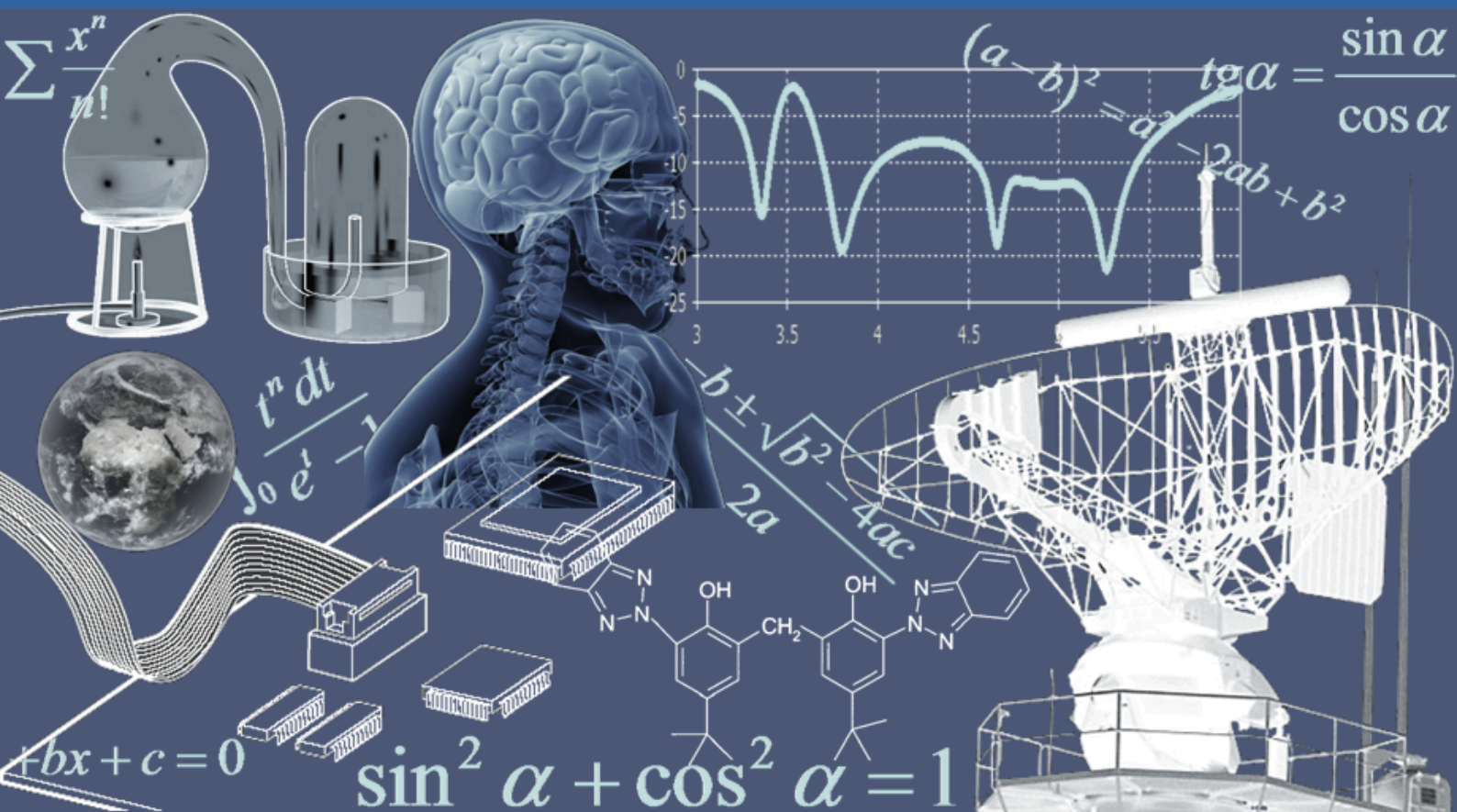


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 18 N. 3 November 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Table of Contents

Signatures pétrographiques et géochimiques des paragneiss des secteurs de Tabou et de Grand-Béréby (sud-ouest de la Côte d'Ivoire)	646-658
Perception and knowledge of the production and the merchandising of Ablo, a cereal food fermented of Benin	659-667
MECANISME DE REPRESSION DE TAPAGES PERPETRES PAR LES EGLISES DITES DE REVEIL DANS LA VILLE DE GOMA : UNE MENACE A L'ORDRE PUBLIC, RD CONGO	668-681
Études morphologique et histologique du développement de l'ovaire chez le palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)	682-694
L'utilité d'un réseau social dans un système d'apprentissage à distance: Retour d'une expérience avec des étudiants Marocains	695-702
Tectonic and geomorphological landscapes and their geodidactic and geotouristic involvement: Case study in Precambrian and Paleozoic reliefs of Tata - Morocco	703-710
The effect of end-stage renal disease on innate and adaptive immunity	711-720
Processus de Récupération et de valorisation du Phosphore à partir d'échantillons d'eaux de la station de traitement des eaux usées de la ville de Settat	721-731
Théorie de croissance exponentielle de l'innovation: entre croyance et science !	732-735
La finance islamique et le financement des PME au Maroc	736-742
Depletion of cefquinome from rabbit tissues	743-748
Diversité floristique ligneuse et structure de la végétation des territoires des chimpanzés dans le Parc National de Taï, Sud-ouest Côte d'Ivoire	749-759
Effect of production method variation used to produce three dimensional upholstery fabrics on functional performance	760-772
LES GEOMORPHOSITES DU CAUSSE MOYEN ATLASIQUE MAROCAIN: UN CIRCUIT GEOTOURISTIQUE A DEVELOPPER	773-783
IDENTIFICATION, VALORISATION ET PROTECTION DES GÉOMORPHOSITES POUR LE DÉVELOPPEMENT DU GÉOTOURISME INTÉGRÉ DANS LA RÉGION D'ERRACHIDIA (MAROC)	784-793
ETUDE PETROGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES SEDIMENTS ALBIENS DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER DU BENIN	794-807
Apport de l'Apprentissage et l'exercice d'un métier dans l'Emancipation de la jeune fille en milieu urbain à l'image de la ville de Vogon au Togo	808-815
Variation climatique et distribution spatio-temporelle de la bilharziose urinaire dans la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire)	816-827
APPRAISAL OF SOLID WASTE COLLECTION EFFECTIVENESS FOLLOWING THE INTRODUCTION OF CITY-WIDE WASTE COLLECTION LEVY SCHEME IN KUMASI, GHANA	828-835
Comparaison de la composition chimique et l'activité insecticide des huiles essentielles de Mentha suaveolens Ehrh. prélevées de deux régions différentes du Maroc contre Bruchus rufimanus (Bohman) (Coleoptera: Chrysomelidae)	836-845
La variabilité morphométrique et méristique des populations de sole pole (pegusa lascaris) de la zone Centrale Atlantique du Maroc	846-856
Impact des effluents de déchets miniers sur la résistance au cisaillement des sols latéritiques compactés utilisés dans les digues de confinement des rejets (RD Congo)	857-867
Potentiel de fertilité chimique des vergers de cacaoyer Theobroma cacao L. (Malvacea) en Côte d'Ivoire	868-879
Generating Blurred Dataset with Different Blurriness Degree Variances	880-884
Analysis of the Chari Baguirmi piezometric depression setting up (East of lake Chad) using a coupled sedimentology - geochemistry approach	885-903
ASPECTS RADIOGRAPHIQUES ET ECHOGRAPHIQUES D'UNE MIGRATION TUBAIRE D'UN DISPOSITIF INTRA UTERIN	904-908
PROBLEM-SOLVING EFFECTS IN TEACHING AND LEARNING MATHEMATICS	909-927

Origines du fer dans les eaux souterraines de la région de Katiola	928-937
Thermal degradation of Tunisian olive stones using thermogravimetric analysis (TGA)	938-950
CRISE D'ADOLESCENCE ET HETERO AGRESSIVITE ENVERS LA MERE DANS LES FAMILLES POLYGYNiques : UNE ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE YAOUNDE	951-960

Signatures pétrographiques et géochimiques des paragneiss des secteurs de Tabou et de Grand-Béréby (sud-ouest de la Côte d'Ivoire)

[Petrographical and geochemical signatures of paragneisses of Tabou and Grand-Béréby sectors (south-west of Ivory Coast)]

Kouadio Fossou Jean Luc Hervé, Djro Sagbrou Chérubin, Kouamelan Alain Nicaise, Allialy Marc Ephrem, and Koffi Yao Augustin

Laboratoire de Géologie du socle et de Métallogénie, UFR STRM, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The petrographic and geochemical study of the geological formations of Tabou and Grand-Béréby area located in SASCA domain (south-west of the Ivory Coast) show a strong foliated paragneisses. These gneisses are characterized by an alternation of dark layers of garnet-biotite-sillimanite and millimeter-thick leucocratic quartz-feldspar-cordierite bands. The mineralogical assembly thus described indicates a high grade metamorphism (granulite-facies). The major and traces elements made it possible to force the paragneisses protoliths. Thus this study shows that paragneisses are composed by greywackes and derived from source areas of felsic to intermediate composition. Their chondrite normalized REE patterns show a moderate LREE enrichment ($La_N/Yb_N = 6,90-38,36$) and a flat heavy rare earth patterns (HREE) This spectrum is almost identical to those of the Post-Archean average Australian Shale and Early Proterozoic Greywackes. Geochemical data also suggest that paragneisses are set up in a tectonic environment of active continental margin and continental island arc.

KEYWORDS: paragneiss, granulite facies, greywackes, tectonic environment, Ivory Coast.

RÉSUMÉ: L'étude pétrographique et géochimique des formations des secteurs de Tabou et de Grand-Béréby situées dans le domaine SASCA (Sud-Ouest de la Côte D'Ivoire) a permis de mettre en évidence des paragneiss fortement foliés. Ces gneiss sont caractérisés par une alternance de bande sombre constituée de grenat-biotite-sillimanite et de bande claire constituée de quartz-feldspath-cordierite. L'assemblage minéralogique ainsi décrite indique un métamorphisme de haut grade (faciès granulite). Les éléments majeurs et en traces ont permis de contraindre les protolithes des paragneiss. Ainsi cette étude a permis de montrer que les paragneiss sont composés de grauwwackes et dérivent des roches plutoniques de composition felsiques et intermédiaires. Leur spectre de terres rares montre un enrichissement en terre rare légère ($La_N/Yb_N = 6,90-38,36$) et un spectre plat en terre rare lourde. Ce spectre est quasiment identique à ceux du « Post-Archean average Australian Shale » et aux Grauwwackes du Protérozoïque Inférieur. Les données géochimiques suggèrent également que les paragneiss sont mis en place dans un environnement tectonique de type marge continentale active et / ou arcs insulaires continentaux.

MOTS-CLEFS: paragneiss, faciès granulite, grauwwackes, environnement tectonique, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire est constituée de deux grands ensembles géologiques précambriens d'âges différents séparés par la faille duassandra. A l'ouest le domaine archéen de la dorsale de Man (Fig. 1) est caractérisé par la présence de roches formées

entre 3,05 et 2,70 Ga, qui comprennent des unités de haut grade métamorphique telles que des gneiss gris granulitiques datés à 3,05 Ga et des charnockites à 2,80 Ga. La fin de l'histoire archéenne se situe vers 2,7 Ga (Camil, 1981 [1], 1984 [2]; Kouamelan, 1996 [3]; Kouamelan et al., 1997 [4]). A l'est le domaine paléoprotérozoïque birimien ou domaine Baoulé-Mossi est constitué de croûte juvénile dont l'histoire principale se déroule entre 2.2 et 2.1 Ga (Abouchami et al., 1990 [5]; Boher et al., 1992 [6]; Kouamelan, 1996 [3]). Ce domaine est caractérisé par les formations volcanosédimentaires et des intrusions de granitoïdes. La présente étude est consacrée à des secteurs du domaine SASCA qui appartient au domaine Paléoprotérozoïque de la dorsale de Man. La zone SASCA du nom des fleuves Sassandra-Cavally qui la limite est située au sud ouest du domaine Kenema-Man et s'étend le long de la côte Atlantique (Fig. 2). Les travaux de Papon, (1973) [7] dans cette zone ont mis en évidence la coexistence des formations de haut grade métamorphique et de bas grade métamorphique. Dans le domaine SACCA, une relique de croûte archéenne a été mise en évidence (Kouamelan et al., 1997 [4], 2015 [8]). De plus, les isotopes du Nd indiquent une certaine participation de croûte archéenne dans le magmatisme birimien. Des travaux récents mettent de plus en plus en évidence un stade (ou épisode) de haut grade métamorphique dans le Birimien qui semble correspondre globalement à un environnement dominé par des conditions de bas grade métamorphique (Ganne et al., 2011 [9], Block et al., 2015 [10] et 2016 [11]). Les travaux dans les secteurs de Tabou et de Grand Béréby (Fig. 2) permettront de caractériser la pétrologie et la géochimie des paragneiss du domaine SASCA. Les résultats obtenus nous donneront l'occasion de mettre en exergue d'une part la source (protolithe) de ces métasédiments et d'autre part de mettre en évidence l'environnement tectonique qui a prévalu lors de la sédimentation de ces paragneiss.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La province birimienne d'Afrique de l'ouest définie par Junner, (1940) [12], correspond à un vaste ensemble granito-gneissique, au sein duquel alternent les sillons volcaniques et des bassins sédimentaires d'âges protérozoïque inférieur. Le caractère juvénile de ces différents termes paléo-protérozoïques a par ailleurs été argumenté par la géochimie isotopique du Nd : le cycle birimien correspond à un épisode majeur d'accrétion crustale par différenciation mantellique vers 2,3-2,2 Ma (Abouchami et al., 1990 [5]; Boher et al., 1992 [6]; Taylor et al., 1992 [13]; Pawlig et al., 2006 [14]). Sur le plan chronostratigraphique, la position des formations volcaniques a tour à tour été présentée à la base (Junner, 1940 [12]; Tagini, 1971 [15] ou au sommet (Arnould, 1961 [16]; Kesser, 1986 [17]; Milési et al., 1989 [18]) des formations sédimentaires. Cependant, les campagnes de cartographie et les datations effectuées en Côte d'Ivoire s'accordent à montrer le caractère polyphasé du cycle birimien (Siméon et al., 1992 [20]; Delor et al., 1992 [21]; Kouamelan, 1996 [3]). Ce domaine auquel appartient la zone Sasca (zone d'étude, Fig. 1) a été structuré par le mégacycle éburnéen. Les roches birimiennes couvrent les deux tiers de la Côte d'Ivoire et sont matérialisées par l'alternance de sillons volcanosédimentaires généralement orientés NE-SW et bordés ou renfermant des granitoïdes qui sont syntectoniques (orientés) ou post-tectoniques (équants), (Yacé, 1982 [22]). Dans le sud ouest du domaine Sasca, on distingue du point de vue pétrographique (Fig. 2) deux faciès intimement associés : gneiss clair plagioclassique massif biotite fine ; gneiss sombre plagioclassique à amphibole, diopside, hypersthène. On note également les leptynites et les gneiss granitiques Papon (1973), [7]. Des orthogneiss de composition tonalitiques ont été mis en évidence à Soubré et à Balmer (San Pedro), par Kouamelan et al., (1997 [4], 2015 [8]). Les métasédiments (micaschiste) sont également présents dans le domaine SASCA à Kounoukou (Papon, 1973 [7] ; Bard et Lemoine, 1976 [23]) et à San-Pédro (Kouamelan et al., 1997 [4]).

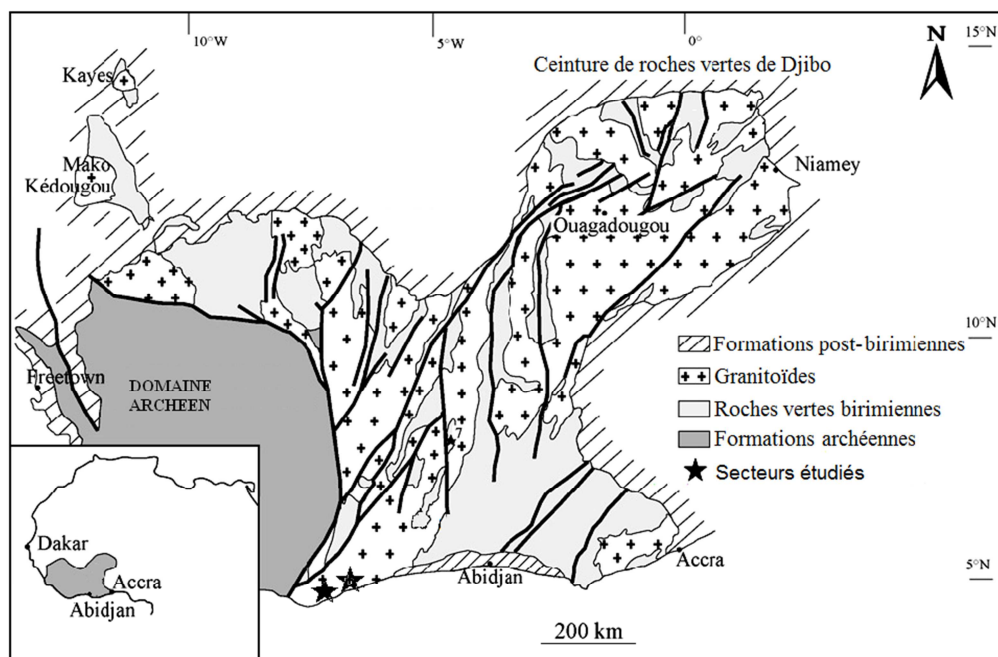


Figure 1 : Carte géologique simplifiée de la dorsale de Man (modifiée par Debat et al., 2003 [19]) et situation géographique de la zone d'étude.

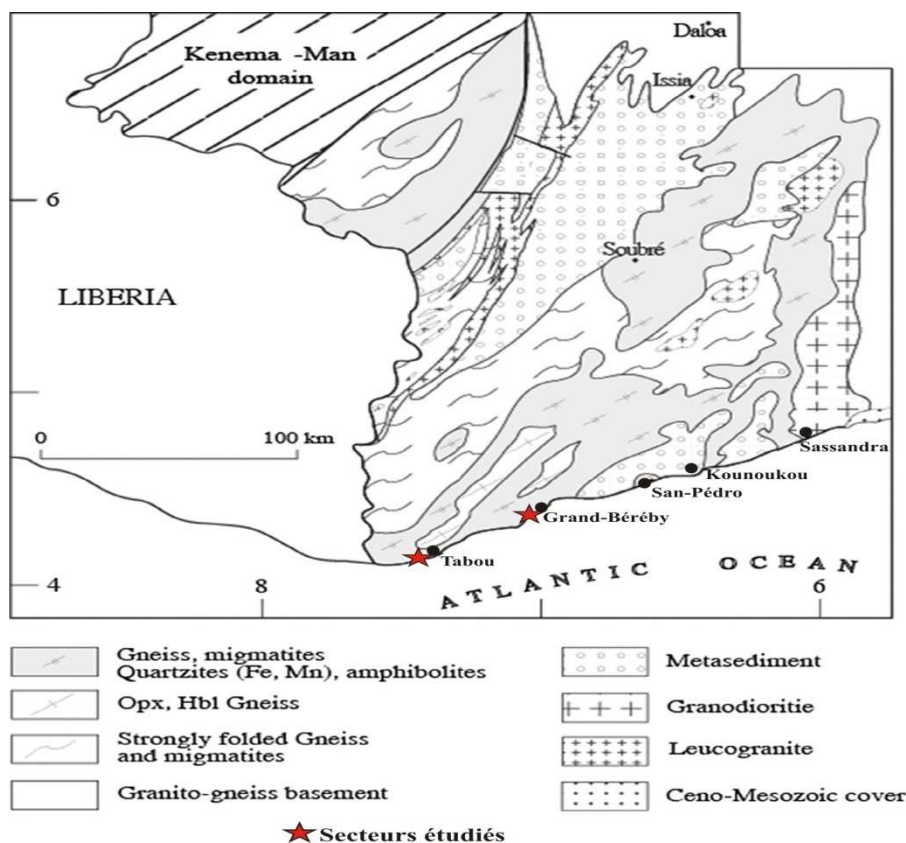


Figure 2 : Carte géologique simplifiée du sud-ouest de la Côte d'Ivoire (domaine SASCA), (Extraite de Kouamelan et al., 1997 [4])

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au total 9 échantillons de paragneiss ont été récoltés sur la zone d'étude. Seuls les paragneiss ayant des leucosomes très minces et un aspect relativement homogène ont été choisis pour cette étude. Des lames minces ont été confectionnées et les déterminations pétrographiques ont été réalisées à Abidjan (Université Félix Houphouët Boigny de Cocody) et à Toulouse (Géosciences Environnement Toulouse, Université de Toulouse). Des analyses géochimiques sur roche totale ont été effectuées au laboratoire d'analyse de minéraux de Bureau Veritas à Vancouver au Canada par fluorescence X (XRF) pour les éléments majeurs et au spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (ICP MS) pour les éléments en traces.

4 RÉSULTATS

4.1 DONNÉES PÉTROGRAPHIQUES

Les paragneiss se localisent principalement le long de la côte atlantique. Ils ont été identifiés dans plusieurs secteurs de la zone d'étude notamment dans les secteurs de Tabou et de Grand Béreby (Fig. 2). Ces gneiss sont caractérisés par des rubanements bien développés et rarement fruste (Fig. 3A). On observe en affleurement une alternance de bandes millimétriques à centimétriques grises foncées et grises pâles avec des linéations d'éirement minérale. La proportion des bandes semble être relativement égale. Les bandes grises foncées sont principalement composées de sillimanite, biotite, et de grenats, tandis que les bandes pâles sont essentiellement composées de quartz et feldspaths. La magnétite a été identifiée grâce au stylo magnétique.

Du point de vue microscopique il présente une texture grano-nématoblastique à lépidoblastique avec pour association minéralogique suivante :

- **quartz** : abondant, de taille variable allant du micro-grain au grain grossier, avec une extinction roulante remarquable. Il peut même se trouver sous forme de lits exclusivement constitués de quartz. Il peut contenir, en inclusion, des cristaux de biotite ou de sillimanite et peut lui même être inclus dans les phénoblastes de plagioclase ou grenat en particulier.
- **biotite** : en paillettes subautomorphes à automorphes, beaucoup moins abondante que le quartz. Outre la biotite en inclusion dans le quartz, nous trouvons également des cristaux millimétriques de biotite dans la matrice. Ce minéral est orienté dans la foliation et appartient donc à la paragenèse primaire. En plus de la biotite primaire nous trouvons de la biotite secondaire, se développant autour du grenat et à l'intérieur du grenat (Fig. 3B).
- **sillimanite** : moins abondante que la biotite, prismatique avec des sections transversales rectangulaires. Généralement dans les zones lépidoblastiques (couloir de cisaillement), la sillimanite se présente en fines baguettes, en inclusion dans le grenat, mais le plus souvent elle se présente sous forme de grandes baguettes (Fig. 3C), à sections basales losangiques à un clivage typique. On la retrouve parfois en petites aiguilles prismatiques ou plutôt en amas très fibreux (Fig. 3E).
- **plagioclase** : il est généralement plus abondant que le feldspath potassique. Il se présente selon deux habitus : en phénoblastes plus ou moins séricitisés, étirés dans la foliation ou dans les associations microcristallines. Il peut présenter les deux systèmes de macles albite et péricline. Les plagioclases peuvent contenir de petits cristaux de biotite et de sillimanite en inclusion.
- **grenat** : cristaux de grandes tailles craquelés. Il est présent sauf dans les faciès très leucocrates. Les grenats se retrouvent sous plusieurs formes. Dans certaines lames, ils sont porphyroblastiques et ont la texture poeciloblastique avec des inclusions ovales de quartz, de sillimanite et de biotite. Ils ont conservés leurs formes arrondis et semblent être syntectoniques (Ransay et Huber, 1984 [24]). Ailleurs on les retrouve de façon beaucoup plus allongés et semblent avoir subis une déformation plus importante avec les inclusions de sillimanites. Dans ce cas, ceux-ci ont une orientation selon la foliation (Fig. 3E). Les différents minéraux en inclusion dans le grenat ne se trouvent jamais tous ensemble côte à côte, mais peuvent coexister deux par deux (Bt+Sil ; Bt+Qtz ; Sil+Qtz et Sil+Bt par exemple, Fig. 3B).
- **feldspath potassique** : il s'agit de rare microcline perthitique présentant un moirage très fin. Il est moins abondant voire rare. Ce minéral se présente sous deux habitus distinct : en amande, orientés dans la foliation, le plus souvent perthitique et plus ou moins damouritisés ; en petits grains associés à du quartz, du plagioclase et des myrmékites pour former les textures en mortier autour des phénoblastes (Fig. 3D).
- **cordiérite** : elle est presque absente de l'assemblage minéralogique exceptée dans les leucosomes ou quelque rare plages se font remarqué avec des macles en biseau et une extinction roulante (Fig. 3F).
- **les minéraux accessoires** se composent d'épidote, d'apatite et de minéraux opaques (oxyde ferrotitané et sulfures).

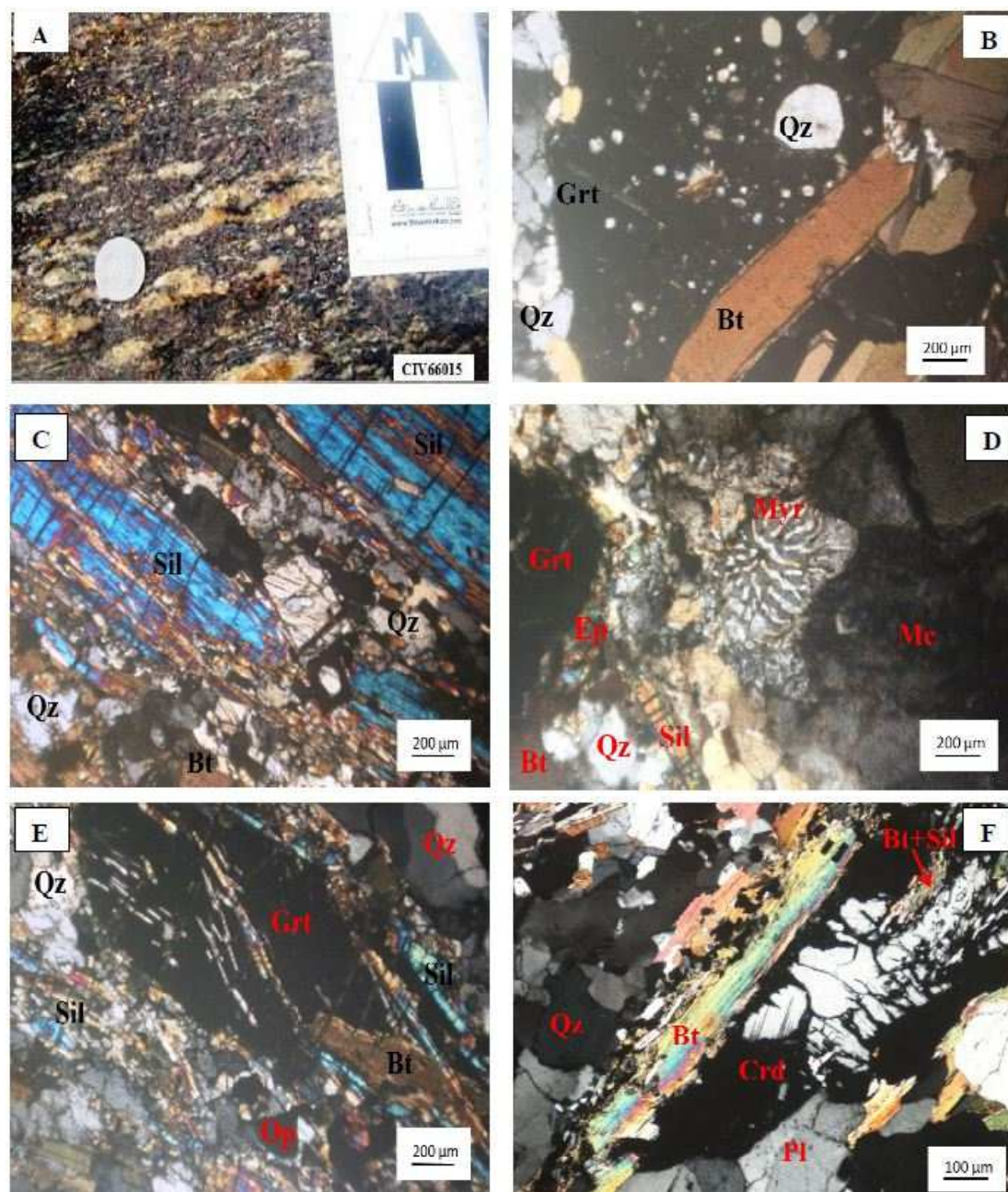


Figure 3 : Aspects macroscopiques et microscopiques des paragneiss étudiés.

A : Paragneiss montrant un rubanement net des minéraux. **B :** Texture poeciloblastique du grenat avec inclusions ovales de quartz et de biotite. **C :** Sillimanite orientée dans la foliation. **D :** Relation myrmékites-microcline perthitique. **E :** Grenat allongé avec inclusion de sillimanite et de biotite. **F :** Relation cordiérite-biotite-sillimanite.

Qz : quartz ; Grt : grenat ; Bt : biotite ; Sil : sillimanite ; Crd : cordiérite ; Myr : myrmékite ; Mc : microcline ; Pl : plagioclase ; Ep : épidote ; Op : opaques.

4.2 DONNÉES GÉOCHIMIQUES

La composition en éléments majeurs et en traces des paragneiss étudiés est consignée dans le tableau 1. Dans le tableau 1 figure également les compositions de PAAS : Post-Archean average Australian Shale et EP GREY : Average Chemical Composition of Early Protérozoïque Grauwackes. De nombreuses études dans le monde et particulièrement dans le craton ouest-africain ont montré que la mobilité des éléments majeurs et en traces est en général assez limitée dans les orthogneiss

et paragneiss archéens et paléoprotérozoïques, permettant ainsi leur utilisation pour la mise en évidence de leurs caractères pétro-géochimiques (Martin, 1987 [27], 1994 [28]; Otamedi et Patiño Douce, 2001 [29], Augustsson and Bahlburg, 2003 [30] ; Abu El-Enen, 2008 [31], 2011 [32] ; Moyen et al., 2012 [33] ; Peucat et al. 2005 [34] ; Doumbia et al., 1998 [35] ; Gasquet et al., 2003 [36] ; Silva et al., 2014 [37] ; Kouamelan et al., 2015 [8]).

Tableau 1 : Composition en éléments majeurs (%) et en traces (ppm) des paragneiss du domaine SASCA. Les deux dernières colonnes sont les éléments en traces du PASS et EP GREY.

	TG1	TG2	TG3	TG4	TG5	TG6	TG7	TG8	TG9	PAAS	EP GREY
SiO ₂	63,99	64,71	64,05	71,7	68,67	61,48	72,9	68,48	60,13		
Al ₂ O ₃	15,4	15,72	15,32	13,59	15,07	19,11	12,04	14,63	18,24		
Fe ₂ O ₃	7,68	7,93	7,74	3,77	6,08	9,16	5,23	5,37	10,04		
FeO	6,91	7,14	6,96	3,39	5,47	8,24	4,71	1,87	1,70		
CaO	2,56	1,87	2,73	2,34	1,94	1,24	2,06	2,00	3,18		
MgO	3,75	2,52	2,35	2,02	1,89	2,5	1,33	3,22	2,74		
Na ₂ O	3,04	3,21	3,55	3,86	2,94	2,13	3,26	2,47	2,41		
K ₂ O	1,89	2,34	1,73	1,89	1,56	2,17	1,43	0,03	0,07		
MnO	0,1	0,1	0,07	0,02	0,06	0,03	0,05	0,59	1,00		
TiO ₂	0,75	0,86	0,83	0,44	0,39	0,93	0,58	0,09	0,09		
P ₂ O ₅	0,18	0,06	0,12	0,02	0,02	0,05	0,09	0,017	0,021		
Cr ₂ O ₃	0,033	0,033	0,025	0,019	0,022	0,024	0,018	<LD	<LD		
LOI	0,23	0,25	0,96	0,43	0,67	0,56	0,36	1,19	1,16		
TOTAL	99,66	99,66	99,53	100,15	99,35	99,41	99,39	99,93	100,75		
Ba	377	484	600	406	365	359	292	598,9	538,1		
Be	<LD	<LD	2	<LD	1	2	<LD	1,167	3,465		
Co	22,3	20,9	20,1	14,5	13,5	24,3	14,7	17,94	32,78		
Cs	2,2	1,1	1,7	1,1	0,9	1	1,1	1,051	1,449		
Ga	18	17,9	19,7	16,8	20,7	31	13	21,35	30,87		
Hf	5,4	6,9	4,5	3,9	8,8	5,1	6,7	4,702	6,534		
Nb	10,5	7,6	6,9	3,5	3,2	12,6	6,1	5,454	9,791		
Rb	108,2	86,7	85,9	74,9	52,4	123,5	76,1	98,13	128,4		
Sn	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	3	1	2,127	3,322		
Sr	240,5	320,5	431,4	523,4	285,7	178,3	330,6	377,7	299,9		
Ta	0,8	0,5	0,6	0,2	0,1	0,6	0,5	0,384	0,452		
Th	13,8	5,4	5,1	2,1	4	12,8	7,9	12,17	14,37	14,6	8.00
U	2,8	0,7	1,2	<LD	0,4	1,5	2,2	1,262	1,584	–	–
V	84	114	112	57	98	141	85	86,85	156,6	–	–
W	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	< L.D.	< L.D.	–	–
Zr	203,8	279,4	178,9	157,9	308,1	183,3	264,8	179,6	250,6	210	156
Y	23,2	20,2	20,6	1,7	14,9	18,1	18,4	9,383	20,65	–	–
La	50,3	31,2	25,3	12,2	36,5	34	29,4	31,62	44,92	38	32
Ce	110,8	60,8	48,5	19,9	59,5	69,2	56,4	62,76	92,82	80	68
Pr	14,25	7,28	5,98	1,99	5,73	8,5	6,73	7,267	11	8,9	–
Nd	59	28	23	7,2	18,2	32,6	25,1	27,2	42,28	32	29
Sm	11,75	5,1	4,52	0,87	2,36	6,44	4,76	4,988	8,088	5,6	5,6
Eu	1,94	1,33	1,41	0,7	1,19	1,16	1,18	1,218	1,459	1,1	1,2
Gd	10,24	4,3	4,22	0,61	2,01	6,01	3,8	3,45	6,151	4,7	4,54
Tb	1,22	0,62	0,65	0,07	0,35	0,86	0,58	0,425	0,81	0,77	0,66
Dy	5,53	3,58	3,93	0,32	2,15	3,84	3,06	2,071	4,209	4,4	–
Ho	0,83	0,81	0,83	0,05	0,56	0,76	0,7	0,339	0,746	1	–
Er	1,87	2,39	2,44	0,21	1,79	1,77	1,92	0,841	1,999	2,9	–
Tm	0,29	0,33	0,36	0,02	0,31	0,22	0,29	0,102	0,273	0,4	–
Yb	1,83	2,38	2,42	0,21	2,08	1,33	1,95	0,636	1,753	2,8	1,8

Lu	0,24	0,38	0,38	0,04	0,35	0,19	0,29	0,103	0,286	0,43	0,29
Mo	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1	0,3	0,2	< L.D.	0,46	–	–
Cu	43,3	7,7	47	79,9	14,3	6,9	86,6	66,3	91,89	–	–
Pb	2,7	2,2	3,5	2,2	2,4	3,2	4,5	17,1606	15,5713	–	–
Zn	52	45	45	43	32	70	40	68,48	124,8	–	–
Ni	78,2	51,5	54,3	43,1	36,5	76,8	41	47,46	107,1	–	–
Tl	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	<LD	<LD	–	–
Eu/Eu*	0,55	0,88	1,00	2,97	1,69	0,58	0,86	0,91	0,64	0,64	0,71
Ce/Ce*	0,97	0,95	0,93	0,95	0,97	0,96	0,94	0,97	0,98	1,02	1,05
La/Yb	18,15	8,66	6,90	38,36	11,59	16,88	9,96	32,83	16,92	9,16	12
La/Sm	2,61	3,73	3,41	8,55	9,43	3,22	3,76	3,86	3,39	4,14	3,48
Gd/Yb	4,49	1,45	1,40	2,33	0,78	3,63	1,56	4,36	2,82	1,36	2,04

PAAS : Post-Archean average Shale (Nance & Taylor, 1976 [25]); EP GREY: Average chemical composition of Early Proterozoic Greywackes (Condie, 1993 [26])

Les échantillons de paragneiss des secteurs étudiés présentent un intervalle de composition en SiO_2 compris entre 60,13 et 72,9% et en Al_2O_3 entre 12,04 et 19,11%. Comme le montre le diagramme discriminant $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ en fonction de MgO/CaO de Wenner (1987), [38], toutes les roches analysées ont des rapports $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ faible et des rapports MgO/CaO variables et tombent toutes dans le champ des roches d'origine sédimentaires (Fig. 4). Dans le diagramme de classification $\log \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ en fonction de $\log \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de Herron (1988) [39], les paragneiss sont principalement dans le champ des compositions de grauwaques (Fig. 5a). Des résultats conformes sont obtenus en utilisant le diagramme de Moine et la Roche (1968), [40] (Fig. 5b). Les teneurs faibles en Calcium et magnésium sont indicatrices d'une absence de carbonate dans les précurseurs des métasédiments. Le rapport de discrimination empirique $100\text{TiO}_2/\text{Zr}$ (wt %/ppm) basé sur des métaux de transition (Ti) et HFSE (Zr), qui sont considérés comme ayant un comportement immobile lors du métamorphisme, est inférieur à 0,4 pour la majorité des paragneiss du domaine SASCA. Cela suggère que les paragneiss sont composés de matériel psammitique d'origine clastique (Abu EL-Enen, 2011 [32]).

