le cas des vendeuses, artisanes et celles qui ont une activité lucrative, sont plus exposées aux influences du pouvoir économique des aînés. Quelle que soit l'occupation de l'adolescente, il est observé que l'intensité du premier rapport sexuel précoce est en augmentation entre 2006 et 2018 lorsqu'on compare les autres catégories professionnelles aux adolescentes ménagères montrant un rythme plus prononcé chez les adolescentes qui exercent des activités agricoles. La position sociale des adolescentes influence leur comportement sexuel.

Tableau 8. *Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon la catégorie socioprofessionnelle au Bénin entre 2006 et 2018*

Catégorie socioprofessionnelle d'appartenance	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Ménagère	40,2	40,7	35,7
Salariée	50,3	51,6	55,2
Vendeuse/artisane	44,5	51,6	54,1
Activités agricoles	56,2	56,3	56,9
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	95,7***	37,83***	126,14***

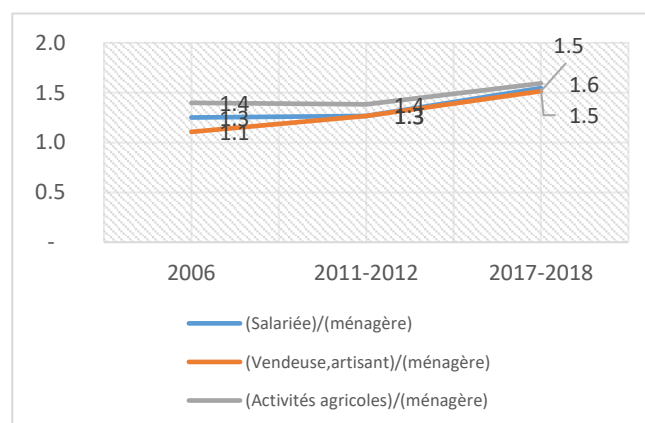


Fig. 8. *Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon la catégorie socioprofessionnelle sur la période 2006-2018*

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

3.1.4 PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE ET CARACTERISTIQUES CULTURELLES

DIFFERENTIATION LIEE AU NIVEAU D'INSTRUCTION

L'analyse différentielle du premier rapport sexuel précoce selon le niveau d'instruction des adolescentes montre que la scolarisation est significativement associée à l'activité sexuelle précoce à l'adolescente. En effet, le tableau 9 ci-dessous montre que la proportion des adolescents ayant eu le premier rapport sexuel précocement diminue avec l'élévation du niveau d'instruction quelle que soit la période. Sur la période 2006 à 2018, on observe une hausse relative de la précocité du rapport sexuel chez les adolescentes qui ont au plus le niveau d'instruction primaire. En effet, l'augmentation relative est de +5,2% pour les adolescentes qui n'ont aucune instruction et de +3,2% pour celles qui ont au moins primaire. Cette hausse est près de deux fois plus élevée chez les adolescentes sans aucune instruction comparativement à celles qui ont au moins le niveau primaire. En revanche, il est observé une baisse relative de ce phénomène chez les

adolescentes de niveau au moins secondaire ou plus. On déduit donc que l'intensité des activités sexuelles précoces est plus élevée en absence de scolarisation.

Tableau 9. *Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon le niveau d'instruction entre 2006 et 2018*

Scolarisation	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Non scolarisé	52,4	53	55,1
Primaire	41,2	45,8	42,5
Secondaire ou plus	39,8	38,3	38
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	32,25***	35,01***	70,11***

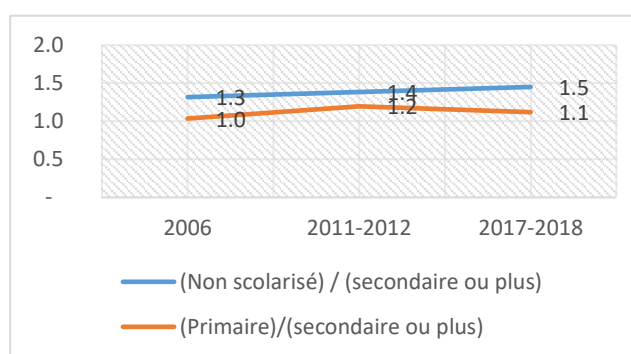


Fig. 9. *Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon le niveau d'instruction sur la période 2006-2018*

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

Au cours de la période 2006 et 2018, l'intensité du premier rapport sexuel précoce est croissante chez les adolescentes sans aucune instruction comparativement autres catégories de jeunes filles quelle que soit la période de l'enquête. L'inégalité sociale liée à la scolarisation entretient donc la faible capacité des adolescentes à négocier les premières relations sexuelles précoces avec les hommes.

DIFFÉRENTIATION LIÉE AUX ORIGINES ETHNIQUES

Les résultats des tableaux 10 et de la figure 10 ci-dessous montrent que l'activité sexuelle précoce varie significativement selon l'origine ethnique de l'adolescente. Quelle que soit la période la proportion des adolescentes ayant connu le premier rapport sexuel précocement est plus élevée chez les adolescentes d'ethnies du Nord comparativement aux autres ethnies. En effet, quelle que soit l'ethnie l'activité sexuelle précoce est en baisse relativement entre 2006 et 2018 mais plus prononcée chez les adolescentes d'ethnie fon. Entre 2006 et 2017-2018, tenant compte de l'arrière-plan culturel de chaque adolescente, il est observé sur toute la période d'observation, une évolution inégalitaire avec diverses tendances. Soit une évolution respectivement sous forme de cloche, en baisse et sous forme de "U" chez les adja, les fon et les Yoruba en comparaison aux ethnies du Nord Bénin.

Tableau 10. *Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon l'origine ethnique entre 2006 et 2018*

Origine ethnique de l'adolescente	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Adja	29,9	39,1	28,5
Fon	43,4	40,4	36,8
Yoruba	47,3	40,4	46,2
Ethnies du Nord Bénin	57,3	55,3	56,3
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	84,8***	41,11***	144,88***

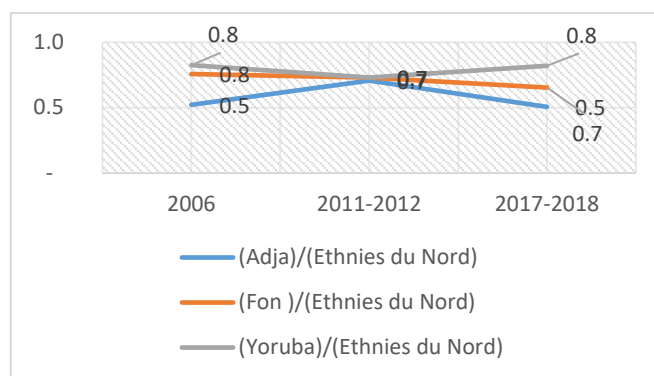


Fig. 10. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon l'origine ethnique sur la période 2006-2018

Ces différences ethniques montrent des schémas de fécondité différents. Les adolescentes des ethnies autres que celles du Nord Bénin ont des capacités qui semblent moins favorables à l'activité sexuelle précoce bien que la tendance est la hausse chez les Yoruba.

DIFFÉRENTIATION LIÉE À LA RELIGION PRATIQUEE

La religion pratiquée par les adolescentes est un facteur de différenciation de l'activité sexuelle à l'adolescence. Quelle que soit la période, la proportion des adolescentes ayant connu précocement le premier rapport sexuel est très élevée chez les adolescentes musulmanes comparativement à celles qui pratiquent d'autres religions. Cette variation montre une augmentation non seulement chez les musulmanes mais aussi chez les chrétiennes. Cette augmentation est trois fois plus élevée (+8,7%) chez les chrétiennes comparativement aux musulmanes (+2,9%). À l'opposé, cette proportion connaît une diminution chez les adolescentes pratiquantes de la religion traditionnelle au cours de la même période. Cette différenciation pourrait s'expliquer par l'ouverture aux valeurs occidentales que prônent les religions musulmanes et chrétiennes comparativement aux religions endogènes avec des interdits, des us et coutumes. Notons que quelle que soit la religion pratiquée comparée aux valeurs endogènes l'intensité de l'activité sexuelle précoce suit la même tendance en forme de « U » montrant une décroissance entre 2006 et 2011-2012 et croissance entre 2011 et 2018 avec des valeurs les plus élevées chez les adolescentes musulmanes. L'activité sexuelle précoce semble plus développée chez les musulmanes que dans les autres religions. Ces filles ont moins de capacité que leurs congénères de négocier les relations sexuelles entre homme et femmes.

Tableau 11. Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon la religion entre 2006 et 2018

Religiosité	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Religion traditionnelle	40,9	46,3	36,5
Religion musulmane	52,4	49,2	53,9
Religion chrétienne	43,7	41,6	47,5
Ensemble	45	42,6	45
Pearson chi2	14,1***	8,93**	24,03***

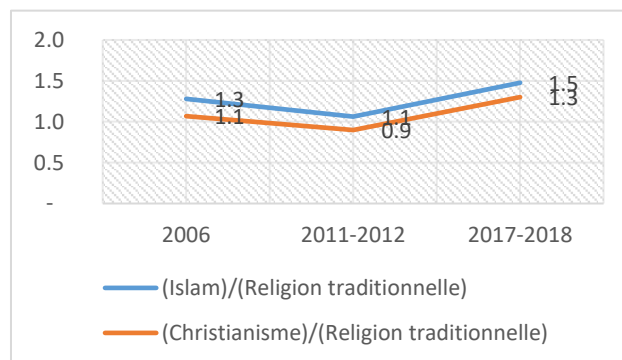


Fig. 11. Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon la religion sur la période 2006-2018

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

3.1.5 PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE ET AUTRES CARACTERISTIQUES

DIFFERENTIATION LIEE AU NIVEAU D'EXPOSITION AUX INFORMATIONS VIA LES JOURNAUX ET MAGAZINES

Le premier rapport sexuel précoce à l'adolescence varie significativement selon le niveau d'exposition aux médias (journaux et magazines). Quelle que soit la période, la proportion des adolescentes ayant connu précocement le premier rapport sexuel est très élevée chez les adolescentes qui ne sont pas du tout exposées aux informations via les journaux et magazine comparativement à celles qui lisent au moins une fois dans la semaine. Remarquons que la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précoce diminue quelle que soit la fréquence à laquelle l'adolescente lit les journaux et magazines pour s'informer entre 2006 et 2018 avec une diminution plus prononcée lorsque la fréquence est d'au moins une fois par semaine. En les comparant à celles qui ne sont pas du tout exposées aux informations via les journaux et magazine, il est observé que l'intensité du premier rapport sexuel précoce est plus élevée lorsque la fréquence est faible. On en déduit une relation négative entre la fréquence d'exposition aux médias (journaux et magazine) et le premier rapport sexuel à l'adolescence. L'accès à l'information fréquemment sur la santé sexuelle et reproductive via les journaux et magazines améliore la capacité des adolescentes à négocier les relations sexuelles précoces entre homme et femme. Notons que les tendances observées pourraient être aussi influencées par l'inégale répartition des infrastructures audiovisuelles et de communication sur le territoire avec un déficit beaucoup plus marqué en milieu rural.

Tableau 12. *Évolution de la proportion d'adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement selon la fréquence d'exposition au média entre 2006 et 2018*

Fréquence de lecture des magazines	Périodes		
	2006	2011-2012	2017-2018
Pas du tout	46,6	46,7	45,7
Moins d'une fois par semaine	40	39,7	39,5
Au moins une fois par semaine	36,1	35,9	29,5
Presque tous les jours	30,2	nd	nd
Ensemble	45	44,1	44,1
Pearson chi2	13,1***	18,6***	23,20***

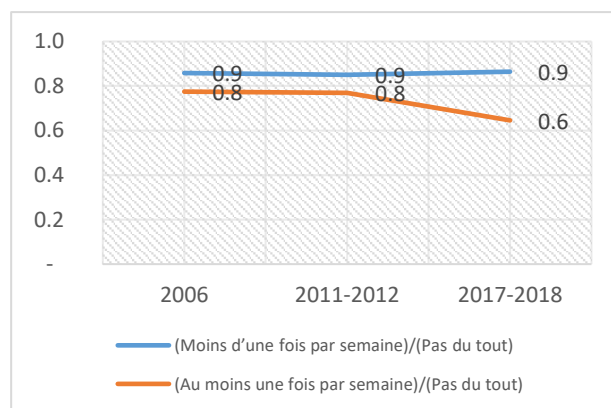


Fig. 12. *Différentiel relatif au premier rapport sexuel précoce selon la fréquence d'exposition au média sur la période 2006-2018*

Source: Traitement des données, EDS 2006, EDS 2011-2012, EDS 2017-2018, Bénin

3.1.6 FONCTION DE SURVIE DU PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE SELON LES CARACTERISTIQUES ÉCONOMIQUES ET CULTURELLES

La statistique descriptive de Kaplan-Meier est utilisée pour estimer et comparer les fonctions de survie du premier rapport sexuel précoce chez les adolescentes en fonction des ressources économiques et ou culturelles dont elles disposent.

RELATION ENTRE LA CATEGORIE SOCIOPROFESSIONNELLE ET LE PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE

Les résultats de l'analyse de survie descriptive indiquent une variation de la propension au premier rapport sexuel précoce selon la catégorie socioprofessionnelle des adolescentes (figures 13). Comme le montrent les courbes des estimations de Kaplan-Meier traitées dans la figure 13, le premier rapport sexuel précoce a été plus fréquent et plus rapide parmi les adolescentes qui exercent des activités

agricoles (courbe en couleur orange) que parmi celles qui font les autres activités. Ce qui est conforme à nos attentes. Ces résultats confirment ce qui est observé dans l'analyse différentielle qui montre des inégalités sociales.

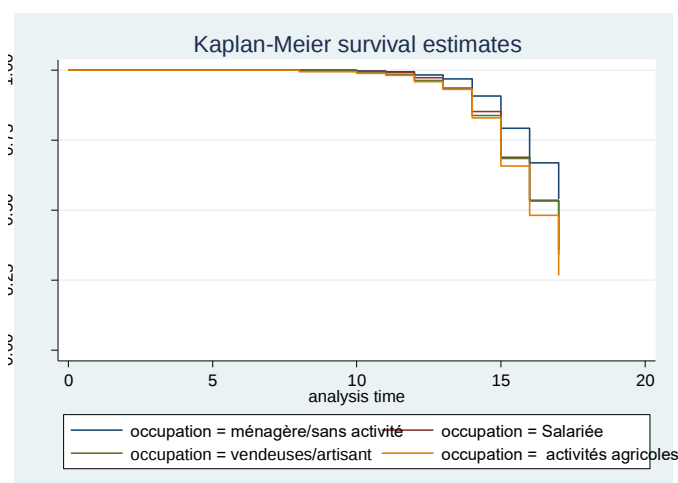


Fig. 13. Fonctions de survie de Kaplan-Meier du premier rapport sexuel précoce selon catégorie socioprofessionnelle des adolescentes en 2017-2018

RELATION ENTRE STATUT MATRIMONIAL ET PREMIER RAPPORT SEXUEL PRECOCE

Les résultats de l'analyse de survie descriptive indiquent une variation de la propension au premier rapport sexuel précoce selon le statut matrimonial des adolescentes (figures 14). Comme la montrent les courbes des estimations de Kaplan-Meier traitées dans les figures 14 pour les années 2006, 2011-2012 et 2017-2018, le premier rapport sexuel précoce a été plus fréquente et plus rapide parmi les adolescentes en union (courbe en couleur rouge) que parmi celles qui ne le sont pas quelle que soit la date, ce qui est conforme à nos attentes.

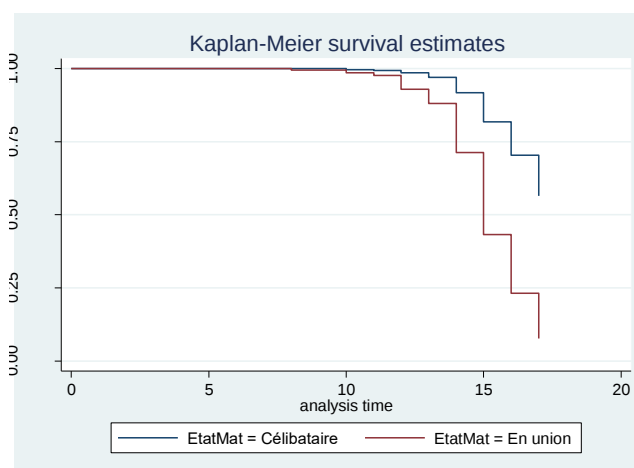


Fig. 14. Fonctions de survie de Kaplan-Meier du premier rapport sexuel précoce selon la situation matrimoniale des adolescentes en 2017-2018

3.2 ANALYSE DES DIFFERENCES INTERINDIVIDUELLES ET LE DEBUT DE VIE SEXUELLE PRECOCE À L'ADOLESCENCE

Les différences interindividuelles dans le changement de situation sont fonction d'une part aux facteurs qui se rapportent à l'environnement dans lequel vit l'adolescente, plus précisément, à son contexte socio-économique et culturel. Ainsi, le risque pour une catégorie d'adolescente d'entrée dans une sexualité précoce dépendra des opportunités qui lui sont offertes et des possibilités dont elles disposent à un moment donné. D'autre part, ces différences se rapportent aux attributs des individus.

Au moyen de la régression logistique de survie en temps discret de type Piecewise, cette étude identifie les facteurs associés à l'entrée dans une sexualité précoce au premier rapport. Le modèle nous permet de vérifier si les effets observés précédemment pour chaque variable se maintiennent en présence des autres. Afin de mettre en évidence les mécanismes d'action des groupes de facteurs, les

variables seront introduites dans le modèle selon l'ordre défini. Le modèle final nous permet de mettre en exergue les principaux facteurs et d'en identifier les effets nets.

3.2.1 EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ADOLESCENTE SUR SES CAPACITES EN MATIERE DE REALISATION DE L'ACTIVITE SEXUELLE

L'environnement de l'adolescente est conditionné par l'influence des facteurs socioculturels, géographiques ainsi que les connaissances et prédispositions du milieu. Ces facteurs sont significativement associés à l'entrée des adolescentes dans une sexualité précoce au premier rapport. Ce que témoignent les coefficients du logit des probabilités conditionnelles qui sont significatifs pour chaque intervalle de temps. Prenant en compte les facteurs socioculturels, il est à noter qu'à chaque intervalle de temps, la région de résidence, le milieu de résidence; la scolarisation et la religion exercent un effet net significatif sur le premier rapport sexuel à l'adolescence.