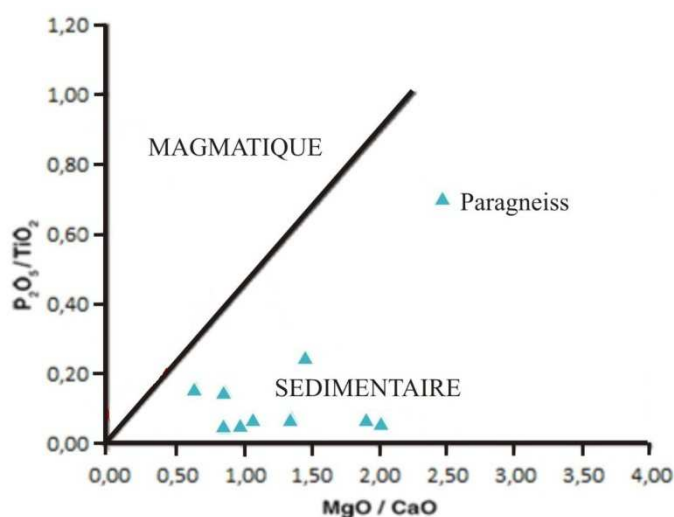


Figure 4 : Diagramme MgO/CaO en fonction $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ de Wenner (1987), [38] appliqué au paragneiss du domaine SASCA.

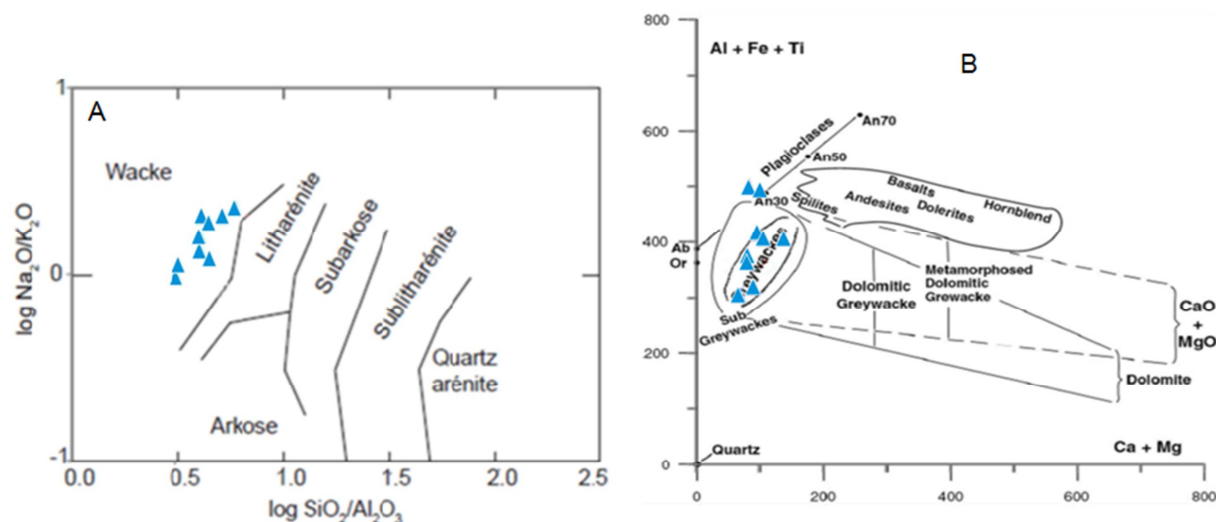


Figure 5. : A) Diagramme de Herron, (1988), [39] et B) Diagramme de Moine et La Roche (1968), [40] appliqués aux paragneiss du domaine SASCA.

Les spectres de terres rares (Fig. 6) de quatre échantillons représentatifs des paragneiss du domaine SASCA ont été comparés au PAAS : Post-Archean average Australian Shale de Nance et Taylor (1976) [25], ainsi qu'au EP GREY : Average Chemical Composition of Early Protérozoïque Greywackes de Condie (1993) [26]. Ces échantillons montrent un fractionnement LREE / HREE modéré de $(La/Yb)_N=6,90-16,92$, un spectre plat des terres rares lourde HREE, $(Gd/Yb)_N=1,40-2,82$ et des anomalies négatives en europium à amplitude faible. Les caractéristiques de ces paragneiss sont similaires à ceux du PAAS et à l'EP GREY, fournissant ainsi des preuves supplémentaires quant à la composition pélitique et semipélitique des paragneiss du domaine SASCA. De plus les valeurs des rapports Eu/Eu^* et Gd_N/Yb_N sont dans l'intervalle des valeurs ($Eu/Eu^*>0,7$; $Gd_N/Yb_N>1,0$) trouvé dans des métasédiments archéens par McLennan et Taylor (1991), [41] et McLennan et al., (1995), [42] (Fig. 7).

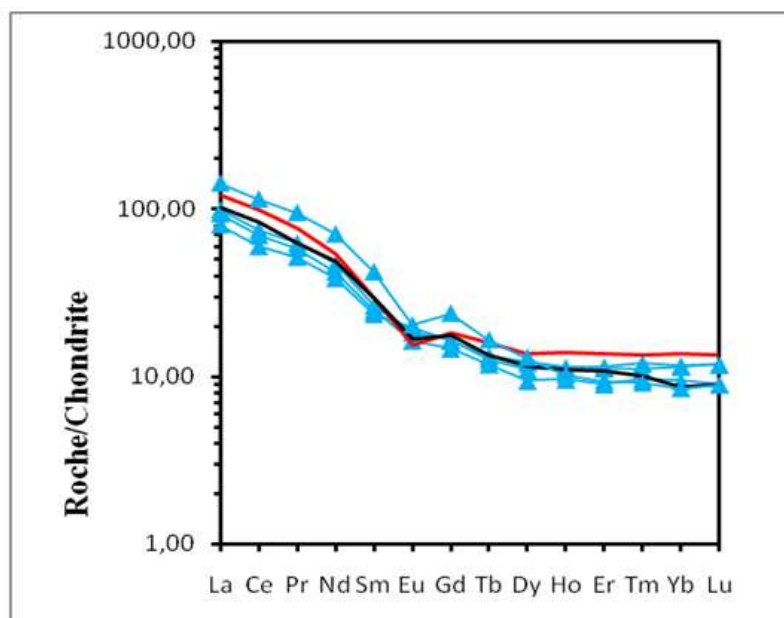


Figure 6 : Spectre des terres rares normalisé a la chondrite appliqué aux paragneiss du domaine SASCA, aux PAAS et aux EP GREY.

Triangle bleu représente les paragneiss. Ligne rouge représente EP GREY et noir le PAAS.

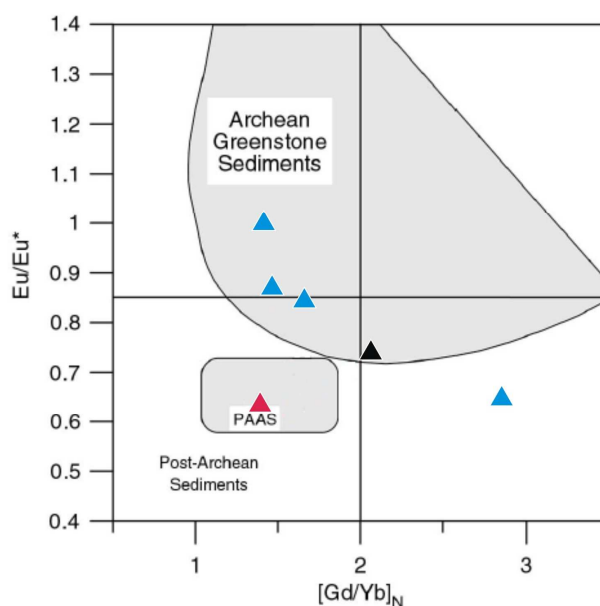


Figure 7 : Diagramme Eu/Eu^* versus $(Gd/Yb)_N$ de McLennan & Taylor, (1991), [41], modifié par McLennan et al., (1995), [42] appliqué aux paragneiss du domaine SASCA.

Triangle bleu représente les paragneiss, le rouge le PAAS et le noir l'EP GREY.

Pour connaître la provenance (source) des paragneiss du domaine SASCA, ils ont été reportés dans le diagramme $MgO-K_2O-Na_2O$ de De la Roche (1965), [43], (Fig. 8a) et le diagramme discriminant de Roser et Korsch (1988), [44], (Fig. 8b). La majorité des données des métasédiments tombent dans un champ qui indique principalement une source de roche intermédiaire (granodiorite), mais n'exclut pas un mélange avec les sources felsique (granite) et mafique (diorite). Les paragneiss étudiés ont été mis en place dans un environnement de marge continentale active et des arcs insulaires continentaux comme le montre le diagramme de Roser et Korsch (1986), [45] (Fig. 9a) et le diagramme ternaire $CaO-Na_2O-K_2O$ (Fig. 9b).

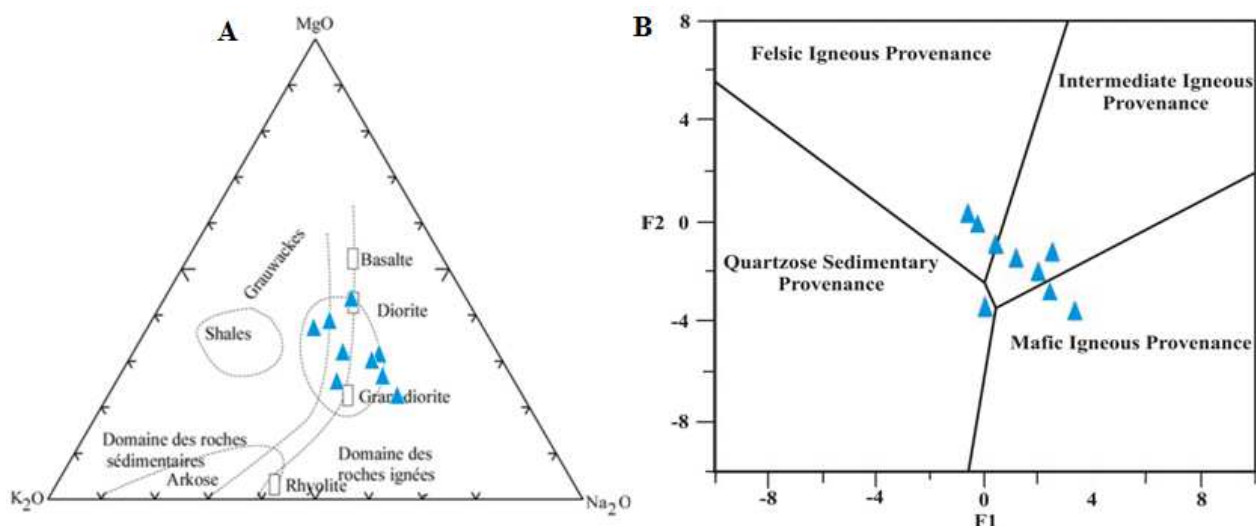


Figure 8 : A) Diagramme $MgO-K_2O-Na_2O$ De la Roche (1965), [43] et B) Diagramme discriminant de Roser & Korsch (1988), [44] indiquant une source ignée des paragneiss du domaine SASCA.

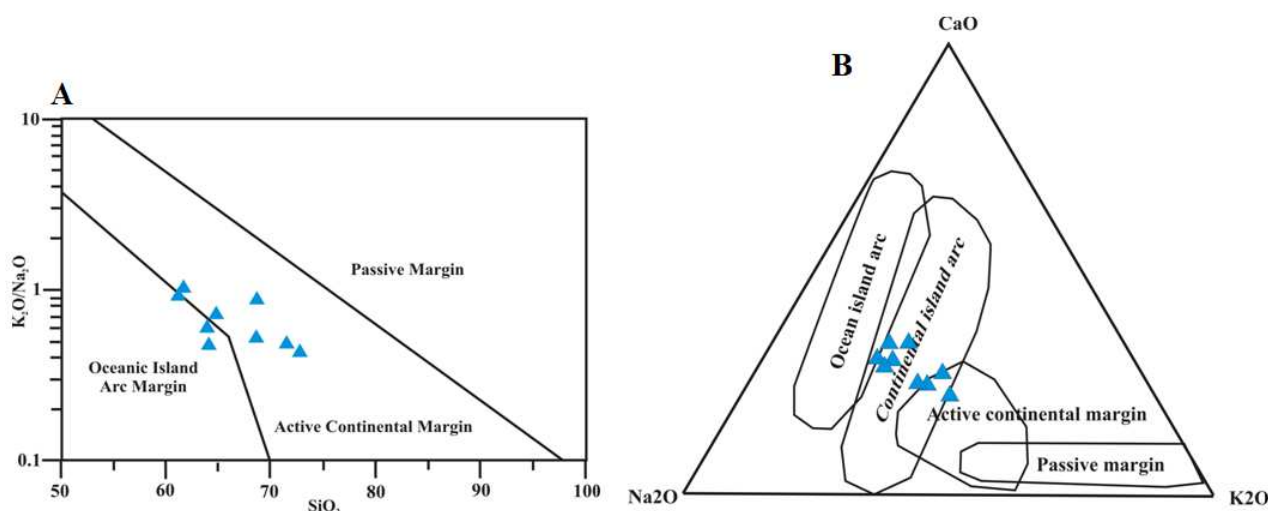


Figure 9: A) Diagramme de Roser & Korsch (1986), [45] et B) Diagramme ternaire CaO-Na₂O-K₂O appliqués aux paragneiss du domaine SASCA.

5 DISCUSSION

5.1 CARACTERE PETROGRAPHIQUE ET GEOCHIMIQUE DES PARAGNEISS

Les paragneiss des secteurs (Tabou et Grand Béréby) étudiés dans le domaine SASCA sont fortement rubannés et caractérisés par la présence de grenats ; de sillimanites et de cordiérites. Cet assemblage minéralogique est caractéristique d'un métamorphisme de haut grade à faciès granulite (Silva et al., 2014 [37] ; Block et al., 2015 [10], 2016 [11]). Contrairement aux micaschistes de Kounoukou qui appartiennent à un métamorphisme de bas grade, avec un faciès schiste vert à amphibolite (Papon, 1973 [7] ; Bard et Lemoine 1976 [23]) et aux métasédiments d'Agbahou dans le sillon de Fettékro (Houssou, 2013 [46]). Ces paragneiss sont formés de grauwaque et se sont mis en place dans un environnement de marge continentale active et d'arcs insulaire continentaux, tout comme les métasédiments d'Agbahou dans le sillon de Fettékro (Houssou, 2013 [46]) et les paragneiss de la Granja au nord est du Brésil (Silva et al., 2014 [37]).

5.2 CARACTERE ARCHAÏQUE DES PARAGNEISS BIRIMINIENS

Les paragneiss du domaine SASCA (sud-ouest de la Côte d'Ivoire) qui font l'objet de cette étude ont un faciès granulitique eu égard à leurs caractéristiques pétrographiques avec la présence de grenats et de sillimanites qui appartiennent généralement au domaine de haut grade de métamorphisme (Camil, 1981 [1] ; 1984, Silva et al., 2014 [37] ; Block, 2015 [10], 2016 [11]) . De plus les spectres de terres rares des paragneiss sont similaires aux EP GREY : Average Chemical Composition of Early Protérozoïque Greywackes de Condie (1993), [26] et ont en plus des valeurs des rapports Eu/Eu^* et Gd_N/Yb_N situées dans l'intervalle des valeurs ($Eu/Eu^* > 0,7$; $Gd_N/Yb_N > 1,0$) trouvé dans des métasédiments archéens par McLennan et Taylor (1991), [41] et McLennan et al., (1995), [42]. L'existence de reliques archéennes (3,2 Ga) dans le domaine SASCA (Kouamelan, 1996 [3] ; Kouamelan et al., 1997 [4] et 2015 [8]) est en accord avec ce résultat. Nos résultats montrent bien que les paragneiss des secteurs étudiés proviendraient de la désagrégation des orthogneiss du domaine SASCA qui sont exposés et adjacents aux paragneiss.

6 CONCLUSION

La caractérisation des formations des secteurs de Tabou et de Grand-Béréby (Domaine SASCA, Dorsale de Man) a permis de mettre en évidence des gneiss paradérivés (paragneiss) contenant du grenat, de la sillimanite et de la cordiérite dans leur minéralogie. Les données géochimiques suggèrent que les paragneiss seraient composés de grauwaques et pourraient avoir résulté de l'érosion des orthogneiss du domaine SASCA. La mise en place des paragneiss se serait produite dans un environnement tectonique de marge continentale active et / ou d'arcs insulaire continental. Ces paragneiss sont pour certains des métasédiments archéens. Ce résultat indiquerait l'incorporation de croûte archéenne dans les magmas des

protolithes des orthogneiss du domaine SASCA précurseurs des paragneiss, en accord avec l'existence de reliques préalablement datés à 3,2 Ga.

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet de thèse ayant bénéficié du soutien financier de l'UFR des sciences de la terre et des ressources minières, du GET (Géosciences Environnement Toulouse), de WAXI (West Africa Exploration Initiative) et de T2GEM.

REFERENCES

- [1] Camil J., (1981): Un exemple de métamorphisme prograde de la base du faciès des amphibolites au faciès des granulites dans la région de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). C. R. Acad. Sci. Paris.
- [2] Camil J., (1984) : Pétrographie, Chronologie des ensembles granulitiques Archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire). Implication pour l'histoire géologique du Craton Ouest-Africain. PhD thesis, Abidjan, 306 p.
- [3] Kouamelan A. N., (1996) : Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire, implication pour la transition Archéen-Protérozoïque. Mém. Géosciences Rennes, 73, 289 p.
- [4] Kouamelan A. N., Peucat, J.-J., Delor, C., (1997) : Reliques archéennes (3.15 Ga) au sein du magmatisme birimien (2.1 Ga) de Côte d'Ivoire, craton ouest-africain. C. R. l'Académie Sci. Paris 324, 719–727.
- [5] Abouchami W., Boher M., Michard A. and Albarede F., (1990): A major 2,1 Ga event of mafic magmatism in West Africa: An early stage of crustal accretion. J. Geophys. Res., 95(11): 17605-17629.
- [6] Boher M., Abouchami W., Michard A., Albarède F. and Arndt N. T., (1992): Crustal growth in West Africa at 2,1 Ga. J. Geophys. Res., 97 (B1): 345-369.
- [7] Papon, A., (1973): Géologie et minéralisations du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Mémoire du BRGM, vol. 80, 284 p.
- [8] Kouamelan A.N., Djro, S.C., Allialy, M.E., Paquette, J.L, Peucat, J.-J., (2015) : The oldest rock of Ivory Coast. Journal of African Earth Sciences 103 (2015) 65-70.
- [9] Ganne J., DE Andrade V., Weinberg R., Vidal O., Dubacq B., Kagambega N., Naba S., Baratoux L., Jessell M., and Allibon J., (2011): Modern-style plate subduction preserved in the palaeoproterozoic west african craton. Nature geoscience, 5(1): 60–65.
- [10] Block S., Ganne J., Baratoux L., Zeh A., Parra-Avila L. A., Jessell M. W., Aillères L., Siebenaller L., (2015) : Petrological and geochronological constraints on lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton. Journal of Metamorphic Geology, 33-5, 463-494.
- [11] Block S, Jessell, M.W., Aillères, L., Baratoux, L., Bruguier, O., Zeh, A., Bosch, D., Caby, R., Mensah, E. (2016): Lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton: Interplay of coeval contractional deformation and extensional gravitational collapse. Precambrian Research 274, 82-109.
- [12] Junner N.R., (1840): Geology of the Gold Coast and western Togoland. Bull. Gold Coast Geol. Surv.No.11.
- [13] Taylor P.N., Moor bath, S., Leube, A., Hirdes, W., (1992): Early Proterozoic crustal evolution in the Birimian of Ghana: constraints from geochronology and isotope geochemistry. Precamb. Res. 56, 97–111.
- [14] Pawlig S., Gueye, M., Klischies, R., Schwarz, S., Wemmer, K., Siegesmund, S., (2006) : Geochemical and Sr–Nd isotopic data on the Birimian of the Kedougou-Kenieba Inlier (Eastern Senegal): implications on the Palaeoproterozoic evolution of the West African Craton. S. Afr. J. Geol. 109, 411–427.
- [15] TAGINI B., (1971): Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale. Thèse Univ. Lausanne. Bull. SODEMI, Abidjan, 5: 302 p.
- [16] Arnould M., (1961): Monographie des massifs de migmatites et de granites Précambrien du nord est de la Côte d'Ivoire et de la Haute Volta méridionale, Mem. BRGM ,3, 174 p.
- [17] Kesser G.O., (1986): Les formations birimiennes en Afrique de 1' Ouest. The Birimian system in Ghana, Publ. CIEEG, 1986/10, p. 7-29.
- [18] Milesi J. P., Feybesse J. L., Ledru P., Dommanget A., Ouédraogo M.F., Marcoux E., Prost A. E., Vinchon C., Sylvain J. P., Johan V., Tegye M., Calvez J. Y. and Lagny P., (1989): Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. Chron. Rech. Min. France, 497: 3-98.
- [19] Debat P., Nikiema S., Mercier A., Lompo M., Beziat D., Bourges F., Roddaz M., Salvi S., Tollon F., Wenmenga U., (2003): A new metamorphic constraint for the Eburnean orogeny from Paleoproterozoic formations of the Man shield (Aribinda and Tampelga countries, Burkina Faso). Precambrian Research 123 (1):47-65.

- [20] Siméon Y., Delor, C., Vidal, M., Chiron, J.C. & Zeade J. (1992): Mise en évidence d'un épisode tectonique tardi-éburnéen en Côte d'Ivoire. 13e RST, Toulouse, Abstr., Publ. Soc. Géol. Fr., p.142.
- [21] Delor, C., Simeon, Y. and Vidal, M. (1992): Peri-plutonic gravity driven deformations and transcurrent tectonic between 2.2 and 2.1 by: a case from the birimian cycle in Ivory Coast 8° EUG, Strasbourg, France, 102 p.
- [22] Yace I. (1982): Etude géologique du volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettekro. Ministère des mines, République de la Côte d'Ivoire, 156 p.
- [23] Bard J. P. et Lemoine S., (1976) : Phases tectoniques superposées dans les métasédiments précambriens du domaine côtier occidental de la Côte d'Ivoire. *Precambrian Research*, 3: 209-229.
- [24] Ransay J. G. et Huber M. I., (1984): The techniques of modern Structural Geology: Strain Analyses (Paper back). Academic Press, 307 p.
- [25] Nance W. B. and Taylor S. R., (1976): Rare-Earth Element Patterns and Crustal Evolution, Australian Post-Archean Sedimentary-Rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40: 1539-1551.
- [26] Condie K. C., (1993): Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples, 293: 513-518. and shales. *Chemical Geology*, 104: 1-37.
- [27] Martin H., (1987): Petrogenesis of Archean Trondhjemites, Tonalites, and Granodiorites from Eastern Finland: major and trace elements geochemistry. *Journal of Petrology* 28, 921-953.
- [28] Martin H., (1994): The Archean grey gneisses and the genesis of continental crust. In: Condie K.C. (editor), *Archean crustal evolution. Developments in Precambrian Geology* 11, 205-260.
- [29] Otamendi, J.E. & Patiño Douce, A.E. (2001): Partial melting of aluminous metagreywackes in the Northern Sierra de Comechingones, Central Argentina. *Journal of Petrology*, 42: 1751-1772.
- [30] AUGUSTSSON, C., BAHLBURG, H. (2003): Active or passive continental margin? Geochemical and Nd isotope constraints of metasediments in the backstop of a pre-Andean accretionary wedge in southernmost Chile (46°30'-48°30'S). In: *Tracing Tectonic Deformation Using the Sedimentary Record* (McCann, T. & Saintot, A.; Eds.), Geological Society, London, Special Publications, 208: 253-268.
- [31] Abu El-Enen, M.M. (2008): Geochemistry and metamorphism of the Pan-African back-arc Malhaq volcano-sedimentary Neoproterozoic association, W. Kid area, SE Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 51: 189-206.
- [32] Abu El-Enen, M.M. (2011): Geochemistry, provenance, and metamorphic evolution of Gabal Samra Neo-proterozoic metapelites, Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 59: 269-282.
- [33] Moyen J. F. and Martin H., (2012): Forty years of TTG research. *Lithos* 148, 312-336.
- [34] Peucat J.J., Capdevila, R., Drareni, A., Mahdjoub, Y., Kahoui, M., (2005): The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt: petrology, geochemistry and geochronology. *Precamb. Res.* 136, 309-352.
- [35] Doumbia S., Pouclet, A., Kouamelan, A., Peucat, J.P., Vidal, M., Delor, C., (1998) : Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Palaeoproterozoic) granitoids in Central Côte-d'Ivoire, West-Africa: geochemistry and geochronology. *Precamb. Res.* 87, 33-63.
- [36] Gasquet D., Barbey, P., Adou, M., Paquette, J.L., (2003) : Structure, Sr-Nd isotope geochemistry and zircon U-Pb geochronology of the granitoids of Dabakala area (Côte d'Ivoire): evidence for a 2.3 Ga crustal growth event in the Palaeoproterozoic of West Africa? *Precamb. Res.* 127, 329-354.
- [37] Silva A. J. F., Azevedo M. R., Aguad Valle B., Nogueira Neto J. A, Santos T. J. S, Silva F. D. O., (2014): Petrographical and geochemical signatures of the Granja paragneisses (Médio Coreau Domain, NW Ceará, Brasil), *Estudios Geológicos* Juliodiciembre 2014, 70 (2), e014 ; ISSN-L:0367-0449 doi.
- [38] Werner C. D., (1987): Saxonian granulites: a contribution to the geochemical diagnosis of original rocks in high-metamorphic complexes. *Gerlands Beitrage zur Geophysik*, 96: 271-290.
- [39] Herron M. M., (1988): Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sed. Petrol.* 58: 820-829.
- [40] Moine B. and LA Roche, H., (1968): Nouvelle approche du problème d'origine des amphibolites à partir de leur composition chimique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 267: 2084-2087.
- [41] McLennan S. M. and Taylor S. R., (1991): Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trends. *J. Geol.* 99, 1-21.
- [42] McLennan S. M.; Hemming S. R.; Taylor S. R. and Eriksson K. A., (1995): Early Proterozoic crustal evolution: Geochemical and Nd-Pb isotopic evidence from metasedimentary rocks, southwestern North America. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 1153-1177.
- [43] DE LA Roche H., (1968): Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations volcaniques et sédimentaires: un guide pour l'étude des formations métamorphiques et plutoniques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 267: 39-42.

- [44] Roser B. P. and Korsch R. J., (1988): Provenance Signatures of Sandstone-Mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, 67: 119–139.
- [45] Roser B. P. and Korsch R.J., (1986): Discrimination of tectonic setting of sandstonemudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, 94: 635–650.
- [46] Houssou N. N., (2013): Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat. Université Félix Houphouët-Boigny. 176 P.

Perception and knowledge of the production and the merchandising of *Ablo*, a cereal food fermented of Benin

Jultesse S. B. BANON¹, Innocent YAOU BOKOSSA¹, Célestin C. K. TCHEKESSI¹, Pivot SACHI¹, Anayce DJOGBE¹, Roseline BLEOUSSI¹, and Guy Apollinaire MENSAH²

¹Unit of Research in Sanitary Safety of Food (URSSA), Laboratory of Microbiology and Food Technologies (LA.MI.T.A), Department of Plant Biology, Faculty of Sciences and Technics (FAST), University of Abomey-Calavi (UAC), Benin

²National institute of the Agricultural Research of Benin (INRAB), 01 BP 884 principal receipt, Cotonou 01, Benin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The *Ablo* is a cereal product fermented. It is considered like humid, slightly salty and sugary bread, cooked steam and sold under shape of wads. The objective of the survey is to have present quantitative and qualitative data on the production and the merchandising of *Ablo* in Benin. The methodology adopted consist to do an investigation of land in some townships of the center (Abomey, Bohicon, Covè) and of the south (Abomey-Calavi, Comè, Cotonou) Benin by the producers and sellers of *Ablo*. The results of our investigations showed that the production and the sale of *Ablo* is exclusively an activity feminine, casual, economically profitable and constitute a source of employment. It generates incomes and allows the producers and sellers to face their daily needs including those of their families. The *Ablo* is prepared mainly from the corn and rice and is consumed alone or accompanied of pimento or frying with fried fish or of the fried meat.

KEYWORDS: *Ablo*, merchandising, Benin, informal, socio-economy.

1 INTRODUCTION

The cereals (corn (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum bicolor*), rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum spp*) and millet (*Pennisetum spp.*)) make integral part of the food tradition of the peoples of Africa, in particular of Benin. They are used alone or in combination, sometimes in substitution in numerous traditional culinary preparations. Indeed, in the big city of Benin, the tendency to the combination or to the substitution of the cereals keys many traditional foods as Gowé, Akpan, *Ablo* ... [1].

Ablo, slightly sugary humid bread, produce from the dough fermented of corn or rice, procure substantial income to the transforming women ([2]; [3]). This humid bread in the shape of wad is very consumed in Benin, especially in the big city ([4]; [5]; [6]; [7]; [8]).

The sector of the traditional transformation of the food commodity plays a strategic role in the national food security by the transformation of the local product; the food provision by the preparation of food locally known on the cultural plan and the use of the women of which the transformation of foods being their main source of income in the urban zone [9].

The daily income generated by the trade of street food rose to an amount between 1500 and 15 000 francs CFA by seller [10]. The contemporary life style is very distant of what made itself in the past. Thus, hurried by the time, the increase of the number of unmarried people, mono-parent family and women that works, drove to deep changing in the preparation of food and the habit of consumption.

The sector of the street food takes a dimension however all particular in the African urban center where the fast urbanization and the economic difficulty encouraged the increase of the number of seller of food on the public way [11].

However, it is a sector of activity implying important add money and supplier of job to a large proportion of the population, including women and the whole family ([12]; [13]; [14]).

The survey initiated to collect present information relative to the production and to the merchandising of *Ablo*. It has for objective to have quantitative and qualitative data on the production and the merchandising of *Ablo* in Benin.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

The investigations have been done in some townships of the center (Abomey, Bohicon and Covè) and of the south (Abomey-Calavi, Comè and Cotonou) Benin by the producers and sellers of *Ablo* with the help of a questionnaire integrating questions of orders sociocultural, technological and economic. The figure 1 above presents the positioning of the investigation zones on the card of Benin.

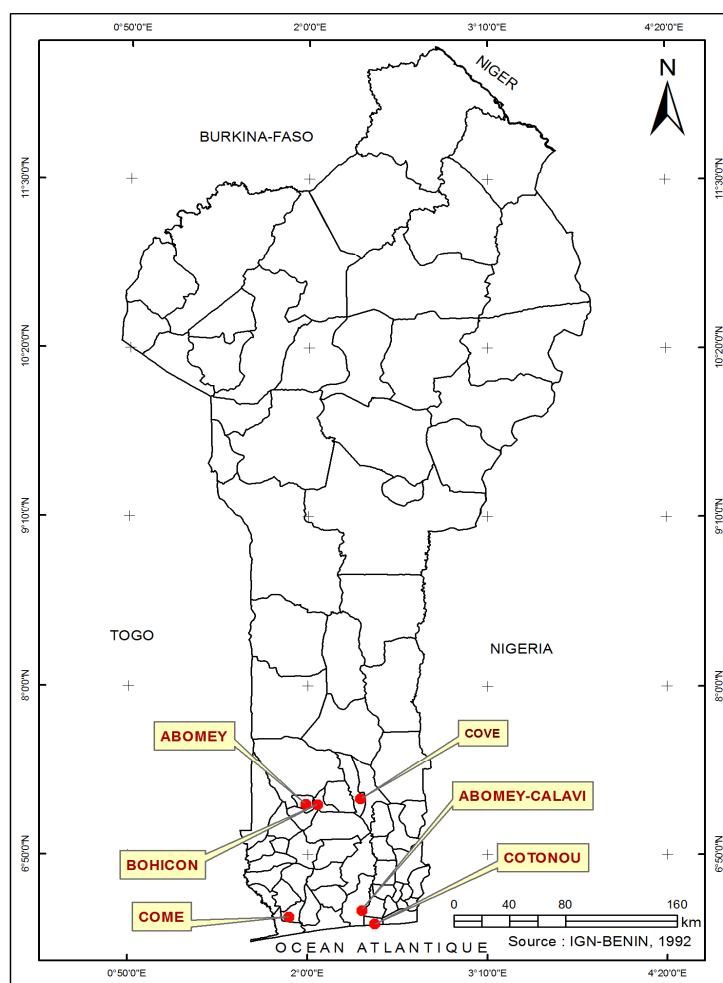


Fig.1. Card of positioning of the investigation zones

2.2 METHODS

2.2.1 SAMPLING OF THE INVESTIGATIONS

The adopted methodology has been centered on investigations of land that took place mainly in four phases under shape of semi - structured interviews on the base of a questionnaire. The four phases were the following: the exploratory phase, the phase of sampling, the phase of collection of the data and the phase of analysis of the data. The number of them investigated has been determined from the formula of [15]:

$$N = U_{1-\alpha/2}^2 \times \frac{pi(1-pi)}{d^2}$$

N : size of the sample

pi : proportion of transforming " specific n " by type of data on the whole " NT " of the actors of the path (pi = n/nT)

d : margin of the mistake fixed to 5%.

U_{1-α/2}: value (1,96) of the normal law table for a line of confidence of 95%.

The size of the sample gotten was of 159 actors of which 114 producers and 45 sellers. The proportion of the producers and sellers investigated by township is indicated in the table 1.

Table1. Distribution of respondents by municipality

Municipa-lity	Population	Number of women	Rate of poll	Number of producers	Number of sellers	Percent-age of respon-dents
Abomey	92 825	47 990	0.05	6	2	5.03
Abomey-Calavi	655 965	334 003	0.38	42	17	37.17
Bohicon	170 604	89 474	0.10	11	5	10.06
Comè	79 665	41 407	0.05	6	2	5.03
Cotonou	678 965	353 590	0.39	46	18	40.25
Covè	50 235	26 251	0.03	3	1	2.52
Total	1 728 166	892 715	1	114	45	100

Source: [16]

2.2.2 STATISTICAL ANALYSIS

The software Microsoft Excel XP has been used to do the descriptive statistics calculations. The software MINITAB served to analyze the data of investigation. The retained significance level is of 5% (p <0.05).

3 RESULTS

HISTORIC OF ABLO

Ablo is a dough fermented steam firing. Originally, the *Ablo* is prepared from the corn following a traditional process including a stage of spontaneous fermentation of the mixture gotten from the mawè and water. According to the producers and sellers, the *Ablo* is comparable to humid bread presenting a whitish color, a pleasant aroma and a sugary and slightly acidic flavor.

The original technology of production using the corn solely came of the Mina and of the Watchis from the departments of the Mono and the Couffo to the south of Benin. These populations are border of the neighboring Togo and transmitted thanks to the brewing the technology of production to the Togolese population.

Intended to consumption to the domestic scale in the worry to vary the dish, the *Ablo* became thereafter a commercial product. The merchandising influenced the evolution of the technology with the introduction of another raw material notably rice used like substituting partial or complete and of ingredients as salt, sugar, the flour of wheat and the yeast.

PERCEPTIONS OR KNOWLEDGE OF THE PRODUCTION AND THE MERCHANDISING OF THE ABLO

The figures 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 as well as the tables 2, 3, 4 and 5 present the socioeconomic and technological information below relative to the production and selling of the *Ablo*.

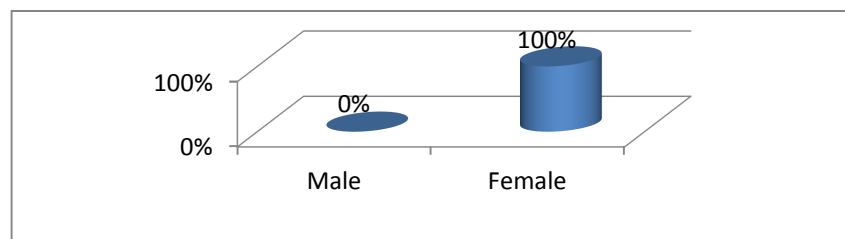


Fig.2. Diagram of distribution of producers and sellers according to sex

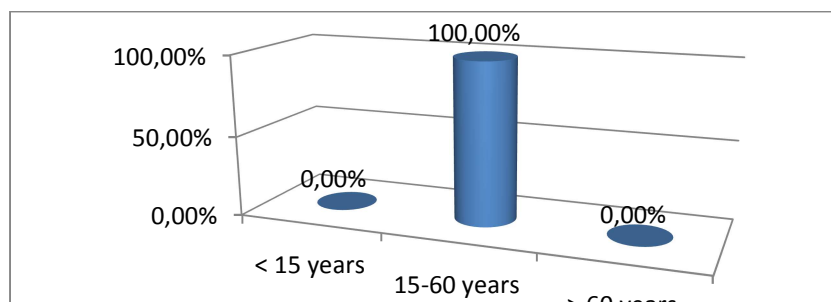


Fig.3. Diagram of distribution of producers and sellers according to age

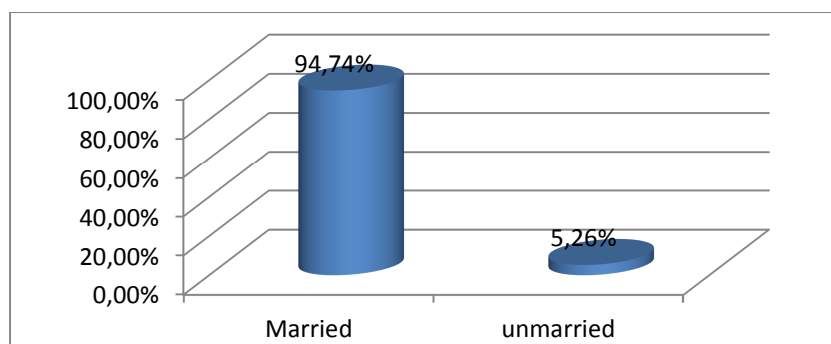


Fig.4. Diagram of distribution of producers and sellers according to their matrimonial situation

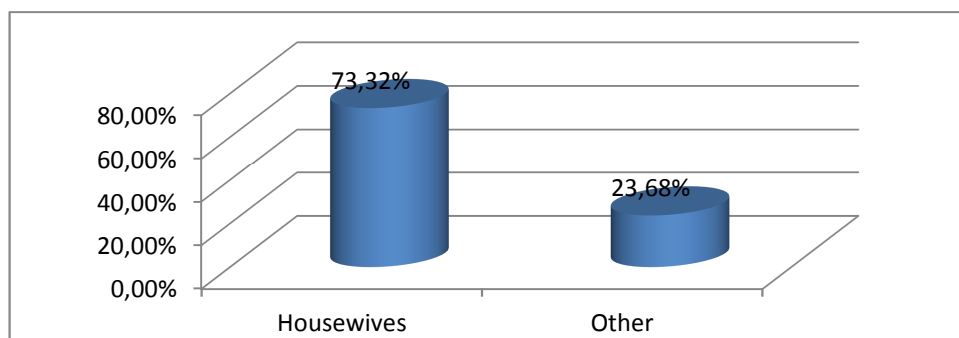


Fig.5. Diagram of distribution of producers and sellers according to their social status

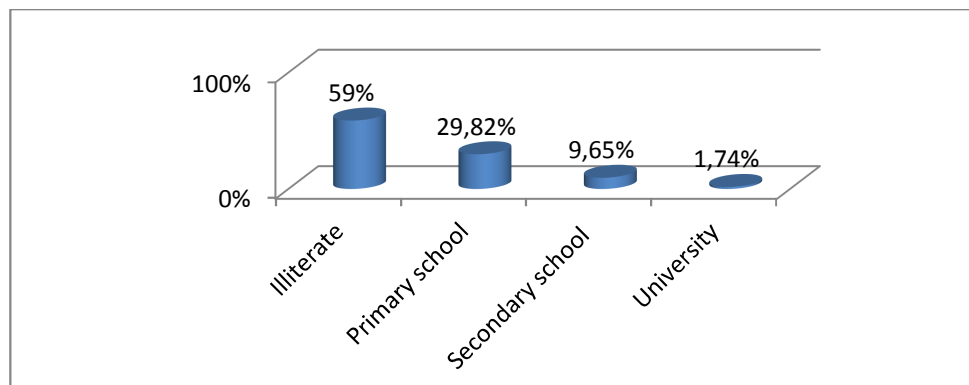


Fig.6. Diagram of distribution of producers and sellers according to education

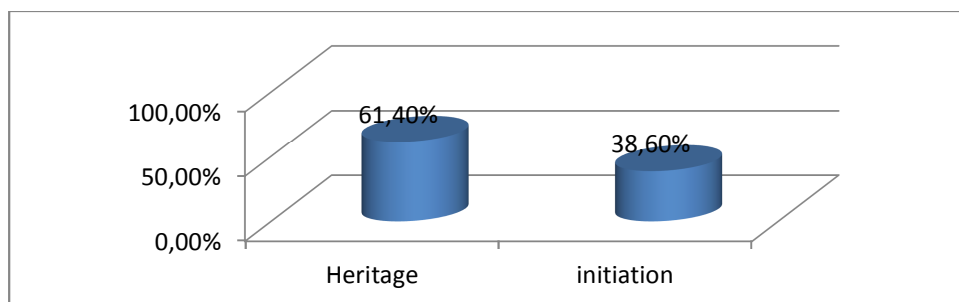


Fig.7. Diagram of distribution of producers and sellers according to the source of technology acquisition

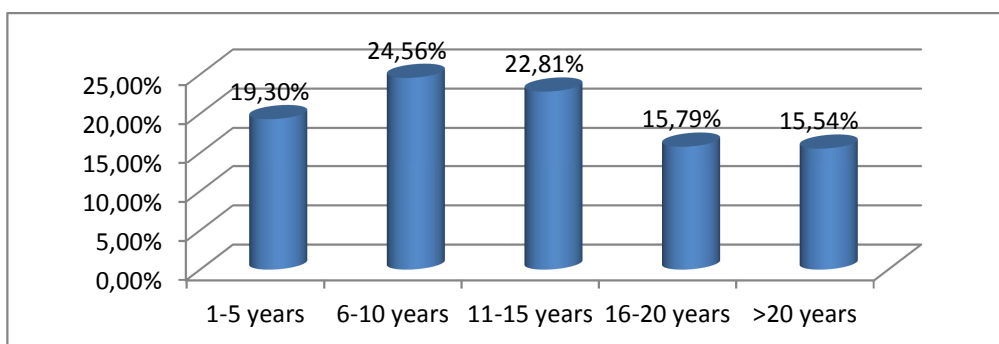


Fig.8. Diagram of distribution of producers and sellers according to their seniority

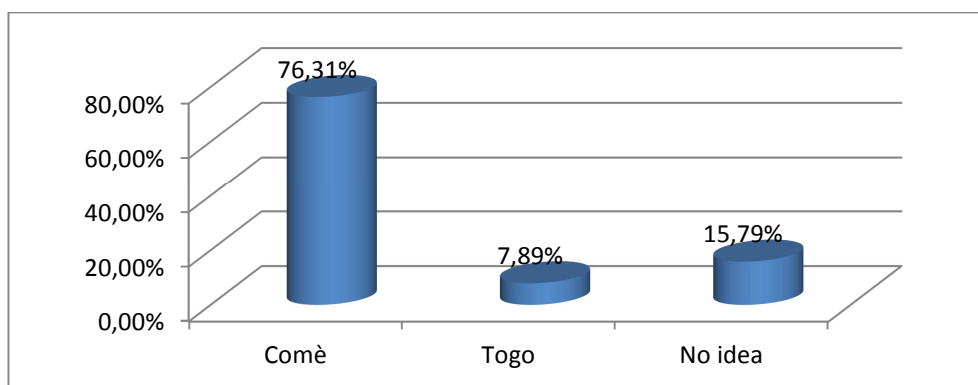


Fig.9. Diagram of distribution of producers and sellers according to origin of Ablo

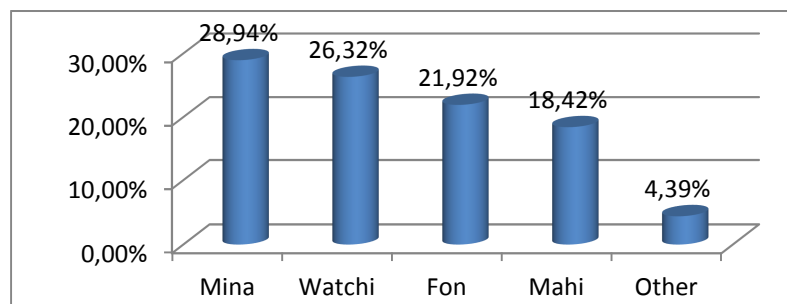


Fig.10. Diagram of distribution of producers and sellers according to their ethnic group

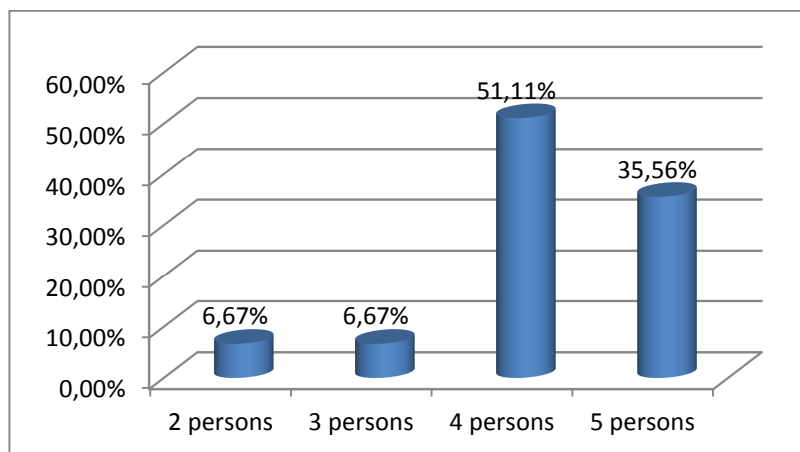


Fig.11. Diagram of distribution of producers and sellers according to their need in staff

Table2. Raw materials, ingredients, source of procurement, moment of production and of sale, number of production per week and the place of production in the different municipality

	Abomey	Abomey-Calavi	Bohicon	Comè	Cotonou	Covè
Raw materials	rice	rice	rice	maize	rice	maize
Ingrédients	flour of Wheat, yeast, Sugar and Salt	flour of wheat, yeast, sugar and salt	flour of wheat, yeast, sugar and salt	flour of wheat, yeast, sugar and salt	flour of wheat, yeast, sugar and salt	flour of wheat, yeast, sugar, salt and flour of rice sometime
Source of procurement	market	market	market	market	market	market
Moment of production and of sale	evening	evening	evening	morning and evening	evening	evening
Number of production per week	7	6 - 7	7	7	6 - 7	7

Table3. Type of sellers and of sale, place of sale, place of production, means of conservation and types of packing in the different municipality

	Abomey	Abomey-Calavi	Bohicon	Comè	Cotonou	Covè
Type of sellers and of sale	immobile	immobile	immobile	mobile	immobile	immobile
Place of sale	very close to the way	very close to the way	very close to the way	very close to the way	very close to the way	very close to the way
Place of production	very close to the way	very close to the way	very close to the way	at home	very close to the way	very close to the way
Means of conservation	icebox	icebox	icebox	sachet	icebox	icebox
Types of packing	tin	tin	tin	sachet or leaf	tin	tin

Table4. Length of production in hour, difficulty met in the activity of production and sale and the dish of accompaniment in the different municipality

	Abomey	Abomey-Calavi	Bohicon	Comè	Cotonou	Covè
Length of production in hour	5 – 6	5 – 6	5 – 6	7 – 8	5 – 6	7 – 8
Difficulty met in the activity of production and sale	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers and risk of accident	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers	heat of fire, conditioning, pressure of the consumers
Dish of accompaniment	pimento or frying whith fish or meat	pimento or frying whith fish or meat	pimento or frying whith fish or meat	pimento or frying whith fish or meat	pimento or frying whith fish or meat	pimento or frying whith fish or meat

Table5. Middle cost of production from one Kg of raw materials, middle weight of one ball, selling cost of one ball and daily profit means by producers and sellers in the different municipality

	Abomey	Abomey-Calavi	Bohicon	Comè	Cotonou	Covè
1	758,33 ^a ±49,16	800,60 ^a ±56,27	740 ^a ±43,69	950 ^b ±44,72	758 ^a ±49,20	650 ^a ±50
2	47,46 ^a ±3,39	55 ^a ±9,56	49,56 ^a ±6,29	59,82 ^b ±6,91	51,75 ^a ±2,5	46 ^a ±2,33
3	25	25	25	25	25	25
4	3250 ^a ±267,3	5441,2 ^b ±845,6	4500 ^b ±612,4	3050 ^a ±497,2	5638 ^b ±1011,8	2912,5 ^a ±339,9

The middle values carrying the same letters on the same line are not meaningfully different to the doorstep of 5%

1= Middle cost of production from one Kg of raw materials; 2= Middle weight of one ball; 3= selling cost of one ball; 4= Daily profit means by producers and sellers in the different municipality.

4 DISCUSSION

The results of investigation show that the production and selling of *Ablo* is an informal activity that is only exercised by women. They have an age between 15 and 60 years (Fig.2). Generally they are married women (94.74%), housewives (73.32%) and illiterate (59%). The producers and sellers investigated use the incomes descended of this activity to provide the elementary need and the family exigency. The majority of the producers and sellers are Mina (28.94%) and Watchi (26.32%). It is due to the fact that at the origin the *Ablo* was consumed on a domestic scale in the departments of the Mono and the Couffo where concentrated Mina and the Watchi. These results are compliant to those of ([17]; [12]; [13]).

The majority of the producers (61.40%) inherited the technology of their parents and accumulates of very long years of experience. what shows that the transmission of the technology is matrilinear. The presence in weak proportion (38.60%) but not negligible of producers having acquired the technology by initiation shows the socioeconomic interest of the *Ablo*. They produce lone way but affirm that they have a need in staff between 2 and 5 individuals (Fig.11). This solitude is due to the fact that they don't want to live the difficulties bound to the human management and especially financial.

The production and the sale are made very close to the ways in urban surroundings and on average six times per week (table2). The sale is stationary in the other cities outside of Comè where it is itinerant. This itinerant sale explains the fact that the potential client of these sellers is the travelers. These results are in accordance with those of [3].

The *Ablo* is preserved hot in iceboxes in urban surroundings and in sachet in Comè. This conservation hot explains itself by the behavior of the consumers who require that the product either hot.

The length of production varies between 5 and 6 hours in the city of Abomey, Abomey-Calavi, Bohicon and Cotonou and between 7 and 8 hours at Comè and Covè. It explains itself by the fact that the main raw material used is the corn at Comè and Covè and rice in the other city. Indeed, the use of the corn requires the preparation of the mawè, a long and laborious stage.

The producers and sellers of *Ablo* affirm that the difficulties are especially bound to the heat of fire at the time of cooking, to the conditioning, to the itinerant sale (Comè) and to the no mastery of the raw material. Some of these difficulties as the heat of fire and the itinerant sale explain the aged people absence (>60 years) of the circuit of production and sale.

The cost of production from one kilogramme of raw material varies between 650±50 francs CFA and 950±44.72 francs CFA. The middle weight of a ball of *Ablo* varies between 46±2.33 gramme and 59.82±6.91 gramme. The ball is sold to 25 francs CFA in all townships in spite of the meaningful difference noted to the level of its weight and the cost of production between some townships (table5). It explains itself by the worry of standardization of the selling price by the producers and the sellers.

The daily middle profit of the producers and sellers of *Ablo* varies between 2912.5±339.9 francs CFA and 5638±1011.8 francs CFAS (table5). These results are in accordance with those of [18] quoted by [14]) who showed that the daily incomes generated by the trade of street food in Benin rose to an amount between 1 500 francs CFA and 15 000 francs CFA. The meaningful difference noted between some city is not only owed to the status economic of these last but especially to the dishes of accompaniment. Indeed, the producers and sellers affirmed that the majority of the profits come on the whole from the sale on order of the promoters of feast and other festivities but also of the sale of fish, meat and frying.

5 CONCLUSION

The survey shows that the production and the sale of *Ablo* is an informal activity economically profitable and constitute a source of employment for the producers and sellers. It generates incomes and enables the producers and sellers to face their daily needs including those of their family. The two main raw materials are the corn and rice imported. The recourse to imported raw material (the white rice) can constitute a brake to the local agricultural product promotion. From then on, it is important to understand the real incentive of the producers to operate such change and to value the technological faculty of other local cereals for the production of *Ablo*.

REFERENCES

- [1] Agro, D. A., optimisation des conditions de fermentation de la pâte pour la préparation de l'ablo a base du riz. Mémoire de Master, soutenu à la FAST/UAC, 56 p, 2013.
- [2] Dossou J, Osseyie G, Kodjo F, Ahokpe K. et Odjo S.D.P., Evaluation des procédés traditionnels de production du ablo, un pain humide cuit à la vapeur, au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(3): 953-967, 2011.
- [3] Bokossa I. Y., Banon J. B. S, Tchekessi C. K. C., Dossou-Yovo P., Adeoti K. et Assogba E., Evaluation socio-économique de la production de *Ablo*, une pâte de maïs fermentée du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Numéro spécial, 35-40, 2013.
- [4] Ahoyo A. N. R., Djinadou A. K. A., Adégbola Y. P., Allagbe C.M., Gotoéchan M. H., Adjanohoun A. et Mensah G. A., Technologies améliorées de production, de conservation et de transformation du maïs existantes au Bénin. Résumé du document Technique et d'Information. MAEP/ProCAD/PPAAO/CNS-Maïs et INRAB/Bénin. 117 p. Dépôt légal N° 6947 du 04 novembre 2013, 4ème trimestre 2013, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 978 – 99919 – 1 - 612 – 5 En ligne (on line) sur le site web : <http://www.slire.net>, 2013.
- [5] Dansou V., Utilisation de variétés locales de riz pour la production de Ablo au Bénin. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception. Option : Génie de Technologie Alimentaire. Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi 77 p, 2013.
- [6] Houssou A.P., Dansou V. et Mensah G. A., Utilisation des variétés localement cultivées de riz pour la production du ablo au Bénin. Fiche Technique N° 2. Dépôt légal N° 7652 du 16/12/2014, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin – ISBN : 978 – 99919 – 0 – 262 – 3. 17 p, 2014.
- [7] Aboudou A., Akissoé N., Mestres C. et Hounhouigan D. J., Optimisation de la fermentation en milieu semi-solide pour la production d'ablo, pain cuit à la vapeur d'Afrique de l'ouest. Journal of Applied Biosciences 82:7469– 7480 ISSN 1997– 5902, 2014.
- [8] Houssou P., Dansou V., Agro A., Hounyèvou klotoé A. et Akissoé N., Mise au point et test d'un cuiseur à vapeur et d'un fermenteur pour la production du Ablo. Rapport d'activité projet 4/PPAAO/CNS-Maïs. 21 p, 2015.
- [9] Nago M. C. et Hounhouigan D. J., La technologie traditionnelle de transformation du maïs en pâte fermentée au Bénin. Rapport de recherche N°1, FSA-IRAT- CEE, 30 p, 1990.
- [10] FAO, Documents et rapports de projets sur le secteur informel de l'alimentation. FAO, Rome, Italie, 43 p, 1996.
- [11] FAO, Les Bonnes pratiques d'hygiène dans la préparation et la vente des aliments de rue en Afrique – outils pour la formation. FAO : Rome, 2007, 176 p, 2007.
- [12] Aholou-yeyi, A. M., Evaluation du système technique artisanal de production de *Ablo*, un pain cuit à la vapeur. Thèse. Ing. Agr, FSA/UAC, 61p, 2007.
- [13] Banon, S.B.J., Evolution de la flore microbienne au cours de la fermentation d'un produit alimentaire fermenté du Bénin : cas de *Ablo*. Mémoire de Master, soutenu à la FAST/UAC, 57 p, 2012.
- [14] Tchekessi C.K.C., Bokossa Yaou I., Hounkpatin G.J.F., Banon J., Adigun N., Sachi P., Agbangla C., Etude socio-économique et technologique de fabrication des boulettes de céréales pour la production d'une boisson fermentée de type probiotique consommée au Bénin. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 9(3), pp. 1323-1335, 2014.
- [15] Dagnelie P., Statistique théorique et appliqué. De Boeck et Larcier, Paris, vol. 2, 659 p, 1998.
- [16] INSAE .Résultats du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4), République du Bénin, 8 p, 2013.
- [17] Ahokpe, K. F., Valorisation des aliments traditionnels locaux : Evaluation des procédés traditionnels de préparation de *Ablo*, une pate fermentée cuite à la vapeur. Thes. Maît., FAST/UAC, 51P, 2005.
- [18] FAO, Promesses et défis du secteur alimentaire informel dans les pays en développement. FAO, Rome, Italie, 40 p, 2009.

MECANISME DE REPRESSION DE TAPAGES PERPETRES PAR LES EGLISES DITES DE REVEIL DANS LA VILLE DE GOMA : UNE MENACE A L'ORDRE PUBLIC, RD CONGO

[MECHANISM OF REPRESSION ATTACK BY THE TELL TAPAGES WAKE CHURCHES IN THE TOWN OF GOMA: A THREAT TO PUBLIC ORDER, RD CONGO]

Valentin MADIHANO MUNGU-IKO¹⁻²

¹Institut Supérieur Pédagogique de KALEHE, RD Congo

²Institut Supérieur de Management de Grands Lacs, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Congolese state by its constitution of February 18, 2016 in Articles 22 and 37 enshrines the rights free access to any person to express his faith through a church of their choice. However, this freedom is often badly exploited by the followers of these churches called awakening, the most involved in day length pray and sing ignoring the neighborhood that is to say the environment in which they operate. The sounds they produce are an inconvenience to others, which sounds prejudice to the environment. These uproars are often a source of conflict between the authors and the surrounding people often feel a pop, so that some people are forced to enter the judicial bodies or municipal authorities to stress the churches to reduce their noise or outright stop. But often these disputes are ongoing and the state fails to apply the rigor of the law in this matter against offenders. While CCCLIII Article 258 provides for penalties and compensation from the author of the unlawful act to benefit the victims of these uproars.

KEYWORDS: criminal liability, public liability, compensation, damage, noise.

RESUME: L'Etat congolais par sa constitution du 18 février 2016 à ses articles 22 et 37 consacre les droits libres accès à toute personne d'exprimer sa foi à travers une église de son choix. Cependant, cette liberté est souvent mal exploitée par les adeptes de ces églises dite de réveil dont la plus part à longueur de la journée prient et chantent ne tenant pas compte du voisinage c'est-à-dire de l'environnement dans lequel elles évoluent. Les bruits qu'elles produisent constituent un dérangement à autrui, lesquels bruits préjudicient à l'entourage. Ces tapages sont souvent source des conflits entre les auteurs et les personnes environnantes, qui se sentent souvent gêner, ce qui fait que certaines gens sont obligées de saisir les instances juridictionnelles ou les autorités municipales pour contraindre les églises de diminuer leurs bruits ou carrément de cesser. Mais souvent, ces différends sont permanents continuels et l'Etat n'arrive pas à appliquer la rigueur de la loi en cette matière à l'égard des contrevenants. Alors que le Code Civil Congolais Livre III à l'article 258 prévoit des sanctions et de réparation de la part de l'auteur de l'acte infractionnel au profit de la victime de ces tapages.

MOTS-CLEFS: responsabilité pénale, responsabilité civile, indemnisation, damage, nuisance sonore.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, la ville de Goma, capitale de la Province du Nord-Kivu, (RD Congo) offre un visage d'une ville « surchristianisée » à cause notamment de ses nombreuses assemblées de prières qui y pullulent. La lecture de ce

phénomène du Congo postcolonial requiert une approche par le bas, étant donné que plusieurs pratiques observées au sein de ces églises échappent à toute rationalité et donc à toute approche par le haut. La prolifération d'églises dites de réveil sur l'espace public à Goma prend de l'ampleur et semble constituée une menace à l'ordre public et aux libertés individuelles. Ces églises sont actuellement considérées comme des activités génératrices des revenus pour les initiateurs. Celles-ci constituent de micro-entreprises non négligeables à tel enseigne que, nombreuses personnes s'en donnent sans pour autant tenir compte de la réglementation et du respect des droits de tiers. Il n'est plus à démontrer que la multiplicité des églises de réveil qui pullulent et de fois concentrées dans des avenues, rues et quartiers de la ville de Goma deviennent une menace sérieuse à la santé des populations riveraines et à l'environnement de la ville de Goma.

Selon le rapport de la mairie, on dénombre plus de 350 églises¹ dans la ville de Goma et dont le nombre inquiète plus d'observateurs surtout qu'elles fonctionnent dans un environnement où il y a une proximité de la population de telle manière qu'on est tenté de savoir si l'Etat congolais devra continuer à délivrer les autorisations pour les nouveaux demandeurs.

Certes, la constitution de la République Démocratique du Congo du 18 Février 2006, consacre la liberté d'association et individuelle à son article 37 qui stipule que « *l'Etat garanti la liberté d'association, le pouvoir public collabore avec les associations qui contribuent au développement social, économique, intellectuel, moral et spirituel de la population et à l'éducation des citoyennes et citoyens* »². Cette collaboration peut revêtir la forme d'une subvention. La loi fixe les modalités d'exercices de cette liberté.

Face à cette disposition constitutionnelle, une cacophonie semble s'observer entre l'expression de la liberté et la jouissance de celle-ci, étant donné que dit-on « là où termine la liberté de l'un c'est là que commence le droit de l'autre ». Plusieurs personnes voisines d'églises dites de réveil se plaignent des bruits que provoquent ces structures. Il y a lieu de se demander qui a droit et qui ne l'a pas au regard de l'article 22 de la constitution qui stipule que « *Toute personne a droit à la liberté de pensée, de conscience et religion. Toute personne a le droit de manifester sa religion ou ses convictions, seule ou en groupe, tant en public qu'en privé par le culte, d'enseignement, les pratiques, l'accomplissement de rite et l'état de vie religieuse, sous réserve du respect de la loi, de l'ordre public, des bonnes mœurs et de droits d'autrui ...* »³. Cette liberté dont nous venons de faire allusion et dont jouissent ces églises de réveil est productrice des bruits sonores qui parviennent à gêner l'entourage et enfreindre la liberté d'autrui. Les sons et tapages que produisent ces structures nuisent aux libertés individuelles et collectives, ce qui engendre un malentendu entre les propriétaires et les victimes ; d'où l'intervention de l'Etat pour départager les deux camps. A cet effet, l'Etat devra s'interposer entre les deux parties pour porter solution aux différends qui les opposent. Bien sûr, les tapages sont dommageables à la vie humaines et à l'environnement d'où la réparation de dommage causé par l'auteur aux victimes.

La réparation qui est une indemnisation des victimes à travers la mise en œuvre de la responsabilité de l'auteur du dommage, est prévue à l'article 258 du code civil Congolais livre III « *Tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage exige celui par la faute du quel est arrivé à le réparer* »⁴. De ces droits individuels, l'Etat devra apparaître comme régulateur en vue de promouvoir les droits et libertés non conflictuels. Il serait malaisé d'affirmer que l'Etat congolais aurait répondu à ses obligations pour lutter contre les tapages perpétrés par des églises dites de réveil, vue la recrudescence de ces maisons ; surtout que même entre elles se nuisent. Lorsque l'on voit dans une même avenue deux, trois voire quatre églises, sur une distance d'au moins 50m. Il faudra un assainissement dans le secteur.

De tout ce que nous venons de souligner comme inquiétudes, il y a lieu de nous appesantir sur les questions ci-après :

- Quels sont les mécanismes de répression envisagés par l'Etat Congolais à l'encontre des auteurs des tapages dans la ville de Goma ?
- Comment procéder pour indemnisation des dommages causés par les auteurs du tapage que sont les églises de réveil ?

Les présupposés suivantes sont émises pour éclairer notre questionnement. Elle est aussi une supposition destinée à expliquer ou à prévoir des faits⁵.

¹ Rapport de la Mairie de Goma, année 2014

² Constitution de la République Démocratique du Congo du 18 Février 2006

³ . Idem

⁴ . Code civil Congolais livre III

⁵ . Le Petit Larousse, éd anniversaire de la sèmeuse 1890- 2010, P 515

- Il existerait le mécanisme de répression à l'encontre des tapages causés par les églises de réveil, mais qui est une loi spécial contenue dans l'ordonnance N°64/cont du 16 septembre 1965 modifiée par l'ordonnance N° 92/AIMO du 28 mars 1942 sanctionnant ces tapages nocturnes; et resterait inapplicable par les usagers et l'Etat.
- La procédure d'indemnisation serait la saisine des autorités compétentes qui sont les cours et tribunaux, le ministère public, les autorités municipales ainsi que la police judiciaire. Cette indemnisation serait fondé sur le dommage subi qui retrouve sa base légale à l'article 258 du Code Civil Congolais Livre III qui stipule que « Tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage exige celui par la faute du quel est arrivé à le réparer ».

L'objectif que nous nous assignons dans ce travail, c'est celui d'amener le pouvoir public (Etat) à réglementer efficacement et sans complaisance le secteur des églises de réveil par rapport aux tapages qu'elles produisent.

En vue de mieux comprendre notre démarche et pour une meilleure interprétation des résultats, nous avons choisi la méthode systémique accompagnée de l'approche exégétique en vue de mieux interpréter les textes légaux et réglementaires qui régissent les tapages nocturnes et diurnes en RD Congo.

Pour la récolte des données nous nous sommes servis de la technique documentaire, celle-ci, pour la lecture des ouvrages, textes légaux et réglementaires (constitution, lois, décisions, ...), mémoire, revue, site web et cours. L'interview libre non structurée nous a permis d'être en contact avec certains responsables d'églises, quelques voisins d'églises ainsi que les autorités politico-administratives urbaines.

2 MISE EN ŒUVRE DE LA RESPONSABILITE CIVILE ET PENALE DES AUTEURS DE LA NUISANCE SONORE

En effet, le bruit est nuisible à l'organisme humain, ses méfaits sont considérables ; il entraîne non seulement des altérations de l'ouïe mais provoquent aussi des tensions malsaines du système nerveux. Il diminue les capacités de travail en défaveur des personnes en concentration et cause les effets négatifs sur l'action du cerveau.

Le bruit est réprimé lorsqu'il a dépassé la limite de ce qui doit être adhérent au sein des agglomérations ; le seuil est laissé à l'appréciation souveraine du juge.

Le législateur cherche à réglementer la manière dont les voisins quels qu'ils soient en créant une infraction contre toute personne qui se rendrait coupable de nuisance sonore en vue de lutter contre toute forme de violence agressive trop fréquente dans les cités modernes voire dans les grandes agglomérations. L'accroissement des populations urbaines, le progrès techniques, l'utilisation des outils et instruments de musique augmentent le volume et l'intensité des ondes nuisible à l'homme.

2.1 ELÉMENTS CONSTITUTIFS D'UNE INFRACTION⁶

Pour établir l'infraction de tapage nocturne, il faut des bruits et tapages susceptibles de troubler la tranquillité des habitants ou de causer du trouble dans le voisinage. Ces bruits excessifs doivent avoir eu lieu pendant la partie de la nuit généralement consacrée au repos.

Se mettre à taper sur des casseroles à 20heurs, jouer de la forte musique dans les lieux où l'on vend de consommations dans les débits des boissons, faire usage des lances voix pendant la nuit dans les églises situées dans les résidences, le bruit inutile à un moteur en stationnement sont là des exemples parmi tant d'autres de tapages nocturne.

La cour de cassation estime notamment que les bruits et tapages ne sauraient être justifiés par l'exercice d'une activité professionnelle et que l'infraction n'exige pas l'intention de nuire ; il suffit que le coupable ait eu conscience du trouble qu'il causait au voisinage.

⁶ NYANGEZI, *les infractions de A à Z*, éd. Laurent, 30 Juillet 2011

2.1.1 BASE LÉGALE

Chaque groupe religieux ou église a sa structure et son organisation conformément à son statut. Cela au strict respect de l'art 8 de la loi n° 004/2001 du 20 Juillet 2001 portant disposition générale applicable aux associations sans but lucratif et Etablissements d'utilité publique qui précise qu'aucune association sans but lucratif ne peut se doter des mêmes dénominations, sigle, et autres signes distinctifs appartenant à une autre association de quelque nature que ce soit⁷.

En effet, dans la structure des églises de Goma, on trouve différents ministères parmi lesquels nous pouvons citer : le ministère d'enseignement ou d'évangélisation, ministère de sociale, ministère d'intercession ou soutenance, et ministère d'adoration etc. tous ces ministères fonctionnent au sein de ces églises sous la direction et le contrôle des responsables religieux ou dirigeants.

Cependant, il est à remarquer que beaucoup d'infractions sont commises dans ce genre d'activités faites dans des églises par le canal de ces ministères. Alors la question de savoir qui est responsable des actes infractionnels et dommageables commis à l'occasion de ces activités, constitue un goulot d'étranglement pour la victime. Beaucoup de responsables d'églises sont devenus intouchables suite à leur statut, aux liens qu'ils entretiennent avec certaines autorités politico-administratives. En conséquence, les victimes demeurent sans solution ni de cesser le bruit ni de trouver indemnisation aux préjudices qu'elles subissent.

2.2 RÔLE DES COLLECTIVITÉS LOCALES DANS LA LUTTE CONTRE LE BRUIT⁸

Le rôle des collectivités locales est central en matière de lutte contre le bruit. Le maire dispose de moyens efficaces pour prévenir et réduire les nuisances sonores. Ainsi, l'élaboration du Plan local d'urbanisme et la délivrance des permis de construire doivent permettre la prise en compte, en amont, des contraintes acoustiques à court, moyen et à long terme, dans les projets d'aménagement. Dans le cas express, l'autorité urbaine a l'obligation d'inventorier et octroyer les autorisations de fonctionnement à toutes les églises qui fonctionnent dans sa juridiction en vue de s'assurer qu'elle a le contrôle de la situation dans sa ville.

Cependant, les municipales rencontrent de nombreuses difficultés dans l'application de la réglementation des bruits perpétrés par des églises de réveil et autres activités lucratives notamment des Ndanda ou bars.

Dans ce litige, les habitants se plaignent des tapages nocturnes ou diurnes provenant d'églises dites de réveils, ne sont plus conscientes des nuisances ou qu'elles causent à la population voisine, tandis que de la part de cette dernière qui les entoure décrivent une situation intolérable qui les contraint à plusieurs reprises à faire intervenir les forces de l'ordre.

Souvent les nuisances sonores s'observent à partir de 20 heures de la nuit suite aux musiques à fort volume et les louanges à forte voix pendant le veillé de prière, sans oublier des discussions à voix forte ainsi que les vas et viens nocturnes.

Ainsi les autorités peuvent décider que ces églises qui n'ont pas respecté les droits de repos aux voisins soient expulsés ou de les condamner au dommage et intérêts.

2.2.1 A QUI S'ADRESSE-T-ON EN CAS DE NUISANCES SONORES SUBIES ?

La réglementation des nuisances sonores relève d'abord de la compétence des collectivités locales puis du tribunal de paix. Le maire et le brougoumestre sont compétents pour lutter contre les nuisances sonores au titre de son pouvoir de police (pouvoir de police administrative, habilité à réglementer les activités ; pouvoir de police judiciaire habilité à constater par procès-verbal les infractions), auquel il faut ajouter les pouvoirs de police spéciale. C'est donc à lui qu'il faut s'adresser en priorité lorsque les recours aux solutions à l'amiable ont échoué. Le maire peut diligenter les enquêtes à travers ses agents municipaux assermentés pour venir constater les troubles. Celui-ci compte de son pouvoir de police il se limite à concilier les parties en conflits pour une attente entre la victime et l'auteur des troubles.

⁷ Loi n° 004/2001, du 20 juillet, *op cit*

⁸ [http://www. Google.org](http://www.Google.org) consulté en septembre 2015

2.3 LA RESPONSABILITE CIVILE ET LES ACTIONS DES PARTIES

Etymologiquement, le mot responsabilité vient du verbe latin « respondere » qui signifie se porter garant, répondre, être garant des actions, de celles des personnes qui sont à sa charge. Un responsable est une personne qui a la capacité de prendre les décisions, qui a la charge d'une fonction ; alors la responsabilité de prendre les décisions sans en déférer préalablement à une autorité supérieure. Le grand La Rousse de la langue française définit la responsabilité comme une obligation de répondre aux actes qui incombent à un individu du fait du rôle, des charges qu'il doit assumer⁹.

La responsabilité peut se définir également comme l'obligation de réparer le préjudice résultat soit de l'inexécution d'un contrat, soit de la violation du devoir général de ne causer aucun dommage à autrui par son fait personnel ou les faits des choses dont on a la garde, ou du fait des personnes dont on répond¹⁰.

2.3.1 NOTION

Quelqu'un commet une faute, c'est-à-dire un délit ou un quasi délit, le délit civil est une faute commise volontairement dans le but de causer un dommage à autrui.

Le quasi délit est une faute commise involontairement sans intention de nuire ou de causer préjudice à autrui. La faute résulte de la maladresse ou de l'imprudence ou de la négligence ou bien encore de l'inobservation de règlements ; ce qui est important de savoir est que le délit tout comme le quasi délit est de faits dommageables en engageant la responsabilité de leurs auteurs.

Selon Philippe BIRH¹¹, le délit et le quasi délit sont dits civils, pour les distinguer des délits comportant une sanction pénale. C'est le cas chaque fois qu'une personne victime de l'infraction subit un dommage, vol, coups et blessures volontaires, etc. l'action en réparation est alors soumise à certaines règles spéciales.