Les résultats montrent une différence significative au seuil de 5% selon la région de résidence des adolescentes quelle que soit la période. En effet, les adolescentes des régions de l'Atacora/Donga, Alibori/Borgou et Zou/Collines courent respectivement 1,67; 1,83 et 1,1 fois plus de risque d'entrée en sexualité précoce au premier rapport comparativement à leurs homologues de l'Atlantique/Littoral. Notons qu'il n'y a pas de différences de comportements sexuels pour les adolescentes résidant des régions de l'Atlantique/Littoral ou qu'elles soient dans les régions comme Ouémé/Plateau ou Zou/Collines en 2006 et en 2017-2018. Il est noté que les adolescentes des régions de l'Alibori/Borgou ont une grande probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce au premier rapport comparativement à leurs congénères. En ce qui concerne le milieu de résidence, les résultats montrent qu'il n'y a pas de différences significatives selon que l'adolescente réside en milieu urbain ou non. Les citadines pourraient sembler moins fréquemment entrées en sexualité précoce au premier rapport, mais le coefficient est significatif au seuil de 10%. On peut supposer que la disparition de la significativité en 2011-2012 est due à l'effet de proportion.

La scolarisation explique l'entrée précoce dans la sexualité au premier rapport sexuel chez les adolescentes. Scolariser les filles renforce leur autonomie et leur permet de participer pleinement à la décision et aux négociations des rapports homme-femme. En tant que moyens, elle leur permet de s'ouvrir au monde extérieur grâce à leur capacité à lire et à comprendre les informations diffusées par les médias. Prenant en compte le niveau de scolarisation, respectivement les adolescentes du niveau d'instruction primaire et secondaire courent 0,18 et 0,26 fois moins de risque que leurs homologues non scolarisées. Aussi, le tableau des résultats montre que la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce au premier rapport est plus élevée chez les adolescentes de niveau secondaire ou plus comparativement aux autres adolescentes. On n'en déduit que le risque d'entrée en sexualité précoce au premier rapport augmente avec la diminution du niveau de scolarisation. La relation qui associe les deux variables est donc négative à chaque temps quelle que soit la période.

Il ressort du tableau d'analyse des effets nets des facteurs socioculturels que la religion pratiquée par les adolescentes se présente comme un facteur explicatif de l'entrée en sexualité précoce au premier rapport. En effet, les adolescentes musulmanes et chrétiennes courent respectivement 0,38 et 0,74 fois plus de risque d'entrée précocement en sexualité au premier rapport comparativement à leurs homologues pratiquantes des religions traditionnelles ou endogènes. Il est noté aussi une probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce au premier rapport plus élevée chez les chrétiennes comparativement aux autres adolescentes. Ce qui nous amène à une conclusion toutes choses étant égales par ailleurs que la religion exerce un effet de contrôle de la liberté d'agir et donc de leur capacité de choix de vie chez les adolescentes. A motivation égale, les adolescentes pratiquantes des religions traditionnelles ou endogènes sont moins libres que leurs congénères d'obédience musulmane et chrétienne. Cette dernière est aussi plus libre dans les choix de comportement sexuel que les musulmanes.

Tableau 13. *Rapports de cotes (odds ratios) des corrélats des premiers rapports sexuels précoces et des facteurs socioculturels chez les adolescentes de 15 à 19 entre 2006 et 2017-2018 au Bénin*

Modalités des variables	2006	2011-2012	2017-2018
Région de résidence			
Atacora/Donga	2,67***	3,73***	2,59***
Alibori/Borgou	2,83***	3,09***	2,71***
Zou/Collines	2,1***	2,56***	2,39***
Ouémé/Plateau	1,12ns	1,34**	1,05ns
Mono/Couffo	0,96ns	2,30***	1ns
Atlantique/Littoral (ref)	1	1	1
Milieu de résidence			
Urbain	1,16*	0,95ns	0,85*
Rural (ref)	1	1	1
Scolarisation			
Non scolarisé (ref)	1	1	1
Primaire	0,82**	0,99ns	0,92ns
Secondaire ou plus	0,74***	0,74***	0,83*
Religion			
Religion traditionnelle (ref)	1	1	1
Religion musulmane	1,38**	1,38**	2,07*
Religion chrétienne	1,74***	1,63***	1,52***

3.2.2 EFFETS DU CAPITAL SOCIAL COMME RESSOURCE SUR LES CAPACITES DES ADOLESCENTES EN MATIERE DE REALISATION DE L'ACTIVITE SEXUELLE ET LEURS ÉVOLUTIONS

Les conditions de vies des adolescentes, la catégorie professionnelle et la structure familiale se présentent dans ce modèle comme des facteurs issus du capital social qui expliquent l'entrée en sexualité précoce au premier rapport chez les adolescentes.

Prenant en compte l'influence du niveau de vie des ménages, les résultats du tableau 14 ci-dessous montrent que quelle que soit la période, le coefficient de la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce au premier rapport est significatif chez les adolescentes issues des ménages avec un niveau de richesse relative moyenne comparativement aux autres. Ce qui n'est pas le cas pour les adolescentes des milieux riches qui ont un comportement semblable à ceux de leurs homologues du niveau de richesse relative pauvre en 2011-2012 et 2017-2018. Ce résultat évoque l'idée selon laquelle la relation entre le niveau de vie des ménages et l'entrée en sexualité précoce au premier rapport sexuel n'est pas linéaire. Elle est certainement médiatisée par d'autres facteurs liés à la motivation personnelle des adolescentes plutôt qu'aux ressources de leur environnement immédiat qu'est le ménage.

La catégorie socioprofessionnelle de l'adolescente apparaît comme un facteur explicatif de l'entrée en sexualité précoce au premier rapport. En effet, quelle que soit la période, les adolescentes salariées, vendeuse ou artisanes et celles exerçant une activité agricole courent plus de risque que leurs homologues qui ont des occupations dans les ménages. L'analyse tendancielle montre d'une part une probabilité conditionnelle plus élevée chez les adolescentes qui travaillent dans le domaine de l'agriculture en 2006 et 2011-2012. Cette proportion est encore plus élevée au niveau de toutes les catégories socioprofessionnelles avec en 2017-2018 avec une inversion de position comparativement en 2006. Il est noté au cours des dernières années (2017-2018) une entrée plus précoce en sexualité au premier rapport chez les salariées et vendeuses ou artisanes comparativement aux autres. Toutes choses qui portent à croire que l'exercice d'une activité économique à l'extérieur du ménage est un facteur de risque d'entrée en sexualité précocement à l'adolescente avec un risque plus prononcé chez celles qui sont rémunérées en espèces.

Pour ce qui est de la structure familiale, les résultats du modèle final montrent que l'influence de la structure familiale sur l'entrée en sexualité précoce au premier rapport est médiatisée par la taille des ménages et le lien que les adolescentes ont avec le chef de ménage quelle que soit la période. En effet, il est observé que plus la taille de ménage est élevée plus la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce est élevée quelle que soit la période. Les adolescentes qui résident dans des ménages de grandes tailles courent plus de risque que leurs homologues d'entrée précocement dans la sexualité au premier rapport. La co-résidence avec les aînés apparaît comme un facteur de risque important pour l'entrée en sexualité précocement pour les adolescentes. Ceci pourrait se justifier par le fait que les aînés ont une influence négative sur les cadets à travers le partage des expériences et de transfert des connaissances qui favorisent l'entrée précoce des adolescentes dans la sexualité à cet âge. Les motivations réelles des adolescentes sont donc contrôlées par leur degré de maturité et la qualité de l'information qu'elles reçoivent dans le processus de leur maturation. Pour ce qui est du lien avec le chef de ménage, les adolescentes autres que celles qui sont en union et femmes du chef de ménage courent moins de risque

d'entrée en sexualité précoce. Ce qui semble logique dans un contexte de nuptialité précoce. Car dans de tel contexte, l'objectif premier du mariage est la procréation.

Tableau 14. *Rapports de cotes (odds ratios) des corrélats des premiers rapports sexuels précoces et le capital social chez les adolescentes de 15 à 19 entre 2006 et 2017-2018 au Bénin*

Modalités des variables	2006	2011-2012	2017-2018
Niveau de richesse relative des ménages			
Ménage pauvre (ref)	1	1	1
Ménage de vie moyenne	1,3**	1,3**	1,35***
Ménage au moins riche	1,34***	0,97ns	0,98ns
Catégorie socioprofessionnelle			
Ménagère (ref)	1	1	1
Salariée	1,85***	1,58***	2,52***
Vendeuse/artisane	1,38***	1,48***	2,18***
Activités agricoles	1,92***	1,66***	2,09***
Fréquence d'exposition au média			
Pas du tout (ref)	1	1	1
Moins d'une fois par semaine	1,13ns	1,03ns	1,16ns
Au moins une fois par semaine	0,97ns	0,89ns	0,75*
Presque tous les jours	0,76ns	Nd	nd
Taille des ménages			
4 personnes ou moins (ref)	1	1	1
Entre 5 et 6 personnes	1,03ns	1,27**	1,23*
Entre 7 et 8 personnes	0,92ns	1,3**	1,05ns
Plus de 8 personnes	1,05ns	1,44***	1,65***
Liens de parenté avec le CM			
Chef de ménage	0,82ns	1,07ns	0,42**
Femme du CM (ref)	1	1	1
Fille du CM	0,15***	0,26***	0,19***
Autres parents	0,17***	0,26***	0,20***

3.2.3 EFFETS COMBINÉS DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CAPITAL SOCIAL SUR LES CAPACITÉS DES ADOLESCENTES EN MATIÈRE DE RÉALISATION DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE ET LEURS ÉVOLUTIONS

Le tableau 15 ci-dessous présente l'effet combiné des facteurs issus des modèles culturels et du capital social sur l'entrée en sexualité précoce au premier rapport entre 2006 et 2017-2018.

Prenant en compte tous les facteurs, les adolescentes des régions du centre au Nord Bénin à savoir: Atacora/Donga, Alibori/Borgou et Zou/Collines courent plus de risque d'entrée en sexualité précocement au premier rapport quelle que soit la période d'observation. Compte tenu de l'effet de la durée d'entrée, le tableau 15 ci-dessous montre que le coefficient de la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précoce au premier rapport est significatif et plus élevée chez les adolescentes de l'Atacora/Donga, suivi de celle de l'Alibori/Borgou et de celles des Zou/Collines. Il en ressort que le début de l'activité sexuelle précoce est plus fréquent dans ces régions avec l'Atacora/Donga en tête de liste en comparaison aux adolescentes de l'Atlantique/Littoral. Selon la région de résidence, il n'existe presque pas de différences de comportement sexuel au début de la sexualité chez les adolescentes à partir de 2011-2012. Cependant, il est noté une discrimination montrant que le risque est 0,32 fois plus élevé en milieu urbain en 2006. On déduit donc que si le lieu de résidence est un facteur explicatif de l'entrée en sexualité précoce au premier rapport, la discrimination est marquée au niveau des régions et surtout celles du centre et du Nord Bénin quelle que soit la période d'observation. Un tel constat pourrait trouver du sens dans l'engagement ou non des adolescentes de ces régions, les perceptions que la société du Centre et Nord Bénin a de des relations sexuelles et du rôle qui lui est assigné. Ce qui est aussi le point de vue des sociologues qui ont montré dans leurs travaux que cette différenciation est générée par des processus sociaux, par l'environnement et le cadre de vie [35]. Certains auteurs soutiennent l'idée selon laquelle, cet état est l'influence de l'agentivité sexuelle qui ne se construit pas en soi, mais se négocie dans un contexte social et sexuel et mérite une reconnaissance par les membres de la communauté, d'où un contexte social propice pour son émergence [36]. Elle serait donc plus reconnue au Sud du Bénin comparativement qu'au centre et le Nord.

La scolarisation semble ne pas agir dans l'explication de l'entrée en sexualité précoce en présence des variables du capital social. Cependant, le coefficient de la probabilité conditionnelle d'entrée en sexualité précocement au premier rapport est significatif au début de la période 2006 chez les adolescentes de niveau d'instruction secondaire ou plus. Ceci pourrait se justifier par le fait que les enfants adolescentes sont de plus en plus exposées aux nouveaux modes de pensée tels que les libertés d'expression et du choix de vie, la connaissance des droits de l'enfant qui leur donne la possibilité et les opportunités de remettre en cause les valeurs traditionnelles, les normes qui régissent le fonctionnement de leur société. Les travaux de certains auteurs le confirment en ces termes « *This change can be attributed to the fact that educated youth now obtain knowledge from books which can be used to challenge the wisdom of the older generation.* » [37]. A l'opposé il est observé l'effet contraire de la scolarisation montrant que l'inscription des enfants à l'école retarde l'initiation sexuelle précoce pendant que les pairs favorisent son entrée [38].

Par contre, la religion pratiquée par les adolescentes apparaît comme un facteur explicatif de l'entrée en sexualité précocement au premier rapport. En effet, il est noté que les adolescentes musulmanes et chrétienne courent plus de risque que leurs homologues des religions traditionnelles ou endogènes d'entrée en sexualité précocement avec une probabilité conditionnelle plus élevée chez les chrétiennes comparativement aux autres. En présence des variables du capital social, les adolescentes chrétiennes ont plus de liberté de se livrer aux activités sexuelles précocement quelle que soit la période d'observation. Ceci peut être expliqué en partie par le fait que les expériences sexuelles des individus sont très liées aux caractéristiques sociales des personnes et le milieu social d'appartenance de l'individu. Ce qui serait déterminant dans l'utilisation des opportunités de pratiques sexuelles qui leurs sont offertes [39].

Les conditions de vie des adolescentes apparaissent comme un facteur explicatif d'entrée en sexualité précoce au premier rapport. Prenant en compte le niveau de vie des ménages et l'activité exercée par les adolescentes, il est noté que les adolescentes vivant dans un environnement de vie moyenne ont des comportements sexuels significativement différents des autres adolescentes après 2006. En effet, elles courent plus de risque d'entrée en sexualité précoce au premier rapport que leurs homologues. Tandis que la catégorie socioprofessionnelle explique le comportement sexuel précoce à l'adolescence quelle que la période entre 2006 et 2017-2018. En effet, les adolescentes qui exercent des activités salariales, celles qui sont vendeuses ou artisanes et celles qui sont dans les activités agricoles courent plus de risque d'entrée en sexualité précocement au premier rapport sexuel comparativement à leurs homologues qui ont des activités dans les ménages. En 2006, la probabilité conditionnelle est plus élevée chez les adolescentes exerçant des activités agricoles alors qu'entre 2011 et 2018, elle est plus élevée chez les vendeuses ou artisanes.

A niveau de vie égal, on observe que la probabilité conditionnelle est plus élevée chez les vendeuses et artisanes après 2006. Toutes choses qui laissent penser que ce sont les adolescentes de la catégorie socioprofessionnelle vendeuse et artisane qui ont des risques élevés d'entrée en sexualité précoce au premier rapport. Une telle variation pourrait s'expliquer en partie par les différences qu'on peut noter dans la structure sociale selon les lieux de résidence des adolescences d'une part et dans la manière de vivre et de penser dans les environnements immédiats de ces adolescentes d'autre part. Car, « Quel que soit le découpage territorial, les aspirations et les modes de vie des individus sont significativement différents selon l'endroit où ils résident » [35]. Mieux, les sociologues font observer que la tendance actuelle dénote qu'un nouveau régime normatif en matière de sexualité explique la baisse de primauté de la communauté sur le choix de vie des adolescentes à l'époque contemporaine. Les institutions auparavant qui étaient garant des principes de la bonne sexualité telle que la religion, les communautés locales et la famille sont en déclin au profit de l'influence de nouvelles sources d'information telles les médias et l'internet qui diffusent de nouvelles normes et mode de vie [39]. Ces nouvelles normes sont moins associées aux sanctions et contrôle. Ce que Bozon décrit par le passage d'une sexualité construite par des contrôles externes aux individus à une sexualité qui repose sur des disciplines internes.

En présence des modèles culturels, l'effet de la taille des ménages s'est estompé et seul le lien avec le chef de ménage qui apparaît comme un facteur explicatif de l'entrée en sexualité précoce. Quelle que soit la période d'observation, les résultats montrent qu'il n'y a pas de différences selon la taille des ménages. Par contre, il est noté une différence significative selon le lien qu'entretient l'adolescente avec le chef de ménage. En effet, les adolescentes qui ont un statut autres que femme du chef de ménage courent moins de risque que les femmes de ménages d'entrée en sexualité précoce au premier rapport avec un risque encore moins élevé que celui des filles du chef de ménage. Ce qui est normal, car il est indéniable que les différentes dimensions de la parentalité telles que le soutien matériel, la surveillance comportementale et la communication parents-enfant sont positivement associées à des niveaux réduits de comportement à risques chez les adolescentes [40]. Ce que renchérissement les données empiriques collectées à Nairobi montrant que la présence du chef de ménage à côté de ses filles non mariées de 12 à 19 ans réduit le risque pour la fille d'entrée en sexualité précocement, d'avoir de grossesse non désirée ou de se donner à une activité sexuelle en comparaison aux adolescentes qui n'ont aucun parent ou qui ont la mère seulement sous le même toit qu'elle [41].

Tableau 15. *Rapports de cotes (odds ratios) des corrélats des premiers rapports sexuels précoces à partir des analyses de survie en temps discret chez les adolescentes de 15 à 19 entre 2006 et 2017-2018 au Bénin*

Modalités des variables	2006	2011-2012	2017-2018
Région de résidence			
Atacora/Donga	2,88***	4,27***	2,59***
Alibori/Borgou	2,64***	3,50***	2,57***
Zou/Collines	2,16***	2,69***	2,3***
Ouémé/Plateau	1,1ns	1,33***	1,06ns
Mono/Couffo	0,98ns	2,41***	0,95ns
Atlantique/Littoral (ref)	1	1	1
Milieu de résidence			
Urbain	1,32***	0,94ns	0,89ns
Rural (ref)	1	1	1
Scolarisation			
Non scolarisé (ref)	1	1	1
Primaire	1,18ns	1,12ns	0,99ns
Secondaire ou plus	1,40**	1,14ns	1,17ns
Religion			
Religion traditionnelle (ref)	1	1	1
Religion musulmane	1,69***	1,44**	2,51**
Religion chrétienne	2,14***	1,68***	1,70***
Niveau de richesse relative des ménages			
Ménage pauvre (ref)	1	1	1
Ménage de vie moyenne	1,14ns	1,30**	1,43***
Ménage au moins riche	1,15ns	1,26*	1,14ns
Catégorie socioprofessionnelle			
Ménagère (ref)	1	1	1
Salariée	1,73***	1,68***	2,36***
Vendeuse/artisane	1,46***	1,82***	2,71***
Activités agricoles	1,83***	1,69***	1,78***
Fréquence d'exposition au média			
Pas du tout (ref)	1	1	1
Moins d'une fois par semaine	0,93ns	0,95ns	1,24ns
Au moins une fois par semaine	0,76ns	0,92ns	0,75ns
Presque tous les jours	0,54ns	nd	nd
Taille des ménages			
4 personnes ou moins (ref)	1	1	1
Entre 5 et 6 personnes	0,95ns	1,24*	1,1ns
Entre 7 et 8 personnes	0,85ns	1,25*	0,86ns
Plus de 8 personnes	0,95ns	1,23ns	1,2ns
Liens de parenté avec le CM			
Chef de ménage	0,65ns	1,18ns	0,53ns
Femme du CM (ref)	1	1	1
Fille du CM	0,12***	0,23***	0,22***
Autres parents	0,12***	0,25***	0,21***

4 CONCLUSION

Au Bénin, l'ampleur de l'activité sexuelle précoce des adolescents et jeunes est inquiétante surtout avec l'augmentation des grossesses précoces et non désirées. Au regard de la diversité culturelle et des inégalités socioéconomiques et régionales à l'intérieur des territoires, une généralisation des comportements sexuels des adolescentes est encore problématique malgré les interventions

ciblées dans ce domaine. Ce qui justifie l'objectif de notre étude qui était d'examiner les différences interindividuelles de l'influence des modèles d'héritage culturel et du capital social d'une part, et des trajectoires qui conduisent à des rythmes de transitions différentes chez les adolescentes de 15 à 19 ans d'autre part. Sous le prisme des capacités, cet article a tenté d'évaluer le fonctionnement des adolescentes dans le domaine de leur sexualité entre 2006 et 2018 au Bénin.