La victime de la faute civile est un particulier qui subit un préjudice, la réparation à laquelle elle a droit se fait sous forme de dommage et intérêt destiné à compenser le préjudice. En effet, il existe plusieurs formes de responsabilités civiles parmi lesquelles nous citons :

- La responsabilité du fait personnel qui oblige la réparation par l'auteur lui-même ;
- La responsabilité du fait d'autrui ;
- La responsabilité des choses.

2.3.2 LA RESPONSABILITE DE L'ÉTAT DANS LA REGLEMENTATION DU SECTEUR

L'Etat est le garant premier de la réglementation de l'ordre public. Il doit jouer la fonction préventive donc le rôle de la police administrative d'une part et la fonction d'une police judiciaire d'autre part. La responsabilité de l'Etat est totale dans la prévention et réglementation des conflits du fait de la sécurité des personnes et de leurs biens est l'une des missions premières à la base d'ailleurs de son existence.

La police judiciaire a un but répressif : elle est l'activité qui vise à rechercher les auteurs d'une infraction déterminée et à les déférer aux tribunaux. Alors que la police administrative a un but préventif, elle a pour objet une mission générale de protection de l'ordre public en cherchant à empêcher les désordres de se produire. Plus précisément encore, on peut dire qu'il y a police judiciaire lorsque l'opération consiste dans la recherche ou l'arrestation des auteurs d'une infraction déterminée. Par contre il y a police administrative quand il s'agit de missions de contrôle et de surveillance générales.¹²

L'art 8 du code CI. CM, attribue à la police judiciaire la mission de rechercher les infractions et d'en rassembler les preuves. Cette mission qui est l'essentielle pour l'aboutissement du procès pénal est accomplie en vertu de la loi par des magistrats et des fonctionnaires qui agissent de leur propre initiative puisque leurs attributions résultent de la loi. Entendue

⁹ HEUDERT N, *Droit civil commercial*, PUF 4^e éd 1998, P 108

¹⁰ Philippe B, *Droit civil général*, 1^{er} éd Dalloz, 2004, P 184

¹¹ Phillippe Birh, *op.cit*, p

¹² Valentin MADIHANO MUNGUIKO, *Droit administratif, cours inédit G3SCA, ISP-Kalehe, année académique 2015-2016*

comme « fonction » la police judiciaire est assurée soit par des personnes qui portent le titre d'officiers de police judiciaire, soit par fonctionnaires qui ne pas semblable au titre.

Malheureusement, il y a des individus, face à l'incapacité des gouvernants d'arrêter le tapage qu'engendrent ces églises, s'en prennent directement aux pasteurs qui dirigent ces églises. D'autres craignent de se faire taxer de sorcier en réclamant leur droit au calme et à la tranquillité. D'autres encore estiment que prier c'est bien, mais qu'il faut se mettre au travail, car c'est seulement par le travail que le Congolais pourra relever son niveau de vie. Cependant, tout le monde s'accorde à dire qu'il incombe à l'Etat de réglementer l'implantation des églises sur le sol congolais et spécifiquement à Goma et de sanctionner celles qui favorisent la dépravation des mœurs.

2.3.3 LA RESPONSABILITÉ DU COMMETTANT

En principe une personne n'est responsable d'un dommage que si celui-ci est arrivé par son propre fait et par sa faute personnelle ou sa négligence. Ce principe de la responsabilité personnelle dégagé aux articles 258 et 259 du code CCCL III équivalent aux articles 1382 du code civil français et belge qui disposent : « Tout fait quelconque que l'homme qui cause à autrui un dommage, oblige celui, par la faute du quel il est arrivé à le réparer ¹³ »

L'article 259 quant à lui dit que chacun est responsable du dommage qu'il a causé non seulement par son fait mais encore par sa négligence ou par son imprudence ¹⁴.

Cependant, l'article 260 du même code stipule que : « on est responsable non seulement du dommage que l'on cause par son propre fait, mais encore de celui qui est causé par le fait des personnes dont on doit répondre ¹⁵ ».

C'est le principe général de la responsabilité du fait d'autrui contrairement à la première responsabilité qui est fondée sur la faute, elle se fonde sur les présomptions de faute.

On admet donc aisément une présomption de mauvaise surveillance. Il s'ajoute le constant selon lequel ces responsables utilisent les services d'autrui dans leurs propres intérêts et pour en tirer profit. Il est juste que la charge des dommages causés dans ces activités soit la contrepartie de leur profit. Le commettant n'est pas comme le sont les parents en permanence en charge de la surveillance de son préposé, il n'est que dans les périodes où le préposé exerce ses fonctions ; le commettant n'a évidemment pas en répondre dès lors que la faute est commise en dehors des fonctions du préposé. L'alinéa 1^{er} de l'article 260 devient un principe autonome imposant la responsabilité des personnes dont on doit répondre ¹⁶.

Ainsi les commettants sont responsables du dommage causé par leur préposé et domestique, les instituteurs et les artisans par leurs élèves et apprentis.

Le fondement général de la responsabilité des personnes sus énumérées se forme dans :

- 1) La présomption de faute de surveillance ou de non observation du respect des règlements et des lois dans le chef du présumé auteur ;
- 2) L'idée de garantie selon laquelle l'auteur du dommage était insolvable, seul celui qui le surveille en sera responsable.

2.4 MISE EN ŒUVRE DE CETTE RESPONSABILITE

L'article 260 al 3 du Code Civil Congolais Livre III, équivalent à l'article 1384 du code civil Français et Belge qui dispose que le maître et le commettants sont responsables du dommage causé par leurs domestiques et préposés dans les fonctions auxquelles ils les ont employées. L'idée commune des différents cas prévus par l'art 260 est l'obligation que la loi impose à certaines personnes qui disposent d'une autorité de droit ou de fait d'user de cette autorité pour les empêcher de causer des dommages ¹⁷.

¹³ Code Civil Congolais Livre III, op cit,p

¹⁴ Article 259 de la loi ... portant code civil congolais livre III

¹⁵ Art 260 idem

¹⁶ ELIS, RJCB, in code civil congolais livre III P21, 15 Juillet 1939-1940, P47

¹⁷ Philippe Bihr, Op cit p187

Il n'est pas exigé pour que la responsabilité du commettant soit engagée, que l'acte fautif imputable au préposé rentre dans les fonctions dévolues à celui-ci, il suffit qu'il ait été commis pendant la durée du service et qu'il soit en relation avec celui-ci, même indirectement ou occasionnellement.

La responsabilité du commettant n'est cependant pas engagée lorsque la victime, ayant connaissance de l'abus de fonctions consommées par le préposé devait dès lors considérer ce dernier comme agissant pour son propre compte.

a. Conditions de responsabilité

Pour que la responsabilité puisse être mise en jeu, il faut la réunion de trois éléments : la faute, le dommage et le lien de cause à effet entre la faute et le dommage¹⁸.

- La faute peut être un fait dommageable, commis volontairement. D'ailleurs le plus souvent, le délit civil est lié à une infraction pénale. Ce peut être un fait dommageable commis involontairement, il peut résulter d'imprudence, de la négligence, de la maladresse ou de l'inobservation involontaire des règlements ;
- Le dommage : la responsabilité suppose un fait dommageable c'est-à-dire un fait ayant porté préjudice. En effet tel qu'il est pris en considération par le droit positif le phénomène de la responsabilité implique la réunion des diverses conditions quant au dommage¹⁹ ;
- Lien de causalité : le préjudice doit être la conséquence directe de la faute mais les tribunaux admettent que la force majeure exonère quelqu'un de la responsabilité, c'est alors admettre une cause indirecte.

D'autre part la faute de la victime peut être la cause partielle de son préjudice : il y a alors partage de responsabilité. Outre ces conditions que nous venons d'énumérer la responsabilité civile exige :

- ✓ L'existence d'un lien de subordination entre l'auteur de l'acte et celui qui doit en répondre ;
- ✓ Le fait imputable au préposé doit être de nature à porter préjudice. Ici il n'y a pas de responsabilité du commettant sans faute dommage du préposé ;
- ✓ Il faut que le dommage soit à toute personnes autre que le commettant ou le préposé lui-même c'est-à-dire au tiers ;
- ✓ Il faut qu'il y ait le rapport entre l'acte illicite du préposé et ses fonctions.

b. Fondement de la responsabilité

1° La présomption de faute

La responsabilité du commettant repose sur une présomption de faute du commettant de n'avoir pas fait respecter les règlements ou la loi. Le dommage est arrivé parce que le commettant n'a pas bien surveillé ou n'a fait respecter les règlements par son préposé.

L'idée de ces cas prévus par l'article 260 est l'obligation que la loi impose à certaines personnes qui disposent d'une autorité de droit ou de fait d'user cette autorité pour empêcher de causer des dommages.

Le commettant doit répondre du fait de son préposé parce que légalement il a sur lui pleine et entière autorité la quelle diligemment exercée lui aurait permis d'empêcher le fait qui donne lieu à la responsabilité.

2° Notions des risques

Pour les tiers, la société, les préposés sont incontestablement générateurs de risques parce qu'ils sont imprudents ; il appartient aux commettants de supporter ces risques en contractant une assurance.

c. Causes d'exonération de la responsabilité

Il arrive de fois que le préposé par son seul fait engage sa responsabilité. Cela suppose que le préposé à agir en dehors de ses fonctions. Le commettant n'a évidemment pas à répondre dans ce cas.

¹⁸ Philippe B, *op cit* p273

¹⁹ Philippe B., *op.cit*, p 279

La responsabilité du commettant n'est cependant pas engagée lorsque la victime ayant connaissance de l'abus de fonctions commis par le préposé. Devant dès lors considérer comme agissant pour son propre compte personnel²⁰. La force majeure exonère le commettant de leur responsabilité.

3 MECANISME DE REPARATION

Etant donné que l'on connaît le responsable, il paraît facile d'en déduire le mode de réparation. L'analyse de ces deux paragraphes précédents sur la notion générale de la responsabilité du fait d'autrui conformément à l'article 260 du CCL III nous permet de déterminer la personne responsable quand un dommage est causé par un ou plusieurs membres d'une église qui œuvrent dans les différents ministères. Notamment ministères d'adoration et d'intercession.

3.1 LE STATUT DES DÉLÉGUÉS

Pour avoir la qualité de préposé, il n'est pas nécessaire d'être rémunéré par le commettant, ni même de lui être lié par un contrat, ce pouvoir fonde la subordination, dépendance, sans laquelle il n'y a ni préposé ni commettant. Le lien de préposition n'existe que si les fonctions sont confiées par une personne à une autre, la subordination n'existe pas si le préposé prétendu conserve la direction de l'exécution de son travail.

La prévention visée à l'article 260 al 3 est avant tout une situation de fait, elle peut exister même si elle n'est qu'occasionnelle et non rémunérée.

En effet, on n'hésitera pas de dire que toute personne membre d'une église ou groupe de prière qui se voit confié une tâche sous la direction et la subordination d'un responsable religieux ou une personne influent de l'église ou de confession religieuse est considérée comme préposé de celui-ci. Par ce lien de subordination on peut présumer un lien de commettant et propose entre responsable religieux et délégué.

3.2 PERSONNE RESPONSABLE

Sans plus de commentaires nous pouvons nous appuyer à l'art 260 al 3 qui dispose que le maître et le commettant sont responsables de dommages causés par leur préposé. Cet alinéa donne importance à tout lien de subordination entre deux ou plusieurs personnes²¹.

Le comportement du préposé peut faire objet d'une infraction de commission ou d'une infraction d'omission en cas de négligence des mesures réglementaire. Dans ce cas la jurisprudence admet la responsabilité du commettant auquel il appartient de veiller à la stricte et constante exécution des prescriptions légale. En cas d'une infraction d'imprudence, le commettant sera tenu responsable puisque la faute consiste le plus souvent à l'inobservation d'une norme qui pèse sur sa tête.

De même en cas d'une infraction intentionnelle du préposé, la jurisprudence admet parfois la responsabilité du commettant pour un délit intentionnel ou volontaire du préposé du seul fait que la responsabilité du commettant suppose une infraction de préposé.

4 LES ACTIONS DES PARTIES

En vertu de l'art 2 du code de procédure pénal²², l'action civile en réparation du dommage causé par un crime, un délit ou une contravention appartient à tous ceux qui ont personnellement souffert du dommage directement ou indirectement par l'infraction.

Le commettant doit répondre du fait de son préposé parce que légalement il a sur lui une pleine et entière autorité, laquelle prudemment exercée lui aurait permis d'empêcher le fait qui donne lieu à la responsabilité.

²⁰ Elis, RJCB, in code civil congolais livre III, 1939, p81

²¹ J. Dence, Cassation, in code civil congolais livre III, p121 indemnisation des victimes de la violence, 30 Septembre 1957

²² J. Dence, Cassation 30 Sept 1957, in CCCL III, P121,

Par ailleurs, en droit français ou belge la loi du 08 février 1995 relative à l'organisation des juridictions et la procédure civile pénale et administrative a introduit un nouvel article 215 du code de procédure pénale permettant aux associations ayant pour objet statutaire de défense des victimes d'un accident survenu dans les transports collectifs ou dans un lieu ou local ouvert au public et regroupant de ces victimes d'exercer les droits reconnus à la partie civiles un décret du 17 août 1995 en précise les conditions d'applications²³.

En effet, dans les hypothèses où l'agresseur est reconnu et déféré à la juridiction pénale, le procès pénal plus économique et plus rapide pour la victime peut permettre son indemnisation.

Il y a des règles propres à la réparation du dommage causé par une infraction pénale²⁴. Ces règles sont :

- a) La victime d'un dommage résultant d'un délit pénal par exemple, blessure par imprudence peut exercer son action civile en réparation soit devant la juridiction civile soit devant la juridiction répressive, accessoirement à l'action publique par le ministère public ;
- b) Lorsque le tribunal répressif a été saisi de l'action publique et que la victime exerce son action en dommage intérêt devant la juridiction civile, celui-ci doit surseoir à statuer jusqu'à ce qu'il ait été jugé définitivement sur l'action publique en l'application de la règle le « criminel tient le civil en état » ;
- c) La chose jugée au pénal a autorité au civil : le juge civil est tenu d'admettre ce qui a été définitivement jugé au pénal sur l'existence ou non du délit ;
- d) L'action en dommage intérêt ne peut plus être exercée devant la juridiction répressive après expiration de la prescription de l'action publique.

Dix ans en matière pénale, trois ans en matière correctionnelle, un an en matière de contravention. Il faut alors le cas échéant porter l'action en réparation devant le juge civil. Il faut noter qu'en droit congolais, on ne reconnaît pas la contravention.

4.1 LES ACTIONS DES VICTIMES

La responsabilité est considérée en droit civil comme étant l'obligation de réparer le préjudice résultant soit de l'inexécution du contrat soit de la violation de devoir générale (voir supra)²⁵

Les responsables religieux devraient être considérés comme civilement responsables des actes commis dans les églises de réveil. Cette responsabilité pourra être envisagée dans l'hypothèse où l'infraction en soi a été commise dans l'exercice des ces fonctions attribuées.

La victime pour obtenir réparation du dommage dont elle a subi il a deux facultés : il peut intenter son action contre le préposé lui-même ou contre le civilement responsable qui sont les responsables religieux. Quant à ces derniers d'exercer une action récursoire contre le préposé.

4.2 LES ACTIONS DE L'ÉTAT

C'est dans le domaine du droit civil que la responsabilité de prendre des mesures pour prévenir des crimes ou délits se présente d'abord à l'esprit²⁶.

Le ministère public est là, à l'occasion de l'exercice de ses fonctions de surveillance générale en matière civil au moment des problèmes qui sont encore d'ordre civil au moment où il en a connaissance mais qui laissent presque présager que peuvent être commis ultérieurement un crime ou un délit. Son attention une fois attirée sur cette situation dans lequel cas et dans quelle mesure a-t-il la possibilité d'agir pour empêcher le crime ou le délit de se produire.

²³ Yvonne Lambert, *le droit du dommage corporel, système d'indemnisation*, 4^e éd Dalloz, Paris 2000, pp819-820

²⁴ P.Birth, *op cit* P185

²⁵ Jean Languier, *Procédure Pénale*, 17^e éd. Dalloz, paris, 1999, P65

²⁶ Jean Languier, *op.cit*, P68

5 LA RESPONSABILITE PENALE

5.1 NOTION

C'est la plus connue, le plus compréhensible ; quand quelqu'un commet une faute pénale : c'est une infraction à la loi, qui prend selon sa gravité le nom de contravention, délit ou crime. La victime de cette faute est la société ; la réparation à laquelle sera condamné son auteur est une peine sous forme d'amende ou de prison ex : l'automobiliste qui brûle un feu rouge se rend coupable d'une faute dont il doit réparation en payant une amende la juridiction compétente est une juridiction pénale²⁷.

La responsabilité pénale est définie comme étant une obligation de répondre de ses actes personnels délictueux, en subissant une sanction pénale selon les prescrits de la loi²⁸.

5.1.1 LIEN ENTRE LA RESPONSABILITE PENALE ET CIVILE

Il arrive que quelqu'un commette à la fois une faute pénale et une faute civile, il encourt les deux sanctions, pénale et civile et doit rendre des comptes à la société et à la victime.

Deux possibilités s'offrent :

- Devant la juridiction pénale, le ministère public au nom de la société réclame l'application d'une peine ; devant la juridiction civile la victime réclame réparation de son préjudice. Dans cette hypothèse d'une double action, la victime devra attendre que la juridiction pénale ait statué, en effet, le tribunal civil ne peut pas se prononcer sur la responsabilité tant que le juge pénal ne s'est pas encore prononcé sur l'infraction (voir supra) ;
- La victime pour éviter cette perte de temps, peut joindre son action civile à l'action pénale puisque les deux sont liées, elle peut donc demander réparation devant la juridiction pénale qui exceptionnellement statuer sur l'action civile. On dit qu'elle se constitue partie civile.

5.1.2 ELÉMENT CONSTITUTIF DE L'INFRACTION

En principe chaque infraction procède de sa figure propre autonome, qui sauf accident la différencie de toutes les autres. Ainsi chaque infraction comporte l'élément matériel et l'élément moral²⁹.

- L'élément matériel

C'est le comportement prohibé, pour qu'une infraction soit constituée, il est indispensable que l'agent se soit manifesté par une attitude extérieure, le simple projet délictueux ne suffit pas à caractériser l'infraction. Cet élément matériel qu'il soit minimum doit toujours exister ; c'est le « corpus delicti »³⁰.

Le comportement de l'agent peut prendre diverses formes : il peut être passif ou actif.

Il comprend :

- a) L'action ou l'omission,
 - b) La commission par omission,
 - c) L'omission par commission.
- L'élément moral

Par élément moral d'une infraction nous trouvons l'intention de l'auteur de nuire, ici l'agent fait preuve de la volonté quant aux actes ou aux conséquences de ceux-ci. En droit pénal, il est évident que le comportement de l'agent peut entraîner un préjudice à une personne. L'acte peut être volontaire ou non³¹.

²⁷ François T & OSO, *droit civil des obligations*, 9^e éd. Paris 1956, P45

²⁸ François T & OSO, *idem*

²⁹ ABEL NTUMBA, *cours de droit pénal général*, G2 Droit, UNIGOM 2008

³⁰ Jean Bradel, *droit pénal général*, 15^e éd CUJAS, Paris, 2004, P327

NB. Il faut que l'individu pose un acte extérieur qui se rapproche plus ou moins de l'élément matériel de l'infraction, il faut ensuite que l'individu ait fait preuve de certaines dispositions psychologiques à caractère anti-social. Sa responsabilité ne pouvant par exemple se concevoir s'il est frappé de démence.

5.2 LA RESPONSABILITÉ PÉNALE DES DIRIGEANTS

5.2.1 FONDEMENT DE LA RESPONSABILITÉ

Jean P. et André V, posent la question de savoir comment peut-on justifier la responsabilité pénale du fait d'autrui³² ?

La réalité d'une responsabilité pénale du fait d'autrui implique qu'un individu qui n'a en rien participé à une action délictueuse, c'est-à-dire qui lui est totalement étrangère, matériellement et moralement puisse néanmoins faire l'objet d'une condamnation pénale. Selon ces auteurs l'idée est que cette responsabilité pénale peut naître du fait d'autrui lorsque certaines obligations légales imposent d'exercer une action directe sur les faits d'un subordonné³³.

Pour Stefanie et G. Levasseur³⁴ celui qui avait le devoir de surveiller l'auteur matériel de l'infraction s'est rendu lui-même coupable d'une faute personnelle de négligence en n'assurant pas l'exécution de prescription légale ou réglementaire et cette faute est présumée du seul fait que l'infraction a été commise.

En effet, pour que le commettant soit responsable des infractions commises par son préposé il faut d'abord qu'il ait commis une infraction commise par le préposé et en suite qu'il ait lui-même commis une faute³⁵.

Cependant, en droit congolais la responsabilité pénale demeure comme le principe, l'irresponsabilité pénale du fait d'autrui cette exclusion est tirée dans la constitution de la RDC à son art 17 al. 8 qui dispose que la responsabilité pénale est personnelle³⁶. Pour une meilleure administration de la justice elle devrait en principe s'appliquer au seul coupable.

La responsabilité pénale vise la répression de la violation des textes légaux en infligeant à l'auteur une peine corporelle ou pécuniaire.

Le législateur cherche à punir l'acte de l'auteur et c'est dans ce sens que la responsabilité pénale peut dans une certaine mesure être engagée même lorsque le résultat n'est pas atteint. C'est la raison d'être de la tentative prévue par l'art 4 du code pénal congolais livre II.

En effet, étant donné que la responsabilité pénale et personnelle on ne verrait pas la responsabilité pénale des religieux engagées par le fait que en droit congolais chacun est responsable pénalement des infractions qu'il a commises, la faute doit être imputée à l'auteur c'est-à-dire l'auteur matériel de la faute commise.

Exercée pour imposer l'observation d'une réglementation qui a pour but de prévenir des délits.

NB. L'action ne peut être admise si le demandeur n'a pas qualité et intérêt pour la former, l'intérêt doit être né et actuel. L'action peut être admise lorsqu'elle a été intentée même à titre déclaratoire en vue de prévenir la violation d'un droit gravement menacé.

5.3 LA RÉPRESSION

C'est le fait de réprimer, blâmer au sujet d'une faute commise ou reprochée ; c'est une souffrance imposée pour punir la faute compenser le mal, par l'expiation le crime, par le châtiment. Si une infraction est commise contre la société, la peine est une réaction de la société qui réprime cette faute.

³¹ Abel NTUMBA, *op. cit*

³² Jean Pradel et André V, *op. cit*

³³ Jean Pradel et André V, *les grands arrêts du droit criminel Tome I*, 2^e éd. Dalloz, 1997 P452

³⁴ Cité par ASSAN DUNIA, *op. cit*, p

³⁵ J. Pradel et André V., *les grands arrêts du droit criminel Tome I*, 2^e éd. Dalloz, 1997, p379

³⁶ Constitution de la RDC du 18 Févr 2006, in *journal officiel n° Spécial*.

Il faut donc trouver les raisons de la répression ensuite savoir qui dans la société a le pouvoir de réprimer les infractions et par quel organe il s'agit.

5.3.1 JUSTIFICATION ET CONDITIONS DE LA REPRESSION

C'est l'infraction ou une faute qu'appelle la répression, la qualité se traduit par la peine ou une sanction. La répression n'est envisageable qui appelle deux conditions cumulatives qu'il ait réellement infraction et que celle-ci soit un acte érigé en fonction bien avant sa commission. Cette exigence est traduit par deux principes :

- « Nullum crimen, nulla poena sine lege » c'est-à-dire qu'il y a infraction lorsque est qualifié de faute ; est interdit par la loi qui prévoit en même temps la sanction à encourir par celui qui l'aura perpétré ;
- L'antériorité de l'infraction par rapport à la répression, l'acte à poursuivre doit aussi avoir érigé en faute par la société avant la commission.

5.3.2 LE MONOPOLE DE L'ÉTAT DANS LA REPRESSION

C'est l'Etat qui se charge seul de la répression des infractions sur son territoire. Le monopole de l'Etat justifie que dès qu'il y a une infraction c'est l'Etat qui est l'émanation de la communauté nationale de la répression. Ce monopole tire sa raison d'être par le souci qu'à toute communauté organisé d'éviter l'arbitraire et le recours à la force physique de l'époque de la vengeance sans limitation et même de la loi de talion que monde civilisé voudrait à jamais évolué.

5.3.3 LES ORGANES DE LA RÉPRESSION

Le code de l'OCJ confie la charge de la répression à trois organes distincts mais qui concourent au même but, il s'agit :

- De la Police Judiciaire,
- Du Ministère public,
- Des Cours et Tribunaux.

6 DE LA POURSUITE

6.1 SIÈGE DE LA MATIÈRE

L'ordonnance N° 64 cont du 16 Septembre 1925 modifiée par l'ord N° 92/AIMO du 28 Mars 1942 est la disposition légale qui sanctionne le tapage nocturne. Cette ordonnance concerne particulièrement les exploitants de bars et lieux de plaisirs. Néanmoins, des auteurs et une certaines jurisprudence y intègrent la pression des bruits qui ont pour origine les groupes de prière, les groupes religieux, folklorique et socioculturels etc³⁷.

6.2 QUI PEUT METTRE EN MOUVEMENT L'ACTION PUBLIQUE

La police et le parquet sont appelés et habilités à faire cesser le trouble à la tranquillité des citoyens. L'autorité administrative et politique a également des prérogatives de la fonction pour faire cesser le trouble. Tout citoyen qui subit un dommage (victime) peut également saisir un officier de police judiciaire, un magistrat du parquet ou le juge.

6.3 QUEL JUGE VA-T-ON SAISIR ?

L'infraction de tapage nocturne est punie des peines d'amende ; en cas de récidive dans une donnée, elle est sanctionnée de deux mois de servitude pénale et d'amende ou d'une de ces peines seulement. Au regard de ces pénalités la compétence est dévolue du tribunal de paix. Celui-ci est donc la juridiction compétente pour connaître cette infraction et laquelle la victime peut saisir en vue d'une réparation.

³⁷ NYANGEZI, *les infractions de A à Z*, éd. Laurent, Paris 30 Juillet 2011, p186

6.4 QUELS SONT LES DÉLAIS PRESCRITS

L'action publique relative à l'infraction de tapage nocturne est prescrite après les délais d'une année, les peines prononcées sont prescrites après les délais de deux ans, si elles n'ont pas été exécutées, la prescription de l'action publique est l'ordre public.

7 CONCLUSION

Au terme de cette réflexion dont le thème porte sur «Des mécanismes de répression de tapages perpétrés par les Eglises dites de Réveil dans la ville de Goma : une menace à l'ordre public ;» devenu presque un phénomène préoccupante de toute la population environnante de ces multitudes d'églises. Pour parvenir à s'imprégner correctement de la situation ; nous nous sommes partis de deux préoccupations ci-après :

- Quels sont les mécanismes de répression envisagés par l'Etat Congolais vis-à-vis des auteurs de tapage dans la ville de Goma ?
- Comment procéder à l'indemnisation ou réparation de dommages causés ou réparation de dommages causés par les auteurs ?

Pour répondre à ces questions nous avons proposé les hypothèses suivantes :

- Il existerait le mécanisme de répression à l'encontre des tapages causé par les églises de réveil, mais qui est une loi spéciale contenue dans l'ordonnance N°64/cont du 16 septembre 1965 modifiée par l'ordonnance N°92/AIMO du 28 mars 1942 sanctionnant ces tapages nocturnes;
- La procédure d'indemnisation serait la saisine des autorités compétentes qui sont les cours et tribunaux, le ministère public, les autorités municipales ainsi que la police judiciaire. Cette indemnisation serait fondée sur le dommage subi qui retrouve sa base légale à l'art 258 du Code Civil Congolais Livre III qui stipule que « Tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage exige celui par la faute du quel est arrivé à le réparer ».

Les articles 258, 259 et 260 du code civil congolais livre III constituent la base légale en matière civile ainsi que l'art 17 de la constitution de la République démocratique du Congo. L'infraction entant que violation de la loi pénale fait naître l'action publique exercée au nom de la société, tendant en principe au prononcé d'une peine ou une mesure pénale en tant que lésion d'un droit individuel, fait naître l'action civile au profit de la victime tendant à la réparation du dommage subi, ainsi la loi congolaise donne la possibilité aux victimes d'obtenir réparation toutes les fois que leurs droits sont lésés d'une manière ou d'une autre.

De même ces dispositions légales sanctionnent les responsables de ces églises auteurs des tapages : « tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage, exige celui par la faute du quel est arrivé, à le réparer pour obtenir la réparation du dommage », les conditions de la responsabilité sont établies : la victime a deux facultés pour qu'elle soit rétablie dans ses droits : elle peut intenter son action contre le préposé sur base des articles ci-haut mentionnés de la loi. La responsabilité du commettant n'efface pas celle du préposé, celui-ci est personnellement responsable des conséquences dommageables de la faute commise par lui-même.

De ce fait sur le plan civil, la victime de l'infraction du tapage perpétré par les églises de réveil pourra demander la réparation du dommage qui lui a été causé soit aux représentants de l'église soit à la personne même qui a causé l'infraction. Au plan pénal, la responsabilité est toujours personnelle, aucune personne ne peut être condamnée à une peine pour une faute ou infraction commise par autrui, ainsi le coupable seul pourra encourir une peine de prison ou d'amende. Quant à la responsabilité de l'Etat, elle est engagée lorsque à travers ses organes, ses agissements causent des dommages à autrui ainsi la responsabilité dont doit répondre l'Etat est une responsabilité civile qui porte sur le fait d'autrui, art 260 Code Civil Congolais Livre III de la RD Congo du décret du 30 Juillet 1988.

REFERENCES

- [1] François T. & OSO, *droit civil des obligations*, 9^e éd. PUF, Paris 1956,
- [2] HEUDERT N, *Droit civil commercial*, 4^e éd. PUF, Paris, 1998
- [3] Jean Dence, Cassation, in code civil congolais livre III, *indemnisation des victimes de la violence*, 30 Septembre 1957
- [4] Jean Bradel, *droit pénal général*, 15^e éd CUJAS, Paris, 2004
- [5] Jean Pradel et André V, *les grands arrêts du droit criminel Tome I*, 2^e éd. Dalloz, Paris 1997

- [6] Jean Larguier, *Procédure Pénale*, 17^e éd. Dalloz, Paris, 1999,
- [7] Philippe B, *Droit civil général*, 1^{er} éd Dalloz, Paris, 2004, P 184
- [8] NYANGEZI, les infractions de A à Z, éd. Laurent, Paris, 30 Juillet 2011
- [9] Yvonne Lambert, *Le droit du dommage corporel, système d'indemnisation*, 4^e éd. Dalloz, Paris 2000.
- [10] ABEL NTUMBA, droit pénal général, cours inédit, G2 Droit, UNIGOM 2008
- [11] ELIS, RJC, in code civil congolais livre III P21, 15 Juillet 1939-1940,
- [12] Code Civil Congolais livre III
- [13] Constitution de la République Démocratique du Congo du 18 février 2006
- [14] Le Petit Larousse, éd anniversaire de la semeuse 1890- 2010,
- [15] Loi n° 004/2001, portant dispositions générales applicables aux associations sans buts lucratifs et aux établissements d'utilité publique du 20 juillet,
- [16] Rapport annuel de la mairie de Goma sur les églises fonctionnant dans la ville, année 2014
- [17] Valentin MADIHANO MUNGU-IKO, Droit administratif, cours inédit, G3SCA, ISP- Kalehe, 2016

Études morphologique et histologique du développement de l'ovaire chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

[Morphological and histological studies of the development of the ovary in the date palm (*Phoenix dactylifera* L.)]

Saliha Meliani¹⁻²⁻³, Nadia Bouguedoura², and Malika Bennaceur¹⁻²

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Laboratoire de Biochimie Végétale, Université Oran
1 Ahmed Ben Bella, Algeria

²Département de Biologie et Physiologie des Organismes, Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algeria

³Département des sciences de la nature et de la vie, Université de M'sila Mohamed Boudiaf, Algeria

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Floral morphology of the date palm was studied to complement the knowledge of its floral structure and trace the evolution of single carpel fruit. This results in the morphological transformation of the ovary, consisting of three carpels, mortification style, and the degeneration of the twin carpels. The morpho-histological changes are monitored before and after pollination. The three carpels have very specific positions relative to the petals. Carpel two twin white and of the same size are carried by the same petal. They are different from the third carpel worn only by the 3rd petal. Development continues, the size of the third carpel becomes larger than twins carpel. After pollination, the white color of the carpel first turns green. Dissection carpel, exposing the eggs, let's see that the three eggs are colored pink, but one is more colorful than the other two. Only the carpel containing a strongly colored egg develops into fruit. The other two degenerate by a deposit of polyphenols. A histological study has tracked the decline twins carpel and training the embryo sac of the third carpel. These studies show the change in color of the egg from the translucent natural state to a pink coloring corresponds to the increase in the mitotic intensity nucellar cells. The change from pink to white of the fertilized ovum after formed the embryo sac becomes a seed.

KEYWORDS: carpel, fertilization, ovule, polyphénols, embryo sac.

RESUME: La morphologie florale du palmier dattier a été étudiée afin de compléter les connaissances sur sa structure florale et de retracer l'évolution du seul carpelle en fruit. Ceci se traduit par la transformation morphologique de l'ovaire, constitué par trois carpelles, la mortification du style, ainsi que la dégénérescence des deux carpelles jumeaux. Les changements morpho-histologiques sont suivis avant et après la pollinisation. Les trois carpelles ont des positions très précises par rapport aux pétales. Deux carpelles jumeaux de couleur blanche et de même taille sont portés par un même pétale. Ils sont différents du troisième carpelle porté seul par le troisième pétale. Le développement se poursuit, la taille du troisième carpelle devient plus grande que celle des carpelles jumeaux. Après pollinisation, la couleur des carpelles d'abord blanche vire au vert. la dissection des carpelles, mettant à nu les ovules, permet de voir que les trois ovules se colorent en rose, mais l'un est plus coloré que les deux autres. Seul le carpelle renfermant un ovule fortement coloré se développe en fruit. Les deux autres dégénèrent par un dépôt de polyphénols. Une étude histologique a permis de suivre la régression des carpelles jumeaux et la formation du sac embryonnaire du troisième carpelle. Ces travaux montrent le changement de couleur de l'ovule de l'état

naturel translucide à une coloration rose, correspond à l'augmentation de l'intensité mitotique des cellules du nucelle. Le changement du rose au blanc de l'ovule fécondé qui, après avoir formé le sac embryonnaire, se transforme en graine.

MOTS-CLEFS: carpelle, fécondation, ovule, polyphénols, sac embryonnaire.

1 INTRODUCTION

Le palmier dattier est une espèce pérenne, monocotylédone de la famille des Arecaceae. Il a été cultivé depuis plusieurs milliers d'années dans le désert du Moyen Orient et de l'Afrique du nord où il constitue l'ossature de l'écosystème oasien. Outre la production des dattes qui composent un aliment énergétique complet très important pour les autochtones, le palmier dattier constitue la structure de base de l'agronomie des oasis en créant un microclimat qui offre les conditions nécessaires pour le bon développement des cultures sous-jacentes (cultures maraîchères, céréales et arbres fruitiers), et ce, en atténuant leur ensoleillement, en maintenant un certain degré d'humidité et en les protégeant du vent.

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce allogame, dont la fécondation des fleurs est assurée par l'homme. Les plantes à fleurs représentent la majorité des espèces des plantes terrestres et leur grande majorité est produite par des fleurs hermaphrodites (10% seulement des espèces végétales présentent l'unisexualité florale) [1], [2]. Quant aux espèces dioïques, dont les individus sont strictement monosexués et portant les fleurs mâles et femelles sur des individus différents, elles représentent 4% des angiospermes [3]. Les *Phoenix* ont évolué à partir de l'hermaphrodisme dioïque [4] permettant ainsi d'éviter l'autofécondation et de promouvoir l'allogamie souvent associée à la pollinisation par le vent [5].

La famille des Arecaceae (Palmaceae) présente un patrimoine génétique important de la classe des monocotylédones. Elle comprend environ 2400 espèces [6], [7] qui sont classées dans 187 genres [8]. Ces espèces présentent des particularités qui les distinguent les unes des autres. Leur identification est basée sur des critères morphologiques de l'appareil végétatif (stipe, feuilles) et sur les caractéristiques de la sexualité, principalement sur le système de reproduction. Le nombre des espèces portant des fleurs unisexuées est plus élevé chez les monoïques que chez les dioïques, suivi par un nombre faible pour les palmiers qui portent des fleurs hermaphrodites [9].

Les espèces des palmiers monoïques se trouvent sous deux états. La plupart des monoïques sont diclines. Elles portent des fleurs unisexuées mâles et femelles se trouvant soit sur des inflorescences séparées comme le palmier à huile ou *Elaeis guineensis*, soit portées sur la même inflorescence telle que *Jubaea chilensis*. D'autres espèces sont monoclines portant des fleurs hermaphrodites (*Brahea dulcis*). Les espèces dioïques sont les individus qui sont strictement unisexués. Leurs fleurs mâles et leurs fleurs femelles se trouvent sur des pieds différents, comme c'est le cas chez les espèces du genre *Phoenix* ou polygames (*Chamaedorea elegans*) [10].

L'acquisition de maturité de floraison des palmiers est de durée très variable selon les espèces. Pour certaines espèces monocarpiques, les inflorescences de taille remarquable situées au-dessus des feuilles n'apparaissent qu'à la fin de leur vie, le changement du méristème apical en méristème d'inflorescence entraîne la mort progressive du palmier comme par exemple chez les *Corypha*, *Tahina* [11], [12], [13], [14].

D'autres espèces pléonanthiques présentent des inflorescences protégées par des spathes qui apparaissent tous les ans [15] et leur position par rapport aux feuilles dépend de l'espèce. On y trouve des inflorescences terminales ou suprafoliales (*Metroxylon salomonense*) qui naissent au-dessus des feuilles et d'autres au-dessous des feuilles infrafoliales axillaires (*Archonotophoenix cunninghamia*), des inflorescences interfoliales axillaires (*Pritchardia pacifica*, *Phoenix dactylifera*) et des inflorescences basales axillaires par transformation du bourgeon axillaire en axe reproducteur (*Chamaedorea radicalis*) [16],[17]. Chez le palmier dattier, [18] a montré que le « bourgeon axillaire indéterminé » est la structure originelle qui évoluera en inflorescence dès que l'individu atteint l'âge reproductif.

On ne peut déterminer l'âge chronologique (âge physique) moyen du palmier dattier, qu'au moment de la première floraison (au cours de laquelle la plante exprime son sexe qui se déclare entre la 5^{ème} et la 7^{ème} année selon les cultivars. La floraison est induite au moment opportun, avancée ou retardée, lorsque les facteurs environnementaux appropriés, telles que la température, la durée du jour ou la durée d'ensoleillement sont propices et lorsque les facteurs endogènes le permettent assurant ainsi une bonne reproduction.

Chez les palmiers, morphologiquement, le rameau inflorescentiel considéré comme la pousse florifère très productive, va du panicule terminal de grande taille du *Caryota* jusqu'aux épis grêles non ramifiés des palmiers néotiques (*Chamaedorea*) [19].

La voie évolutive a abouti à une série de transformations du nombre d'ordre de ramification du spadice, axe de l'inflorescence. Cette évolution a mené à la réduction de 5 à 6 ordres de branchements repérés chez beaucoup de palmiers [19], jusqu'à des épis simples sans ramification portant des fleurs solitaires. Ceci est observé en particulier chez *Phoenix dactylifera*. Les fleurs des palmiers sont généralement sessiles très souvent petites et rarement colorées [10], sa formule florale est typiquement celle des Monocotylédones de type 3.

En raison de cette grande diversité des espèces de palmiers, de nombreuses études ont été faites sur le développement de la fleur et sa transformation en fruit du point de vue morphologique [20]. Néanmoins, beaucoup d'informations restent encore à fournir, surtout avec la disponibilité de plus en plus d'outils de la biologie moléculaire. Ces outils facilitent l'analyse des structures et des événements associés aux processus du développement floral [21], et offrent les possibilités de mettre en évidence les gènes qui en sont responsables. [22].

[18] a observé que parmi les trois carpelles de la fleur femelle du palmier dattier, un seul se développe en fruit après pollinisation et a ainsi posé le problème de l'involution des deux carpelles de la fleur femelle.

Notre objectif est d'apporter des réponses histo-cytologiques à cette involution des deux autres carpelles. S'agit-il de l'absence de formation d'un sac embryonnaire ? S'agit-il de l'absence de formation de cellule sexuelle dans le sac embryonnaire mature de chaque carpelle ?

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Compte tenu de la hauteur des palmiers du cultivar 'Takerbucht' et du système de développement monopodial du stipe, se terminant par une couronne massive de palmes épineuses à la base et sachant que sans détruire la plante, il est très difficile d'accéder aux inflorescences, nous avons choisi de travailler sur des individus de taille moyenne en phase de reproduction depuis 3 années successives de la palmeraie de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie) d'Adrar situé dans le Sud-Ouest de l'Algérie (Fig.1).

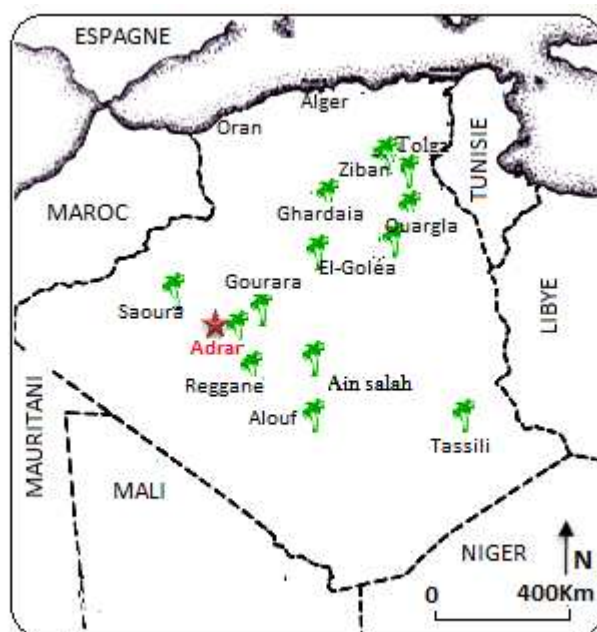


Fig. 1. Carte de l'Algérie, ★ zone de prélèvement des fleurs à partir du cultivar 'Takerbucht'

Les inflorescences utilisées ont été obtenues après l'élimination de plusieurs palmes antérieures et non axillantes d'inflorescences. La pollinisation a été réalisée au mois de février, la température moyenne journalière atteint 20 à 25°C et à la fraîcheur du matin. En introduisant au milieu de la grappe femelle 2 à 4 épillets de fleurs mâles mûres, après éclatement, par une fente médiane, longitudinale dorsale de la spathe (Fig. 2).

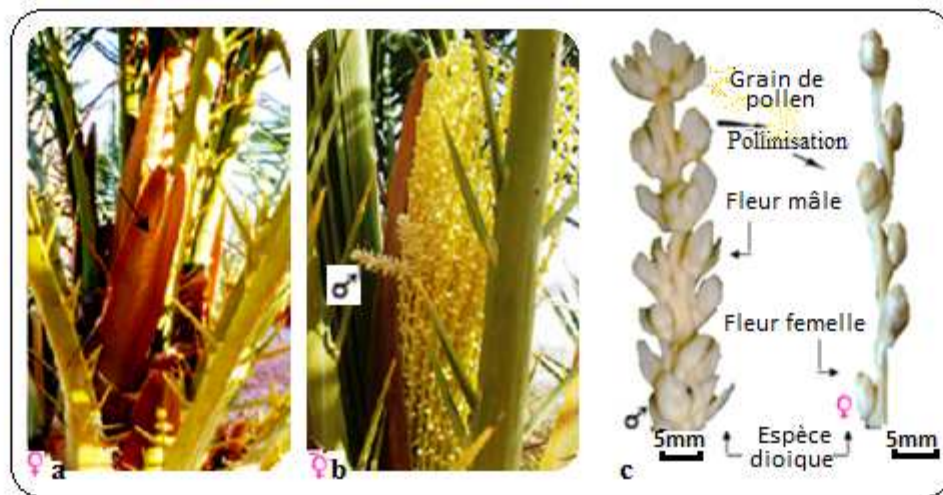


Fig. 2. Eclatement des spathes (a) et pollinisation traditionnelle (b) du cultivar 'Takerbuch'. épillets de fleurs mâle et femelle (c).

L'étude morphologique a été effectuée sur un matériel frais de fleurs femelles par une analyse détaillée, particulièrement sur les carpelles et les ovules à l'œil nu et, si nécessaire, à la loupe binoculaire (Hund metzlar) avant et après leur dissection. Nous avons employé un protocole classique de description morphologique en utilisant la technique de la photographie numérique avec un appareil photo LUMIX. Les recueils de données photographiques se sont par ailleurs révélés très utiles en matière de suivi des transformations de la fleur.

Les fleurs utilisées pour l'étude histologique ont été récoltées quotidiennement pendant neuf jours après pollinisation. Elles ont été immédiatement placées dans un mélange fixateur Formol Alcool Acide acétique (1:8:1). La technique classique d'obtention de coupes histologiques des carpelles inclus dans la paraffine a été utilisée. Une double coloration, Acide Périodique - Schiff (APS) a été employée. Les observations ont été réalisées à l'aide d'un microscope Leica DFC 450 équipé d'une caméra. Les planches photographiques sélectionnées par stade sont représentatives des tissus observés.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES DU DÉVELOPPEMENT DES INFLORESCENCES

Espèce pléonanthique, le palmier dattier émet des inflorescences tous les ans, chacune étant imbriquée entre la base de la palme adulte axillante et la gaine de la palme suivante. La couleur de la spathe (bractée) enfermant l'inflorescence varie au cours de son développement. Au début de sa formation elle est de couleur blanche, puis vire au blanc-jaune lorsqu'elle est emprisonnée entre les bases foliaires (Fig. 3a), après émergence complète de la spathe et de sa maturation elle devient verte ; sa surface externe est recouverte de squames poudreuses de couleur brune surtout sur le pourtour du sommet arrondi (Fig. 3b). Elle est de forme allongée aplatie, fusiforme et comprend deux parties: une partie supérieure longue qui correspond au limbe et une partie basale pédonculaire, large et charnue qui la rattache à l'aisselle foliaire (Fig. 3c). Sa surface intérieure est blanche, lisse et humide. Les spathes, bractées ligneuses, durent peu de temps après leurs éclatements ; elles se fanent, se courbent lorsqu'elles sont sèches et doivent être retranchées par ceux qui cultivent soigneusement cette espèce.



Fig. 3. Émergence (a) et développement (b) des inflorescences du cultivar "Takerbucht" ; spathe éclatée (c)

L'observation de la couronne du palmier dattier a permis de constater que le développement des bractées fermées (spathe) suit un gradient d'émergence. Ce gradient est acropète (Fig. 3b), le développement de ces bractées commence de l'intérieur de la couronne au niveau des palmes les plus jeunes et se poursuit vers l'extérieur au voisinage des palmes les plus âgées. À la fin de la phase de croissance des inflorescences, ce gradient devient moins visible mais les inflorescences les plus hautes sont plus vigoureuses que celles du bas formées tardivement.

3.2 ORGANISATION MORPHOLOGIQUE DE LA FLEUR FEMELLE DU CULTIVAR 'TAKERBUCHT' : POSITION DES CARPELLES PAR RAPPORT AUX PÉTALES

La fleur femelle du palmier dattier de couleur blanche ivoire, non odorante, de forme globulaire, actinomorphe est de type 3. Cependant, la nature morphologique de la fleur a montré que, sépales et pétales étant différents, l'agencement des pièces florales est spécifique. La planche 1 montre :

Que le calice formé de 3 sépales recouvre les 2/3 de la longueur des pétales (Fig. 4a) qui présentent chacun une arête centrale ou latérale (Fig. 4b) ; la corolle est constituée de trois pétales lisses, ovales et arrondis, plus ou moins ailés (Fig. 4c) ; le pétale (p_2), abrite les 2 carpelles C_1 et C_2 , le troisième pétale (P_3) recouvre le carpelle C_3 et l'aile de ce pétale recouvre le C_1 ; le pétale P_1 recouvre partiellement les deux pétales précédents (Fig. 4(d, e)). Les trois carpelles libres de l'ovaire supère, recouverts par les pétales, ne laissent apparaître que les stigmates légèrement inclinés vers l'extérieur avec une surface élargie arquée, garnie de papilles visqueuses. Tous les carpelles sont de couleur blanche ivoire mais les différences de taille sont apparentes. On observe deux carpelles jumeaux (C_1 , C_2) possédant presque la même taille, ils sont longs et grêles contrairement au troisième carpelle (C_3) qui est plus court et plus large (Fig. 4f). Ce troisième carpelle et son stigmate diffèrent aussi morphologiquement d'une fleur à l'autre (Fig. 4g). Les trois carpelles de la fleur continuent leur croissance différentielle, le troisième carpelle devient relativement plus grand par rapport aux deux carpelles jumeaux (Fig. 4h).

La dissection des carpelles pyriformes montre pour chacun une cavité close abritant un seul ovule d'environ moins de 0.5 mm de long, d'apparence translucide avec une base plate et un sommet ovale présentant deux faces : l'une dorsale plane, qui se trouve du côté ventral du carpelle et l'autre, ventrale bombée, du côté dorsal bombée du carpelle (Fig. 4i)

Six staminodes apparaissent insérés sur les pétales (Fig. 4j) avec en principe trois externes alternipétales et trois internes épipétales mais ils sont en fait répartis de manière à observer trois staminodes en face de P_2 , deux staminodes en face de P_3 et un staminode en face de P_1 (Fig. 4k).

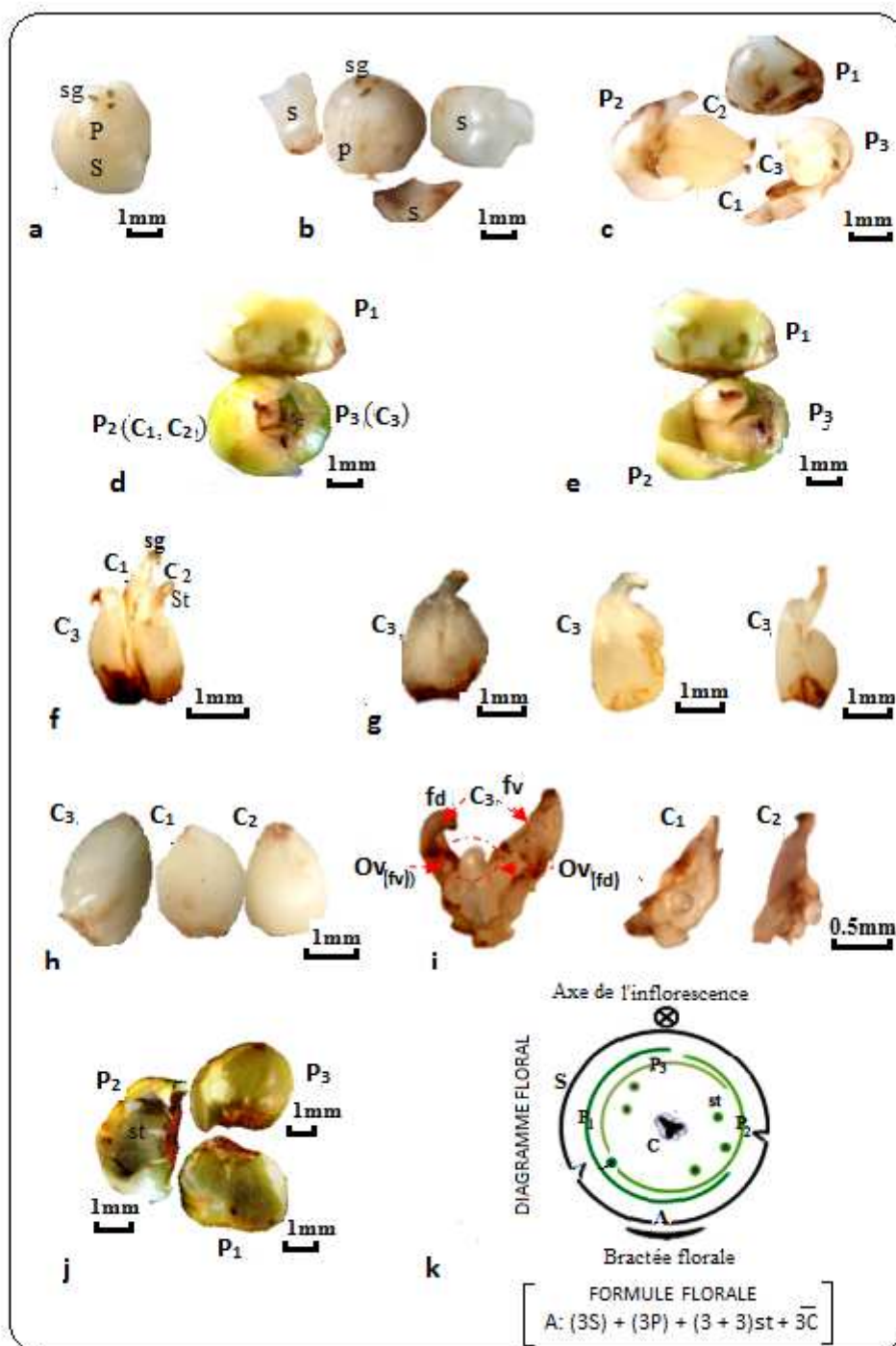


Fig. 4. Dissection et organisation de la fleur femelle de cultivar 'Takerbucht' [calice (a, b); corolle(c, d, e); Carpelles (f, g, h); ovules des trois carpelles (i); staminodes (j)]. [(c₁, c₂, c₃): carpelles; F_d: face dorsale; F_v: face ventrale; Ov: ovule; (P₁, P₂, P₃): pétales, (S₁, S₂, S₃): sépale; sg: stigmat; st: staminode; St: style]

3.2.1 MORPHOLOGIE DE LA FLEUR FEMELLE APRES LA POLLINISATION

Les trois carpelles de la fleur femelle du palmier dattier évoluent différemment après pollinisation et fécondation jusqu'à produire un fruit de type baie.

Ainsi, après la pollinisation, la couleur de la fleur vire au jaune, tandis que les sépales recouvrent seulement de moitié les pétales (Fig. 5a). La fleur continue sa croissance, sa longueur moyenne est de 3 à 4 mm, sa couleur vire au jaune vert et les

pétales sont écartés et se recouvrent partiellement sous la poussée des carpelles qui grossissent. Les sépales qui ont arrêté leur croissance couvrent 1/3 des pétales de la fleur (Fig. 5b).

3.2.2 ÉTUDE DU DEVELOPPEMENT DES CARPELLES ET DES OVULES AU COURS DE LA POLLINISATION, DE LA FECONDATION ET DE LA NOUAISSON

Une série d'observations morphologique et histologique des carpelles de la fleur de 'Takerbucht' ont montré que le sort des ovules des deux carpelles jumeaux est fortement modifié. Très précocement après leurs pollinisations, au cours de leur développement ces deux ovules changent de couleur et virent vers le marron (présence en excès de polyphénols) et finissent par dégénérer et le troisième carpelle se développe en fruit.

Ainsi, les épillets mâles, introduits au milieu de l'inflorescence femelle mature, libèrent une poussière de grains de pollen sous l'effet des vibrations engendrées par le vent. Les grains de pollen déshydratés sont transportés sur les stigmates des fleurs femelles et vont germer et féconder la fleur femelle. La couleur des parties des carpelles qui sont exposé à la lumière (photons), vire alors au jaune vert. Le carpelle C_3 devient plus volumineux ; sa base renflée présente deux faces et sa partie supérieure est plus étroite se terminant par un style très court. La face dorsale est bombée tandis que la face ventrale est matérialisée par deux surfaces planes, séparées par un sillon longitudinal correspondant à la ligne de suture (indice morphologique), et grâce à cet indice on peut délimiter ultérieurement la face ventrale de la face dorsale du carpelle au cours de son développement en fruit (Fig. 5(c, d)). En même temps, un brunissement commence avec la perte de la chlorophylle du C_2 d'abord puis du C_1 est observé, suivi par leur dégénérescence complète (Fig. 5e). Seuls leurs stigmates lignifiés persistent un moment (Fig. 5f).

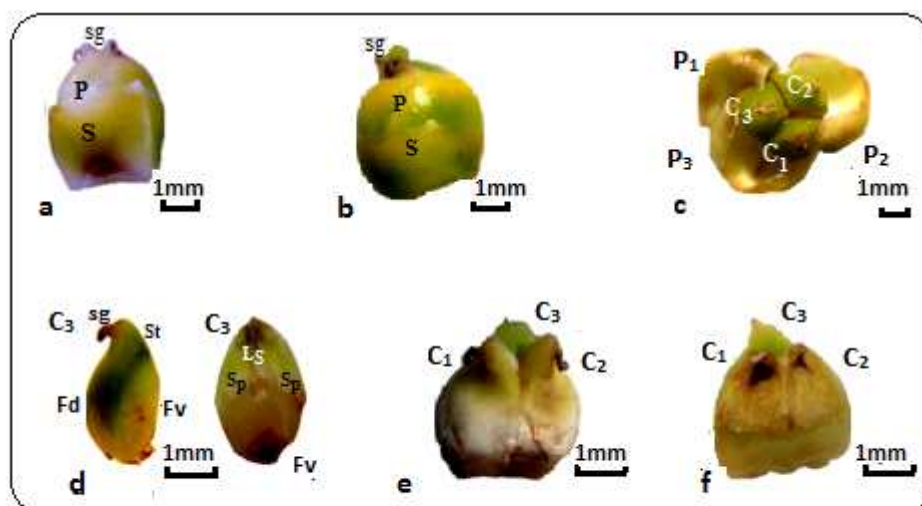


Fig. 5. Morphologie de la fleur (a, b), des carpelles (c, d) et dégénérescence des carpelles (e, f) après pollinisation du cultivar 'Takerbucht' [Ls : ligne de suture ; Sp : surface plane]

3.2.3 OVULES APRES POLLINISATION DES TROIS CARPELLES

La série de photos (Fig. 6) relatives aux trois carpelles pollinisés montre que les trois ovules des trois carpelles d'une même fleur sont de couleur rose. Ceux appartenant aux carpelles jumeaux C_1 et C_2 apparaissent ridés alors que celui du C_3 reste lisse. Cette couleur rose est très foncée au niveau de l'ovule lisse du carpelle (C_3). Elle est claire au niveau du C_2 , et elle est d'un ton intermédiaire au niveau du carpelle (C_1) (Fig. 6a).

Sur le plan de la taille, nous constatons la formation de deux types de croissance : les trois ovules sont à peu près de même taille c'est le cas le plus courant ; l'ovule du C_2 reste petit par rapport aux deux autres ovules des carpelles C_1 et C_3 (Fig. 6b). Plus tard l'ovule de C_2 dégénère totalement alors que les ovules C_1 et C_3 restent équivalents de taille mais la couleur de l'ovule C_1 prend une couleur brune, ne croît plus et finit par disparaître. L'ovule C_3 ne dépassant pas le 1 mm à ce stade présente alors une couleur rose plus intense (Fig. 6c). Au stade de fruit noué (Fig. 6d), l'ovule fécondé évolue en stade très jeune de graine de couleur blanche (Fig. 6e).

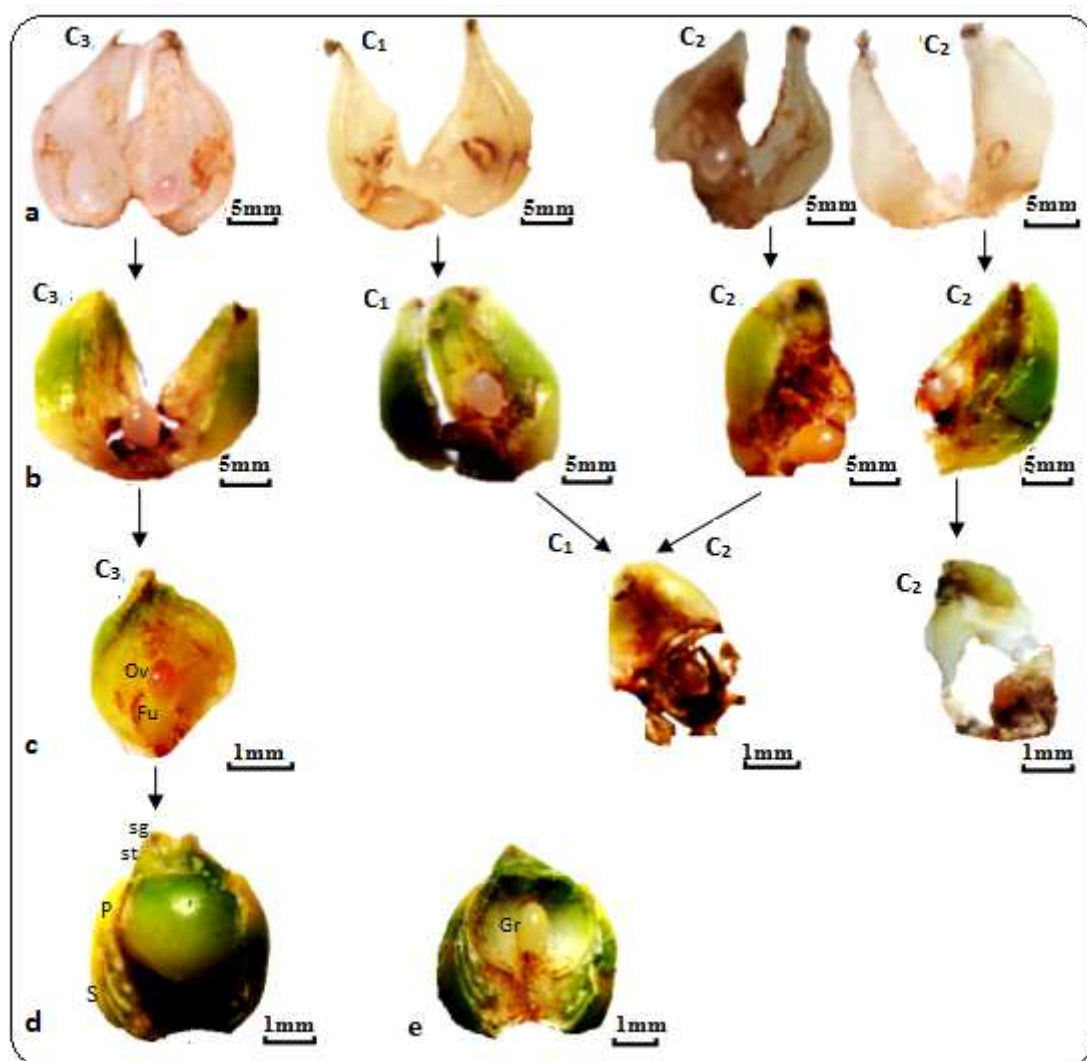


Fig. 6. Ovules après pollinisation des trois carpelles (a, b, c) et après fécondation de l'ovule du C₃ (fruit noué) (d, e) (Fu: funicule ; Gr: graine)

3.3 ÉTUDE HISTOCYTOLOGIQUE DES CARPELLES POLLINISÉS ET ÉVOLUTION HISTOCYTOLOGIQUE DES TROIS OVULES

3.3.1 HISTOLOGIE DES CARPELLES

La coupe longitudinale montre que le carpelle pollinisé présente une symétrie bilatérale (Fig. 7a). Il est formé de l'épiderme externe, constitué d'une assise de petites cellules cutinisées imperméables, renfermant un noyau volumineux central et un cytoplasme dense. Il recouvre un parenchyme à méat non homogène. En effet, des particularités cellulaires sont observées selon le plan apico-basal.

Dans la partie sommitale, les cellules riches en raphides d'oxalate de calcium sont situées surtout de part et d'autre du canal styloïde qui met en relation la loge ovulaire et le stigmate bordé de cellules papilleuses. Le canal styloïde est plus ouvert dans C₂ par rapport à ceux des autres carpelles C₁, C₃. Le canal est tapissé par une assise de cellules sécrétrices (colorée en rouge par le réactif de Schiff).

A la base du carpelle, la présence des polyphénols (tanins) sous forme de petits granules dispersés peuvent être réunis en masse compacte. Ils sont piégés dans les vacuoles de certaines cellules disposées en un cercle, séparant ainsi le tissu de parenchyme en deux zones : zone externe constituée de quelques assises de petites cellules et une zone interne plus importante, constituée de grandes cellules vacuolisées. Et un épiderme interne à cellules allongées, limitant la loge ovulaire. La teneur en polyphénols des carpelles jumeaux est plus élevée par rapport au troisième carpelle C₃ (Fig. 7a).

Concernant les ovules (Fig. 7b), il existe une différence initiale dans la répartition des tannins vacuolaires dans les cellules du nucelle appartenant à chacun des ovules d'une fleur; ce qui va jouer postérieurement un rôle important dans le développement ou la dégénérescence de l'ovule. Les ovules des C₃ accumulent des tannins vacuolaires à la périphérie abaxiale du nucelle. Par contre Les ovules du C₁ accumulent peu de tanins dans différentes parties de l'ovule. La plupart des ovules appartenant au C₂ possèdent des tanins en petite quantité et demeurent plus grands que les quelques ovules des C₂ qui n'accumulent pas de tanins (1/5^{ème}).

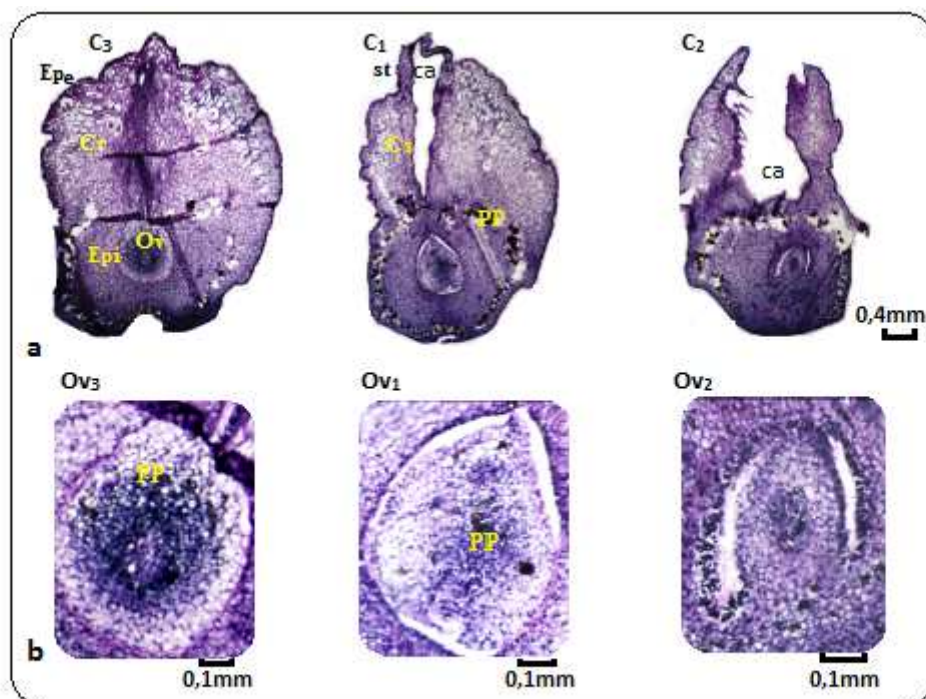


Fig. 7. Coupe longitudinale des carpelles (a) et des trois ovule (b) 3heures après pollinisation [Epe : épiderme externe ; Epi : épiderme interne ; ca : canal styloïde ; Cs : cellules sécrétrices ; Cr : cellules à raphides ; PP : polyphénols ; St : style]

3.3.2 ÉVOLUTION HISTOCYTOLOGIQUE DES TROIS OVULES APRES POLLINISATION

L'évolution des ovules des trois carpelles présentent des différences selon qu'ils appartiennent au C₁, au C₂ ou au C₃. Ainsi, l'étude histocytologique des différents stades d'évolution des carpelles et de leurs ovules a montré la formation initiale d'un sac embryonnaire uniquement chez les ovules des C₁ et C₃ ; mais le sac embryonnaire n'est pas structuré dans l'ovule du C₂ et l'accumulation progressive des tanins provoque sa dégénérescence. Seul le sac embryonnaire de l'ovule du C₃ poursuit sa formation.

Dès la pollinisation, l'ovule s'agrandit grâce à une succession de divisions cellulaires au centre. Les noyaux et les nucléoles sont colorés en vert bleu, puis fortement colorés en bleu noir par Naphtol Blue Black, couleur spécifique des protéines, ce qui explique l'accumulation en réserves protéiques au niveau cytoplasmique sous forme de précipités.

Du côté du micropyle à la face adaxiale du carpelle (ovule anatrophe), une des cellules internes s'individualise après le 2^{ème} jour de pollinisation en macropore avec un noyau volumineux (Fig. 8a). Cette cellule s'agrandit au fur et à mesure en subissant des mitoses. On aperçoit la formation de deux noyaux dès le 3^{ème} jour dans les deux ovules du C₁ et du C₃ (Fig. 8b). La présence et l'augmentation de sécrétion de polyphénols dans les cellules du nucelle provoque le ralentissement et l'arrêt de développement du sac embryonnaire de l'ovule du carpelle C₁ qui finit par avorter spontanément le 6^{ème} jour (Fig. c). Par contre les deux noyaux de l'ovule du carpelle C₃ ont subi deux mitoses successives conduisant au 9^{ème} jour à la formation de huit noyaux haploïdes à l'intérieur du sac embryonnaire élargi (Fig. 8d).

Concernant l'ovule du C₂, l'accumulation précoce et plus importante des polyphénols dans les cellules du nucelle induit la destruction des vacuoles libérant leur contenu dans toute la cellule. Les cellules sont lysées et ces ovules dégénèrent.

L'ovule mature du C₃ est alors relié au placenta de l'ovaire par un fin cordon, le funicule. Il comporte deux téguments concentriques externe et interne. Ils ne sont pas soudés au sommet, laissant ainsi une petite ouverture nommée micropyle qui se trouve à proximité du funicule du fait de la position anatrophe de l'ovule et par laquelle pénétrera le tube pollinique

pour avoir accès au sac embryonnaire (Fig. 8e). Ce dernier est constitué de huit cellules haploïdes : deux synergides et l'oosphère, près du micropyle, trois antipodes situées à l'opposé et enfin deux noyaux polaires au sein d'un même cytoplasme au centre du sac qui sera à l'origine de l'albumen (Fig. 8e).

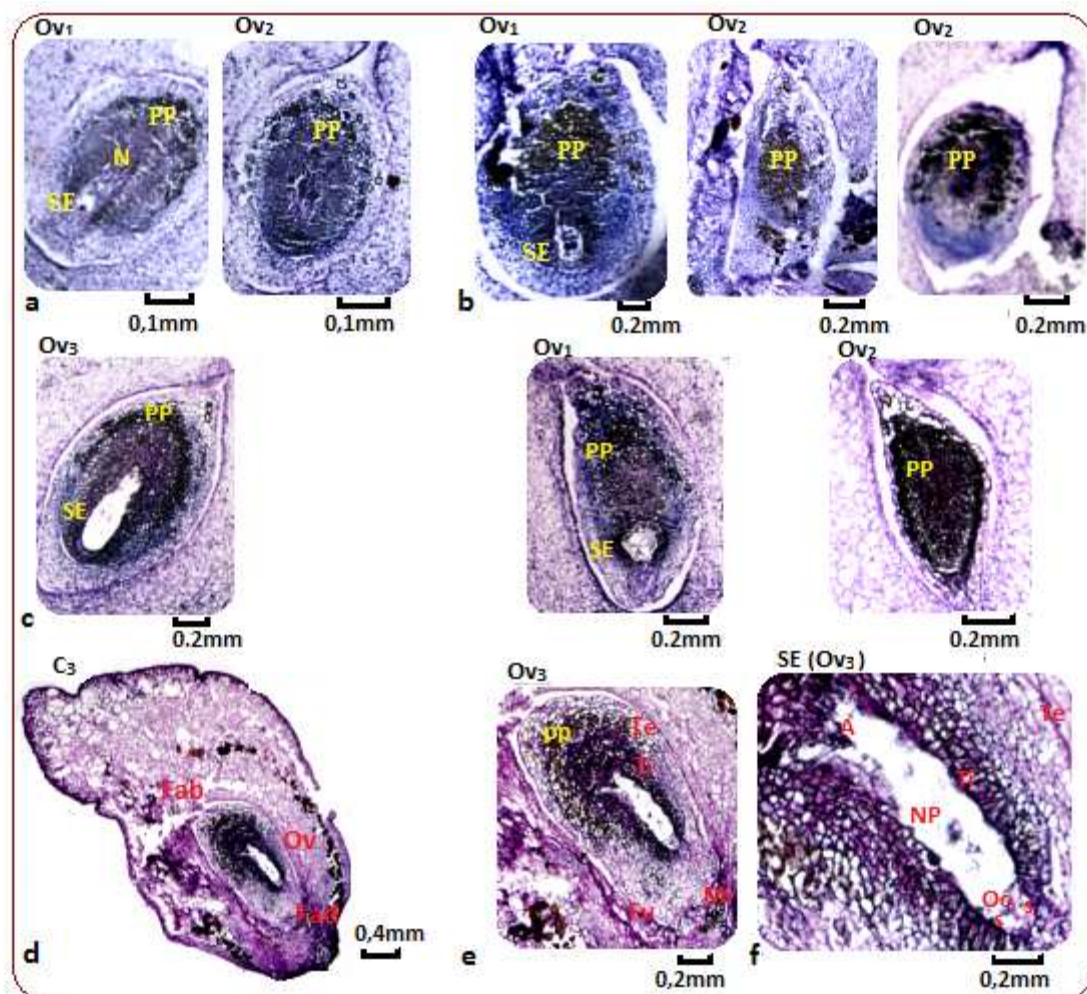


Fig.4. Étapes du développement des ovules appartenant aux carpelles (C_1 , C_2 , C_3) après [2^{ème} (a), 3^{ème} (b), 6^{ème} (c), 9^{ème} (d)] jour de pollinisation ; ovule du C_3 (e) ; sac embryonnaire (f). [A : antipode ; Fu : funicule, Fab : face abaxiale ; Fad : face adaxiale ; Mi : micropyle ; N : nucelle ; NP : noyaux polaires ; Oo : oosphère ; PP : polyphénols ; SE : sac embryonnaire ; S : synergide ; Te : tégument externe ; Ti : tégument interne]

4 DISCUSSION

Le bourgeon apical unique du palmier dattier joue un rôle important dans le développement et de la survie de la plante. Il édifie des bourgeons axillaires qui, ultérieurement, participeront à la propagation de l'espèce en produisant en particulier les organes reproducteurs et le programme de développement floral aboutit à la formation des fruits pour lesquels le palmier dattier est cultivé.