L'analyse descriptive au moyen de la statistique de Kaplan-Meier et celle de chi carré ont été mobilisées. Elles ont montré que le premier rapport sexuel précoce a lieu en moyenne entre 12 et 14 ans et beaucoup plus tôt chez les adolescentes qui sont dans le secteur agricole. De plus l'activité sexuelle précoce a été plus fréquente et plus rapide chez les adolescentes qui exercent des activités agricoles comparativement aux autres qui sont dans d'autres activités. Cette fréquence est encore plus élevée lorsque les adolescentes sont en union. Ce qui est conforme à nos attentes au regard du contexte de nuptialité très précoce sur dans les milieux ruraux.

L'analyse bivariable a montré des inégalités régionales dans la capacité de gestion de la sexualité à l'adolescente au Bénin. En effet, il est noté de nos résultats que les adolescentes des régions du Centre au Nord Bénin et en particulier celles de l'Atacora/Donga courent plus de risque d'entrée en sexualité très précocement comparativement aux autres régions et l'ouémé/plateau est la région dont le risque d'entrée dans la sexualité est la moins élevée. L'intensité du premier rapport sexuel précoce semble plus élevée dans les milieux ruraux et plus remarquable chez les adolescentes qui vivent dans des ménages de grandes tailles.

Par ailleurs, il est aussi noté une relation négative entre le niveau de vie du ménage des adolescentes et leur comportement au début de la sexualité. En effet, la proportion des adolescentes ayant eu le premier rapport sexuel précocement a diminué avec l'amélioration du niveau de vie des ménages quelle que soit la période. Cette situation est encore plus prononcée chez les adolescentes qui exercent une activité économique hors du ménage et dans le secteur agricole. Elles sont plus vulnérables et le risque d'entrée très précocement dans la sexualité est plus prononcé avec une forte intensité. La position sociale de chaque adolescente est apparue déterminante dans la capacité de gestion de la sexualité toutes choses égales par ailleurs. L'effet de la scolarisation est aussi remarquable dans cette étude. Car, l'intensité des activités sexuelles précoces est plus élevée en absence de scolarisation. On déduit que l'inégalité sociale liée à la scolarisation entretient donc la faible capacité des adolescentes à négocier les premières relations sexuelles précoces avec les hommes quelle que soit leur âge.

Dans l'échantillon de cette étude, il est observé une relation négative entre la fréquence d'exposition aux médias (journaux et magazine) et le premier rapport sexuel à l'adolescence. En effet, l'intensité du premier rapport sexuel précoce est plus élevée lorsque la fréquence est faible.

Au niveau explicatif, les modèles de survie à temps discret ont montré que prenant en compte l'effet de durée et des variables de moment, les associations observées au niveau descriptif sont toutes confirmées. Cependant, les facteurs associés à l'entrée précoce dans la sexualité à l'adolescence sont la résidence dans les départements de l'Atacora/Donga et dans l'Alibori/Borgou; le faible niveau de scolarisation ou l'absence de scolarisation; l'appartenance à une religion d'obédience musulmane et Chrétienne est aussi un facteur de risque. Prenant en compte le niveau de vie des ménages et l'activité exercée par les adolescentes, il est noté que les adolescentes vivant dans un environnement de niveau de vie moyenne ont des comportements sexuels significativement différents des autres adolescentes ces dernières années. Le risque d'entrée dans la sexualité précoce est plus accru dans ce groupe social toutes choses étant égales par ailleurs. Les adolescentes de cette classe sont donc plus exposées comparativement aux autres.

La position sociale, le parcours de vie scolaire et l'identité culturelle sont déterminants parmi les facteurs qui influencent le pouvoir d'agir des adolescentes en ce qui concerne leur capacité de gestion de leur propre sexualité.

Si cette étude a permis d'apporter quelques éclairages sur les facteurs qui déterminent le processus d'entrée dans la sexualité précoce à l'adolescence au Bénin, elle présente cependant des limites fondamentales qui sont inhérentes aux données disponibles notamment celles des enquêtes démographiques et de santé. En effet, les attributs des adolescentes sont moins mis en exergue dans cette étude. Ce qui n'a pas permis de mieux cerner la description du pouvoir d'agir des adolescentes, leur préférence et les contraintes lors des interactions à caractère sexuel, ce que certains auteurs appellent l'agentivité sexuelle des femmes [42], [43]. Cette dernière fait référence à la capacité d'agir et de responsabilité de l'adolescence dans l'activité sexuelle au regard du fait que le premier rapport renseigne sur le comportement d'ensemble de l'activité sexuelle des individus [5].

REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement le Dr. Ir. N'gnonnissè Mèdéhouénou TOSSOU pour la relecture.

REFERENCES

- [1] A. L. Whaley, « Preventing the high-risk sexual behavior of adolescents: focus on HIV/AIDS transmission, unintended pregnancy, or both? », *J. Adolesc. Health Off. Publ. Soc. Adolesc. Med.*, vol. 24, no 6, p. 376-382, juin 1999, doi: 10.1016/s1054-139x(98)00153-0.
- [2] « État de la population mondiale 2013 ». /fr/publications/%C3%A9tat-de-la-population-mondiale-2013 (consulté le mars 28, 2021).
- [3] « Étude approfondie sur les adolescents : Exploiter les données pour identifier et atteindre les jeunes les plus vulnérables—Bénin 2006 », Population Council, 2009. doi: 10.31899/pgy14.1023.
- [4] « Bioline International Official Site (site up-dated regularly) ». <http://www.bioline.org.br/request?uaps99040> (consulté le mars 26, 2021).
- [5] M. Bozon, « L'entrée dans la sexualité adulte : le premier rapport et ses suites », *Population*, vol. 48, no 5, p. 1317-1352, 1993, doi: 10.2307/1534180.
- [6] A. Grunseit, S. Kippax, P. Aggleton, M. Baldo, et G. Slutkin, « Sexuality education and young people's sexual behavior: a review of studies », *J. Adolesc. Res.*, vol. 12, no 4, p. 421-453, oct. 1997, doi: 10.1177/0743554897124002.
- [7] K. Wellings et al., « Sexual behaviour in context: a global perspective », *Lancet Lond. Engl.*, vol. 368, no 9548, p. 1706-1728, nov. 2006, doi: 10.1016/S0140-6736(06)69479-8.
- [8] N. Stone et R. Ingham, « Factors Affecting British Teenagers' Contraceptive Use at First Intercourse: The Importance of Partner Communication », *Perspect. Sex. Reprod. Health*, vol. 34, no 4, p. 191-197, 2002, doi: 10.2307/3097729.
- [9] S. L. Rosenthal, K. M. Von Ranson, S. Cotton, F. M. Biro, L. Mills, et P. A. Succop, « Sexual initiation: predictors and developmental trends », *Sex. Transm. Dis.*, vol. 28, no 9, p. 527-532, sept. 2001, doi: 10.1097/00007435-200109000-00009.
- [10] « Et les garçons? Une revue de la littérature sur la santé et le développement des adolescents garçons - OPS / OMS | Organisation panaméricaine de la santé ». <https://www.paho.org/en/documents/what-about-boys-literature-review-health-and-development-adolescent-boys> (consulté le mars 26, 2021).
- [11] A. M. Teitelman, « Adolescent girls' perspectives of family interactions related to menarche and sexual health », *Qual. Health Res.*, vol. 14, no 9, p. 1292-1308, nov. 2004, doi: 10.1177/1049732304268794.
- [12] A. Tschumper, F. Narring, C. Meier, et P. A. Michaud, « Sexual victimization in adolescent girls (age 15–20 years) enrolled in post-mandatory schools or professional training programmes in Switzerland », *Acta Paediatr.*, vol. 87, no 2, p. 212-217, 1998, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1998.tb00978.x>.
- [13] J. N. Giedd, « Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain », *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1021, p. 77-85, juin 2004, doi: 10.1196/annals.1308.009.
- [14] J. L. Cameron, « Interrelationships between hormones, behavior, and affect during adolescence: understanding hormonal, physical, and brain changes occurring in association with pubertal activation of the reproductive axis. Introduction to part III », *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1021, p. 110-123, juin 2004, doi: 10.1196/annals.1308.012.
- [15] F. Narring, P.-A. Michaud, H. Wydler, F. Davatz, et M. Villaret, « SEXUALITE DES ADOLESCENTS ET SIDA », p. 195.
- [16] W. F. Auslander, V. Slonim-Nevo, D. Elze, et M. Sherraden, « HIV prevention for youths in independent living programs: expanding life options », *Child Welfare*, vol. 77, no 2, p. 208-221, avr. 1998.
- [17] Institut national de la santé et de la recherche médicale (France), Éducation pour la santé des jeunes: démarches et méthodes. Paris: Éditions INSERM, 2001.
- [18] F. De Coninck et F. Godard, « L'approche biographique à l'épreuve de l'interprétation. Les formes temporelles de la causalité », *Rev. Fr. Sociol.*, vol. 31, no 1, p. 23-53, 1990, doi: 10.2307/3321487.
- [19] Institut National de la Statistique et de l'Analyse et ICF, « République Du Bénin Ciquième Enquête Démographique et de Santé au Bénin (EDSB-V) 2017-2018 », avr. 2019, Consulté le: mars 28, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.dhsprogram.com/publications/publication-FR350-DHS-Final-Reports.cfm>.
- [20] « L'Education à la vie de famille, une option pour préserver les « ados et jeunes » », UNFPA Benin, août 14, 2019. <https://benin.unfpa.org/fr/news/leducation-%C3%A0-la-vie-de-famille-une-option-pour-pr%C3%A9server-les-%C2%AB-ados-et-jeunes-%C2%BB> (consulté le mars 28, 2021).
- [21] ONUSIDA, « Rapport d'enquête sur les Adolescents et le VIH au Bénin ». 2018.
- [22] « Etude de base dans les communes de mise en œuvre (Kalalé, Nikki, Malanville, Karimama, Djakotomè, Aplahoué, Dogbo et Lalo) ». Care Bénin Togo, 2015. Consulté le: mars 29, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.careevaluations.org/wp-content/uploads/CARE-Benin_Mariage-force%CC%81_Final_05_11_2015.pdf.
- [23] E. de Becker, « Quand la sexualité des adolescents devient « préoccupante »... », *Inf. Psychiatr.*, vol. Volume 84, no 7, p. 675-683, 2008, Consulté le: mars 26, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cairn.info/revue-l-information-psychiatrique-2008-7-page-675.htm>.
- [24] C. Lévi-Strauss, Les structures élémentaires de la parenté. EHESS. Consulté le: mars 26, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://journals.openedition.org/lectures/23470>.

- [25] I. Robeyns, « The Capability Approach: a theoretical survey », *J. Hum. Dev.*, vol. 6, no 1, p. 93-117, mars 2005, doi: 10.1080/146498805200034266.
- [26] Institut national de la Statistique et de l'Analyse Economique, « Répartition spatiale, Structure par sexe et âge et Migration de la population au Bénin ». 2017.
- [27] S. M. Sawyer, P. S. Azzopardi, D. Wickremarathne, et G. C. Patton, « The age of adolescence », *Lancet Child Adolesc. Health*, vol. 2, no 3, p. 223-228, mars 2018, doi: 10.1016/S2352-4642 (18) 30022-1.
- [28] Organisation mondiale de la santé. Département VIH/SIDA, Programmes nationaux de lutte contre le sida: guide des indicateurs de suivi et d'évaluation des programmes nationaux de prévention du VIH/SIDA pour les jeunes. Genève: Organisation mondiale de la santé, 2004.
- [29] D. Aldrich, *Building Resilience: Social Capital in Post-Disaster Recovery*. 2012. doi: 10.7208/chicago/9780226012896.001.0001.
- [30] « Putnam, RD (1995). Bowling Alone: le capital social en déclin de l'Amérique. *Journal of Democracy* 6 (1), 65-78. | socialcapitalgateway.org », juin 26, 2011. <https://www.socialcapitalgateway.org/content/paper/putnam-r-d-1995-bowling-alone-americas-declining-social-capital-journal-democracy-6-1-> (consulté le mars 26, 2021).
- [31] *An Invitation to Reflexive Sociology*. Consulté le: mars 26, 2021.
[En ligne]. Disponible sur: <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/l/bo3649674.html>.
- [32] M. Turcotte et Canada, *Tendances du capital social au Canada*. Place of publication not identified: Statistique Canada, 2015. Consulté le: mars 26, 2021.
[En ligne]. Disponible sur: http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/statcan/89-652-x/89-652-x2015002-fra.pdf.
- [33] Allison, P. D., « Event History Analysis Regression For Longitudinal Event Data Quantitative Applications In The Social Sciences - EspoCRM Open Source Community Forum », 1984. <https://q.funggeaort.site/147.html> (consulté le mars 26, 2021).
- [34] D. G. Kleinbaum et M. Klein, *Logistic Regression, Texte d'origine: A Self-Learning Text*, 3e éd. New York: Springer-Verlag, 2010. doi: 10.1007/978-1-4419-1742-3.
- [35] « Les différences de modes de vie selon le lieu de résidence », déc. 01, 2009. <https://www.credoc.fr/publications/les-differences-de-modes-de-vie-selon-le-lieu-de-residence> (consulté le mai 18, 2021).
- [36] J. Lavigne, A.-M. Auger, J. J. Lévy, K. Engler, et M. Fernet, « Les scripts sexuels des femmes de carrière célibataires dans les téléseries québécoises. Études de cas : Tout sur moi, Les hauts et les bas de Sophie Paquin et C.A.1 », *Rech. Féministes*, vol. 26, no 1, p. 185-202, juill. 2013, doi: 10.7202/1016903ar.
- [37] D. Meekers et G. Ahmed, « ADOLESCENT SEXUALITY IN SOUTHERN AFRICA: CULTURAL NORMS AND CONTEMPORARY BEHAVIOR », p. 30.
- [38] D. Meekers et A.-E. Calvès, « Gender Differentials in Adolescent Sexual Activity and Reproductive Health Risks in Cameroon », *Afr. J. Reprod. Health*, vol. 3, no 2, Art. no 2, 1999, doi: 10.4314/ajrh.v3i2.7758.
- [39] F. Giraud, « Michel Bozon, Sociologie de la sexualité », *Lectures*, sept. 2009, Consulté le: mai 18, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://journals.openedition.org/lectures/797>.
- [40] A. Biddlecom, « Rôle des parents dans l'activité sexuelle et la pratique contraceptive des adolescents, dans quatre pays d'Afrique », p. 10, 2010.
- [41] P. Ngom, M. A. Magadi, et T. Owuor, « Parental presence and adolescent reproductive health among the Nairobi urban poor », *J. Adolesc. Health Off. Publ. Soc. Adolesc. Med.*, vol. 33, no 5, p. 369-377, nov. 2003, doi: 10.1016/s1054-139x (03) 00213-1.
- [42] F. Attwood, « Sluts and Riot Grrrls: Female Identity and Sexual Agency », *J. Gend. Stud.*, vol. 16, no 3, p. 233-247, nov. 2007, doi: 10.1080/09589230701562921.
- [43] R. Gill, « Empowerment/Sexism: Figuring Female Sexual Agency in Contemporary Advertising », *Fem. Psychol.*, vol. 18, no 1, p. 35-60, févr. 2008, doi: 10.1177/0959353507084950.

Performances comparées des Algorithmes de Newton-Raphson et Lambda-Gamma-révisé dans la planification hydrothermale à court terme

[Comparative performance of Newton Raphson and Lambda-Gamma-revised Algorithms in short-term hydrothermal planning]

Ireng Baguma Raoul¹, Wamkeue René², Tagoudjeu Jacques³, Teukam Dabou Raoul⁴, and Kamundala Janvier¹

¹Department de Génie Electrique et Informatique, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Goma, RD Congo

²Department des Sciences Appliquées, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Québec, Canada

³Department de Mathématiques et Sciences Physiques, Université de Yaoundé I, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Yaoundé, Cameroon

⁴Department de Génie Electrique et Informatique, Université de Laval, Québec, Canada

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper proposes a revised Lambda-Gamma algorithm applied to the solution of a short-term hydrothermal planning problem. It is a Lambda-Gamma algorithm, which, in addition to the Newton-Raphson method for solving the coordination equations, also specifies the direction of adjustment of the Lambda and Gamma parameters according to the convergence conditions. This gives it the particularity of being more explicit, detailed and easy to implement. Next, the performance of this revised algorithm is compared with that of the Newton-Raphson Approximate algorithm for hydrothermal planning. From this comparison, it is found that the proposed algorithm outperforms and is more robust than the approximate Newton-Raphson algorithm given its convergence to a global minimum even when the practical constraints of generator power limits are taken into account. In addition, the conformity of the results obtained with those of the literature, allowed to validate the algorithm.

KEYWORDS: Hydrothermal planning, Lambda-Gamma, Newton Raphson, B-Coefficients, Glimn-Kirchmayer.

RESUME: Cet article propose un algorithme Lambda-Gamma révisé et appliqué à la résolution d'un problème de planification hydrothermale à court terme. Il s'agit d'un algorithme Lambda-Gamma qui en plus d'utiliser la méthode de Newton-Raphson pour la résolution des équations de coordination, précise aussi le sens d'ajustement des paramètres Lambda et Gamma en fonction des conditions de convergence. Ce qui lui confère la particularité d'être plus explicite, détaillé et facile à implémenter. Ensuite, les performances de cet algorithme révisé sont comparées avec celles de l'algorithme de Newton-Raphson Approximatif pour la planification hydrothermale. Il découle de cette comparaison que l'algorithme proposé est plus performant et plus robuste que celui de Newton-Raphson approximatif étant donné sa convergence vers un minimum global même lorsque les contraintes pratiques de limite des puissances de générateurs sont prises en compte. En plus, la conformité des résultats obtenus avec ceux de la littérature, on permet de valider l'algorithme.

MOTS-CLEFS: Planification hydrothermale, Lambda-Gamma, Newton Raphson, B Coefficients, Glimn-Kirchmayer.

1 INTRODUCTION

La planification de la production hydrothermale joue un rôle très important dans l'exploitation et la planification d'un système électrique. En raison de la concurrence croissante sur le marché de l'électricité, réaliser cette planification de la manière la plus économique possible, est devenue une tâche très importante pour les systèmes électriques modernes [1], [2]. La planification

hydrothermale consiste à la minimisation du coût total d'exploitation du système, représenté par le coût du combustible nécessaire à la production thermique du système sur l'horizon de planification, sous réserve de diverses contraintes thermiques et hydrauliques [3]. Toutefois, une prédiction de la demande d'énergie et de l'approvisionnement futurs en eau du système est supposée être disponible pour l'intervalle de planification [4]. Cependant, selon l'horizon de planification, on distingue trois types de planification hydrothermale à savoir la planification à long terme (5 ans et plus), la planification à moyen terme (1 à 2 ans) et la planification à court terme (1 à 15 jours). Par ailleurs, la planification à court terme est l'un des questions principales relatives à l'exploitation des systèmes électriques [5]. Il s'agit d'un problème d'optimisation non linéaire et complexe à grande échelle [6] qui a souvent fait objet de plusieurs recherches. Ce qui a permis le développement de plusieurs méthodes de résolutions.

D'une part, on rencontre les méthodes conventionnelles telles que la Programmation dynamique, la méthode Lambda-Gamma [7], [8], la méthode de gradient [9], la méthode de relaxation de Lagrange [10], la méthode de Newton Raphson [4], etc. qui ont été les premières à être développées. D'autre part, il y a les méthodes évolutionnaires telles que la méthode Génétique [11], méthode de recherche de nourriture par les bactéries [6], la méthode d'Essaim de Particules [12], la méthode de colonie artificielle des abeilles [2], etc. qui se sont vues beaucoup plus développées depuis quelques années et qui sont de plus en plus utilisées à cause de multiples avantages (haute précision, rapidités des opérations,...) qu'elles offrent par rapport aux méthodes conventionnelles. Toutefois, ces dernières trouvent toujours une place de choix dans la résolution des problèmes de planification de la production pour des problèmes convexes à cause de leur efficacité dans la résolution des problèmes d'optimisation, leur solide base mathématique et la disponibilité d'outils logiciels établis [6].

Dans cet article, deux méthodes classiques sont présentées et appliquées à la résolution d'un problème de planification de la production hydrothermale à court terme. Il s'agit de la méthode Lambda-gamma dont l'algorithme a été révisé et de la méthode de Newton-Raphson dont l'algorithme a été tiré de [4]. Cet algorithme Lambda-Gamma révisé dans lequel on retrouve à la fois les solutions des équations de coordination, le sens d'ajustement des paramètres Lambda et Gamma prend aussi en compte les contraintes pratiques de limite de puissance des générateurs. Cependant, le choix de l'algorithme approprié pour la résolution d'un problème de planification hydrothermale est une étape très importante et difficile surtout lorsqu'on n'a pas assez d'informations sur leurs performances. C'est dans ce cadre qu'une étude comparée des performances de deux algorithmes est faite. Il s'agit des algorithmes de Newton Raphson-Approximatif et de l'algorithme de Lambda-Gamma révisé.

Ainsi donc, pour y arriver, cet article est organisé comme suit : Dans la section 2, la formulation du problème de planification de la production hydrothermale à court terme est faite. Dans la section 3 les algorithmes utilisés sont présentés, et dans la section 4, on y retrouve les résultats de simulation, l'interprétation de résultats et la validation de l'algorithme.

2 FORMULATION DU PROBLÈME

Le problème concerne l'exploitation économique à court terme d'un système de production d'électricité qui comprend à la fois de ressources hydroélectriques et thermiques. Le système de génération hydrothermale considéré comprend N unités de production thermiques et M unités de production hydroélectrique avec $M+N$ le nombre total des unités de production. Il faudra plus particulièrement trouver la puissance générée par chaque centrale pendant l'intervalle de temps défini de 0 à T [4].

2.1 FONCTION OBJECTIF

La fonction objectif est définie par :

$$F_T = \int_0^T \sum_{i=1}^N F_i(P_i(t)) dt \quad (1)$$

Où : $P_i(t)$ est la puissance générée par la centrale i pendant un temps t

N est le nombre des centrales thermiques

T est la période (horizon) de planification

$F_i(P_i(t))$ est le coût de combustible de l'unité i et peut être exprimé approximativement par :

$$F_i(P_i(t)) = a_i P_i^2(t) + b_i P_i(t) + c_i \quad (2)$$

Où a_i, b_i et c_i sont les coefficients de de coût de la centrale i .

2.2 MODÈLE HYDROÉLECTRIQUE

D'après Glimn-Kirchmayer, la caractéristique d'entrée-sortie d'une unité de production hydroélectrique est exprimée par la variation du débit d'eau en fonction de la puissance générée et de la hauteur nette comme suit [6], [13] :

$$q_j(t) = K\psi(h_j(t))\phi(P_{j+N}(t)) \quad (3)$$

Où : $q_j(t)$: débit d'eau du réservoir j à l'instant t .

K : Constante de proportionnalité

$h_j(t)$: Hauteur effective du réservoir j à l'instant t

$P_{j+N}(t)$: Puissance produite par l'unité hydroélectrique j à l'instant t

ψ et ϕ : fonctions indépendantes définies comme suit :

$$\psi(h_j(t)) = a_0 + a_1 h_j(t) + a_2 h_j^2(t) \quad (4)$$

$$\phi(P_{j+N}(t)) = b_0 + b_1 P_{j+N}(t) + b_2 P_{j+N}^2(t) \quad (5)$$

Où $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ sont les coefficients du modèle hydroélectrique.

Pour le cas de réservoir de grande capacité, il est pratique de supposer constante la hauteur effective dans la période de planification. La fonction $\psi(h_j)$ est donc constante et l'équation (3) devient alors :

$$q_j(t) = K' \phi(P_{j+N}(t)) \quad (6)$$

K' est la nouvelle constante formée par le produit de K et $\psi(h_j)$.

La performance hydroélectrique est donc définie par une fonction quadratique comme suit :

$$q_j(t) = x_j P_{j+N}^2 + y_j P_{j+N} + z_j \quad (7)$$

Où x_j, y_j et z_j sont les coefficients de débit de l'unité hydroélectrique j

2.3 CONTRAINTES

Le problème de planification pour un temps court d'un système hydrothermal à hauteur fixe est soumis aux contraintes suivantes :

2.3.1 ÉGALITÉ DE PUISSANCE RÉELLE

Pour chaque intervalle de temps de la période de planification, la somme de puissances générée doit être égale à la puissance totale demandée plus les pertes dans les lignes de transmission. Ce qui s'exprime par :

$$\sum_{i=1}^{N+M} P_i(t) = P_D(t) + P_L(t) \quad (8)$$

Où : $P_D(t)$ est la puissance demandée pendant le sous intervalle de temps;

$P_L(t)$: est la puissance perdue dans la ligne de transmission pendant le sous intervalle de temps;

$P_i(t)$: est la puissance générée par la centrale i pendant le sous intervalle de temps.

2.3.2 LIMITES DE PRODUCTION

Dénommées contraintes de sécurité, elles caractérisent les limites minimales et maximales tolérées en terme de puissance active produite par chaque centrale [14].

$$P_i^{min_i(t)} \leq P_i(t) \leq P_i^{max_i(t)} \quad (9)$$

Où : P_i^{min} est la puissance minimale de la centrale i .

P_i^{max} est la puissance maximale de la centrale i

2.3.3 CONTRAINTES HYDRAULIQUES

La contrainte de disponibilité de l'eau peut être définie sous la forme discrète comme suit :

$$\sum_{k=1}^T t_k q_{jk} = V_j \quad (j = 1, 2, \dots, M) \quad (10)$$

2.4 PERTES DE TRANSMISSION

Il existe plusieurs méthodes pour calculer les pertes de transmission dans une ligne. L'approche la plus commune pour modéliser les pertes de transmission dans un système utilise la formule d'approximation de pertes de Kron en termes de coefficients B . Elle s'exprime comme suit :

$$P_L(t) = \sum_{i=1}^{N+M} \sum_{j=1}^{N+M} P_i(t) B_{ij} P_j(t) + \sum_{i=1}^{N+M} B_{i0} P_i(t) + B_{00} \quad (11)$$

Où : B_{ij}, B_{i0}, B_{00} sont les B coefficients.

2.5 FORMULATION DE LAGRANGE

Pour transformer ce problème sous contraintes à un problème sans contrainte, la formulation de Lagrange a été utilisée. Pour ce problème de planification hydrothermale à court terme, La fonction de Lagrange s'écrit donc comme suit :

$$L(P_{ik}, \lambda_k, \gamma_j) = \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^N t_k F_i(P_{ik}) + \sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^M \gamma_j t_k q_{jk} + \sum_{k=1}^T \lambda_k [P_{Dk} + P_{Lk} - \sum_{i=1}^{N+M} P_{ik}] - \sum_{j=1}^M \gamma_j V_j \quad (12)$$

Où : λ_k est le coût différentiel de la puissance

γ_j est un facteur de conversion de l'eau

T est le temps total de planification.

Les conditions d'optimalité sont obtenues en faisant la dérivée partielle de l'équation (12) en fonction des paramètres de décision P_{ik}, λ_k et γ_j [4]. Les équations de coordination obtenues sont donc :

$$t_k \frac{\partial F_i}{\partial P_{ik}} + \lambda_k \left[\frac{\partial P_{LK}}{\partial P_{ik}} - 1 \right] = 0 \quad (13)$$

$$\gamma_j t_k \frac{\partial q_{jk}}{\partial P_{mk}} + \lambda_k \left[\frac{\partial P_{LK}}{\partial P_{mk}} - 1 \right] = 0 \quad (14)$$

Où : $m = N + j$

3 SOLUTIONS TECHNIQUES

Pour trouver la solution optimale de ce problème d'optimisation, plusieurs algorithmes ont été développés. Toutefois, dans le cadre de cet article, seuls deux algorithmes sont utilisés. Il s'agit de l'algorithme de lambda-gamma révisé ainsi que celui de Newton-Raphson Approximatif.

3.1 PLANIFICATION AVEC L'ALGORITHME DE NEWTON-RAPHSON APPROXIMATIF

La méthode de Newton Raphson Approximatif est obtenue en appliquant la méthode de Newton-Raphson pour résoudre les équations de coordination (13) et (14) tout en prenant en compte les contraintes hydrauliques et d'égalité de puissance. Ensuite les termes en B_{ij} lorsque $i \neq j$ sont négligés. Il en ressort les éléments suivants [4] :

$$k_{ik}^0 = \sum_{j=1}^{N+M} 2B_{ij} P_{jk}^0 + B_{i0} \quad (15)$$

Pour $(i = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, T)$

$$\alpha_{ik} = t_k (2a_i P_{ik}^0 + b_i) \quad (16)$$

$$X_{ik} = 2(t_k a_i + \lambda_k^0 B_{ii}) \quad (17)$$

Pour $(j = 1, 2, \dots, M; m = j + N)$

$$\beta_{jk} = t_k(2x_j P_{mk}^0 + y_j) \quad (18)$$

$$Y_{jk} = 2(\gamma_j^0 t_k x_j + \lambda_k^0 B_{mm}) \quad (19)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^N \frac{(1-K_{ik}^0)^2}{X_{ik}} + \sum_{j=1}^M \frac{(1-K_{mk}^0)^2}{Y_{jk}} \quad (20)$$

$$D_{jk} = \frac{(1-K_{mk}^0)^2}{Y_{jk}} \quad (21)$$

$$F_k = (P_{Dk} + P_{Lk}^0 - \sum_{i=1}^{N+M} P_{ik}^0) + \sum_{i=1}^N \frac{(1-K_{ik}^0)\alpha_{ik}}{X_{ik}} \quad (22)$$

$$H_j = \sum_{k=1}^T \frac{\beta_{jk}\beta_{jk}}{Y_{jk}} \quad (23)$$

$$O_j = V_j - \sum_{k=1}^T t_k q_{jk}^0 \quad (24)$$

Pour $(j = 1, 2, \dots, M)$,

$$Q_{jj} = \left(\sum_{k=1}^T \frac{D_{jk}D_{jk}}{C_k} \right) - H_j \quad (25)$$

Pour $(j = 1, 2, \dots, M; l = 1, 2, \dots, M, j \neq l)$,

$$Q_{jl} = \left(\sum_{k=1}^T \frac{D_{jk}D_{lk}}{C_k} \right) \quad (26)$$

$$R_j = O_j - \sum_{k=1}^T \frac{D_{jk}F_k}{C_k} \quad (27)$$

Pour $(j = 1, 2, \dots, M)$,

$$\lambda_k^{new} = \frac{F_k}{C_k} + \sum_{j=1}^M \frac{D_{jk}}{C_k} \gamma_j^{new} \quad (28)$$

Pour $(i = 1, 2, \dots, N)$

$$\Delta P_{ik} = \frac{(1-K_{ik}^0)\lambda_k^{new} - \alpha_{ik}}{X_{ik}} \quad (29)$$

Pour $(j = 1, 2, \dots, M, m = j + N)$

$$\Delta P_{mk} = \frac{(1-K_{mk}^0)\lambda_k^{new} - \beta_{ik}\gamma_j^{new}}{Y_{ik}} \quad (30)$$

Il découle de ces calculs, l'algorithme suivant :

Algorithme 1. Newton-Raphson Approximatif [4].

1. Lire le nombre des unités thermiques N , le nombre de unités hydroélectriques M , le nombre de intervalles de temps T , les coefficients de coût $a_i, b_i, c_i (i = 1, 2, \dots, N)$, B coefficients, $B_{ij} (i = 1, 2, \dots, N + M; j = 1, 2, \dots, N + M)$, les coefficients de débit $x_j, y_j, z_j (j = 1, 2, \dots, M)$, les puissances demandées pour chaque intervalle de temps $P_{Dk} (k = 1, 2, \dots, T)$ et le volume d'eau disponible $V_j (j = 1, 2, \dots, M)$.
2. Calculer les valeurs initiales de $P_{ik}^0 (i = 1, 2, \dots, N + M)$, λ_k^0 et $\gamma_j^0 (i = 1, 2, \dots, N + M)$ à partir des équations (37), (38) et (39) respectivement.

3. Démarrer le compteur d'itération à $r = 1$.
4. Calculer les variables k_{ik}^0 , α_{ik} à partir des équations (15) et (16), X_{ik} à partir de l'équation (17), β_{jk} par l'équation (18), Y_{jk} par l'équation (19), C_k par l'équation (20), D_{jk} par l'équation (21), F_k par l'équation (22), H_j par l'équation (23) et O_j par l'équation (24);
5. Calculer γ_j^{new} par la résolution des équations simultanées suivant en utilisant la méthode d'élimination de Gauss.

$$[Q_{jl}]_{M \times M} [\gamma_j]_{M \times 1} = [R]_{M \times 1} \quad (31)$$

Les équations (25), (26) et (27) permettent de calculer les éléments des matrices Q et R

6. Vérifier la convergence
 - Si $|\gamma_j^{new} - \gamma_j^0| \leq \varepsilon$ alors aller à l'étape 12
7. Calculer λ_k^{new} à partir de l'équation (28)
8. Calculer ΔP_{ik} ($i = 1, 2, \dots, N + M$) en utilisant les équations (29) et (30).
9. Calculer la nouvelle valeur de P_{ik}^{new} comme suit :

$$P_{ik}^{new} = P_{ik}^0 + \Delta P_{ik} \quad (32)$$

10. Imposer les limites correspondantes comme suit :

$$P_{ik}^{new} = \begin{cases} P_i^{\max}; & \text{if } P_{ik}^{new} \geq P_i^{\max} \\ P_i^{\min}; & \text{if } P_{ik}^{new} \leq P_i^{\min} \\ P_{ik}^{new}; & \text{otherwise} \end{cases} \quad (33)$$

11. Si le nombre d'itération est supérieur ou égal au nombre d'itération maximal ($r \geq IT$), aller à l'étape 12 ;

Sinon, incrémenter le compteur d'itération de 1 ($r = r + 1$)

$$P_{ik}^0 = P_{ik}^{new} \quad (i = 1, 2, \dots, N + M ; k = 1, 2, \dots, T) \quad (34)$$

$$\lambda_k^0 = \lambda_k^{new} \quad (k = 1, 2, \dots, T) \quad (35)$$

$$\gamma_j^0 = \gamma_j^{new} \quad (j = 1, 2, \dots, M) \quad (36)$$

Retour à l'étape 4 et répéter.

12. Calculer le coût optimal, les pertes, etc.
13. Stop

3.2 PLANIFICATION AVEC L'ALGORITHME DE LAMBDA GAMMA RÉVISÉ

Cet algorithme permet d'obtenir la solution optimale par ajustement de paramètres et pour satisfaire les contraintes. L'algorithme développé dans ce travail est le suivant :

Algorithme 2. Lambda-Gamma Révisé.

1. Lire le nombre des unités thermiques N , le nombre de unités hydroélectriques M , le nombre de intervalles de temps T , les coefficients de coût a_i, b_i, c_i ($i = 1, 2, \dots, N$), les coefficients B, B_{ij} ($i = 1, 2, \dots, N + M; j = 1, 2, \dots, N + M$), les coefficients

de débit $x_j, y_j, z_j (j = 1, 2, \dots, M)$, les puissances demandées pour chaque intervalle de temps $P_{Dk} (k = 1, 2, \dots, T)$ et le volume d'eau disponible $V_j (j = 1, 2, \dots, M)$.

2. Calculer les valeurs initiales de $P_{ik}^0 (i = 1, 2, \dots, N + M)$, λ_k^0 et $\gamma_j^0 (j = 1, 2, \dots, N + M)$ comme suit :

- La puissance demandée est équitablement distribuée aux générateurs thermiques et hydrauliques pour chaque intervalle de temps.