Les travaux de [23], [18] ont montré que les inflorescences naissent du développement des bourgeons axillaires indéterminés situés à l'aisselle des ébauches foliaires, au cours de la vie de la plante qui poursuit sa croissance monopodiale grâce à son seul bourgeon végétatif apical. La floraison du palmier dattier est saisonnière comparativement à celle d'autres palmiers, comme *Elaeis guineensis* ou *Geonoma epitiolata*, qui peut s'étaler sur toute l'année [14].

Les fleurs femelles unisexuées dérivent de fleurs bisexuées et montrent un avortement de l'androcée immature. La première description du développement floral du palmier dattier a été rapportée par [24]. Ils ont pu identifier l'existence d'un stade bisexuel précoce du bourgeon floral et ont montré que l'androcée correspondait à deux verticilles de trois staminodes. [25] ont suivi l'ontogénie de la fleur par une étude histologique et ont montré que l'initiation des ébauches se

réalisait dans l'ordre calice – corolle – staminode (étamine stérile) – gynécée mais n'ont pas précisé l'agencement des pièces florales entre elles et d'un verticille à un autre. Nos travaux ont précisé cet agencement qui est conforme à l'organisation trimérique des Monocotylédones mais la position des organes sexuels est particulière : le pétale (p_2), où sont insérés au centre de sa base trois staminodes, abrite deux carpelles C_1 et C_2 , le pétale (p_3), où est inséré deux staminodes loge le carpelle C_3 et enfin le pétale (p_1) où est inséré un staminode recouvre partiellement les deux pétales (p_2) (p_3). Cet agencement permet de savoir précocement quel sera le carpelle qui deviendra un fruit. Le diagramme floral a donc été précisé par rapport à ce qui a été donné dans les travaux antérieurs [26], [18].

[18], ayant suivi l'ontogenèse des fleurs en microscopie photonique, électronique et en balayage a confirmé la bisexualité au stade précoce des fleurs et la régression ou l'involution des deux carpelles jumeaux après pollinisation laissant la place au 3^{ème} carpelle qui évoluera en fruit. Mais cette régression ou involution n'a pu être expliquée, ce qui a justifié nos travaux qui ont permis de suivre le développement des 3 carpelles et ovules d'une même fleur en même temps. En effet, chez le palmier dattier, la datte provient du développement d'un des trois carpelles. Nos résultats concordent avec les résultats de [27], [28]. De plus, nos observations ont permis de constater que les carpelles jumeaux, protégés par le même pétale, portent des ovules rugueux de couleur rose clair qui s'atrophient et disparaissent quelques jours après leur pollinisation. Par contre, le 3^{ème} carpelle qui est protégé par un autre pétale et qui loge un ovule de couleur rose foncé lisse se développe en fruit. La dégénérescence des deux carpelles dit « jumeaux » C_1 et C_2 semble liée à la présence ou l'absence initiale de tanins dans les ovules. En effet, l'étude faite par [29] sur l'importance des tanins vacuolaires dans le développement des ovaires et des ovules de la vigne a révélé que la présence des tanins en des sites bien définis de l'ovule est un signe de développement normal, tandis que leur absence ou leur rareté annonce inéluctablement leur involution. En outre, les cellules du nucelle et celles du gamétophyte des ovules sains ne renferment jamais de vacuoles tanniques.

Les coupes réalisées sur les carpelles du palmier dattier variété 'Takerbucht' montrent qu'il ya une différence dans la répartition des tanins vacuolaires dans les trois ovules et que les petits ovules des quelques carpelles C_2 sont privés de tanins.

Les coupes histologiques des trois carpelles ont montré la localisation des polyphénols aux endroits bien précis. Plusieurs auteurs [30], [31], [32] ont signalé que les tanins sont des polyphénols naturellement produits par les plantes. Ils sont solubles dans l'eau, se caractérisent par leur faculté à se combiner aux protéines et à d'autres polymères organiques tels que les glucides, les acides nucléiques, les stéroïdes et les alcaloïdes, pour former avec eux des complexes stables. [33] ont confirmé que la distribution des composés phénoliques dans le tissulaire n'est pas uniforme. Ils sont présents sous deux formes dans la cellule : insolubles dans la paroi, et solubles dans les vacuoles. Ces composés phénoliques sont essentiels à la physiologie de la plante, étant ils sont impliqués dans diverses fonctions tels que la structure, la pigmentation, la pollinisation, ainsi que la croissance et le développement.

Au cours du développement des carpelles pollinisés, les carpelles jumeaux commencent à perdre leur chlorophylle puis brunissent avant leur dégénérescence complète et leurs stigmates deviennent lignifiés. Différentes interprétations ont été mentionnées pour expliquer ce phénomène ; [34] ont signalé que les enzymes d'oxydation (polyphénol oxydase PPO et peroxydase POD) sont situées dans les organites cellulaires : mitochondries, chloroplastes et cytoplasme. La membrane qui sépare la vacuole du cytoplasme empêche tout contact entre les enzymes d'oxydation et les polyphénols. Cependant, l'accumulation des tanins, connus pour être des dénaturants de protéines, constitue un danger permanent pour l'intégrité membranaire [29]. Dans le cytoplasme, les tanins modifient la perméabilité des membranes (rupture du tonoplaste), ce qui pourrait réduire l'intégrité de l'ADN et de l'ARN [35], [33], et ils accélèrent la dégradation de la chlorophylle [36].

Les composés phénoliques, par leur structure, sont des composés facilement oxydables par les enzymes [37]. Avec la présence de l'oxygène, cette oxydation se produit. Des brunissements apparaissent après la désorganisation cellulaire. Cette désorganisation des composants cellulaires est souvent le résultat de la dégradation des membranes par les formes toxiques de l'oxygène [38]. L'accumulation des tanins dans le cytoplasme conduit à la mort cellulaire [39], [40], [41].

Pour une bonne production dattière et du fait que la pollinisation traditionnelle se fait par l'homme, il est très important de situer la période de réceptivité des fleurs femelles durant laquelle la fleur est apte à être fécondée. L'étude histologique du développement des ovules de cultivar 'Takerbucht' a montré que le sac embryonnaire se forme après la pollinisation et seulement au neuvième jour ce qui est contraire aux résultats de [18] obtenus sur le cultivar 'deglet Nour'. Cette observation, si elle est confirmée par d'autres travaux, permettra aux pollinisateurs de disposer d'un temps suffisant après l'ouverture de la spathe pour polliniser. [42] a rapporté les périodes de réceptivité de quelques cultivars algériens: Deglet Nour (12jours) ; Mech Degla (9jours) ; Degla Beida (8jours) ; Ghars (6 à 8 jours). En cas de dépassement de ces délais, un nombre élevé de fruits parthénocarpiques (fruits non fécondés) seront obtenus, ce nombre peut excéder 50% du total des fruits.

5 CONCLUSION

Les différentes nuances de la couleur rose que prennent les différents types d'ovules dans la fleur immédiatement après la pollinisation est un indice de vitalité des ovules et de pollinisation de ces trois carpelles.

Le changement de la couleur de l'ovule du C₃ en rose foncé est un important signe de l'intensité mitotique des cellules de nucelle. Il constitue un marqueur pour la formation du sac embryonnaire qui dure 9 jours chez 'Takerbucht' et donc du carpelle qui va devenir le fruit. Par contre le changement de la couleur de l'ovule du C₂ et C₃ en rouge brun est un signe de leur dégénérescence.

Il existe une corrélation entre le développement entre les carpelles et celui de leurs ovules : le carpelle C₂ (ovule) dégénère le premier suivi par le carpelle C₁ (ovule), alors que le carpelle C₃ et son ovule continuent leur développement

Les trois ovules n'ont pas les mêmes capacités d'évolution. L'involution des deux ovules colorés en rouge-brun puis leur dégénérescence peuvent être interprétée par la présence de dépôts importants de substances polyphénoliques. De ce fait les tanins paraissent être un marqueur de la vitalité des ovules.

La régression des ovules jumeaux est donc structurelle et physiologique du fait de l'absence de formation de sac embryonnaire mature et donc pas de formation de cellule sexuelle. La pollinisation a provoqué un début de formation de sac embryonnaire dans un des 2 carpelles jumeaux mais elle est suivie d'un envahissement cellulaire par les tanins. Il reste à savoir pourquoi ce sont les carpelles situés en face du pétale P₂ qui sont soumis à cette régression. Seules des études moléculaires et génétiques pourront probablement répondre à cette question.

REFERENCES

- [1] C. Yampolsky and H. Yampolsky, *Distribution of the sex forms in the phanerogamic flora*, Collection Biblioteca genetica, 1922.
- [2] C. Ainsworth, "Boys and girls come out to play: The molecular biology of dioecious plants," *Annals of Botany*, vol. 86, no. 2, pp. 211–221, 2000.
- [3] R. Ming, Q. Yu, and P.H. Moore, "Sex determination in papaya," *Seminars in Cell and Developmental Biology*, vol. 18, no. 3, pp. 401–408, 2007.
- [4] G. D. Weiblen, R. K. Oyama and M. J. Donoghue, "Phylogenetic analysis of dioecy in Monocotyledons," *The American Naturalist*, vol. 155, no. 1, pp. 46–58, 2000.
- [5] W.G. Wilson and L.D. Harder, "Reproductive uncertainty and the relative competitiveness of simultaneous hermaphroditism versus dioecy," *The American Naturalist*, vol. 162, no. 2, pp. 220–241, 2003.
- [6] C. Morici, *Palmeras e islas: insularidad en una de las familias mas diversas del reino vegetal*, In: Fernández-Palacios, J.M. y Morici, C. (eds). *Ecología insular/Island ecology*. Asociacion espanola de ecologiaterrestre (AEET) - Cabildo Insular de la Palma, pp. 81–122, 2004.
- [7] M.M. Thomas, N.C. Garwood, W.J. Baker, S.A. Henderson, S.J. Russell, D.R. Hodel and R.M. Bateman, "Molecular phylogeny of the palm genus Chamaedoreae, based on the low – copy nuclear genes PRK and RPB2," *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 38, no. 2, pp. 398–415, 2006.
- [8] J. Dransfield, N.W. Uhl, C.B. Asmussen, W. Baker, M. Harley and C.E. Lewis, "A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae," *Kew Bulletin*, no.60, pp. 559–569, 2005.
- [9] N.W. Uhl, "Anatomy and ontogeny of the cincinni and flowers in *Nannorrhops ritchiana* (Palmae)," *Journal of the Arnold Arboretum*, no. 50, pp. 411–431, 1969.
- [10] J. Sannier, S. Nadot, A. Forchioni, M. Harley fls and B. Albert, "Variations in the microsporogenesis of monosulcate palm pollen," *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 151, no. 1, pp 93–102, 2006.
- [11] P. B. Tomlinson, *The structural biology of palms*, Clarendon Press, Oxford, 1990.
- [12] R. Dubois, N. Charrie and J.B. Beaufils, "Les palmiers : dinosaures du règne végétal, aujourd'hui seigneurs menacés," *Hommes et Plantes*, no.29, pp. 33–39, 1999.
- [13] P.O. Albano, *La connaissance des Palmiers: culture et utilisation*, Aix-en-Provence: Edisud, 2002.
- [14] J. Dransfield, N.W. Uhl, C.B. Amussen, W.J. Baker, M. Harley and C.E. Lewis, *Genera Palmarum. The evolution and classification of palms*, Royal Botanic Gardens Kew, Kew UK, 2008.
- [15] R.M.T. Dahlgren, H. T. Clifford and P.F. Yeo, *The families of the monocotyledons: structure, evolution and taxonomy*. Springer -Verlag. Berlin, 1985.
- [16] N.W. Uhl and J. Dransfield, *Genera Palmarum, A classification of palms based on the work of Harold E. Moore Jr.* Liberty Hyde Bailey Hortorium and the International Palm Society, Lawrence, Kansas, 1987.

- [17] D. Jones, *Palms throughout the World*, Ed. Reed Books in Australia, 1994.
- [18] N. Bouguedoura, *Le palmier dattier : développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs*, Editions Universitaires Européennes, 2012.
- [19] N.W. Uhl, "Inflorescence and flower structure in *Nypa fruticans* (Palmae)," *American Journal of Botany*, vol. 59, no. 7, pp. 729-743, 1972.
- [20] V. A. Funk, A. Suzanna, T. F. Stuessy and H. Robinson, *Classification of Compositae*, In: Funk. VA., Suzanna. A., Stuessy TF., Bayer RJ (eds) Systematic, Evolution and Biogeography of Compositae, International Association for Plant Taxonomy, pp. 171- 189, 2009.
- [21] B. A. Krizek and J. C. Fletcher, "Molecular mechanisms of flower development: an armchair guide," *Nature Review Genetics*, vol. 6, pp. 688-698, 2005.
- [22] E. S. Coen and E. M. Meyerowitz, "The war of the whorls: genetic interactions controlling flower development," *Nature*, no. 353, pp. 31-37, 1991.
- [23] N. Bouguedoura, "Development and distribution of axillary buds in (*Phoenix dactylifera* L.)," *The first symposium on the date palm, King Faisal. Univ. Al Hassa. Saudi Arabia. 23-25 Mars 1982*, pp. 40-45, 1982.
- [24] D. A. De Mason, K. W. Stolte and B. Tisserat, "Floral development in *Phoenix dactylifera*," *Canadian Journal of Botany*, vol. 60, no. 8, pp. 1437-1446, 1982.
- [25] A. Daher, H. Adam, N. Chabrillange, M. Collin, N. Mohamed, J. W. Tregear and F. Aberlenc-Bertossi, "Cell cycle arrest characterizes the transition from a bisexual floral bud to a unisexual flower in *Phoenix dactylifera*," *Annals of botany*, vol. 106, no. 2, pp. 255-266, 2010.
- [26] P. Munier, *Le palmier dattier*, Ed : G. P. Maisonneuve et Larousse, coll. Techniques agricoles et productions tropicales, Paris, 1973.
- [27] A. Ben Abdallah, La phœniciculture. In: Dollé V. (ed.), Toutain G. (ed.) Les systèmes agricoles oasiens, Montpellier: CIHEAM. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; no. 11, 1990.
- [28] N. Bouguedoura and S. Moussouni, " Histological and biochemical studies of zygotic embryogenesis towards improvement of somatic embryogenesis in date palm (*Phoenix dactylifera* L.)," *Acta Hort. (ISHS)*, no. 882, pp. 199-209, 2010.
- [29] M. Fougère-Rifot and J. Bouard, "Evolution de l'ovaire en rapport avec la coulure chez deux variétés de *Vitis vinifera* L., le Merlot et le Chardonnay," *INRA-VITI 92, De la Vigne au Vin : les Actualités de la Recherche*, pp. 22-26, 1992.
- [30] M. Zhu, J. D. Phillipson, P. M. Greengrass, N. E. Bowery and Y. Cai, "Plant polyphenols: biologically active compounds or non-selective binders to protein," *Phytochemistry*, vol. 44, no. 33, pp. 441 – 447, 1997.
- [31] K. Khanbabaee and T. Van Ree, "Tannins: Classification and definition," *Natural Product Reports*, vol. 18, pp. 641 – 649, 2001.
- [32] S. Sweeney, B. Palmer, D. Neill and D. Krause, "Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants," *Animal Feed Science and Technology*, vol. 91, no. 1-2, pp. 83-93, 2001.
- [33] Z. H. Li, Q. Wang, X. Ruan, C. D. Pan and D. A. Jiang, "Phenolics and plant allelopathy," *Molecules*, vol. 15, no. 12, pp. 8933 – 8952, 2010.
- [34] P. M. A. Toivonen and D. A. Brummell, "Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 1-14, 2008.
- [35] R. S. Zeng, S. M. Luo and Y. H. Shi, M.B. Shi and C.Y. Tu, "Physiological and biochemical mechanism of allelopathy of secalonic acid Fon higher plants," *Agronomy journal*, vol.93, pp. 72-79, 2001.
- [36] M. Kato and S. Shimizu, "Chlorophyll metabolism in higher plants VI. Involvement of peroxidase in chlorophyll degradation," *Plant and Cell Physiology*, vol. 26, no. 7, pp. 1291-1301, 1985.
- [37] E. Degl'Innocenti, L. Guidi, A. Pardossi and F. Tognoni, "Biochemical study of leaf browning in minimally processed leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *acephala*)," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, no. 26, pp. 9980-9984, 2005.
- [38] J. Whitaker and C. Y. Lee, *Recent advances in chemistry of enzymatic browning*. In: Lee C.Y., Whitaker J.R (Eds.), Enzymatic browning and its prevention, Washington, American Chemical Society, pp. 2-7, 1995.
- [39] R. H. Hall, P. S. Baur and C. H. Walkinshaw, "Variability in oxygen consumption and cell morphology in slash pine tissue cultures," *Forest Science*, vol. 18, no. 4, pp. 298-307, 1972.
- [40] P. S. Baur and C.H. Walkinshaw, "Fine structure of tannin accumulations in callus cultures of *Pinus elliotii* (slash pine)," *Revue Canadienne de Botanique*, vol. 52, no. 3, pp. 615-619, 1974.
- [41] J. R. Barnett, "Fine structure of parenchymatous and differentiated *Pinus radiata* callus," *Annals of Botany*, vol. 42, no. 2, pp. 367-373, 1978.
- [42] G. Toutain, *Eléments d'agronomie saharienne : de la recherche au développement*. Paris INRA-Gret, 1979.

L'utilité d'un réseau social dans un système d'apprentissage à distance: Retour d'une expérience avec des étudiants Marocains

[The usefulness of a social network in a distance learning system: Result of an experiment with Moroccans students]

Naoual Hror, Ilham Oumaira, and Rochdi Messoussi

Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Our research focuses on Technology for Human Learning, particularly on assistance to learners in their online learning courses. This method of learning has profoundly benefited from important technological innovation of the 21st century, and the emergence of the Web 2.0.

The integration of social networks at the distance learning systems, focused on new features for users, which changed their behavior in the web and created a new methods of collaboration and information sharing.

Our approach is to integrate a social network at our distance learning platform and conducted experiments to observe and study the behavior of learners in these new platforms.

KEYWORDS: Moodle, Mahara, Social Network, Tags, Comment, E-learning.

RESUME: Nos travaux de recherche portent sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), et particulièrement sur l'assistance aux apprenants dans leurs parcours d'apprentissage en ligne. Ce mode d'apprentissage a profondément bénéficié de l'innovation technologique importante du 21^e siècle, et de l'apparition de ce qu'on appelle web 2.0.

L'intégration du web 2.0 et plus précisément des réseaux sociaux au niveau des systèmes d'apprentissage à distance a porté des nouvelles fonctionnalités pour les internautes, chose qui a changé leurs comportements dans le web et a donné naissance à des nouvelles méthodes de collaboration et de partage d'informations.

Notre approche vise à intégrer un réseau social au niveau de notre plateforme d'apprentissage à distance et de dérouler des expérimentations afin d'observer et d'étudier les comportements des apprenants au sein de ces nouvelles plateformes.

MOTS-CLEFS: Moodle, Mahara, Social Network, Tags, Comment, E-learning.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte d'apprentissage à distance, la collaboration entre les apprenants est un élément indispensable pour atteindre les objectifs cognitifs de la formation [1]. Malgré les nombreux services offerts par les plates-formes de Formation Ouverte et à Distance (ou Learning Management System), l'une des principales difficultés rencontrées par les tuteurs est comment inciter les apprenants à communiquer et échanger entre eux.

Plusieurs études ont été faites sur l'intégration des réseaux sociaux au niveau des plateformes d'apprentissages à distance. Parmi ces travaux, nous citons l'expérience lancée par un enseignant de l'université de Vienne, qui a proposé à ses étudiants de lui faire des retours sur ses cours via le site de micro-blogging, afin d'évaluer le succès de ses leçons [2].

A l'université de Montréal, le Web 2.0 et les réseaux sociaux sont aussi au cœur d'une révolution de l'enseignement et de l'apprentissage. Les étudiants ont accès à des environnements collaboratifs qui favorisent le partage et la co-construction des connaissances (Elgg, Ning, Wikis, etc.) [3].

Afin de confirmer nos approches sur l'importance des réseaux sociaux dans la formation à distance (amélioration des échanges de connaissances et partage d'information), nous avons proposé d'intégrer un réseau social à notre plateforme d'apprentissage « Moodle »¹, que nous avons baptisé « SocioMoodle », de cette façon l'apprenant va travailler sur la même plateforme sans avoir recours à s'identifier ou installer une 2^{ème} plateforme.

Comme nous avons déjà signalé, nous visons à offrir à l'apprenant un système d'apprentissage qui répond aussi bien à son besoin cognitif que son besoin social, et pour valider notre approche, nous avons choisi de greffer à la plateforme Moodle utilisé par notre université un plugin de réseau social qui mettra à la disposition de l'apprenant un environnement similaire aux réseaux sociaux auxquels il est habitué. Selon le résultat de notre synthèse, les deux réseaux sociaux qui répondent à notre besoin sont : le réseau social « Elgg » et le réseau social « Mahara », mais en les étudiants de prêt notre choix s'est porté sur le réseau social « Mahara ». C'est un réseau social complet, il donne à l'apprenant la possibilité de générer son profil, de sauvegarder, d'organiser et de partager ses accomplissements et son développement de compétences dans un espace en ligne. Il permet aussi de créer des communautés en ligne et des réseaux sociaux avec des outils comme les groupes, les blogs et les forums, néanmoins le point le plus important de notre choix est la disponibilité de la documentation sur le plugin de l'intégration de « Mahara » avec « Moodle »[4].

Pour valider notre approche, nous avons mené plusieurs expérimentations dans des contextes réels d'apprentissage à distance. En début de chaque expérience nous avons présenté aux apprenants la structure des projets, les procédures d'évaluations, nous les avons également sensibilisés à l'importance de ces expériences, et nous avons assuré une certaine présence à travers l'encadrement de leurs projets.

2 TACHES DEMANDÉES AUX APPRENANTS

Pour impliquer les apprenants dans nos expérimentations ; nous avons réalisé une charte dans laquelle nous avons détaillé les tâches demandées aux apprenants. Ci-dessous les principaux engagements pris au début de la formation, par les apprenants qui ont participé à notre expérimentation :

- L'apprenant s'engage à se connecter quotidiennement à la plateforme.
- L'apprenant s'engage à créer sur la plateforme « SocioMoodle » une page publique visible pour tout le monde.
- L'apprenant s'engage à communiquer très régulièrement avec le tuteur afin de lui rendre compte de sa progression dans le projet.
- L'apprenant s'engage à déposer sur la plateforme tout document (cours, TP, TD, Vidéo, etc.), qu'il juge susceptible de contribuer à la réalisation du projet commun.
-

3 DÉTAIL DE L'EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation que nous avons menée s'est déroulée sur une période de 20 semaines et a concerné 127 apprenants. Le premier lot d'apprenants est constitué d'étudiants du MQL (Master Qualité Logiciel) promotion 2011/2012. Ils ont travaillé sur des projets informatiques différents d'une équipe à une autre. Le second lot regroupe des étudiants de l'ENSA (Ecole Nationale des Sciences Appliquées) promotion 2011/2012, qui ont par contre travaillé sur le même sujet de projet.

L'objectif de cette expérimentation était double; d'une part nous souhaitons valider d'un point de vue technique, fonctionnel et ergonomique, le dispositif informatique « SocioMoodle », et d'autre part nous souhaitons comparer le rendement des apprenants dans le système SocioMoodle, par rapport à la plateforme standard d'apprentissage « Moodle ».

¹ <https://moodle.org/>

4 RETOURS SUR L'EXPÉRIMENTATION

L'objectif de ce paragraphe est de présenter les résultats de l'expérimentation, afin de comparer l'utilisation des deux plateformes « SocioMoodle » et « Moodle », par les 127 apprenants qui ont communiqué lors de la réalisation de leurs projets et tâches à travers les deux plateformes. En effet, nous avons enregistré une base importante de traces susceptibles d'être utilisées pour l'évaluation de notre approche sur l'importance de l'intégration d'un réseau social au niveau d'une plateforme d'apprentissage à distance. Le paragraphe ci-dessous représente la comparaison faite entre la fréquence d'utilisation de la plateforme « Moodle » par rapport à la plateforme « SocioMoodle » :

4.1 LES OUTILS DE COMMUNICATIONS UTILISES PAR LES APPRENANTS

Les résultats modélisés sur la figure 1 montrent le pourcentage de l'utilisation des outils offerts par les deux plateformes. Ces résultats nous allons les développer dans le reste du chapitre.

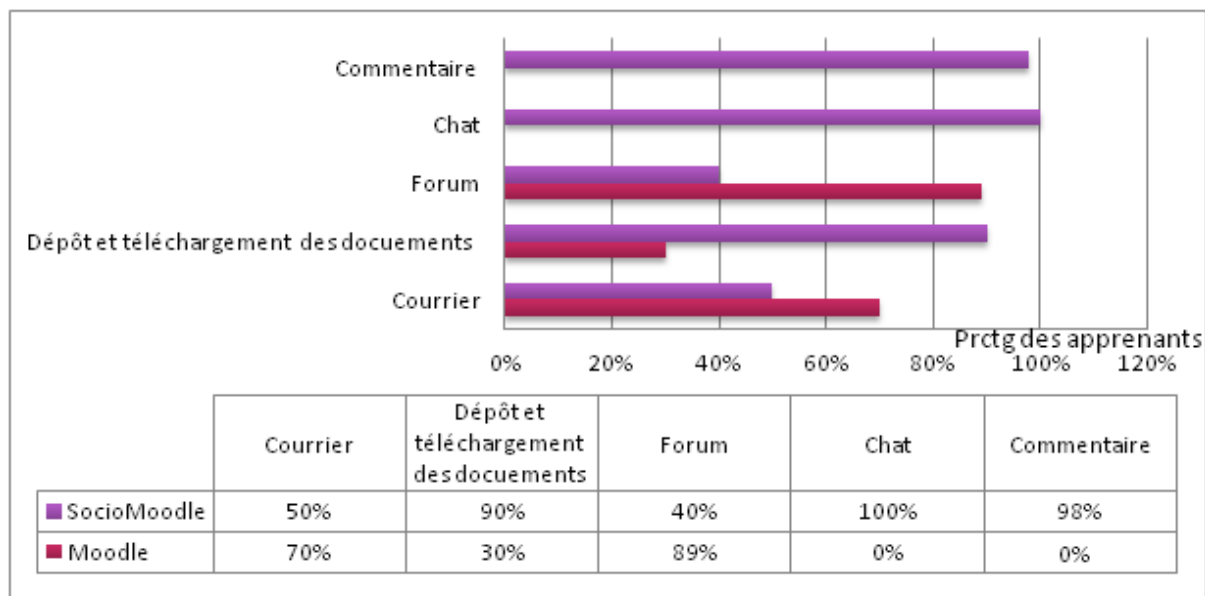


Fig.1. Outils de communication et médias éducatifs utilisés

Comme il est illustré sur le diagramme précédent, nous constatons que l'outil le plus utilisé sur Moodle est encore le forum (pour 89% des apprenants). Il est suivi par le courrier (70%), et vers la fin vient le dépôt et le téléchargement de documents (30%). Sur SocioMoodle la fonctionnalité la plus utilisée et le chat par (100% des apprenants), vient en deuxième lieu les commentaires (98 %), suivi par le dépôt et le téléchargement de documents (90%) et vers la fin on trouve les courriers avec un pourcentage de 50% et les Forums (40%).

4.2 NOMBRE D'HEURES DE CONNEXIONS

Nous avons recensé au total 153 heures de connexion par apprenant sur le serveur, « SocioMoodle », alors qu'il ne représente que 103 heures sur la plateforme Moodle. Par ailleurs, les connexions sur SocioMoodle ont oscillé entre 57 heures et 255 heures par apprenant durant les 14 semaines de la période de l'expérimentation, ce qui représente une moyenne de 2 heures/apprenant par jour. Pour les statistiques obtenues sur Moodle les résultats varient entre 35 heures et 150 heures, soit une moyenne de 1h/apprenant par jour.

Le temps passé lors de chaque connexion est très variable. Il pouvait être de quelques secondes, par exemple le temps de marquer un tag, quelques minutes le temps d'écrire un commentaire et d'y répondre ou plus long lorsqu'il s'agissait du partage d'information, lecture des documents ou même de tchatter avec les collègues. Pour les tuteurs et les chefs de projets, nous avons remarqué qu'ils avaient le nombre d'heure de connexion le plus élevé et cela peut être expliqué par leurs différentes tâches tels que la vérification des documents et des commentaires ainsi que le suivi des apprenants, en consultant leurs productions notamment.

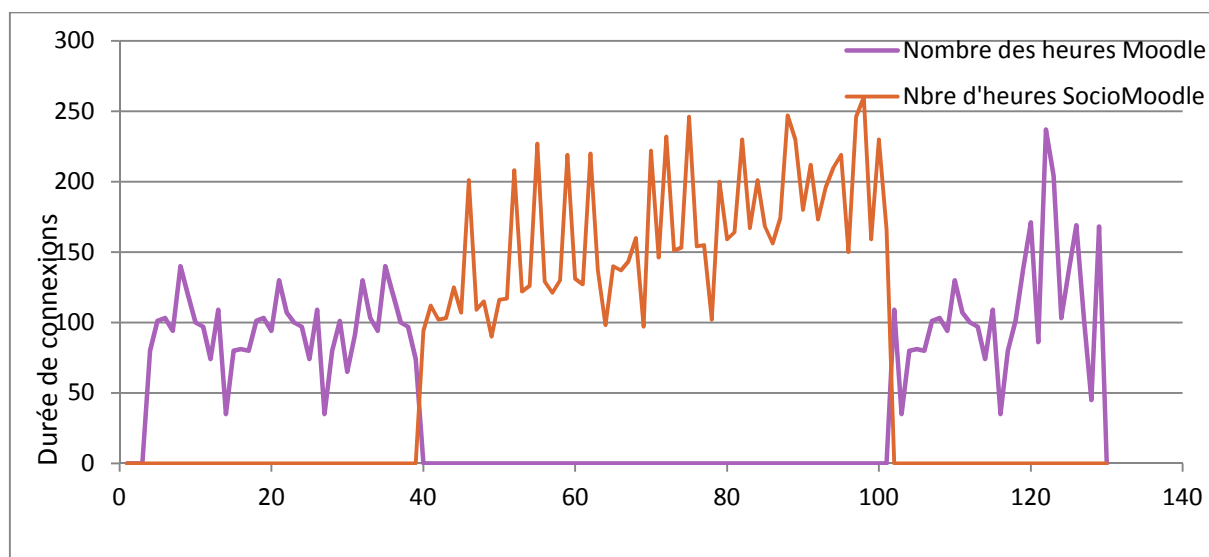


Fig.2. Nombre d'heure de connexion sur les deux plateformes

Le diagramme précédent permet d'établir une comparaison entre la durée de connexion des apprenants sur les plateformes Moodle et SocioMoodle.

4.2.1 COMMUNICATIONS ASYNCHRONES

A partir des données des communications asynchrones, nous avons pu dégager deux types d'indicateurs, le 1^{er} de nature quantitative : il s'agit des statistiques obtenues sur le nombre des échanges effectués à travers les moyens de communication asynchrone sur les deux plateformes Moodle et SocioMoodle. Et le 2^{ème} de nature qualitative : il s'agit d'une lecture et analyse des contenus des messages échangés entre apprenants.

- Analyse des messages envoyés sur SocioMoodle

Sur la plateforme SocioMoodle, trois outils de communication asynchrone sont disponible : le forum, les commentaires et les courriers. Les résultats des analyses quantitatives de l'utilisation sont représentés sur le diagramme ci-dessous.

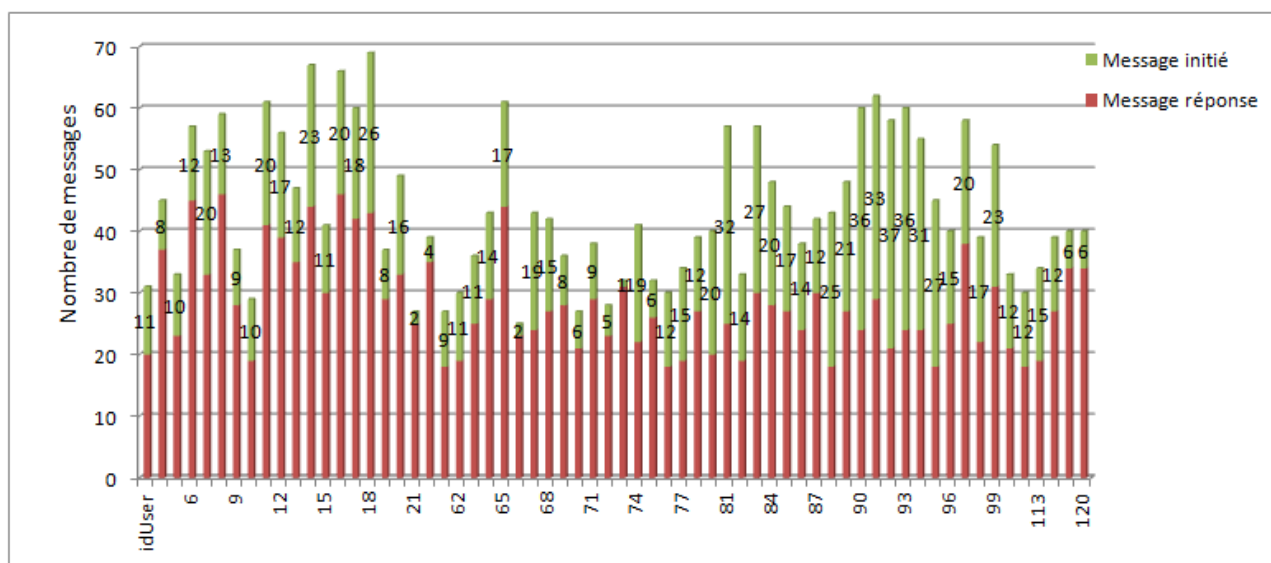


Fig.3. Nombres de messages échangés sur SocioMoodle

Dans ce diagramme, le sommet des barres vertes représentent le nombre de messages échangés par chaque apprenant pendant toute la durée de l'expérimentation. Les barres rouges représentent le nombre de messages initiateurs dans le forum, courriers ou commentaires pour chaque personne. Nous remarquons très peu de variation entre les différents apprenants ils ont envoyé un nombre total de 2532 messages. Et pour la totalité des apprenants le nombre des messages envoyés comme retour sur un message initié et plus grand que le nombre de message demandeur. Ce résultat reflète un esprit d'aide et de soutien entre les apprenants.

Une différence nette s'observe dans le nombre des messages envoyés par les tuteurs. Ils ont en effet envoyé 226 messages, avec une grande majorité de messages de type initié. Cela est expliqué par leurs rôles : d'initiateurs, facilitateurs, ...

- Analyse des messages envoyés sur Moodle

Sur la plateforme Moodle existent seulement deux outils de communication asynchrone : le forum et les courriers. Le diagramme ci-dessous illustre les résultats obtenus de notre expérimentation.

Dans ce deuxième diagramme, le sommet des barres représentent le nombre réponses envoyés sur Moodle par chaque apprenant durant les 14 semaines de l'expérimentation. Les barres bleues représentent le nombre de messages initiés dans le forum ou courriers envoyés par chaque personne. Là aussi nous remarquons très peu de variation dans le nombre de messages envoyés par chaque apprenant (entre 21 et 39 messages). Par ailleurs, notons que les six utilisateurs qui se distinguent par un nombre important de messages, sont les deux tuteurs et les quatre chefs de projet. Ce résultat peut être expliqué par le rôle que joue chacun de ces intervenant : orientation, explication, affectation des tâches entre les apprenants....Notons également que le nombre de réponses envoyés par derniers (295 messages) est bien largement au-dessus que le nombre des messages initiés (79 messages), ce qui conforte leur rôles de référent, facilitateur...

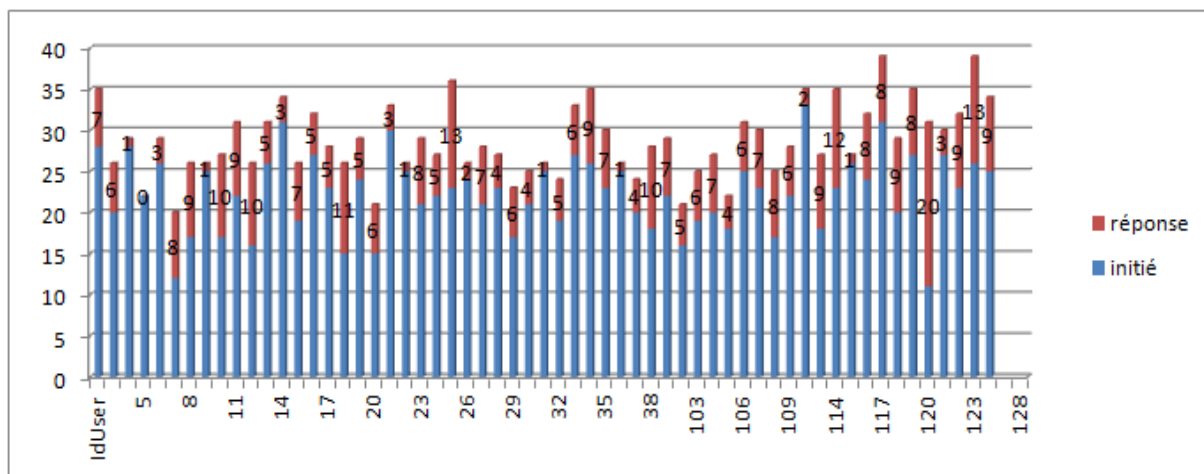


Fig.4. Nombre de messages envoyés sur Moodle

Remarquons au passage le nombre important de messages échangés sur SocioMoodle comparé de celui des messages échangés sur la plateforme Moodle. Nous essaierons d'expliquer ce résultat dans le prochain paragraphe.