Pour $(i = 1, 2, \dots, N + M; k = 1, 2, \dots, T)$

$$P_{ik}^0 = \frac{P_{Dk}}{N+M} \quad (37)$$

- En supposant nulles les pertes de transmission

$$\lambda_k^0 = 2a_i P_{ik}^0 + b_i \quad (38)$$

- Le facteur de conversion de l'eau est obtenu par : $(j = 1, 2, \dots, M; m = j + N)$

$$\gamma_j^0 = \frac{\lambda_j^0}{2x_j P_{mk}^0 + y_j} \quad (39)$$

3. Considérer γ_j^0 tel que calculé à l'étape 2

4. Mettre le compteur de temps à 1.

5. Résoudre les équations de coordination (13) et (14).

6. Intégrer les limites de génération comme suit :

$$P_{ik} = \begin{cases} P_i^{\max}, & \text{si } P_{ik} \geq P_i^{\max} \\ P_i^{\min}, & \text{si } P_{ik} \leq P_i^{\min} \\ P_{ik}, & \text{autrement} \end{cases} \quad (40)$$

7. Vérifier la convergence :

$$\Delta P_k = (P_{Dk} + P_{Lk} - \sum_{i=1}^{N+M} P_{ik}) \leq \varepsilon_1 \quad (41)$$

- Si la convergence n'est pas atteinte alors, ajuster la valeur de λ_k comme suit :

$$\text{Si } \Delta P_k > 0 \text{ alors } \lambda_k^{\text{new}} > \lambda_k^{\text{old}} \text{ ou,}$$

$$\text{Si } \Delta P_k < 0 \text{ alors } \lambda_k^{\text{new}} < \lambda_k^{\text{old}}$$

Et retour à l'étape 5.

- Si la convergence est atteinte, aller à l'étape 8

8. Calculer le débit q_{mk}

9. Vérifier si le compteur de temps a atteint la limite de temps.

- Si $k < T$ alors $k^{\text{new}} = k^{\text{old}} + 1$ et retour à l'étape 5
- Si $k = T$ alors aller à l'étape 10.

10. Vérifier si la quantité d'eau totale consommée est égale à la quantité d'eau totale donnée. C'est à dire :

$$\text{Si } |\Delta V_j| = \left| \sum_{k=1}^T t_k q_{jk} - V_j \right| \leq \varepsilon_2 \text{ aller à l'étape 11}$$

- Sinon, ajuster la valeur de γ_j comme suit :

$$\text{Si } \Delta V_j > 0, \text{ alors } \gamma_j^{\text{new}} > \gamma_j^{\text{old}} \text{ ou,}$$

Si $\Delta V_j < 0$, alors $\gamma_j^{new} < \gamma_j^{old}$ et retour à l'étape 4.

11. Calculer le coût total

12. Afficher les résultats

4 RÉSULTATS, DISCUSSION ET VALIDATION DE L'ALGORITHME

Les algorithmes proposés ont été implémentés en MATLAB et testés sur quatre systèmes test tirés de la littérature. Le premier cas consiste à un système hydrothermal constitué de deux centrales dont une thermique et une hydroélectrique. Le deuxième consiste à un système hydrothermal avec quatre centrales dont trois thermiques et une hydroélectrique. Le troisième est un système hydrothermal avec quatre centrales dont deux thermiques et deux hydroélectriques tandis que le quatrième cas est un système avec trois centrales dont une thermique et deux hydroélectriques. La validation des résultats de l'algorithme lambda-gamma est faite après une comparaison résultats avec ceux obtenus dans [11], [6] et [15]

4.1 CARACTÉRISTIQUES ET DONNÉES DES SYSTÈMES TESTS

Pour tous les cas, la période de planification est de 1 jour divisé en 24 intervalles de temps de 1h chacun.

4.1.1 CAS 1

Le système hydrothermal considéré consiste en deux centrales dont une thermique et une hydroélectrique. La fonction coût de la centrale thermique est donnée par :

$$F_1(P_1(t)) = 0.001991P_1^2(t) + 9.606P_1(t) + 373.7 \quad \frac{\$}{h}$$

Le débit en fonction de la puissance fournie de la centrale hydroélectrique est donné par :

$$q_1(P_2(t)) = 0.0007749P_2^2(t) - 0.009079P_2(t) + 61.53 \quad \frac{Mft^3}{h}$$

On suppose que le réservoir est large et que le volume d'eau disponible est de $2559.6m^3$. Les coefficients B de pertes du réseau électrique sont donnés par :

$$B = \begin{bmatrix} 0.00005 & 0.00001 \\ 0.00001 & 0.00150 \end{bmatrix} MW^{-1}; B_0 = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \end{bmatrix} MW^{-1} \text{ et } B_{00} = 0.0 MW^{-1}$$

4.1.2 CAS 2

Le système hydrothermal considéré consiste en quatre centrales dont trois thermiques et une hydroélectrique. Les fonctions coût de centrales thermiques sont données par :

$$F_1(P_1(t)) = 0.01P_1^2(t) + 0.1P_1(t) + 100 \quad \$/h$$

$$F_2(P_2(t)) = 0.02P_2^2(t) + 0.1P_2(t) + 120 \quad \$/h$$

$$F_3(P_3(t)) = 0.01P_3^2(t) + 0.2P_3(t) + 150 \quad \$/h$$

Le débit en fonction de la puissance fournie par la centrale hydroélectrique est donné par :

$$q(P_4(t)) = 0.06P_4^2(t) + 20P_4(t) + 140 \quad Mft^3/h$$

On suppose le réservoir large et que le volume d'eau disponible est de $25000Mft^3$. Les coefficients B de pertes du réseau électrique sont donnés par :

$$B = 10^{-3} \begin{bmatrix} 0.50 & 0.05 & 0.20 & 0.03 \\ 0.05 & 0.04 & 0.18 & -0.11 \\ 0.20 & 0.18 & 0.50 & -0.12 \\ 0.03 & -0.11 & -0.12 & 0.23 \end{bmatrix} MW^{-1} ; B_0 = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{bmatrix} MW^{-1} \text{ et } B_{00} = 0.0 MW^{-1}$$

Les conditions limites du problème sont définies par les puissances maximales et minimales des centrales. Elles sont les suivantes :

$$\begin{aligned} 50MW &\leq P_1(t) \leq 200MW \\ 40MW &\leq P_2(t) \leq 170MW \\ 30MW &\leq P_3(t) \leq 215MW \\ 10MW &\leq P_4(t) \leq 100MW \end{aligned}$$

4.1.3 CAS 3

Le système hydrothermal considéré consiste en quatre centrales dont une thermique et deux hydro-électriques. La fonction coût de la centrale thermique est donnée par :

$$F_1(P_1(t)) = 0.01P_1^2(t) + 3.0P_1(t) + 15 \quad \$/h$$

Les débits en fonction de puissances fournies par les centrales hydroélectriques sont donnés par :

$$\begin{aligned} q_1(P_2(t)) &= 0.00005P_2^2(t) + 0.03P_2(t) + 0.2 \quad Mft^3/h \\ q_2(P_3(t)) &= 0.00001P_3^2(t) + 0.06P_3(t) + 0.4 \quad Mft^3/h \end{aligned}$$

On suppose réservoirs sont larges, le volume d'eau disponible pour la première centrale de $25.0 Mft^3$ et pour la deuxième de $35.0 Mft^3$. Les coefficients B de pertes du réseau électrique sont donnés par :

$$B = 10^{-3} \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.5 \end{bmatrix} MW^{-1} ; B_0 = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{bmatrix} MW^{-1} \text{ et } B_{00} = 0.0 MW^{-1}$$

4.1.4 CAS 4

Le système hydrothermal considéré consiste en quatre centrales dont deux thermiques et deux hydro-électriques. Les fonctions coût des centrales thermiques sont données par :

$$\begin{aligned} F_1(P_1(t)) &= 0.0025P_1^2(t) + 3.2P_1(t) + 25 \quad \$/h \\ F_2(P_2(t)) &= 0.0008P_2^2(t) + 3.4P_2(t) + 30 \quad \$/h \end{aligned}$$

Les débits en fonction de puissances fournies par les centrales hydroélectriques sont donnés par :

$$\begin{aligned} q_1(P_3(t)) &= 0.000216P_3^2(t) + 0.306P_3(t) + 1.98 \quad Mft^3/h \\ q_2(P_4(t)) &= 0.00036P_4^2(t) + 0.612P_4(t) + 0.936 \quad Mft^3/h \end{aligned}$$

On suppose les réservoirs larges, le volume d'eau disponible pour la première centrale de $2500.0 Mft^3$ et pour la deuxième de $2100.0 Mft^3$. Les coefficients B de pertes du réseau électrique sont donnés par :

$$B = 10^{-3} \begin{bmatrix} 0.50 & 0.05 & 0.20 & 0.03 \\ 0.05 & 0.04 & 0.18 & -0.11 \\ 0.20 & 0.18 & 0.50 & -0.12 \\ 0.03 & -0.11 & -0.12 & 0.23 \end{bmatrix} MW^{-1} ; B_0 = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{bmatrix} MW^{-1} \text{ et } B_{00} = 0.0 MW^{-1}$$

4.2 RÉSULTATS

4.2.1 CAS 1

Le tableau 1 donne une comparaison entre les coûts minimaux de combustible obtenus par les deux algorithmes.

Tableau 1. Comparaison des résultats pour le cas 1

Variables	Lambda-Gamma-Révisé	Newton-Raphson-Approximatif
Coût [\$/jour]	95974	96024.37
Gamma [\$/Mft ³]	28,1509	28.1773

On déduit de ce tableau que l'algorithme Lambda-Gamma révisé donne un meilleur résultat en terme de coût (95974\$/jour) par rapport à la méthode de Newton-Raphson (96024.37\$/jour).

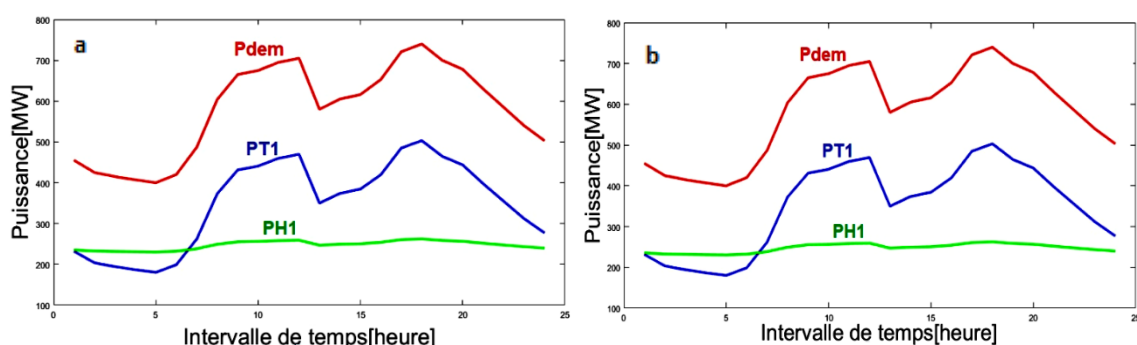


Fig. 1. Puissance demandée et solution optimale a) Algorithme de NR-A et b) Algorithme L-G-R

Les figures 1.a) et 1.b) donnent l'allure de l'évolution dans le temps de la puissance demandée (P_d) et des puissances optimales qui doivent être fournies par les centrales hydroélectriques (PH1) et Thermique (PT1). Pour ce cas ici, on constate que l'allure des courbes est presque identiques et que la puissance fournie par la centrale hydroélectrique est presque constante sauf qu'il y a de petites variations pendant les heures de pointe.

4.2.2 CAS 2

Le tableau 2 donne une comparaison entre les coûts minimaux de combustible obtenus par les deux algorithmes.

Tableau 2. Comparaison des résultats pour le cas 2

Variables	Lambda-Gamma-Révisé	Newton-Raphson-Approximatif
Coût [\$/jour]	24279	23898
Gamma [\$/Mft ³]	0.1817	0.1613

On déduit de ce tableau que l'algorithme Newton-Raphson donne un meilleur résultat en termes de coût (23898\$/jour) par rapport à l'algorithme de Lambda-Gamma révisé (24279\$/jour). Cependant, on peut remarquer que ce coût minimal obtenu par l'algorithme de Newton-Raphson approximatif n'est pas un coût optimal d'autant plus que la contrainte liée au volume d'eau disponible n'est pas respectée. La centrale hydroélectrique demande donc une quantité d'eau plus grande que celle qui est disponible.

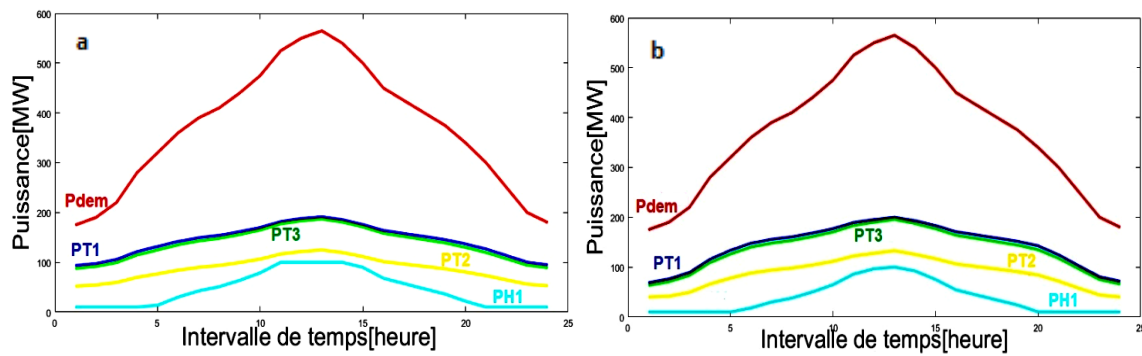


Fig. 2. Puissance demandée et solution optimale a) Algorithme de NR-A et b) Algorithme L-G-R

Les figures 2.a) et 2.b) donnent l'allure de l'évolution dans le temps de la puissance demandée (P_d) et des puissances optimales qui doivent être fournies par les centrales Thermiques (PT1, PT2, PT3) et hydroélectrique (PH1). Pour ce cas ici, on constate que la puissance fournie par la centrale hydroélectrique est beaucoup plus sollicitée dans le cas de l'algorithme de Newton Raphson Approximatif que dans le cas de l'algorithme Lambda-Gamma-révisé. Cela peut s'expliquer par la présence des limites des puissances pour les générateurs.

4.2.3 CAS 3

Le tableau 3 donne une comparaison entre les coûts minimaux de combustible obtenus par les deux algorithmes.

Tableau 3. Comparaison des résultats pour le cas 3

Variables	Lambda-Gamma-Révisé	Newton-Raphson-Approximatif
Coût [\$ /jour]	848.3461	848.3409
Gamma [\$ /Mft ³]	90.6788	90.6691
	48.5325	48.5329

On déduit de ce tableau que le coût minimal obtenu par l'algorithme Lambda-Gamma-révisé (848,3461\$/jour) et celui obtenu par la méthode de Newton-Raphson (848,3409\$/jour) sont identiques à quelques millièmes près.

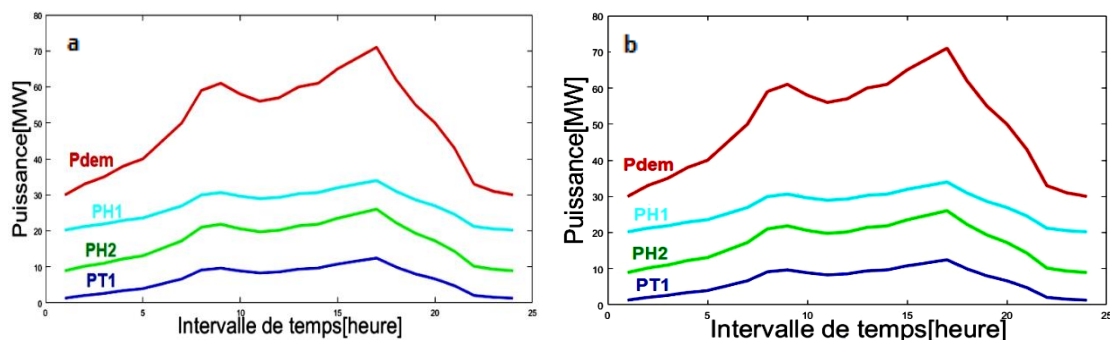


Fig. 3. Puissance demandée et solution optimale a) Algorithme de NR-A et b) Algorithme L-G-R

Les figures 3.a) et 3.b) donnent l'allure de l'évolution dans le temps de la puissance demandée (P_d) et des puissances optimales qui doivent être fournies par la centrale Thermique (PT1) et les centrales hydroélectriques (PH1, PH2). Pour ce cas ici, on constate que les courbes obtenus par les deux algorithmes sont identiques et que comme dans les autres cas, les centrales hydroélectriques sont beaucoup plus sollicitées pendant les heures de pointe.

4.2.4 CAS 4

Le tableau 4 donne une comparaison entre les coûts minimaux de combustible obtenus par les deux algorithmes.

Tableau 4. Comparaison des résultats pour le cas 4

Variables	Lambda-Gamma-Révisé	Newton-Raphson-Approximatif
Coût [\$/jour]	53051	53051
Gamma [\$/Mft ³]	9.4664	9.4658
	5.7037	5.7000

On déduit de ce tableau que le coût minimal obtenu par l'algorithme Lambda-Gamma-révisé (53051\$/jour) et celui obtenu par la méthode de Newton-Raphson (53051\$/jour) sont identiques.

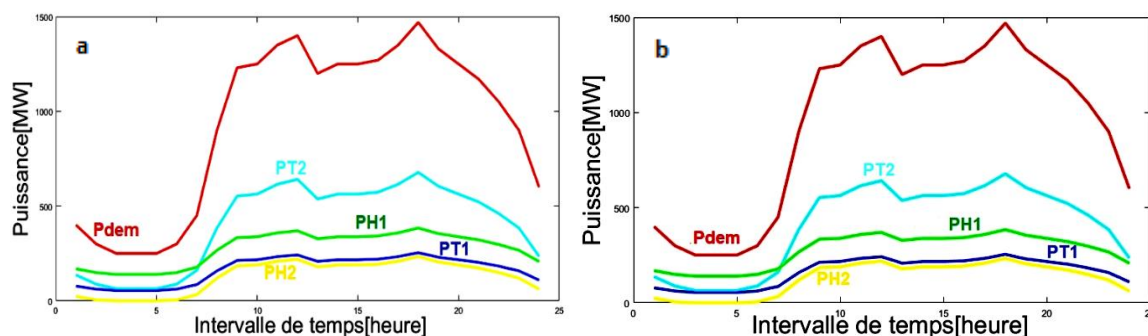


Fig. 4. Puissance demandée et solution optimale a) Algorithme de NR-A et b) Algorithme L-G-R

Les figures 4.a) et 4.b) donnent l'allure de l'évolution dans le temps de la puissance demandée (Pdem) et des puissances optimales qui doivent être fournies par les centrales Thermiques (PT1, PT2) et hydroélectriques (PH1, PH2). Pour ce cas ici, on constate que les courbes obtenues par les deux algorithmes sont identiques. Comme dans les autres cas, les centrales hydroélectriques sont beaucoup plus sollicitées pendant les heures de pointe et fournissent des puissances presque constantes pendant les autres heures.

4.3 VALIDATION DE L'ALGORITHME

Le tableau 5 donne une comparaison entre les coûts minimaux de combustible obtenus par les deux algorithmes avec d'autres résultats obtenus par différents algorithmes de la littérature. Il s'agit de l'Algorithme de Génétique (G-A), l'algorithme Lambda-Gamma Classique (L-G-C) développé dans [15], de l'algorithme Newton Raphson (N-R) développé dans [16] et de l'algorithme modifié de recherche des bactéries développé dans [6].

Tableau 5. Comparaison avec les résultats existants par rapport aux coûts

	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
L-G révisé	95974	24279	848.3461	53051
NR-A	96024.37	-	848.3409	53051
Ref [15] Algo-Génétique	96024.344	-	848.326	53051.708
Ref [16] Lambda-Gamma (L-G)	96024.413	-	848.359	53051.791
Ref [17] N-R	96024.37	-	848.346	53051.470
Ref [6]	-	24267.41	848.25	-

De ce tableau, on déduit que les résultats obtenus sont meilleurs par rapport à ceux obtenus dans [15] et [16]. Toutefois, de manière globale les résultats sont presque identiques. Cette conformité entre les résultats obtenus avec ceux de la littérature permet de valider l'algorithme proposé.

5 CONCLUSION

Cet article présentait la résolution d'un problème de planification hydrothermale à court terme par l'algorithme Lambda-Gamma-révisé. Ensuite, les performances de ce dernier ont été comparées avec celles de l'algorithme de Newton Raphson Approximatif. Il en résulte que l'algorithme proposé est plus performant par rapport à l'algorithme de Newton-Raphson Approximatif en termes de

robustesse d'autant plus que l'algorithme de Newton Raphson Approximatif converge vers un minimum local lorsque les limites de puissance des générateurs sont prises en compte. Ce qui n'est pas le cas pour l'algorithme de Lambda-Gamma-révisé qui converge vers un minimum global même quand ces limites de puissance sont prises en compte. En plus, étant donné que les résultats obtenus sont en conformité avec les résultats obtenus dans la littérature, on peut donc dire que l'algorithme est valide.

REFERENCES

- [1] S. Padmini et C. C. A. Rajan, « Improved PSO for short term hydrothermal scheduling », in *International Conference on Sustainable Energy and Intelligent Systems (SEISCON 2011)*, Chennai, India, 2011, p. 332-334. doi: 10.1049/cp.2011.0384.
- [2] « Salama et al. - 2013 - Short Term Optimal Generation Scheduling of Fixed .pdf ». .
- [3] « Salama et al. - 2015 - Solving Short Term Hydrothermal Generation Schedul.pdf ». .
- [4] « Kothari_D.P.,_Dhillon_J.S._-Power_System_Optimization [1].pdf ». .
- [5] A. Talebi et A. Sadeghi-Yazdankhah, « Coordinated Scheduling of Hydro-Thermal-Gas Systems in the Short-Term Horizon », in *2019 International Power System Conference (PSC)*, Tehran, Iran, déc. 2019, p. 579-583. doi: 10.1109/PSC49016.2019.9081534.
- [6] « Talebi et Sadeghi-Yazdankhah - 2019 - Coordinated Scheduling of Hydro-Thermal-Gas System.pdf ». .
- [7] « Wood et al. - Power Generation, Operation and Control.pdf ». .
- [8] J. Zhu, « Optimization of Power System Operation », p. 665.
- [9] S. K. Agarwal et I. J. Nagrath, « Optimal scheduling of hydrothermal systems », *Proc. Inst. Electr. Eng. UK*, vol. 119, n° 2, p. 169, 1972, doi: 10.1049/piee.1972.0035.
- [10] W. Ongsakul et V. N. Dieu, *Artificial Intelligence in Power System Optimization*, 0 éd. CRC Press, 2016. doi: 10.1201/b14906.
- [11] B. Ramesh kumar, M. Murali, M. Sailaja Kumari, et M. Sydulu, « Short-range fixed head hydrothermal scheduling using Fast genetic algorithm », in *2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Singapore, Singapore, juill. 2012, p. 1313-1318. doi: 10.1109/ICIEA.2012.6360925.
- [12] M. O. Hassan, E. Z. Yahia, et G. A. Mohammed, « Short Term Hydrothermal Scheduling Using Particle Swarm Optimization », *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, vol. 3, n° 11, p. 6.
- [13] M. E. El-Hawary et M. Kumar, « OPTIMAL PARAMETER ESTIMATION FOR HYDRO-PLANT PERFORMANCE MODELS IN ECONOMIC OPERATION STUDIES », p. 6.
- [14] R. Belhachem, F. Benhamida, A. Bendaoued, et Y. Ramdani, « Résolution de Dispatching Optimal en Combinant l'Ecoulement de Puissance pour le Calcul des Pertes », vol. 53, n° 1, p. 7, 2012.
- [15] M.E. El-Hawary et J. K. Landrigan, « Optimum operation of fixed-head hydro-thermal electric power systems: powell's hybrid method versus Newton-Raphson method », vol. PAS-101, n° 3, p. 547-553, mars 1982.
- [16] J. Sasikala et M. Ramaswamy, « Optimal gamma based fixed head hydrothermal scheduling using genetic algorithm », *Expert Systems with Applications*, vol. 37, n° 4, p. 3352-3357, avr. 2010, doi: 10.1016/j.eswa.2009.10.015.

Habitudes alimentaires et état nutritionnel des élèves âgés de 5 à 18 ans des ménages urbains de l'arrondissement communal 1 de Niamey, Niger

[Eating habits and nutritional status of students aged 5 to 18 from urban households of communal 1 district of Niamey, Niger]

Samna Soumana Oumarou^{1,2}, Amadou Issoufou², Oumarou Diadié Halima³, Idrissa Soumana Miriam³, and Balla Abdourahamane³

¹Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement, Université Boubakar Bâ de Tillabéri, Niger

²Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

³Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey de Niamey, Niger

Copyright © 2022 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 nutritional status of students of school age and adolescents is of great concern to any country. This study aimed to assess the eating habits and nutritional status of students aged 5 to 18 from urban households of the district communal 1 of Niamey. 300 households in six districts were surveyed, 97% of the heads of households were men, 87% of these heads were monogamous. Each head of household had an average of 10 people in charge. Among the 623 students surveyed, 55% are boys against 45% girls, the majority (65%) were in primary school, 63% in public schools. Students in the 10-14 age group (48%) were the most abundant. The nutritional status of the students was evaluated according to 2006 WHO standards. Thus, it came out with the proportion of 2.56% overweight, 1.44% obesity all grades combined. Also, the coexistence of underweight (9.30%) with a proportion of 15.97% of growth retardation 66% of wasting according and emaciation to BMI and MUAC. On the other hand, the proportion of acute malnutrition according to the weight-for-height index (22.2%) as well as underweight only concerned the age group of 5 to 9 years. The extracurricular sport was rarely practiced by the students (27%). The dietary diversity score was assessed according to FAO references. Eating habits varied and diverse for 74% of the students and the most consumed food groups were cereals (99%), then fruits (97.7%). Although, strongly correlated with the socioeconomic level of the parents.

KEYWORDS: Survey, Eating habits, Nutritional status, students, Age group, Communal 1 district of Niamey.

RESUME: L'état nutritionnel des élèves surtout des scolaires et des adolescents est une grande préoccupation pour tout pays. Cette a pour objectif d'évaluer les habitudes alimentaires et l'état nutritionnel des élèves âgés de 5 à 18 ans des ménages urbains de l'arrondissement communal de Niamey I. l'enquête menée sur 300 ménages dans six quartiers a été effectuée et 97% des chefs de ménages étaient des hommes, 87% de ces chefs étaient monogames avec en moyenne 10 personnes en charge. Parmi les 623 élèves enquêtés 55% sont des garçons contre 45% des filles, la majorité (65%) était au primaire, 63% dans les établissements publics. Les élèves de la tranche d'âge de 10 à 14 ans (48%) étaient les plus nombreux. L'état nutritionnel des élèves selon OMS montre une proportion de 2,56% de surpoids, 1,44% d'obésité tout grade confondu. Aussi, la coexistence d'insuffisance pondérale (9,30%) avec une proportion de 15,97% de retard de croissance et 66% d'émaciation selon l'IMC et le PB. Par contre la proportion de la malnutrition aiguë selon l'indice poids sur taille (22,2%) de même que l'insuffisance pondérale concernait uniquement la tranche d'âge de 5 à 9 ans. Le sport extrascolaire était peu pratiqué par les élèves (27%). Le score de diversités alimentaires selon FAO étaient variées et très diversifiées pour 74% des élèves et les groupes d'aliments les plus consommés étaient les céréales (99%) puis les fruits (97,7%). Tout ceci était en forte corrélation avec le niveau socioéconomique des parents.

MOTS-CLEFS: Enquête, Habitudes alimentaires, Etat nutritionnel, Elèves, Class d'âge, Ménages urbains Arrondissement communal I de Niamey.

1 INTRODUCTION

Le contexte environnemental de l'enfant intègre à la fois de nombreuses composantes à savoir la qualité du régime alimentaire, les habitudes alimentaires, les disponibilités alimentaires, le niveau socio-économique et socio-culturel de la famille (niveau d'étude des parents, profession des parents, taille du ménage, etc.), le pouvoir d'achat, le mode de vie (activité, sédentarité, etc.) et les conditions de soins [1,2,3]. Le comportement alimentaire se caractérise par des épisodes discontinus de prise alimentaire.

Contrairement à l'usage courant, le terme "malnutrition" est une pathologie à double facettes, d'une part la sous-alimentation due à une carence en nutriments essentiels par défaut de disponibilité alimentaire liée à la pauvreté et d'autres facteurs peuvent y contribuer, et d'autre part le surpoids et l'obésité résultant d'un déséquilibre énergétique entre l'apport et la dépense [4,5]. Les besoins nutritionnels accroissent à cet âge (préadolescent et adolescent). Pour la plupart des nutriments, les besoins augmentent quand les filles et les garçons arrivent à la puberté, parce qu'ils grandissent très vite et gagnent souvent la moitié de leur poids final pendant l'adolescence (surtout entre 10 et 18 ans). L'état nutritionnel des enfants âgés de plus de 5 ans et les adolescents est peu documenté dans nos contrées, et surtout celui des élèves. Les élèves de 5 à 18 ans, sont les plus assujettis à des problèmes de comportements alimentaires car ils sont en pleine croissance. Ils ont des besoins nutritionnels croissants.

La situation nutritionnelle de ce groupe d'âge est toute aussi préoccupante que leurs cadets de moins de 5 ans. En effet, la croissance de ces enfants des pays en développement est un aspect primordial à étudier, d'autant plus que la malnutrition peut perturber le développement cognitif des enfants suite à des carences en micronutriments [6,7]. Cette perturbation, tout comme la fatigue et le manque de concentration causés par la faim peut entraîner un handicap à la performance scolaire chez les élèves dénutris [7] par rapport aux autres élèves, ce qui peut miner leur éducation et ainsi, leur futur.

Au Niger, comme dans les autres pays en voie de développement très peu d'études sont faites sur l'état nutritionnel et les habitudes alimentaires de ces élèves. L'enquête SMART, [8], faite sur les ménages de toutes les régions, a montré que la malnutrition demeure un problème de santé publique. Il ressort des principaux résultats issus de cette enquête que la prévalence nationale de la malnutrition aiguë globale est de 10,3% [8,8 - 11,8] chez les enfants âgés de 6 à 59 mois. Elle connaît une baisse significative par rapport aux taux de 2015 (15,0%), et de 2010 (16,7%). Selon la classification de l'OMS, cela correspond à une situation nutritionnelle sérieuse. La prévalence de la malnutrition aiguë globale est de 10,5% pour le milieu rural du Niger contre 8,5% pour le milieu urbain.

L'état nutritionnel d'un enfant peut avoir un impact important sur son développement cognitif et ses performances scolaires. Pourtant, très peu d'informations sont disponibles à ce sujet pour les enfants d'âge primaire et secondaire puisqu'ils sont moins facilement accessibles que leurs benjamins [7].

Au Niger, la situation nutritionnelle des élèves est peu ou plus encore pas documentée. Dans la perspective, de contribuer à améliorer cette situation, l'étude a été conduite afin d'évaluer l'état nutritionnel des élèves en relation avec leurs habitudes alimentaires et leurs modes de vie en milieu urbain (cas de la ville de Niamey).

2 MATERIELS ET METHODES

L'étude s'est effectuée dans six quartiers (Bobiel, Riyad, Koubia, Tchangarey, Plateau et Cité chinoise) de l'arrondissement communal 1 de Niamey pendant 6 mois (du 1er février au 31 juillet 2018).

L'échantillonnage s'est fait par choix aléatoire et a porté sur:

- Le tiers des quartiers urbains (18 quartiers urbains): soit 6 quartiers et selon les 4 points cardinaux: au Nord le quartier Tchangarey, au Sud quartier Plateau, à l'Ouest le quartier Koubia, à l'Est le quartier Cité chinoise et au Centre les quartiers Bobiel et Riyad.
- Le nombre de ménages est calculé avec le logiciel Emergency Nutrition Assessment (ENA) par effet de grappes, qui donne 225 ménages (arrondi à 300 ménages) ce qui a donné 50 ménages par quartiers (avec 623 élèves).

C'est une étude transversale prospective qui s'est déroulée au moyen d'un questionnaire à l'endroit des chefs de ménages, structuré en plusieurs items qui sont les caractéristiques sociodémographiques, scolaires, nutritionnelles, le mode de vie et les habitudes alimentaires. La population cible a été les élèves âgés de 5 à 18 ans de cette année scolaire qui étaient au primaire, collège ou lycée.

Les mesures anthropométriques ont été réalisées à l'aide d'une balance pèse-personne électronique, une toise de mesure de la taille de l'adulte et un mètre ruban pour la mesure du périmètre brachial. Les mesures anthropométriques relatives au poids et à la taille de l'élève ont servi à l'appréciation de la malnutrition (émaciation ou maigreur), de l'insuffisance pondérale, du retard de croissance, et de surpoids /obésité (selon les indices: taille pour âge, poids pour âge, poids pour taille et Indice de Masse Corporelle IMC), basées sur la méthode normalisée de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et du Fonds des Nations Unies pour l'enfance [9].

La diversité alimentaire est appréciée par le score de diversification alimentaire individuelle et celui des ménages de la FAO et est calculée selon l'élève ou selon le ménage.

Pour la saisie et l'analyse des données, les logiciels Microsoft® Word, Excel 2013, ENA version 2011 et SPSS pour IBM version 20 ont été utilisés. Les données de la malnutrition, l'insuffisance pondérale et le retard de croissance ont été analysées par le logiciel ENA tandis que le surpoids, l'obésité et la dénutrition grâce au logiciel SPSS. Les données ont été soumises à une analyse de la moyenne, les écarts-types, la corrélation (significative: p-value < 0,05) avec le logiciel SPSS. Avec ENA et SPSS, ont permis de calculer la corrélation et le seuil de signification des cas de malnutrition, d'insuffisance pondérale, de retard de croissance, de l'obésité ou dénutrition. Avec Excel, nous avons calculé les écarts types des données anthropométriques.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

L'enquête a concerné 300 ménages dont 97% hommes et 3% de femmes. 96% des chefs de ménages étaient mariés avec 1,12% épouses et 4% étaient veufs/veuves). 80% des chefs de ménages sont instruits et 44% étaient des commerçants et 38% des salariés. Les 2/3 des épouses étaient non instruites et ménagères. Le nombre moyen de personne en charge par ménage était de 10 personnes.

Le nombre d'élèves était de 623 élèves (55% de garçons et 45% de filles).

Les moyennes des mesures anthropométriques sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Mesures anthropométriques des élèves enquêtés

Mesures anthropométriques	Moyenne	Minimum	maximum
Age (an)	11,33	5	18
Poids (kg)	35,78	14,5	108
Taille (m)	1,4	1,02	1,98
Périmètre brachial (cm)	19,74	13	41
IMC (kg/m ²)	17,80	10,1	41,5

La tranche de 10 à 14 ans était la plus représentative soit 48%. La majorité des élèves (66%) ont fait le primaire. Plus de la moitié de ces derniers (62%) ont fréquentée les établissements publics. 64% ont répondu à la question concernant la moyenne trimestrielle et 84,71% avaient eu une moyenne supérieure ou égale à 10/20.

EVALUATION DE L'ÉTAT NUTRITIONNEL DES ÉLÈVES

La proportion d'élèves dénutris (maigreux: tout grade confondu) était de 63%, et le quartier Bobiel a eu un taux plus élevé 11%. Quant à la surcharge pondérale sa proportion était de 2,86 % et le quartier Plateau a eu le taux plus élevé 0,64 %. La proportion de l'obésité tout grade confondu était de 1,44%, le quartier Bobiel a eu le taux le plus élevé (tableau 2).

Tableau 2. Répartition en pourcentage des élèves selon le degré de nutrition et selon le quartier

	Quartiers						Total (%)
	Bobiel	Plateau	Cité chinoise	Koubia	Tchangarey	Riyad	
Dénutrition grade IV	1,28	0,64	0,48	0,96	0,96	1,12	5,45
Dénutrition grade III	10,91	2,56	5,13	5,93	4,97	3,85	33,38
Dénutrition grade II	3,21	0,80	1,12	2,56	2,72	0,48	10,91
Dénutrition grade I	2,88	1,44	2,40	2,56	1,92	2,08	13,32
Poids normal	4,49	6,58	6,42	6,58	3,37	5,45	32,90
Surcharge pondérale	0,48	0,64	0,48	0,32	0,16	0,48	2,56
Obésité grade I	0,48	0,16	0	0	0,16	0,32	1,12
Obésité grade II	0,16	0	0	0	0	0	0,16
Obésité grade III morbide	0,16	0	0	0	0	0	0,16
Total (%)	24,07	12,84	16,05	18,94	14,28	13,80	100

Le retard de croissance global a touché 99 élèves (15,97%), tous quartiers confondus avec le taux le plus élevé dans le quartier plateau (25 élèves sur 79 soit 31,60%) (tableau 3).