4.2.2 COMMUNICATION SUR MOODLE ET SOCIOMOODLE

Loin du nombre total des messages envoyés sur les deux plateformes, nous avons remarqué que chez 70% des apprenants connectés sur Moodle le nombre de messages initiés est plus grand que le nombre des réponses produites par derniers, alors que sur SocioMoodle 83% présentent un nombre de réponses supérieur aux messages initiés.

Pour chercher à mieux comprendre l'usage des outils de communications asynchrone, nous avons dressé un tableau (tableau 1) qui regroupe le nombre de messages échangés par canal (courrier, commentaire, forum) et par catégorie (Initié, réponse) sur chaque plateforme.

Tableau 1. Répartition des messages sur les plateformes Moodle et SocioMoodle

Plateforme \ Canal	Courrier		Commentaire		Forum	
	Envoyé	Réponse	Envoyé	Réponse	Envoyé	Réponse
Moodle	160	211	0	0	575	600
SocioMoodle	154	197	330	786	260	357

Il existe trois canaux de communications sur la plateforme SocioMoodle : Courrier électronique, commentaire et forum alors que sur Moodle les apprenants ne peuvent exploiter que deux outils : courrier électronique et forum .Ces outils ont été utilisés différemment par les apprenants.

Selon les résultats illustrés (tableau 1), nous remarquons que les apprenants ont recours dans leurs échanges au forum deux fois plus sur Moodle que SocioMoodle. Cela peut être expliqué par le fait que sur Moodle le forum est le seul espace interactif, il est non seulement pour les apprenants un lieu de libres discussions portant sur des sujets en lien avec la matière, mais il est conçu comme un outil en vue de promouvoir l'apprentissage coopératif. Dans l'optique de Chantale Dumont, ce sera le lieu privilégié pour les différentes transactions entre les apprenants [5].

Le deuxième point que nous avons remarqué sur l'utilisation du Forum que le nombre de réponses est proche du nombre de message initialement envoyés et cela peut être vu comme un manque d'échange, de proposition et de retour sur le message initial.

Un autre constat concerne l'utilisation du courrier électronique. Nous avons remarqué un taux d'utilisation très similaire par les apprenants sur les deux plateformes, bien que le nombre des messages envoyés par ce canal et le moins faible (371 courriers envoyés sur Moodle, 351 courriers envoyés sur SocioMoodle).Une seule différence était que 60% des courriers envoyés sur Moodle contenant des pièces jointes, alors que sur SocioMoodle nous avons remarqué que seulement 15 % des emails contiennent des fichiers jointes. Et cela nous l'avons lié au fonctionnalité de partage offerte par SocioMoodle , nous avons observé que les apprenants ont beaucoup exploité cet outil ,à l'aide de cette fonctionnalité , ils ont partagé un nombre important de fichiers.

4.2.3 RÉUNIONS DE GROUPES

Nous avons demandé aux apprenants d'organiser des réunions régulières entre eux et avec le chef de projet. Les réunions sur Moodle ont duré entre une demi-heure et une heure, durant lesquelles le forum a été choisi comme outil de communication

Nous avons remarqué qu'il a été difficile de réunir tout le monde en même temps. Mais les traces générés sur les forums ont permis aux étudiants absents de suivre l'avancement des tâches réalisées. Pour les apprenants de SocioMoodle , chaque groupe a créé une page de groupe sur laquelle il a effectué sa réunion et chaque groupe a pu partager des documents sur le projet en toute sécurité sans que les autres groupes peuvent avoir l'accès. La durée moyenne de ces réunions était comprise entre une heure et une heure et demi.

Dans l'ensemble, les réunions ont permis aux apprenants de confronter leurs idées et leurs points de vue, notamment lors de l'étape d'analyse du projet. Chacun des groupes exposait l'avancement de son module et les apprenants partageaient leurs productions et réalisation.

Le diagramme ci-dessous représente un échantillon de partage de deux groupes durant les séances des réunions. Le groupe 1 a travaillé sur SocioMoodle, le groupe 2 a échangé sur Moodle.

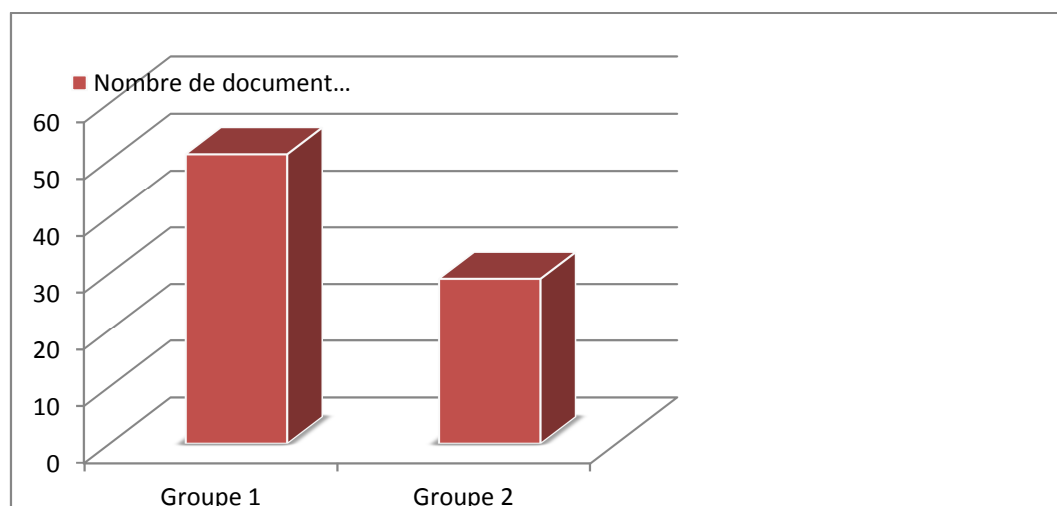


Fig. 5. Nombre de documents partagés par deux groupes

Comme il est présenté sur la Figure 5, les apprenants du premier groupe ont partagé un nombre important de fichiers sur la plateforme « SocioMoodle » (56 documents) par rapport au nombre qu'a partagé le deuxième groupe sur « Moodle » (25 documents), et cela grâce aux fonctionnalités de partage offertes par « SocioMoodle », aussi la plateforme offre à l'apprenant un moyen pour valoriser et évaluer les documents partagés à l'aide des commentaires que postent les membres des groupes.

Selon les résultats de notre expérimentation, la fonctionnalité de partage offerte par SocioMoodle a été utilisée par 70% des apprenants pour partager « un document PDF, Dox ... », 31 % ont publié « une image » et 24% des apprenants ont déposé « un cours multimédia (audio, vidéo,...) ». L'écran ci-dessous présente des chiffres sur les types des documents partagés.

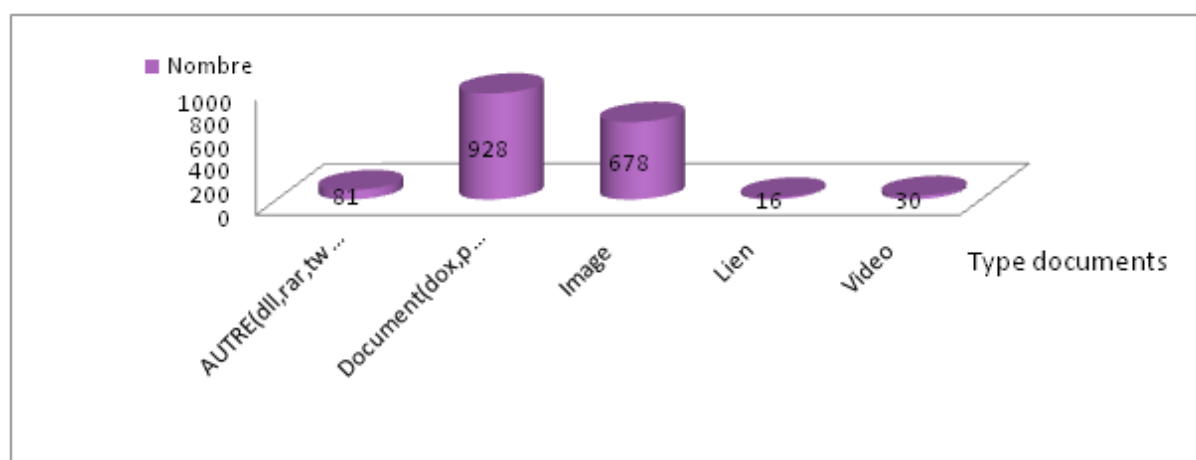


Fig.6. Nombre des documents partagés

La fonctionnalité de partage a été utilisée par la plupart des apprenants connectés sur SocioMoodle (90% des apprenants). Ils ont partagé un total de 1733 documents (Figure 6) dont le type (Pdf,word) est le plus important. Cette fonctionnalité s'est révélée utile à la coopération et c'est également un moyen d'illustration et d'éclaircissement pour les apprenants.

5 APPRÉCIATIONS DES TUTEURS

Suite à notre entretien avec les tuteurs sur leurs avis concernant la première expérimentation, ils ont apprécié l'apport de l'ajout du réseau social au niveau de la plateforme « Moodle ». De plus ils ont remarqué que les étudiants qui ont travaillé sur « SocioMoodle » ont échangé un grand nombre d'informations (2084 messages) : messages de nature organisationnelle,

affective, sociale..., un nombre important de fichiers (1733 documents). Les tuteurs ont remarqué aussi une grande présence des apprenants au niveau de « SocioMoodle » (153 heures de connexion par apprenant) chose qui a encouragé le travail collaboratif des groupes.

Aussi les tuteurs ont constaté que contrairement aux étudiants qui ont travaillé seulement sur « Moodle », ils ont observé que chez les étudiants qui ont travaillé sur « SocioMoodle » ont développé un esprit d'innovation et de création, comme par exemple la création des forums pour la communication privée, la création des groupes de Hackers, lancement des projets informatiques parallèles aux projets demandés...; donc le fait que le système d'apprentissage est souple ,et réactif et adaptatif à l'apprenant cela peut lui donner un plaisir d'apprendre.

6 CONCLUSION

Cette expérimentation nous a permis de valider notre système d'un point de vue fonctionnel et de corriger les bugs techniques dus à l'intégration de « Mahara » au niveau de « Moodle ». Les tuteurs ont apprécié la nouvelle plateforme « SocioMoodle » et l'ont jugée simple d'utilisation et facile à prendre en main.

L'analyse des différentes traces produites par les apprenants au cours de cette expérimentation, ont permis de répondre à l'ensemble des questions de notre approche.

Au vu des résultats, il apparaît que l'usage d'un média de communication de type réseau social favorise l'échange et la collaboration dans le cadre de formation et d'apprentissage en ligne. Il offre un ensemble d'outils dont les apprenants sont familiarisés, nous avons choisi d'étudier les trois principales fonctionnalités: Espaces de partages, espaces des commentaires et espace des tags.

- Espaces des commentaires : donnent la main aux internautes de réagir ou de commenter les publications partagées par le réseau. Parmi les avantages de cette fonctionnalité nous trouverons : La rapidité de l'interaction, la convivialité des échanges (moins de formalisme), et l'accessibilité de l'historique des échanges.
- Espace des tags : cette fonctionnalité se base sur un simple clic pour marquer un document. Ce tag (like, j'aime...) signifie une appréciation ou admiration vers une publication ou une activité partagée. Les avantages de cette fonctionnalité sont : Un niveau d'interaction très simple, une reconnaissance pour la personne qui a publié, et un critère de popularité simple.
- Espace de partage : à l'aide de cette fonctionnalité les internautes échangent facilement des contenus personnels ou professionnels (des photos ou des vidéos), ils partagent des événements sociaux, sportifs, des actualités économiques, et politiques .L'un des plus importants avantages de cette fonctionnalité c'est qu'il permet la diffusion d'une photo ou document dans le monde entier en quelques minutes.

Rappelons que notre proposition d'intégrer un réseau social à la plateforme d'apprentissage vise en premier lieu à encourager la communication en groupe et l'apprentissage collectif, et les résultats de l'expérience menée avec les étudiants de MQL et les étudiants de l'ENSAK ont validé une grande partie de notre approche.

REFERENCES

- [1] Morrisette, J. & Tessaro, W. (2015). Apports des recherches collaboratives sur le développement professionnel des enseignants et des formateurs en matière d'évaluation. Evaluer. Journal international de Recherche en Education et Formation, 1(2), pp. 9-14.
- [2] L'atelier - paris, twitter est aussi un outil d'évaluation des professeurs, 2009.
- [3] Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, université d'oran faculté des sciences humaines et Civilisation islamique,2011.
- [4] <https://mahara.org/>. Consulté le 21/01/2014.
- [5] Herby Brisseau .Posté le 19 novembre 2013 par Herby Brisseau Réflexion pédagogique sur l'utilisation de Moodle et les TIC.

Tectonic and geomorphological landscapes and their geodidactic and geotouristic involvement: Case study in Precambrian and Paleozoic reliefs of Tata - Morocco

Lhassan M'Barki and Mohamed Benssaou

Geoheritage and Geo-environment Group, Department of Geology,
Faculty of Sciences, Ibn Zohr University,
Agadir, Morocco

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Tata territory at south-east of Morocco is rich in natural potentials. Its relief is composed of Precambrian and Paleozoic lands that are shaped by tectonics and erosion, thus giving rise to landscapes of different forms and values. The geomorphosites that multiply through the Tata-Tagmoute way are very interesting for Earth Sciences. They represent an excellent archive of phenomena and processes which have led to the deformation of the crust. This article aims to contribute to the understanding of the conditions of the genesis of these geomorphosites and to the assessment of their geodidactic and geotouristic involvement in the local economy of this landlocked arid zone.

KEYWORDS: natural potentials, geomorphologic landscapes, geomorphosites, erosion, tectonic, geodidactic, geotourism

1 INTRODUCTION

Tata area at south-east of Morocco is rich in natural potentials. Its relief is composed of Precambrian and Paleozoic lands that are shaped by tectonics and erosion, thus giving rise to landscapes of different shapes. These landscapes represent geotopes and geomorphosites that multiply on the Tata-Tagmoute way; and are very interesting for Earth Sciences. In this paper, we will (i) define the concepts, (ii) analyze the geological setting of the study area, (iii) present the structural and geomorphological geosites of Tagmoute; and (iv) discuss as well their didactic and economic use.

In general, the terms « getopes » and « geosites » [1] have the same meaning. They are also called « Earth science sites » et « geoscience sites » [2]. The term “geosite” comes from a Greek root “geo” (=Earth). When it is combined with the Latin word “situs” (=site) gives a lexical form meaning “geological site” or “site of geological interest”. Therefore, a geosite is a natural landscape feature that testifies processes that have formed and shaped our planet. For this reason is the product of different relationships between various factors acted in the past and that still affect the present. A geosite provides an indispensable contribution to the scientific understanding of the geological history of a given region [3] according to the typology proposed by Reynard in 2004 [2]. According to him, the geotopes are divided into 8 types: structural geotopes, paleontological geotopes, sedimentological geotopes, mineralogical geotopes, petrographic and geochemical geotopes, stratigraphic geotopes, geomorphological geotopes, hydrological and hydrogeological geotopes, speleological geotopes, geohistorical geotopes and geocultural geotopes. This article focuses on the structural and geomorphological geotopes and their importance of Earth and for tourism.

2 SITE OF STUDY

The province of Tata is located on the southeast edge of the axial zone of the Western Anti- Atlas and in presaharian area in the south of Morocco. It is characterized by its landforms particularly important, but also by its oases where the majority of the population live.

The rural town of Tagmoute is located 45 km north of Tata (Fig.1) combining oases and mountains. It is situated on a plateau whose altitude is 1000 m at the foot of the Anti-Atlas. It covers 1,087 km², but much of the area is formed by arid mountains. The agricultural area is estimated at 630 ha of which 400 ha are irrigated by water sources and 230 ha by rainwater next to the irrigated area [4]. The climate is characterized by high temperature during the summer and very low in winter.

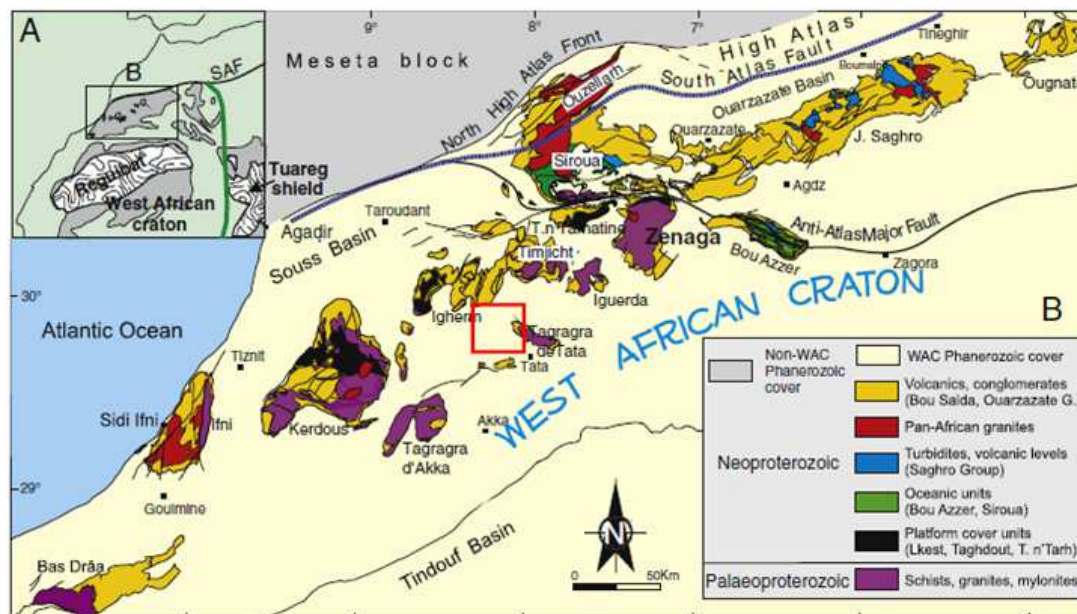


Fig. 1. The square in red on the map is the study area, Tagmoute, (at north of Tata and between Tagragra of Tata and Ighrem inliers). "A" represents the map of Morocco and its situation in relation to the West African Craton. "B" represents the geological map of the Anti-Atlas mountain range (Morocco) based on Thomas et al, 2002, 2004 ; Gasquet et al, 2008 (adapted).

According to the General Population and Housing Census of 2014, the rural district of Tagmoute has 4581 inhabitants spread over 1090 households [5]. The main activity of the local population is agriculture which is practiced on the shores of the wadis (Fig. 2). The main agricultural floors are composed of palm, olive and almond trees, with other harvest especially wheat intended for home consumption. The vegetable crops have declined because the *khettara* located near the Douar of Tagenza no longer works. The *Khettara* is an antiquarian system of water mobilization for irrigation and drinking in many parts of Morocco and North Africa [6]. Technically, the *khettara* is a tunnel built to provide water for gardens in palm groves where it is not possible to dig wells.



Fig. 2. Agriculture on the shores of the oued at Tagmoute valley, Douar Assa (2015, L. MBarki)

Despite its semi-arid climate, Tagmoute area shows high biodiversity especially in terms of flora. The fieldwork done in Tagmoute has allowed the collection of the main species of local flora. The vegetable procession is mainly composed of 6 species (Figure 3) which dominate the valley: *Phoenix dactylifera*, *Argania spinosa*, *Prunus amygdalus*, *Olea europaea*, *Ceratonia siliqua* and *Punica granatum* *Pistacia lentiscus*. Shrubs and plants are associated with these tree resources. They are represented in particular by the following species: *Lavandula mairei*, *Anacyclus maroccanus*, *Rumex vesicarius*, *Asphodelus tenuifolius*, *Hammada scoparia*, *Echium horridum* (Fig. 4) and *Centaurea-pubescens*, *Cistanche violacea*, *Chenapodium murale*, *Euphorbia dracunculoides* subsp. *Inconspicua*.



Fig. 3. The main species fruit trees in Tagmoute zone (April, 2015, L. MBarki)

The population interviewed at *Tagmoute* including farmers, village women, experts plants say that the flora is in general used for food, medicinal or aromatic or cosmetics purposes. However, a laboratory work is needed to confirm or disconfirm these statements, and to determine the doses of use of each of the species.

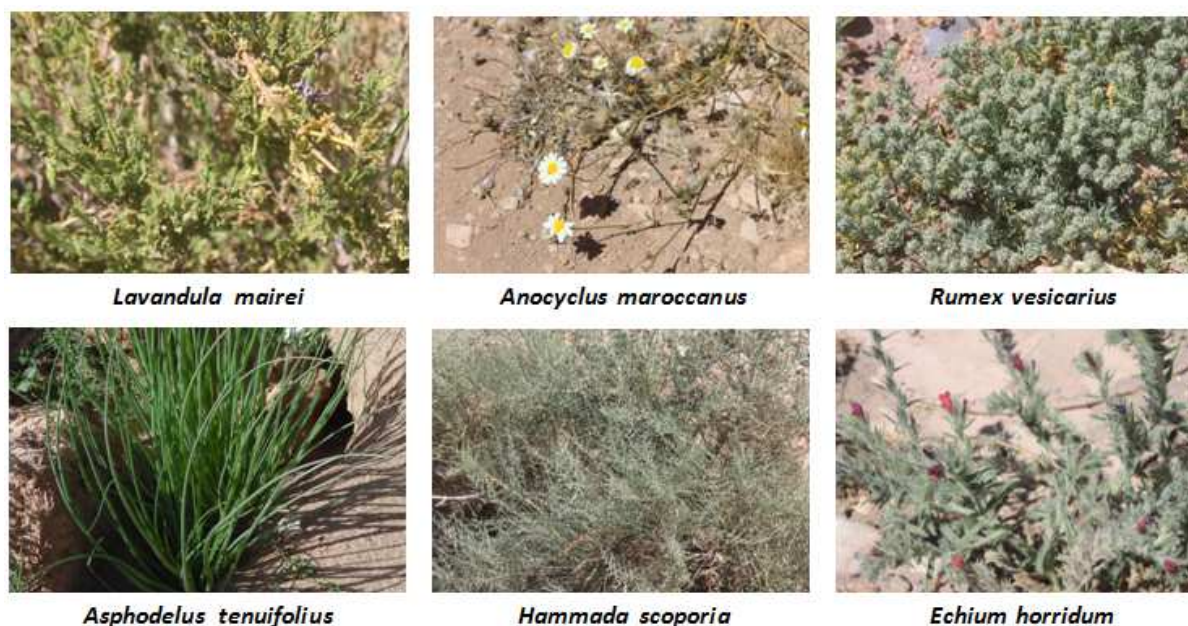


Fig. 4. The main species plants in Tagmoute zone. (April, 2015, L. MBarki)

3 GEOLOGICAL SETTING

The Anti-Atlas belt is subdivided in two structural domains on both sides of the so-called WNW–ESE trending “Main Anti-Atlas Fault” [7] (Fig. 1). The northeastern domain consists of Neoproterozoic series deformed during Pan-African tectonic events while the south-western one mainly includes Palaeoproterozoic series heterogeneously deformed by Pan-African events. The juxtaposition of the two domains would have resulted from a collage of terranes during Pan-African times [8]. The region of Tata belongs to the southwestern domain that is why it is called The Central-Western Anti-Atlas [9].

The area of Tata is limited on the west by the Precambrian massif of *Kerdous*, bounded on the north by Precambrian inliers of *Ighrem* and *Agadir Melloul*. It is bordered in the south and Southeast by the Ordovician crest of *jbel Bani* (Mountain of *Bani*) and the Devonian lowland plain of *Draa* (Fig.1).

Tata sector is located on the southeast edge of the axial zone of the Western Anti-Atlas. North of this area, the reliefs are particularly important, with average altitudes from 1200 to 1700M, consisting adoudounian Dolomites forming ledges surrounding the Precambrian buttonhole *Tagragra Tata* and *Agouliz*. North of Tata, the syncline of *Tagmoute* to heart formed of Middle Cambrian shales, are eroded and form-covered plains of Quaternary terraces.

Tata group (Adoudounian), was constituted by marine carbonates and siltstones, and represents the earliest Cambrian. It consists, above a serie of detrital base by tree geological formations encountered throughout the Anti-Atlas: at the base, there are lower limestone, the series « lie-de-vin »; and upper limestones above the top. The Tata group (Adoudounian), constituted by marine carbonates and siltstones, and represents the earliest Cambrian [10].

4 STRUCTURAL AND EROSIONAL LANDSCAPES

According to Cartig [11], the Late Variscan Anti-Atlas of Morocco is typical type of foreland fold-belt. Tectonics of the Anti-Atlas in the Akka-Tata area shows the following characteristics: 1. A polyharmonic style of buckle folding within a nearly 10-km-thick Palaeozoic cover series. 2. Fold style and fold wavelength are controlled by the relative thickness of competent quartzite and carbonate layers within an abundant matrix of incompetent shales. 3. Two successive phases of folding developed first folds orientated NE–SW, second folds in an E–W direction. Interference led to regional scale dome and basin geometry within the Devonian *Jbel Rich*. 4. Both folding phases involve basement that is uplifted in a typical ‘Laramide’ – Rocky Mountain foreland style. 5. The age of both folding phases is most probably Late Carboniferous, corresponding to the final ‘Alleghenian’ phase collision in the Appalachian – Anti-Atlas orogeny.

The Anti-Atlas is reviewed and examined in the light of its geodynamic significance as a Palaeozoic basin and fold belt. Caritg S. et al [12] consider that folds of competent Palaeozoic marker beds are the predominant geomorphic and structural feature of the Anti-Atlas [13]. In Tagmoute area, the folds are very important in number and types. They are varied in terms of amplitude, cylindricity and the surface.

The area under study is characterized by early subequatorial folds that interfere with the major NE-SW folds. In order to determine the tectonic style of these early wrinkles that affect only the basic coverage, their relationship with the movements of Precambrian blocks when hercynien tightening, Faik F. [9] approached the importance of movements relative vertical and lateral, Precambrian blocks and their effects on the structuring of the cover. He makes use of a systematic structural analysis, guided by a detailed mapping study showing the location plicatives different directions.

4.1 STRUCTURAL GEOTOPES

In this region, the Paleozoic cover is structured by Hercynian synschistose folds at heterogeneous character. The folds have three axial directions: N-S, NE-SW and E-W (10). But it does not reflect the existence of a triple tectonic superposition [9]. The interference between the N-S and E-W directions gives crossed plies and structures in domes and basins [7] [15] [16].

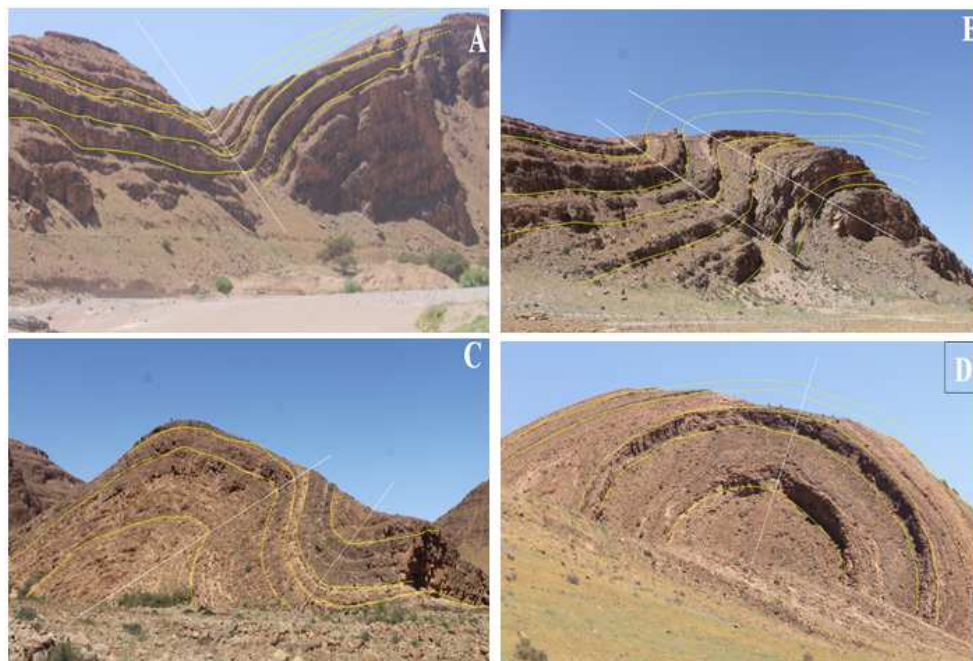


Fig. 5. Structural Geomorphosites in the Tagmoute area (photo M'Barki L., 2014)

Figure 5 shows the predominant types of folds found in the layers of Tagmoute:

Figure 5A represent the limbs of two juxtaposed folds. Their intersection forms a synclinal with normal limb.

Figure 5B shows an inclined fold to the left whose form of overturned fold. The layers of the summit of the anticlinal are eroded.

Figure 5C: asymmetric fold into the adoudounian dolomites (at the left). At the right, it ressemblé to an interaction between kink-band, but the form on the left ressemblé to a concentric folds

Figure 5D shows a symmetrical and cylindrical-fold. According to Faik [14], this form is due to a folding of sub-equatorial phase.

4.2 EROSIONAL GEOTOPES

The reliefs of Tagmoute represent excellent erosion areas. They are affected by various factors: climate, topography, water, physical and chemical characteristics of the rocks, anthropization ... Several types of geomorphosites multiply on the

Tata-Tagmoute zone: geomorphosites which have the form of a crescent because of the erosion (Fig. 5A). Other landscapes having the form of hearts are formed by mechanical erosion of rocks. They are spectacular and metrical depressions sculpted by erosion (Fig. 6B). The circular main portion extends at the bottom by a point which designates the water flow direction (Fig. 6C). These geomorphosites of "hearts" are formed in sedimentary rock with flexures or slightly crinkled with a large radius of curvature in this area [17].



Fig. 6. Geomorphological forms from erosion to Tagmoute (Tata, Morocco). (A) shows the eroded layers in the form of folding. (A) shows the depressions forming the top under the effect of water and the mechanical response of the rocks which lead to hollowed forms (C). White lines and contours delimit the erosional forms. The arrows in blue show the direction of water.

5 INTEGRATING OF GEOMORPHOSITES IN LOCAL DEVELOPEMENT

The importance given to this area is motivated by several reasons including: (1) presence of natural resources, (2) the educational importance of these resources to approach the phenomena and processes (3) geotourism, ecotourism and recreational opportunities. The integration of these landforms in tourism and educational contexts will have a positive impact on the development of the region and promotion of its natural and cultural heritage.

5.1 GEODIDACTIC INVOLVEMENT

The acquisition of knowledge on geological phenomena accompanying mountain chains of training is one of the skills to be acquired through the program of the final year of Moroccan Baccalaureate [18]. The deformations are interesting shapes for attaining this objective by understanding both the classification of folds and faults and the relationship between tectonic deformations and forces. This will help learners to grasp the relationship between these tectonic and the conditions of the genesis of obduction and subduction chains [19].

The different landscapes that exist in the area under study will help to establish “**Schools in site**”. Their importance is to enable learners to understand closely the geological forms, phenomena and processes.

5.2 GEOTOURISTIC INVOLVEMENT

The potential of this area are numerous:

- Diverse biotic resources (tree resources, aromatic and medicinal plants, etc):
- Rich abiotic resources having recognized scientific and aesthetic values (reliefs, folds, faults, erosion forms, etc) which provide much information about the history of the Earth.
- A rich human heritage whose most prominent aspects are the granaries and traditional crafts.

In order to exploit and develop the natural and cultural heritage, we propose to contribute to the development of this area by:

- Establishing scientific trips of nature trails to discover the natural beauty and cultural heritage of this region.
- Founding geo-eco-tourism circuits connecting Tagmoute and other areas of Tata province to incorporate other elements of geodiversity, namely geomorphosites karst (Tissint, Messalite, Agouliz ...), sites of rock carvings (Tiygane, Umm Elaleg, Moumersal ...), etc.

6 CONCLUSION

It is hoped that this paper has revealed the importance of landscape forms in the local development of this region. In fact, the geosystems of the Tata province hide a lot of information about the history of Earth. By various geological phenomena and processes that succeeded on it (orogenic cycles, erosion, ...), also the beauty of forms they have generated, Tagmoute is an area of great educational importance for many people: mainly tourists, researchers and learners.

In an economic environment characterized by the decline of a seaside tourism, the Moroccan government is supposed to guide these efforts to promote the Tata province and all areas with similar potential. Such promotion is likely to ensure two objectives: 1. to develop disadvantaged areas, and 2. To open domains for developing the national economy. However, decision makers should consider both the environmental approach by protecting natural resources and the participatory approach by involving indigenous population in all actions of development.

REFERENCES

- [1] Goudie, *Encyclopedia of Geomorphology*, London, Routledge, 2 vol., Ed. 2004
- [2] E. Reynard, “*Géotopes, géo (morpho) sites et paysages géomorphologiques*”, in : E. Reynard, J.-P. Pralong, “*Paysages géomorphologiques*”, *Compte rendu du séminaire de 3^{ème} cycle CUSO 2003*, Lausanne, Institut de géographie, *Travaux et recherches*, n° 27, pp. 123-136, 2004.
- [3] D. E. Bruno, “*Geosite, concept of*”, *Encyclopedia of mineral and energy policy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. DOI 10.1007/978-3-642-40871-7_6-1
- [4] B. SOURISSEAU, *Etude de quatre oasis de la région de Tata (Maroc)*. (Eds.). (2003).
- [5] Haut Commissariat au Plan (Maroc), http://rgph2014.hcp.ma/Resultat-du-Recensement-general-de-la-population-et-de-l-habitat-2004_a59.html
- [6] M. Ouhssain, *La gestion sociale de l'eau au Maroc de azerf*, Revue HTE N°141, Décembre 2008
- [7] G. Choubet, “*Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas*”, *Notes Mémoires service géologique Maroc*, n°162, pp. 1-352, 1963.
- [8] A. Saquaque, H. Admou, J. Karson, K. Hefferan and I. Reuber, “*Precambrian accretionary tectonics in the Bou Azzer-El Graara region, Anti-Atlas, Morocco*” *Geology*, 17(12), pp. 1107-1110, 1989.

- [9] Faik, F., Belfoul, M. A., Bouabdelli, M., & Hassenforder, B., *"The structures of the Late Neoproterozoic and Early Palaeozoic cover of the Tata area, western Anti-Atlas, Morocco: polyphased deformation or basement/cover interactions during the Variscan orogeny?"*, Journal of African Earth Sciences, 32(4), pp. 765-776, 2001.
- [10] A. Soulaïmani, M. Bouabdelli and A. Piqué, *"The Upper Neoproterozoic - Lower Cambrian continental extension in the Anti-Atlas (Morocco)"*, Bulletin de la Société Géologique de France, 174(1), pp. 83-92, 2003.
- [11] Caritg, S. (2003). *Géologie structurale dans l'Anti-Atlas occidental du Maroc. Implications tectoniques sur les relations entre dômes de socle et couverture plissée en front de chaîne de montagne*, PhD thesis, Université de Neuchâtel.
- [12] Caritg S., Burkhard M., Ducommun R., Helg U., Kopp L. and Sue C., *"Fold interference patterns in the Late Palaeozoic Anti-Atlas belt of Morocco"*, Terra Nova 16 : 27-37, 2004,
- [13] Burkhard, M., et al. (2006). *"Tectonics of the anti-Atlas of Morocco"* Comptes Rendus Geoscience 338(1): 11-24.
- [14] Faik F., *Evolution stratigraphique et structurale d'un segment de la marge nord du craton ouest africain (Tata, Anti-Atlas occidental, Maroc) : du rifting fini-protérozoïque à l'orogénèse hercynienne*, 2005, Thèse de Doctorat d'Etat, Université Ibn Zohr – Faculté des sciences, Agadir
- [15] D. Jeannette, *"Influence de structures panafricaines sur des déformations hercyniennes, bordure septentrionale de la Boutonnière d'Ighrem, Anti-Atlas occidental"*. Notes Mémoires Service Géologique Maroc 32 (3081, 25-31, 1981.
- [16] B. Hassenforder, *"La tectonique panafricaine et varisque de l'Anti-Atlas dans le massif de Kerdous (Maroc)"*, Thèse Doctorat en Sciences, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 246 p., 1987.
- [17] Fadli D., *Les "cœurs" de Tata et leurs dérivés : géomorphosites emblématiques pour un géotourisme incontournable du sud marocain*, Le 4ème Workshop International WIGET4 *"Géo-Eco-tourisme dans la province de Tata et ses régions oasiennes pour le développement durable"*, Tata-Maroc, 11-15 Avril 2014, Conference proceedings).
- [18] Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle, Maroc, *Cadres des références des examens de l'examen national normalisé du Baccalauréat, Cadre de références des Sciences de la Vie et de la Terre*, 2014

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank Mohamed Bassidi for his valuable linguistic feedback.