Tableau 3. *Proportion du retard de croissance basée sur l'indice poids-pour-taille (T/A) exprimée en z-scores chez les élèves de 5 à 18 ans selon le quartier*

Quartiers	Nombre	Retard de croissance	Retard de croissance	Retard de croissance
		Global (%)	Modérée (%)	Sévère (%)
Bobiel	150	8 (n=12)	6 (n=9)	2 (n=3)
Plateau	79	31,6 (n=25)	22,7 (n=18)	8,9 (n=7)
Cité chinoise	100	17,00 (n=17)	15,2 (n=15)	2 (n=2)
Koubia	116	14,7 (n=17)	9,5 (n=11)	5,2 (n=6)
Tchangarey	89	13,5 (n=12)	11,3 (n=10)	2,2 (n=2)
Riyad	86	18,6 (n=16)	15,1 (n=13)	3,5 (n=3)
Nombre Total	100% (n=620)	15,97% (n=99)	12,26% (n=76)	3,71% (n=23)

La proportion de l'insuffisance pondérale a été de 9,30% sur les 205 enfants, un ET de -0,27+/-1.30. Tous les quartiers sont concernés et on retrouve un taux assez proche de 10% dans les quartiers Cité chinoise, Koubia, Riyad, Bobiel et Plateau (tableau 4).

Tableau 4. *Proportion de l'insuffisance pondérale basée sur l'indice poids-pour-taille (P/A) exprimé en z-scores chez les élèves de 5 à 18 ans, par quartier*

Quartiers	Nombre	Insuffisance pondérale globale (%)	Insuffisance pondérale modérée (%)	Insuffisance pondérale Sévère (%)
Bobiel	53	9,40	7,5	1,90
Plateau	22	9,10	9,10	0,00
Cité chinoise	29	10,30	10,30	0,00
Koubia	39	10,30	7,7	2,60
Tchangarey	32	6,30	3,2	3,10
Riyad	30	10,00	10,00	0,00
Total	100% (n=205)	9,30 (n=19)	7.8 (n=16)	1.50 (n=3)

Les deux tiers des élèves (66%) avaient une malnutrition modérée selon le PB et on dénombrait plus de garçons (67,6%) (Tableau 5).

Tableau 5. *Répartition des élèves selon la malnutrition par le périmètre brachial*

Sexe	Malnutrition globale	Malnutrition modérée	Malnutrition sévère
Garçons	(n=232) 67,6%	(n=232) 67,6%	(n=0) 0,0%
Filles	(n=180) 65,0%	(n=178) 64,3%	(n=2) 0,7%
Total	(n=412) 66,5%	(n=410) 66,1%	(n=2) 0,7%

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLÈVES SELON LE MODE DE VIE

La grande majorité des élèves (83,14%) affirme ne pas avoir pris d'excitant. 15,56% ont pris du thé ou café et 0,32% ont fumé de la chicha. La tranche d'âge la plus concernée par la prise du thé est celle de 10 à 14 ans avec 53,33% des garçons qui avaient consommé des excitants sur un effectif de 105. La majorité des élèves (79%) est allée à l'école à pied.

L'étude s'est intéressée uniquement à la pratique du sport en dehors de l'EPS (l'Education Physique et Sportive pratiquée à l'école) et 27% l'ont fait (figure 1). Le sport pratiqué 3 fois par semaine était de 37% d'élèves.

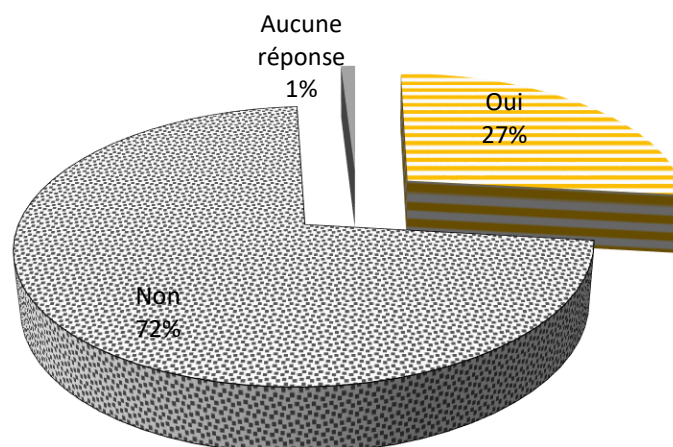


Fig. 1. Répartition des élèves selon la pratique du sport par semaine

S'agissant du nombre d'heures devant les écrans et selon les loisirs, 89,19% des élèves ont regardé la télévision. Plus de la moitié des élèves (59%) ont regardé la télévision entre 1 heure à 3 heures. Parmi eux on a dénombré 48,79% garçons. 14,12% ont manipulé un ordinateur. 11,55% élèves l'ont manipulé entre 1 et 6H et 1,92% ont manipulé plus de 6H l'ordinateur. Parmi ceux qui manipulaient le plus l'ordinateur, 13,64% étaient des adolescents de 10 à 18 ans. En ce qui concerne la manipulation du téléphone mobile, on a dénombré 16,85% élèves dont 11,07% qui l'ont manipulé entre 1 et 6H. Les adolescents étaient plus concernés, on a dénombré 16,21%. La majorité des élèves était issu de familles dont les parents ont été instruits soient des commerçants et des salariés.

HABITUDES ALIMENTAIRES DES ÉLÈVES

En termes de repas et collation, la majorité des élèves (environ 76%) a eu à prendre 3 repas par jour. La tranche d'âge de 10 -14 ans est la plus concernée avec 35,31% élèves. 42,37% des garçons ont eu à prendre 3 repas. 46,06 % des élèves ont pris 2 gouters ou collations. Pour ce qui est du petit déjeuner avant d'aller à l'école, plus des trois quarts (76%) des élèves le prenaient et 32,74% étaient des filles. La tranche d'âge des 5 - 9 ans est celle qui saute le plus le petit déjeuner avec 32 élèves sur les 150 (soit 21%) qui n'ont pas pris le petit déjeuner.

RAISON DU SAUT DE REPAS: Le nombre d'élèves sautant un repas était de 26%. Le repas le plus sauté était le petit déjeuner (17% des élèves). Parmi eux, 9,14% de filles ne prenaient pas le petit déjeuner et 4,33% garçons le diner. La tranche d'âge de 10 - 14 ans est celle qui a le plus sauté le petit déjeuner (56%), celle de 15 - 18 ans le diner (49%) sur les 47 élèves. Diverses raisons sont évoquées entre autres, le manque de temps, le dégoût, le fait de ne pas être habitué, le manque de moyen, etc. Les enfants des commerçants et ceux provenant de ménage à un niveau d'instruction supérieur étaient les plus concernés.

LIEU DE PRISE DE REPAS ET LA PREFERENCE DU GOUT: Le nombre d'élèves qui mangeaient uniquement en famille était de 10% sur les 623 dont 5,61% de garçons. 89,08% des élèves avaient mangé dans la combinaison de 4 endroits notamment, en famille, dans la rue, chez la vendeuse de l'école ou à la cantine de l'école et 39,64% étaient des filles.

Pour la préférence au goût sucré, il y avait 45,74% de garçons sur les 78% des élèves ayant choisi ce goût sucré. La tranche d'âge de 10 - 14 ans, correspondait à 37,07% des élèves qui aimaient le plus le goût sucré.

DIVERSITÉ ALIMENTAIRE DES ÉLÈVES ET DES MÉNAGES

Les aliments les plus consommés par les élèves étaient les céréales (99%) et les moins consommés étaient le sucre et le miel 89,9%. Les élèves qui avaient une bonne diversification alimentaire avec un score égal à 12 étaient de 74%. 32,12% étaient des filles. La tranche d'âge de 10 à 14 ans était la plus concernée avec 34,99% élèves. 30,17% élèves provenaient des ménages de commerçants.

84% des ménages avaient une bonne diversification alimentaire avec un score de 12 parmi eux 80,66% hommes. Le score des élèves était égal à celui des ménages dans 67% des cas (figure 2). Parmi les aliments ceux dont la consommation des élèves était supérieure à celles des ménages ont été les fruits, les œufs, les légumes à gousses – légumineuses –noix, les poissons et fruits de mer, l'huile – matières grasses et divers (figure 3).

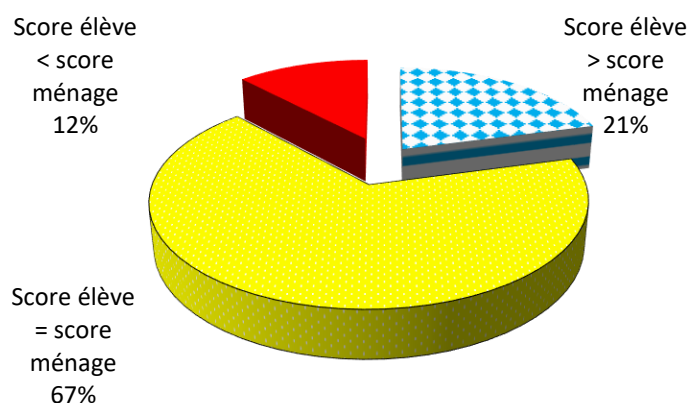


Fig. 2. Comparaison des scores alimentaires des élèves et des ménages

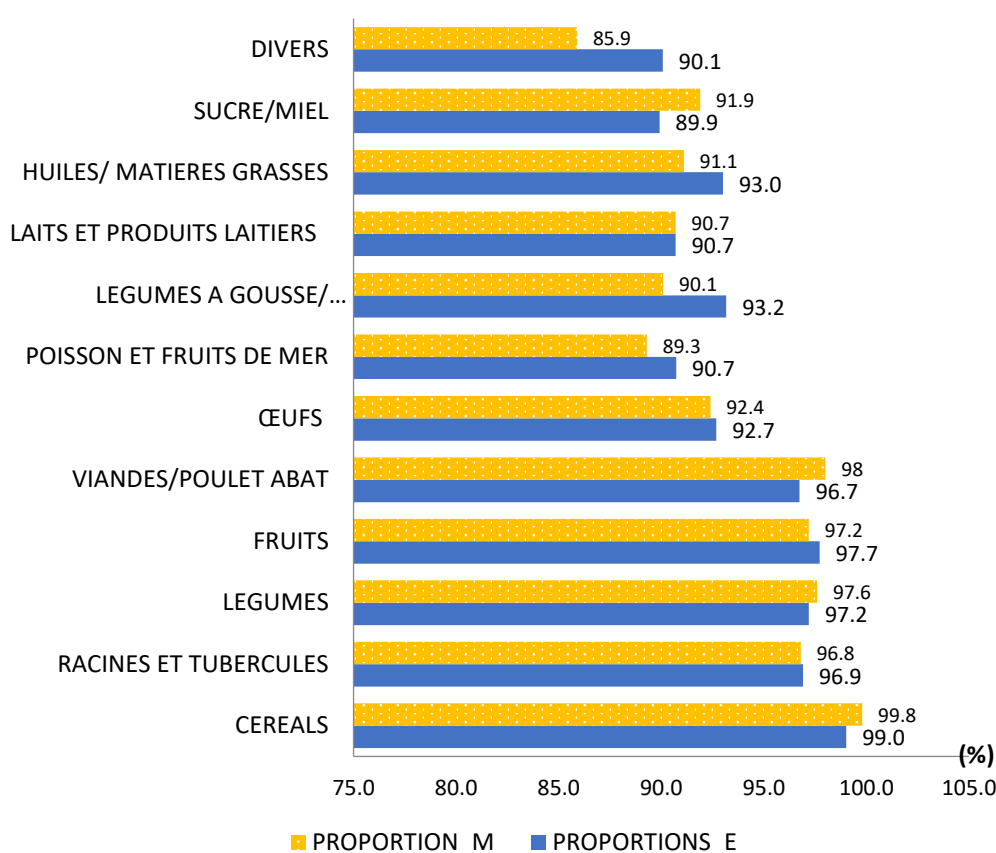


Fig. 3. Comparaison de la diversité alimentaire entre des élèves et les ménages selon le groupe d'aliments. M: ménage et E: Elève

3.2 DISCUSSION

CARACTÉRISTIQUES DES MÉNAGES

L'enquête a permis de dénombrer 300 ménages (chefs de ménages), 97% étaient des hommes et 3% des femmes veuves. Dans la cohorte, les chefs de ménages hommes étaient plus nombreux, cela s'expliquerait par le fait qu'en général dans les sociétés africaines l'homme est le pilier du ménage et que les femmes même veuves se retrouvent rarement à la tête des ménages parce que cela est mal vu par la communauté. Les mêmes résultats ont été obtenus par Muteba Kalala en 2014, où 70,23% ménages sont dirigés par les hommes à Kinshasa (RDC) [10].

La majorité des chefs de ménages (80%) était instruite dont environ 23% parmi eux avaient un niveau d'instruction supérieur et 23% ont fréquenté l'école coranique. Ceci est nettement supérieur à la moyenne nationale qui est de 24% pour les femmes et de 37% pour

les hommes selon l'enquête démographique et sanitaire (EDSN) de l'Institut National des Statistiques [8]. Cela pouvait s'expliquer par le caractère urbain du milieu de l'enquête. La proportion des chefs des ménages ayant un niveau supérieur d'instruction (23%) était inférieure à celle de Kinshasa [10] qui était de 63.5%, mais par contre supérieure à celle de Marrakech (Maroc) qui était de 18,9% [11].

En termes d'activités professionnelles, les salariés (des secteurs public et privé) représentaient 48% des chefs des ménages. Le taux des salariés à Kinshasa était relativement supérieur (66%) selon Muteba Kalala [10]. La forte proportion des salariés pouvait s'expliquer par la vie dans le milieu urbain (de surcroît la capitale). Cependant, selon les résultats de l'enquête, les commerçants sont plus nombreux dans les quartiers périphériques.

96% des 300 chefs de ménage, sont mariés avec une moyenne de 1,12% épouses par chef de ménage. Ceci est la caractéristique des ménages dans la société musulmane où la polygamie prévaut. Le taux de chef de ménages en couple (96%) était supérieur au taux national qui était de 80,2 % en 2016 [8]. Ceci pouvait s'expliquer par le critère d'inclusion des ménages qui excluait les ménages sans enfants scolarisés et âgés de 5 à 18 ans.

La moyenne des personnes en charge était de 10. Cela s'expliquerait par le fait que d'habitude, les ménages au Niger sont souvent élargis aux proches parents, connaissances et à certains domestiques vivant sur le même toit en plus de la famille nucléaire. Elle est toujours composée de plusieurs individus dont la femme, les enfants et les relations. Notre taux de personne en charge est supérieur à celui obtenu à Kinshasa qui était d'environ 7 individus par ménage [10]. Sur les 821 enfants de 5 à 18 ans, 623 soient 76% sont scolarisés et cela est en accord avec le taux brut de scolarisation du Niger 76,2% en 2016 [12].

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLÈVES

Parmi les 623 élèves, 55% étaient des garçons, cela concorde aussi avec les données nationales qui montrent que les garçons sont plus scolarisés que les filles (taux brut de scolarisation des garçons est de 82,1% contre 70,2% pour les filles, selon les résultats de la DS/MEP/A/PLN/EC, [12]. A peu près les mêmes proportions étaient trouvées à Kenitra (Maroc) par Ateillah et al. [13] (53,15%). Cela s'expliquerait par le fait que les filles sont plutôt sujettes aux travaux domestiques et au mariage forcé ou précoce et sont contraintes à rester à la maison dans notre société. Notre culture et la compréhension de la religion ont une grande part de responsabilité dans cette situation, car la femme est toujours supposée être prise en charge par son époux, son père ou une tierce personne. Mais avec le monde d'aujourd'hui la tendance s'inverse petit à petit.

La tranche d'âge de 5 - 14 ans est constituée de 81 % d'élèves. Les moyennes d'âge, de poids, de taille, du périmètre brachial et de l'IMC étaient respectivement de 11,33 ans, 35,78 kg, 1,4 m, 19,74 cm et 17,80 kg/m². Cela montrerait que les élèves sont très jeunes. Ce qui correspond relativement aux normes de l'OMS des enfants normaux même si cela pourrait cacher des particularités.

L'enquête sur le niveau d'instruction des élèves a montré que 66% ont fait le primaire et que 62% de l'ensemble des élèves étaient inscrits dans les établissements publics. Ces valeurs sont en accord avec les données nationales qui estiment que la majorité des enfants nigériens ont au moins fait les écoles primaires et que les établissements publics sont les plus fréquentés.

En ce qui concerne la performance scolaire de l'élève, elle dépendrait des multiples facteurs dont entre autres son état de santé, son état nutritionnel et son niveau cognitif. C'était ainsi que sur les 64% des élèves ayant répondu à la question sur la moyenne de classe, 60,15 % avaient une moyenne supérieure ou égale à 12/20, c'est-à-dire une bonne performance scolaire. Ce taux est supérieur à la même moyenne obtenue par Ateillah et al. [13] qui était de 47% à Kenitra au Maroc. Au moment de l'enquête, beaucoup d'élèves n'avaient pas eu leur note ou n'avaient même pas encore fait l'évaluation de fin de trimestre.

ETAT NUTRITIONNEL DES ÉLÈVES

La malnutrition est un problème de santé publique majeur dans les pays en développement. La dénutrition seule est responsable du tiers de décès dans le monde [14]. La tendance actuelle est la surcharge pondérale et l'obésité. Tout ceci est la conséquence d'une mauvaise alimentation caractérisée tantôt par la suralimentation ou au contraire par la sous-alimentation. L'état nutritionnel des élèves de l'étude a montré les taux suivants: 33% des enfants avaient un poids normal tandis que 63% ont une maigreur et 4% avaient un surpoids et une obésité.

L'émaciation a été de 22,2% et ne concernait que les filles de la tranche d'âge de 5 à 9 ans. Au Niger, en 2017, les enfants de moins de 5 ans ont un taux d'émaciation de 15,3% [8]. Ce taux est supérieur à celui de Lahore au Pakistan [15] et à celui de Kénitra au Maroc (environ 10%). Cependant, Sbaibi et Aboussaleh, [14] ont découvert que l'émaciation est beaucoup fréquente parmi les garçons 25.8% et dans la tranche d'âge de 13 à 15 ans des adolescents ruraux du Nord-Ouest Marocain. Cela pourrait s'expliquer par le fait que cette tranche a des besoins nutritionnels qui s'accroissent et ils n'arriveraient pas à les satisfaire vu la phase de préadolescence dans laquelle ils sont où la croissance est rapide.

Selon le PB, 66% des élèves dans notre cohorte étaient malnutris et cela était sensiblement égal à celle de la classification par l'IMC qui était de 63%. La seule étude que l'on a trouvée date de 1977 au moment où l'OMS a mis en place les références NCHC et qui a mis

en évidence le MUAC/âge uniquement chez les enfants ayant un âge inférieur à 10 ans [9]. Une étude réalisée au Burkina Faso dans le district sanitaire de Nanoro en 2012, a montré que le taux de la malnutrition selon le PB chez les adolescents de 15 à 19 ans était de 5,6% [16], ce taux est inférieur au nôtre retrouvé chez la même tranche d'âge (15%). Dans la majorité des études pour évaluer l'état nutritionnel des enfants de 5 à 19 ans, l'IMC est le meilleur indicateur reconnu universellement par l'OMS. On utilise généralement le PB dans le cas des dépistages de masse ou en cas d'urgence (famine ou crise alimentaire).

Le retard de croissance concernait 99 élèves soit 15,97 %. Ce retard statural dans la cohorte, cela a mis en évidence que beaucoup d'enfants nigériens ont souffert de ce retard depuis leur bas âge, dû à beaucoup de facteurs socio-économiques: l'alimentation, les maladies surtout parasitaires, la pauvreté, le manque d'hygiène entre autres. Dans l'étude, la proportion était supérieure aux taux obtenus à Cotonou (Bénin) et à Ouagadougou (Burkina Faso) qui étaient respectivement de 6% et 7% [7], Notre résultat est aussi supérieur au 9,9% obtenus au Mexique [17] mais sont proches de ceux obtenus à Kenitra (Maroc) avec 15,35% [13]. Enfin, ils sont inférieurs aux 34% obtenus à Tananarive à Madagascar [18]. Au Niger, le taux de retard de croissance des enfants de moins 5 ans est de 45,4% en 2017 [8] par conséquent ces enfants en grandissant auront des séquelles tout au long de leur vie ou mettront du temps à compenser ce déficit statural avant l'âge adulte.

Le retard de croissance est un indicateur de la malnutrition chronique puisque la taille prend plus de temps à se rattraper que le poids. Les enfants souffrant de retard de croissance sont habituellement des enfants souffrant de malnutrition depuis longtemps et surtout davantage depuis les premières années de leur vie.

L'insuffisance pondérale avec un taux de 9,30% concernait uniquement les élèves de la tranche d'âge de 5 à 9 ans. Au Niger, en 2017, les enfants de moins de 5 ans ont un taux d'insuffisance pondérale de 34,6% [8]. Ces résultats sont en concordance avec les données de l'OMS qui considèrent que le rapport poids/âge n'est pas un bon indicateur de l'état nutritionnel au-delà de 10 ans puisque les enfants ayant déjà commencé leur poussée de croissance cela pourrait être considéré comme un surplus de poids alors qu'ils sont simplement plus grands. Le taux de l'insuffisance pondérale était faible par rapport aux 43,1 % trouvés à Rabat par Dekkaki [19] au Maroc et supérieur aux 7% des élèves de Cotonou [7], ainsi que celles de Lahore, 7% [15] et Tananarive (Madagascar), 5.5% [18] et enfin proche de du taux du Marrakech, 10% [10].

L'étude a dénombré peu d'élèves sont obèses ou (4%). Le faible niveau économique des ménages et les habitudes alimentaires pourraient expliquer ce taux très bas car les élèves obèses ou en surpoids étaient retrouvés dans les ménages à hauts revenus qui donneraient aux élèves de l'argent de poche pour se procurer de la nourriture à leur guise. La proportion de l'obésité tout grade confondu était de 1,44% et celle de la surcharge pondérale environ 2,56%. Cette proportion est inférieure aux résultats trouvés au Maroc [18] qui était de 8,7% d'obésité et de surpoids, ainsi qu'à ceux obtenus au Mexique avec 16,8% [17]. Elle est également inférieure à ceux obtenus en Californie (Etats Unis) 45,8% [20]. Par contre nos résultats étaient supérieurs à ceux trouvés à Cotonou (Bénin) et à Ouagadougou (Burkina Faso) [7] avec seulement 3% d'obésité et surpoids. Les facteurs sociaux économiques, le niveau d'instruction et la profession des parents influenceraient l'état nutritionnel des enfants. Plus le niveau d'instruction était élevé, plus les élèves étaient exposés à la dénutrition, au surpoids et à l'obésité. Il en était de même pour la profession, les élèves issus de ménages dont les parents étaient dans le secteur privé avaient plus d'obèses et ceux dont les parents dans le public et les commerçants étaient plus assujettis au surpoids. Ceci a été démontré au Nord-Ouest du Maroc [14] et en Californie [20] sauf qu'aux Etats Unis l'embonpoint est surtout retrouvé chez les pauvres. Un autre facteur pourrait contribuer à expliquer aussi ces données: la biodisponibilité et l'accessibilité à certains types d'aliments à forte valeur énergétique.

D'une manière générale, l'état nutritionnel des élèves est influencé par le niveau d'instruction et la profession des parents. L'étude HELENA à Paris (France) a mis en évidence l'influence du niveau socio-économique des parents sur le statut nutritionnel des adolescents [21].

MODE DE VIE DES ÉLÈVES

Les données sur le mode de vie ont montré que les élèves ont consommé le thé et ou café (environ 16%). Parmi eux il y avait 58% des garçons. Les tranches d'âge de 5 à 9 ans et 15 à 18 ans étaient les moins concernées. Par contre la prise de chicha et la cigarette étaient surtout le passe-temps des plus grands uniquement 15 à 18 ans. Les élèves qui prenaient le thé et café ou chicha étaient ceux issus de famille de fonctionnaires (privé ou public) et les commerçants soit 16,05% élèves. Cela montre que les élèves qui pouvaient se procurer ces excitants étaient ceux issus des parents ayant un revenu acceptable.

La grande majorité des élèves (79%) se rend à l'école à pied car très souvent l'établissement est à proximité de leur habitation et la tranche d'âge la plus concernée était celle de 10 à 14 ans. C'est un mode de transport actif contrairement à ceux qui allaient à moto ou en auto (16%) qui est un mode de transport passif. Ce dernier concerne les enfants de 5 à 9 ans (environ 20%). Cela s'expliquerait par le fait qu'ils étaient plus petits et qu'ils étaient issus de parents qui avaient un revenu acceptable (82% des enfants étaient issus des ménages salariés).

L'activité physique joue non seulement un rôle important pour la santé physique, psychosociale des enfants et des adolescents mais aussi tient une part fondamentale dans la croissance et la maturation. Ainsi chez l'enfant, il a été bien démontré que la prévalence de

l'obésité est élevée avec la réduction de l'activité physique. Dans l'étude, tous les élèves ont pratiqué l'EPS à l'école et c'était d'ailleurs obligatoire sauf en cas de dispense médicale. Seulement 27% des élèves se sont intéressés au sport en dehors de l'EPS. La fréquence de la pratique du sport à raison d'au moins 3 fois par semaine était la plus élevée (37%). Parmi les raisons évoquées pour la pratique, la plus élevée est le plaisir avec un taux de 72%. Les adolescents étaient plus concernés par la pratique du sport, (79% d'entre eux pratiquaient le sport) et surtout les garçons. 10,27% des pratiquants étaient issus des familles dont les parents avaient un niveau d'instruction supérieur, 11,23% dont les parents étaient des fonctionnaires du public. Cela montre que le niveau d'instruction et la profession des parents influençaient la pratique du sport de l'élève.

Le nombre d'heures passées devant les écrans dépendait du type d'écran. Pour tous les écrans, le nombre d'heures le plus fréquent est de 1 à 3 heures. Les élèves qui regardaient la télévision sont plus nombreux du fait de sa facilité d'accès. Le téléphone et l'ordinateur ne sont pas à la portée de tous les ménages. D'autres élèves passaient plus de 10 heures devant leurs écrans (la télévision pour 1,93%, l'ordinateur pour 0,32%, le téléphone mobile pour 2,09% et les jeux vidéo pour 5,14%). Les jeux vidéo sont très souvent pratiqués par les garçons Ceci a des conséquences sur leur santé, leur état nutritionnel et leur performance à l'école.

Seulement 22% d'élèves ont eu d'autres loisirs. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'ils passaient beaucoup plus de temps devant les écrans. Les autres loisirs des élèves sont par ordre d'importance les jeux domestiques (12% environ) et la danse (2,09%). Les jeux domestiques sont souvent pratiqués par les filles.

HABITUDES ALIMENTAIRES DES ÉLÈVES

La prise de 3 repas quotidiens était l'habitude la plus fréquente (76% des élèves), les 24% étaient ceux qui avaient sauté au moins un repas par jour. La majorité des élèves 76% ont pris le petit déjeuner avant d'aller à l'école sachant bien que le petit déjeuner serait le meilleur indicateur du comportement alimentaire, ce repas du matin redonne au corps de l'énergie et les éléments nutritifs dont il a besoin. Les élèves qui ne prenaient pas le petit déjeuner dans l'étude représentent 24% et cette proportion est inférieure à celle trouvée à Kénitra (Maroc) qui est de 35% [22]. La fréquence du repas le plus sauté, était le petit déjeuner (17% des enfants). Les raisons de ce saut étaient diverses dont entre autres le dégoût, le manque de moyens, l'habitude et le retard pour se rendre à l'école (manque de temps). La tranche d'âge la plus concernée est celle de 10 à 14 ans et est constituée des élèves (adolescents) qui étaient en pleine croissance. C'est une période de révolte, de contradiction ce qui pourrait expliquer ce comportement. Les garçons étaient les plus assujettis à ce comportement parce qu'étant plus rebelles à cet âge de puberté. Toutefois, notre taux était inférieur à celui obtenu à Marrakech (36%) [11], mais contrairement à nos résultats, cela était plus fréquent chez les filles.

Pour ce qui était de la préférence du goût, 79% des élèves aimaient le sucré. Naturellement, les enfants aiment le goût sucré. Dans la cohorte, 37,07% des élèves qui aimaient le goût sucré étaient dans la tranche d'âge de 10 à 14 ans et 45,74% étaient des garçons. Selon l'OMS, le sucre fait partie, avec le gras et le manque d'activité physique des trois risques principaux de l'épidémie de l'obésité.

Toutes ces mauvaises habitudes alimentaires sont liées au niveau d'instruction des parents et leur profession. Les élèves ayant des parents moins instruits (aucune instruction et école coranique), et ceux des parents non-salariés (commerçants) avaient tendance à avoir ces mauvaises habitudes alimentaires.

La diversification alimentaire était bonne chez la majorité des élèves (74%) avec un score de 12/12. Cela serait dû à la vie citadine où les divers groupes d'aliments sont facilement accessibles sur les marchés. Plus de 85% des enfants ont consommé tous les groupes d'aliments avec une prédominance des céréales, des fruits, des légumes, de la viande et dérivés (poulet/abats/etc.). Ces taux étaient supérieurs à ceux retrouvés à Kénitra au Maroc [22].

Tandis que le score de diversité alimentaire des ménages (SDAM) pour un total de 12/12 était presque identique avec celui des enfants, 73%, la consommation de certains groupes d'aliments par le ménage était supérieure à celle des élèves. En comparant ces 2 scores, nous avons constaté que 67% des élèves avaient le même score que celui des ménages, donc nous pouvions affirmer que les deux tiers des enfants mangeaient ce que le ménage consommait. Cela pourrait être expliqué par une imposition parentale car dans nos milieux, les parents ont toujours le dernier mot sur l'alimentation. Par contre nous retrouvions 2 situations contraires:

- Le score des élèves était inférieur à celui des ménages dans 12% des cas et la tranche d'âge la plus concernée est celle de 5 à 9 ans. Cela pourra être dû au fait que les enfants de cette âge préadolescent n'arrivaient pas à combler leurs besoins nutritionnels qui accroissent.
- L'autre scénario était que le score des élèves était supérieur à celui des ménages (21%), la tranche d'âge des élèves de 10 à 14 ans était la plus concernée. Cela s'expliquerait par le fait que ces élèves à cet âge étaient en pleine puberté (vitesse de croissance accélérée) ou période de révolte, ils ne mangeaient pas forcément à la maison et refusaient certains plats familiaux.

4 CONCLUSION

Au terme de l'étude, les résultats ont montré les différents types d'état nutritionnel (sous-nutrition et surnutrition): une faible prévalence du surpoids et de l'obésité, ainsi que l'insuffisance pondérale, un taux moyen émaciation, un taux de retard de croissance global moyen.

Les habitudes alimentaires ont eu des conséquences sur leur régime alimentaire. Le score de diversité des enfants était égal à celui des parents pour la majorité des enfants et tous les groupes d'aliments étaient consommés. L'état nutritionnel et les habitudes alimentaires de ces enfants étaient dépendant de multiples facteurs notamment le niveau socio-économique surtout le niveau d'instruction et la profession des parents. Etant donné le poids démographique et le rôle socio-économique que les préadolescents et les adolescents auront à jouer dans le futur, la prise en compte de leur état de nutrition et leurs habitudes alimentaires devrait être un défi prioritaire pour tout pays. Pour contribuer à l'amélioration de leur état nutritionnel, il faudra étendre ce type d'étude dans toutes les villes du Niger.

REFERENCES

- [1] Amadou, I., Diadie, H. O., Samna, O.S., and Balla, A. 2019. Status of some food quality prevalent in Niger: a review. *Modern Applied Science*, 13 (6): 135-143. doi: 10.5539/mas.v13n6p135.
- [2] Boliko, M.C. 2019. FAO and the situation of food security and nutrition in the world. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 65 (Supplement), S4-S8.
- [3] Latham, M.C. 2001, La nutrition dans les pays en développement, Division de l'alimentation et de la nutrition de la FAO.
- [4] Guo, E.L. and Katta, R. 2017. Diet and hair loss: effects of nutrient deficiency and supplement use. *Dermatology practical & conceptual*, 7 (1), 1.
- [5] Blössner, M., De Onis, M. 2005, Malnutrition: quantifying the health impact at national and local levels. Geneva, World Health Organization.
- [6] Akombi, B.J., Agho, K.E., Merom, D., Renzaho, A.M. and Hall, J.J. 2017. Child malnutrition in sub-Saharan Africa: A meta-analysis of demographic and health surveys (2006-2016). *PloS one*, 12 (5), p.e0177338.
- [7] Latour, C. 2013, Etat nutritionnel d'enfants d'âge primaire à Cotonou (Bénin) et Ouagadougou (Burkina Faso), *Nut 3035; Mini mémoires et séminaires*; 26 p.
- [8] Institut National de La Statistique INS, 2017. Enquête Démographique et de Santé du Niger EDSN-V-, résultats préliminaires. (docplayer.fr/80877997-Enquete-demographique-et-de-sante-du-niger-edsn-v-resultat).
- [9] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1995. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Rapport d'un comité OMS d'experts. Série de Rapports Techniques, N°854. Genève, 508p.
- [10] Muteba Kalala, d. 2014. Caractérisation des modes de consommation alimentaire des ménages à Kinshasa: Analyse des interrelations entre modes de vie et habitudes alimentaires, (Thèse de doctorat). Université de Liège-Gembloux-Agro-Bio Tech, Belgique, 179, 59.
- [11] Baali, M., 2012. Etat nutritionnel et comportement alimentaire des adolescents de la ville de Marrakech, thèse de doctorat, Faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech, Marrakech, Maroc, 115.
- [12] INS, 2016. Direction de la Statistique/ Ministère de l'Enseignement Primaire de l'Alphabétisation, de la Promotion des Langues Nationales et de l'Education Civique, 2015-2016 (DS/MEP/PLN/EC) du Niger, *Annuaire Statistique*. (www.ecpat.org/wp-content/uploads/2018/01/CMR_NIGER.pdf).
- [13] Ateillah, K., Aboussaleh, Y., Rachid, S., Ahami, S. 2012. Evaluation nutritionnelle et son impact sur la performance scolaire des écoliers ruraux de la région de Sidi Taybi dans la province de Kenitra (MAROC). *Antropo*, 28, 71 76.
- [14] Sbaibi, R. et Aboussaleh, Y. 2014. Évaluation Anthropométrique de l'état Nutritionnel des Adolescents Ruraux du Nord-Ouest Marocain. (www.didac.ehu.es/antropo).
- [15] Mushtaq, M.U., Gull, S., Mushtaq, K., Abdullah, H.M., Khurshid, U., Shahid, U., Shad, M.A. and Akram, J., 2012. Height, weight and BMI percentiles and nutritional status relative to the international growth references among Pakistani school-aged children. *BMC pediatrics*, 12 (1), 1-12.
- [16] Ki, A.A., 2012. Utilité du périmètre brachial (PB) pour identifier la malnutrition chez les adolescentes de 15 à 19 ans dans le district sanitaire de Nanoro, thèse de doctorat en médecine, Burkina Faso.
- [17] Vasquez-garibay E.M., miranda-Rios L., romero-velarde E., Nuño-Cosio M.E., Campos-barrera I., Napoles-rodriguez, F., Caro-sabido E.A., Ramirez-DIA. 2018, Stunting, overweight and obesity during the nutrition transition in schoolchildren of Arandas, Jalisco, Mexico. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29368889>).
- [18] Razafimanantsoa, F., Razafindramaro, N., Raherimandimby, H., Robinson, A., Rakotoalson, O., Rasamindrakotroka, A., 2013. Profil anthropométrique des enfants scolarisés tananariviens (Madagascar), *Pan African Medical Journal*. (<http://www.panafrican-med-journal.com/content/article/16/62/full>).

- [19] Dekkaki, C.I., 2014. Evaluation de l'état nutritionnel chez les enfants scolarisés dans les écoles publiques de la ville de rabat: rôle des facteurs socioéconomiques Formation doctorale: Epidémiologie clinique et Sciences médicochirurgicales. Equipe de recherche en Nutrition et Sciences de l'Alimentation.
- [20] Sanchez-Vaznaugh, E.V., Sánchez, B.N., Crawford, P.B. and Egerter, S. 2015. Association between competitive food and beverage policies in elementary schools and childhood overweight/obesity trends: differences by neighborhood socioeconomic resources. *JAMA pediatrics*, 169 (5), pp.e150781-e150781.
- [21] Beghin L., Vanhelst J., Deplanque D., Gonzales-Gross M., De Henauw S., Luis A. Morenol A. et Gottrand F., 2016. Le statut nutritionnel, l'activité et la condition physique des adolescents sous influence. *Med Sci (Paris)*. 32 (8-9): 746–751.doi: 10.1051/medsci/20163208023.
- [22] Achouri, I., Youssef, A., Sbaibi, R. and Ahami, A., 2016. Evaluation Nutritionnelle (anthropométrie et alimentaire) des enfants d'âge scolaire de 6 à 14 ans selon le sexe à Kenitra, Maroc. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 3 (2), 476-481.