The effect of end-stage renal disease on innate and adaptive immunity

L. ELMOUMOU and H. FELLAH

Immunology Laboratory, Faculty of Medicine and Pharmacy, Casablanca, Morocco

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The progressive loss of kidney function is associated with an inflammatory state and functional defects of the innate and adaptive immune system. The combined effects of increased activation and immune dysfunction could explain the susceptibility of patients in End Stage Renal Disease (ESRD) to viral and bacterial infections, their weak responses to vaccination and increased risk of malignant tumors and cardiovascular disease.

It is important to underline that these immune complications mainly affect patients on dialysis. The mechanisms of these immunological disturbances observed in ESRD patients are still unclear.

Early identification of chronic kidney disease allows implementing interventions to slow the progression to ESRD. Therefore, measures aimed at attenuating immune abnormalities in ESRD should be a main research area as this could lead to increased survival and better quality of life in HD patients.

KEYWORDS: renal disease, innate immunity, adaptive immunity.

1 INTRODUCTION

End stage renal disease (ESRD) is simultaneously associated with immune activation, marked by systemic inflammation, and immune deficiency [1-4].

Systemic inflammation contributes to atherosclerosis, anemia, amyloid arthropathy, β_2 -microglobulin and cardiovascular disease, the major cause of morbidity and mortality in ESRD, accounting for 50% of death in this patient population [1-5].

Immunodeficiency contributes to the high prevalence, increased incidence and severity of infections among hemodialysis patients. In addition, immunodepression explains also among these patients, their anergy in delayed hypersensitivity reactions, their poor response to vaccines against the influenza virus and especially hepatitis B virus (HBV), and finally the abnormal frequency of autoimmune diseases and tumors [5-6].

Several hypotheses have been put forward to elucidate the causes of such an immune system dysregulation in dialysis patients [7]. Understanding the mechanisms behind the immune dysfunction in ESRD generates a perspective to improve lifestyle and reduce mortality in this group of patients.

2 COMPONENTS OF THE INNATE IMMUNITY

2.1 COMPLEMENT

The complement system is a primary contributor to the innate immune system of the host, clearing the body of foreign cells and organisms through direct lysis or by recruiting leukocytes that promote phagocytosis [8]. In addition to uraemia, membrane bioincompatibility and endotoxin leaks through backfiltration lead to complement and leukocyte activation in hemodialysis (HD) [5].

The dialysis membranes composed of cuprophane are well known to activate complement [9, 10]. Biocompatible and synthetic membranes induce less complement activation in vivo [11-13]. Complement activation by these synthetic

membranes involve their properties of plasma protein adsorption [14-16], and follows the alternative and classical pathway [17-18]. The major contribution of biomaterial-induced complement activation could be attributed to the alternative pathway [19]. Also, it has been suggested that lectin pathway may contribute in haemodialysis to complement activation [15].

Complement activation commence immediately after the onset of treatment. This activation is greatest 15 to 20 minutes after the initiation of dialysis and could inhibit its function [10, 20-21]. The alternative pathway was markedly suppressed, and suppression lasted for 4 hours or longer [24]. Complement activation returns to pre dialysis values by the end of the hemodialysis [20]. Accurate measurement of the suppression of complement activation is very difficult and the mechanisms by which membranes suppress different pathways are not clear [21].

Complement-targeted intervention is needed during the dialysis procedure [19-20]. The development of complement therapeutic targeting specific proteins and pathways as means to control the unwelcomed inflammatory responses and consequent pathologies in hemodialysis patients shows high promise, compared to other types of drugs, or to the selection and manufacture of dialysis filters with improved biocompatibility, and may result in urgently desired novel treatment options for patients suffering from ESRD [19-20].

Restoring complement activity to full capacity between sessions of dialysis reduces concerns of long-term immunosuppression [20].

2.2 POLYMORPHONUCLEAR LEUKOCYTES (PMNs)

PMNs are the first line of defense against invading microbes and important players in inflammation. They have many intracellular granules that contain bactericidal proteins. PMNs are short-lived in blood [22-24]. The neutrophil is a critical effector cell in both innate and humoral immunity. However, the capacity for bacterial killing carries with it an implicit capacity for host tissue destruction, as observed in inflammatory and autoimmune disease; accordingly, neutrophil function must be tightly regulated [22, 25].

Patients with ESRD exhibit basal upregulation of Toll-like receptor (TLR-4, TLR-2) and integrin expressions, increased reactive oxygen species (ROS) production and marked degranulation reflecting their spontaneous activation [25-27]. These abnormalities contribute to the prevailing systemic oxidative stress, inflammation and tissue damage in this population [1].

Defects in phagocytosis and bactericidal activity are reported from the pre-end-stage chronic renal failure stage; these abnormalities are intensified by hemodialysis. The first weeks of dialysis are characterized by a fall in PMNs functional capacity, as well as by an acute and a chronic decrease in circulating PMNs number [24, 26-28]. Most likely as a result of exposure to dialyzer membrane, cytoskeletal stresses from the roller pump, and influx of impurities from the dialysate compartment [28-31].

In fact, phagocytic capacity of PMNs of patients on dialysis cellulose acetate or polysulfone is significantly lower than that of patients without dialysis treatment or on peritoneal dialysis [24, 32]. Decreased phagocytic function affect phagocytosis complement dependent as well as dependent immunoglobulin receptor (FcγR) [33-34]. Certain uremic toxins are apoptogenic and can accelerate neutrophil apoptosis [35-37]. Chronic hemodialysis also plays a role. Neutrophils from hemodialysis patients have a greater cytoplasmic expression of pro-apoptotic protein (p53) [38]. In contrast, the low-level detection of Bcl2 was found in PMNs from HD patients [39].

Migration is an essential anti-infection property of PMNs. It is necessary for a rapid mobilization of these cells to the inflammatory site. Several uremic toxins have the ability to inhibit neutrophil migration in response to classical chemoattractants, thereby reducing the number of effector cells to the inflammatory site and therefore bacterial clearance [40-43].

Bearing in mind that the antimicrobial efficiency of human neutrophils depends not only on the generation of oxygen, free radicals and other reactive oxygen species (ROS), but also on the release of enzymatic or antimicrobial protein content in the granules [44-45]. Indeed, improper stimulation of degranulation by uremic proteins or adjuvant therapies during hemodialysis sessions leads to a relative lack of bactericidal enzyme of PMNs [26-27, 46-48].

Studies investigating the production of reactive oxygen (ROS) in HD patients have produced conflicting results [25, 44]. Decreased [40-41, 49-50], unchanged [44], or increased levels of ROS production, reported by numerous published studies [26-27, 36-37, 51-52]. Some studies report a partial correction of PMNs function following hemodialysis. This result argues for the existence of one or more factors uremic modulators of PMNs activity [53-55].

Despite the progression of new technologies of renal replacement therapy, it is almost impossible to completely remove the uremic toxins retained by impaired renal function, which cause disturbances of several functions of PMNs [3]. Deranged functions of PMNs contribute to the increased risk of bacterial infections and represent a main cause for the enhanced risk of morbidity and mortality among chronic kidney disease (CKD) patients [25].

2.3 NATURAL KILLER (NK)

Natural killer (NK) cells provide a first line of immune defense towards infections and tumors, NK cells are also thought to play a role in autoimmune diseases and transplant rejection [56-57]. Additionally, NK cells are not a homogeneous population. Two distinct populations of human NK cells can be identified based upon their cell surface density of CD56 [58]. In contrast to adaptive response, NK activation provides an immediate immune response to pathogen-induced changes tumors [56-57]. Through their activating and inhibitory receptors, NK cells sense cellular target ligands that modulate their potential to kill target cells [57].

There is comparatively little information regarding the role of NK cells in CKD, and the studies in the current literature report conflicting results [56]. Of the previous studies examining NK cell function and renal failure, some report increases in NK cell numbers [59-61], or decreases in numbers and cytotoxic activity [56-57, 62-66] or no change [67-68]. Whereas, the recent studies are for that NK cells counts were statistically significant lower in HD compared to healthy individuals [57, 66]. It is possible that this change may be related to improvements in modern dialysis technique and efficiency, water purity, and membranes. Analysis revealed that the type of hemodialysis membrane was the variable with the greatest effect on the cytotoxic activity of NK cells, followed by age [60].

Indeed, a decrease in the cytotoxic activity of the NK cells compared with controls has been found in patients on haemodialysis, in particular those dialysed with cuprophane membranes [60]. The cuprophane membranes were also found to induce a higher degree of NK cell activation, measured as the number of CD16+/HLA-DR+ cells [60, 66]. Patients on chronic haemodialysis have a decreased NK cell activity as indicated by decreased expression of the δ -chain on NK cells, an early marker of NK cell activation [69], and decreased expression of the pivotal activating receptor NKG2D [70]. This decrease might be caused directly by ROS or indirectly by upregulation of the NKG2D ligand [71]. Recently, it has been demonstrated that expression of the activation markers CD69 and Nkp44 was increased on NK cells from patients with ESRD [70].

There was a correlation between NK cytotoxicity and phosphate [72]. This is an interesting finding in light of the increasing evidence supporting a role for phosphate in cardiovascular disease and increased mortality [73], not only in the ESRD population [74-75], but also in populations without CKD [76], and the emerging evidence for the role of NK cells in atherosclerosis. Furthermore, the treatment with calcitriol increases the circulating level and the cytotoxic activity of NK cells in dialysis patients [77].

In spite of this knowledge, information on NK cells in hemodialysis patients is still scanty and the results obtained are inconclusive [60]. The high incidence of cardiovascular disease in this patient population with more evidence of the contributing role of the immune system, in particular NK cells, to atherosclerosis stresses, show the need for further studies to evaluate the role they have to play in CKD patients and their link with vascular calcification.

2.4 MONOCYTES

Monocytes play a key role in host defense against microbial infections. They engulf microbes, infected cells, and tissue debris directly or via intermediary proteins such as antibodies or complement components. Monocytes/Macrophages participate in healing of the damaged tissues, development of local and systemic inflammation and oxidative stress via production of cytokines and ROS, release of growth factors, metalloproteinases, and tissue factor [1].

Patients with ESRD typically have an increased number of circulating proinflammatory monocytes compared with healthy controls [70]. These preactivated monocytes with increased expression of integrin and TLRs (TLR2 and TLR4) express high levels of TNF α , IL-6 and IFN γ upon stimulation [26-27, 69-70, 78]. The over produce of proinflammatory cytokines such IL-12 is associated with reduced efficacy of the vaccination response in these patients [79]. IL-12 shifts the globally reduced activation of T helper cells towards the Th1 function. This causes further deterioration of the antibody response to vaccination antigens [78].

The reason for monocytes preactivation is not absolutely known, but frequent infections, degree of uraemia, systemic inflammation, endotoxins in dialysis solution and contact with the dialysis membrane could all be involved in this situation [1-2, 69-70, 78]. The possibility exists that activation of monocytes by the dialyzer might result in upregulation of TLR4 [70].

However, decreased phagocytic activity has been documented [24, 80-82], after the hemodialysis session by cellulose acetate membrane [3].

Interestingly, downregulation of proinflammatory response might be influenced by the production of the anti-inflammatory cytokine, IL-10 [78, 82]. Reduced production of IL-10 in a subset of patients with ESRD might prevent adequate downregulation of harmful excessive proinflammatory cytokine responses in these patients, resulting in increased inflammation [83-84].

MCP-1 (monocyte chemoattractant proteinand), a potent monocyte attractant, exerts its effects through binding to G-protein-coupled receptors on the surface of leukocytes targeted for activation and migration. The role of MCP-1 and its receptor CC chemokine receptor 2 (CCR2) in monocyte recruitment during infection or under other inflammatory conditions is well known [85].

Numerous studies suggest that 1,25-(OH)₂D₃ has an anti-inflammatory effect. Vitamin D₃ may play an important role in the prevention or treatment for induced inflammation in monocytes or macrophages by down-regulation of LPS-induced MCP-1 [85].

It should be noted that in uremic patients, monocytes undergo accelerated apoptosis in vitro compared to control subjects [86-88]. This apoptosis through activation of caspase 3 [87], seems to be closely related to the severity of uraemia and type of dialysis therapy [88]. Several studies have shown that cultured monocyte cells from patients with CKD are less able to stimulate T cells than those from healthy controls, independent of the maturation stimulus used [80]. Monocytes and monocyte-derived dendritic cells have been shown to display decreased endocytosis and impaired maturation when cultured in uremic serum [27] or when obtained from ESRD patients [26, 70]. Thus, Ruiz et al. [34] showed that the internalization of opsonized particles by monocytes, via their receptors for the Fc fragment of IgG, is reduced in hemodialysis patients, suggesting that their ability to present antigen is also altered [2].

Finally, this finding might be related to the decreased expression of the pivotal costimulatory molecule, CD86 (B7-2), in response to a uraemic environment [70, 78, 89-90]. Indeed, previous studies indicated that a lack of CD86 expression on antigen presenting cells was an important factor in uraemia-associated T-cell dysfunction [70, 78, 90].

3 COMPONENTS OF THE ADAPTIVE IMMUNITY

In addition to profoundly affecting the structure and function of the innate immune system, ESRD adversely impacts the agents of adaptive immunity [1].

3.1 LYMPHOCYTES T CELLS (LT)

T cells represent a major component of adaptive immune system and play a central part in cell mediated immunity [1]. In the initial stages of adaptive immune response, exposure to antigen leads to clonal expansion and differentiation of antigen-specific naive T cells, resulting in generation of the memory T cells and effector T cells [91]. At the conclusion of an immune response, effector T-cell populations contract and only a small number of the given memory T cells are maintained [91-92]. Effector T cells perform their effector function via secretion of cytokines and destruction of target cells [93].

The increased rate of infections, together with an impaired response to vaccination and a common failure of tuberculin skin test to diagnose latent tuberculosis indicate that the adaptive immunity is weakened in the ESRD population [93-94]. Indeed, ESRD induce a state of immunodeficiency that involves T cell-mediated responses [89, 95-97]. CD4⁺/CD8⁺ ratio and the numbers of the naive and CM CD4⁺ and CD8⁺ T cells were significantly reduced, whereas the numbers of EM CD4⁺ and CD8⁺ T cells were unchanged [93-94, 98-99].

The mechanism responsible for the selective reductions of the naive and CM T cells in the peripheral blood of ESRD patients is not known. The reduction of the given T-cell subpopulations in peripheral blood, combined with a reduced lifespan, may be due either to increased apoptosis or accelerated activation and differentiation of T cells into EM T cell subsets [95-97, 100]. The latter is plausible as dialysis-dependent patients are commonly subject to repetitive exposure to microbial products and other antigenic stimulations that may lead to accelerated turn over and exhaustion of the naive and CM T cells [92-93].

Increased T cell activation associated with immunodeficiency suggests that activated T cells may be driven to apoptosis [95]. Several observations suggest that the reduction in the numbers of naive and CM T cells in ESRD patients may be due to heightened susceptibility of the activated T cells (CD69⁺ T cells) to apoptosis [95-97] via death receptor Fas (CD95) and its

ligand FAS L (CD95L) is found [96]. It should be noted that CD45RO⁺ memory cells, which include CM cells, are especially susceptible to apoptotic cell death [97].

The magnitude of the naive and central memory CD4⁺ and CD8⁺ T cell depletion is directly related to severity of azotemia, oxidative stress, secondary hyperparathyroidism and iron overload [93]. A significant part of immune alterations in the course of ESRD could probably be attributed to the presence of protein energy wasting (PEW) [101].

Th1 lymphocytes are more prone to apoptosis than Th2 cells in HD patients [97, 102], these patients still present with significantly elevated Th1 levels [94] leading to an increased Th1/Th2 ratio [5]. A possible explanation for the increase in the Th1/Th2 ratio in HD patients could lie in increased production of IL-12, a monokine that acts on T lymphocytes by increasing INF γ production and decreasing IL-4 production, therefore promoting their differentiation into Th1 type [103-104].

It is now acknowledged that altered T lymphocyte function, found in ESRD, can be attributed to impaired function of APCs [78, 94], because T-cell activation by APCs is dependent to a great extent on TLRs. Indeed, decreased TLR4 expression in ESRD patients has been associated with decreases antigen presentation capabilities of dendritic cells and macrophages by alterations in costimulatory molecules (CD80, CD86) [104-105].

Increased apoptosis and marked reduction of the Treg cells (CD4⁺ CD25⁺ FoxP3⁺ T cells) in ESRD dialysis patients was demonstrated, leading to impaired regulation by Treg [106]. Given the critical role of Treg cells in mitigating inflammation, nTreg cell deficiency and dysfunction in ESRD population must contribute to the prevailing systemic inflammation and its cardiovascular and numerous other complications.

3.2 LYMPHOCYTES B CELLS (LB)

B cells contribute to the immune system by producing antigen-specific antibodies [1]. Similar to T cells, progressive loss of renal function is associated with a gradual decline in circulating numbers of B cells, eventually leading to marked B-cell lymphopenia in patients with ESRD [100, 107-109]. Although all of the known B-cell subsets are affected, this decline is most evident in the naive and memory B cell compartments [70, 110].

Indeed, depletion of several B cell subtypes in adult patients with ESRD was demonstrated. The observed B cell lymphopenia was accompanied by elevated levels of IL-7 or BAFF (also known as tumor necrosis factor ligand superfamily member 13B), which are the key B cell differentiation and survival factors. Thus, down regulation of BAFF receptor in uremic environment may interfere with the maturation and differentiation of B cells [109]. An alternative mechanism can account for B cell lymphopenia; the uremic milieu may increase susceptibility of B cells to apoptosis in ESRD patients [94]. Effectively, it is reported an increased apoptosis of B cells associated with decreased expression of the anti-apoptotic molecule Bcl-2 in ESRD patients [111].

Analysis of T lymphocyte intracellular cytokines revealed that differentiation to Th1 lymphocytes dominates in HD patients [103]. Suppression of the Th2 lymphocyte differentiation pathway impairs B lymphocyte function and decreases antibody production against protein antigens [109, 112]. Serum concentrations of immunoglobulins are generally low in patients with ESRD but within the normal range [113]. However, it has been documented that Ig levels, serum IgG isotypes, and both IgM and IgA production are normal in dialysis patients [94]. Even more a change of IgG subclasses was reported, with elevated levels of IgG₃ prior to immunisation [114].

The reasons for these conflicting results in studies of immunoglobulins in uraemia are unclear, but may result from defective production of antibodies of individual subclasses in response to certain types of antigen but not others [114]. Indeed, the serological response to strong antigenic stimuli such as CMV is not affected in ESRD patients [115]. However, the response to pneumococcal vaccines (T-cell-independent vaccines) is reduced in these patients compared with that of healthy controls [70, 114]. In addition, IgG anti-pneumococcal responses were predominantly of the IgG₂ and to lesser extent IgG₁ subclasses, while the IgG response against tetanus toxin was largely IgG₁ with smaller amounts of IgG₄ and IgG₃. More, the post-immunization serum levels of IgG₁ and IgM antibody against both antigens were significantly reduced in the uremic patients compared with controls [114].

This would be in keeping with decreasing antibody responses to hepatitis B vaccines in HD patients compared with healthy subjects. Only 50-75% of adult ESRD patients develop protective antibodies against the hepatitis B virus surface antigen after vaccination [110]. Note that, the injection of GM-CSF improves the immunization response in IRC subjects [116, 117]. This is not the case of injections of interleukin-2 or interferon γ [118, 119]. However, GM-CSF activates the APCs. Dysfunction of antigen presentation could be causing the deficiency of humoral immunity in hemodialysis patients.

4 CONCLUSION

Disturbances of immunity system in ESRD patients are many and diverse. They involve both the innate and the adaptive systems, generating a complex and still not fully understood immune dysfunction.

The main causes of death in patients with chronic kidney disease are cardiovascular and infectious diseases, both being pathologic processes closely linked to immune function. Therefore, measures aimed at attenuating immune abnormalities in ESRD should be a main research area as this could lead to increased survival and better quality of life in HD patients.

We recommend launching a national mass screening program for CKD. This targeted screening is recommended in populations at risk, namely diabetes and / or hypertension, which account for nearly 50% of incidents dialysis.

In perspective, we plan to conduct a study on the immune system perturbations in CKD Moroccan patients during hemodialysis, with introducing of immune function markers.

REFERENCES

- [1] Nosratola D. Vaziri, Madeleine V Pahl, Albert Crum, and Keith Norris. Effect of uremia on structure and function of immune system. *J Ren Nutr.* January 2012; 22(1): 149-156.
- [2] Descamps-Latscha B and Jungers P. Dysrégulation immunitaire dans l'insuffisance rénale chronique. *Encycl Méd Chir. Néphrologie*, 18-060-A-10, 2003, 9 p.
- [3] Aline Borsato Hauser, Andréa E. M. Stinghen, Sawako Kato, Sérgio Bucharles, Carlos Aita, Yukio Yuzawa, and Roberto Pecoits-Filho. Characteristics and causes of immune dysfunction related to uremia and dialysis. *Perit Dial Int.* 2008; 28 (S3): S183-S187.
- [4] Foley RN, Parfrey PS, Sarnak MJ: Clinical epidemiology of cardiovascular disease in chronic renal disease. *Am J Kidney Dis.* 32 [Suppl 3]: 1998; S112-S119.
- [5] Sawako K, Michal C, Hirokazu H, Roberto PF, Seiichi M, Yukio Y, Anders T, Peter S, and Bengt L. Aspects of Immune Dysfunction in End-stage Renal Disease. *Clin J Am Soc Nephrol.* 3: 2008; 1526-1533.
- [6] Sarnak MJ, Jaber BL: Mortality caused by sepsis in patients with end-stage renal disease compared with the general population. *Kidney Int.* 58: 2000; 1758-1764.
- [7] Descamps-Latscha B, Jungers P and Witko-Sarsat V. Immune System Dysregulation in Uremia. *Blood Purif* 2002; 20: 481-484.
- [8] Kristina N. Ekdahl, John D. Lambris, Hans Elwing, Daniel Ricklin, Per H. Nilsson, Yuji Teramura, Ian A. Nicholls, Bo Nilsson. Innate immunity activation on biomaterial surfaces: A mechanistic model and coping strategies. *Advanced Drug Delivery Reviews.* 63 (2011) 1042-1050.
- [9] Hakim RM, Breillatt J, Lazarus JM, and Port FK. Complement activation and hypersensitivity reactions to dialysis membranes. *N Engl J Med* 1984; 311:878-882.
- [10] Lhotta K, Wurzner R, Kroneneberg F et al. Rapid activation of the complement system by cuprophane depends on complement component C4. *Kidney Int.* 1998; 53: 1044-1051.
- [11] Kreusser W, Reiermann S, Vogelbusch G, Bartual J and Lohoff ES. Effect of different synthetic membranes on laboratory parameters and survival in chronic haemodialysis patients. *NDT Plus* (2010) 3 [Suppl 1]: i12-i19.
- [12] Opatrny K Jr. Clinical importance of biocompatibility and its effect on haemodialysis treatment. *Nephrol Dial Transplant* (2003) 18 [Suppl 5]: v41-v44.
- [13] Girndt M, Heisel O, Köhler H. Influence of dialysis with polyamide vs haemophan haemodialysers on monokines and complement activation during a 4-month long term study. *Nephrol Dial Transplant*, 1999; 14: 676-682.
- [14] Urbani A, Siroli V, Lupisella S, Mortera SL, Pavone B, Pieroni L, Amoroso L, Di Vito R, Bucci S, Bernardini S, Sacchetta P, Bonomini M. Proteomic investigations on the effect of different membrane materials on blood protein adsorption during haemodialysis. *Blood Transfus.* 2012 May; 10 (Suppl 2): s101-s112.
- [15] Mares J, Thongboonkerd V, Tuma Z, et al. Specific adsorption of some complement activation proteins to polysulfone dialysis membranes during hemodialysis. *Kidney Int.* 2009; 76: 404-13.
- [16] Neveceral P, Markert M, Wauters JP. Role of protein adsorption on haemodialysis-induced complement activation and neutrophil defects. *Nephrol Dial Transplant.* 1995; 10 (3): 372-6.
- [17] Bowry SK, Rintelen TH. Synthetically modified cellulose (SMC): a cellulosic hemodialysis membrane with minimized complement activation. *ASAIO J*, 1998; 44: M 579-M 583.
- [18] Maillet F, Kazatchkine MD. Specific antibodies enhance alternative complement pathway activation by cuprophane. *Nephrol Dial Transpl*, 1991; 6: 193-197.

- [19] Daniel Ricklin and John D. Lambris. Compstatin: A Complement Inhibitor on its Way to Clinical Application. *Adv Exp Med Biol*. Volume 632, 2008, pp 262-281
- [20] Robert A. DeAngelis, Edimara S. Reis, Daniel Ricklin, John D. Lambris. Targeted complement inhibition as a promising strategy for preventing inflammatory complications in hemodialysis. *Immunobiology* 217 (2012) 1097–1105.
- [21] Ohi H, Tamano M, Sudo S. Cellulose membrane suppress complement activation in patients after hemodialysis. *Am J Kidney Dis*, 2001; 38: 384-389.
- [22] Burg ND, Pillinger MH. The neutrophil: function and regulation in innate and humoral immunity. *Clin Immunol*, 2001 ; 99 : 7-17.
- [23] Witko-Sarsat V, Rieu P, Descamps-Latscha B et al. Neutrophils: molecules, functions and patho-physiological aspects. *Lab Invest*, 2000 ; 80 : 617-653
- [24] Muniz-Junqueira MI, Braga Lopes CB, Magalhaes CA et al. Acute and chronic influence of hemodialysis according to the membrane used on phagocyte function of neutrophils and monocytes and pro-inflammatory cytokines production in chronic renal failure patients. *Life Sci*, 2005 ; 77 : 3141-3155
- [25] Gerald Cohen and Walter H. Hörl. Immune Dysfunction in Uremia- An Update. *Toxins* 2012, 4, 962-990
- [26] Yoon JW, Pahl MV, Vaziri ND. Spontaneous leukocyte activation and oxygen-free radical generation in end-stage renal disease. *Kidney Int*. 2007;71:167-172
- [27] Gollapudi P, Yoon JW, Gollapudi S, Pahl MV, Vaziri ND. Leukocyte toll-like receptor expression in end-stage kidney disease. *Am J Nephrol*. 2010;31:247-254
- [28] Vanholder R, Van Biesen W, Ringoir S. Contributing factors to the inhibition of phagocytosis in hemodialyzed patients. *Kidney Int*, 1993 ; 44 : 208-214
- [29] Schauer S, Stein G, Suss J et al. Phagocytosis activity of polymorphonuclear cells of normal persons and dialysis patients is influenced by different dialysis membranes. *Nephrol Dial Transplant*, 1991 ; 6 Suppl 3 : 35-40
- [30] Vanholder R, Dell'aquila R, Jacobs V et al. Depressed phagocytosis in hemodialyzed patients: in vivo and in vitro mechanisms. *Nephron*, 1993; 63: 409-415.
- [31] Sanda I. Deficiency. *J Am Soc Nephrol*. 1998 Apr; 9 (4): 655-63.
- [32] Ksiazek A, Koziol M. Phagocytic function of neutrophils during dialysis in relation to some immunological findings. *Nephrol Dial Transplant*, 1991; 6 Suppl 3: 31-34.
- [33] Vanholder R, Ringoir S, Dhondt A et al. Phagocytosis in uremic and hemodialysis patients: a prospective and cross sectional study. *Kidney Int*, 1991; 39: 320-327.
- [34] Pedro Ruiz, Francisco Gomez and Alan D. Schreiber. Impaired function of macrophage Fcγ receptors in end-stage renal disease. *N Engl J Med* 1990; 322: 717-22.
- [35] Jaber BL, Perianayagam MC, Balakrishnan VS et al. Mechanisms of neutrophil apoptosis in uremia and relevance of the Fas (APO-1, CD95)/Fas ligand system. *J Leukoc Biol*, 2001 ; 69 : 1006-1012
- [36] Ward RA, Mcleish KR. Methylglyoxal: a stimulus to neutrophil oxygen radical production in chronic renal failure ? *Nephrol Dial Transplant*, 2004; 19: 1702-1707.
- [37] Cruz EFD, Cendoroglo M, Manfredi S R, Canziani ME, Quinto BMR, Grabulosa CC, Souza NKG, Peres AT, Carvalho Jr JTGD, Batista MC and Dalboni MA. Effect of Indoxyl Sulfate on Oxidative Stress, Apoptosis, and Monocyte Chemoattractant Protein-1 in Leukocytes. *ISRN Oxidative Medicine*. Vol. 2014. doi:10.1155/2014/412389.
- [38] Majewska E, Baj Z, Sulowska Z et al. Effects of uraemia and haemodialysis on neutrophil apoptosis and expression of apoptosis-related proteins. *Nephrol Dial Transplant*, 2003; 18: 2582-2588.
- [39] Perianayagam Mc, Balakrishnan Vs, Guo D et al. Quantification of Bax and Bcl2 in polymorphonuclear leukocytes from haemodialysis patients: relation to hydrogen peroxide. *Eur J Clin Invest*, 2003; 33: 905-911.
- [40] Ottonello L, Gnerre P, Bertolotto M and al. Leptin as a uremic toxin interferes with neutrophil chemotaxis. *J Am Soc Nephrol*, 2004; 15: 2366-2372.
- [41] Cohen G, Haag-Weber M, Mai B and al. Effect of immunoglobulin light chains from hemodialysis and continuous ambulatory peritoneal dialysis patients on polymorphonuclear leukocyte functions. *J Am Soc Nephrol*, 1995; 6: 1592-1599.
- [42] Cohen G, Rudnicki M, Horl Wh. Isolation of modified ubiquitin as a neutrophil chemotaxis inhibitor from uremic patients. *J Am Soc Nephrol*, 1998; 9: 451-456.
- [43] Pindjakova, J. and Griffin, M. D. Defective neutrophil rolling and transmigration in acute uremia. *Kidney Int*. (2011) 80, 447–450.
- [44] Anding K, Gross P, Rost JM, Allgaier D, Jacobs E. The influence of uraemia and haemodialysis on neutrophil phagocytosis and antimicrobial killing. *Nephrol Dial Transplant* (2003) 18: 2067–2073.
- [45] Segal Aw. How neutrophils kill microbes. *Annu Rev Immunol*, 2005; 23: 197-223.
- [46] Horl Wh, Riegel W, Schollmeyer P et al. Different complement and granulocyte activation in patients dialyzed with PMMA dialyzers. *Clin Nephrol*, 1986; 25: 304-307.

- [47] Leittenne P, Fouque D, Rigal D et al. Heparins and blood polymorphonuclear stimulation in haemodialysis: an expansion of the biocompatibility concept. *Nephrol Dial Transplant*, 2000; 15: 1631-1637.
- [48] Deicher R, Ziai F, Cohen G et al. High-dose parenteral iron sucrose depresses neutrophil intracellular killing capacity. *Kidney Int*, 2003; 64: 728-736.
- [49] Patruta Si, Edlinger R, Sunder-Plassmann G et al. Neutrophil impairment associated with iron therapy in hemodialysis patients with functional iron deficiency. *J Am Soc Nephrol*, 1998; 9: 655-663.
- [50] Sharma A, Tripathi AK, Kalra OP et al. Impaired function of neutrophils in uraemic patients. *Natl Med J India*, 2000; 13: 121-124.
- [51] Ward RA, Mcleish KR. Polymorphonuclear leukocyte oxidative burst is enhanced in patients with chronic renal insufficiency. *J Am Soc Nephrol*, 1995; 5: 1697-1702.
- [52] Paul JL, Roch-Arveiller M, Man NK et al. Influence of uremia on polymorphonuclear leukocytes oxidative metabolism in end-stage renal disease and dialyzed patients. *Nephron*, 1991; 57: 428-432.
- [53] Porter CJ, Burden RP, Morgan AG et al. Impaired polymorphonuclear neutrophil function in end-stage renal failure and its correction by continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Nephron*, 1995; 71: 133-137.
- [54] Mahajan S, Kalra OP, Asit KT et al. Phagocytic polymorphonuclear function in patients with progressive uremia and the effect of acute hemodialysis. *Ren Fail*, 2005; 27: 357-360.
- [55] Collison KS, Parhar RS, Saleh SS and al. RAGE-mediated neutrophil dysfunction is evoked by advanced glycation end products (AGEs). *J Leukoc Biol*, 2002; 71: 433-444.
- [56] Bouts AH, Schroder CH, Monnens LA et al. Characteristics of peripheral and peritoneal white blood cells in children with chronic renal failure, dialyzed or not. *Perit Dial Int*, 2000; 20: 748-756.
- [57] Vacher-Coponat H, et al. Natural killer cell alterations correlate with loss of renal function and dialysis duration in uraemic patients. *Nephrol Dial Transplant*, 2008. 23(4): p. 1406-14.
- [58] Cooper M.A, Fehniger T.A, and Caligiuri M.A. The biology of human natural killer-cell subsets. *Trends Immunol*, 2001. 22(11): p. 633-40.
- [59] Griveas, I, et al. Comparative analysis of immunophenotypic abnormalities in cellular immunity of uremic patients undergoing either hemodialysis or continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Ren Fail*, 2005. 27(3): p. 279-82.
- [60] Gascon A, et al. Antigen phenotype and cytotoxic activity of natural killer cells in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis*, 1996. 27(3): p. 373-9.
- [61] Nishimoto A. and Matsumoto Y. Increase of peripheral natural killer T cells in hemodialysis patients. *Clin Nephrol*, 2001. 55(2): p. 121-6.
- [62] Cala S, Mazuran R, and Kordic D. Negative effect of uraemia and cuprophane haemodialysis on natural killer cells. *Nephrol Dial Transplant*, 1990. 5(6): p. 437-40.
- [63] Asaka M, et al. Depressed natural killer cell activity in uremia. Evidence for immunosuppressive factor in uremic sera. *Nephron*, 1988. 49 (4): p. 291-95.
- [64] Zaoui P. and Hakim R.M. Natural killer-cell function in hemodialysis patients: effect of the dialysis membrane. *Kidney Int*, 1993. 43 (6): p. 1298-1305.
- [65] Liszka M, et al. Natural killer cell count in hemodialysis patients. *Pol Arch Med Wewn*, 1998. 100 (1): p. 9-18.
- [66] Peraldi MN, Berrou J, Métiévier F, Toubert A. Natural killer cell dysfunction in uremia: the role of oxidative stress and the effects of dialysis. *Blood Purif*. 2013; 35 Suppl 2: 14-9.
- [67] Deenitchina S.S., et al., Cellular immunity in hemodialysis patients: a quantitative analysis of immune cell subsets by flow cytometry. *Am J Nephrol*, 1995. 15 (1): p. 57-65.
- [68] Charpentier B. et al. Depressed polymorphonuclear leukocyte functions associated with normal cytotoxic functions of T and natural killer cells during chronic hemodialysis. *Clin. Nephrol*.1983, 19 (6): 288-294.
- [69] Eleftheriadis T. et al., Chronic inflammation and CD16⁺ natural killer cell zeta-chain downregulation in hemodialysis patients. *Blood Purif*, 2008. 26 (4): p. 317-321.
- [70] Betjes MG. Immune cell dysfunction and inflammation in end-stage renal disease. *Nat. Rev. Nephrol*. 2013 May; 9 (5): 255-265.
- [71] Peraldi M.N. et al. Oxidative stress mediates a reduced expression of the activating receptor NKG2D in NK cells from end-stage renal disease patients. *J. Immunol*. 182 (2009), 1696–1705.
- [72] Lagadari M, Lehmann K, Ziemer M, Truta-Feles K, Berod L, Idzko M, Barz D, Kamradt T, Maghazachi AA, Norgauer J. Sphingosine-1-phosphate inhibits the cytotoxic activity of NK cells via Gs protein-mediated signalling. *Int J Oncol*. 2009 Jan;34(1):287-94.
- [73] Kestenbaum B., et al. Serum phosphate levels and mortality risk among people with chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol*, 2005. 16 (2): p. 520-8.
- [74] Block G.A., et al., Association of serum phosphorus and calcium x phosphate product with mortality risk in chronic hemodialysis patients: a national study. *Am J Kidney Dis*, 1998. 31(4): p. 607-617.

- [75] Cozzolino M, Dusso A.S, and Slatopolsky E. Role of calcium-phosphate product and bone-associated proteins on vascular calcification in renal failure. *J Am Soc Nephrol*, 2001. 12 (11): p. 2511-2516.
- [76] Dhingra R, et al. Relations of serum phosphorus and calcium levels to the incidence of cardiovascular disease in the community. *Arch Intern Med*, 2007. 167 (9): p. 879-885.
- [77] Huraib S, Tanimu D, Abu-Romeh S et al. Effect of intravenous alfa calcidol on lymphocyte phenotyping in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis*, 1998; 32: 1036-1040.
- [78] Girndt M, Sester U, Sester M, Kaul H, Köhler H. Impaired cellular immune function in patients with end-stage renal failure. *Nephrol Dial Transplant*, 1999; 14: 2807-2810.
- [79] Girndt, M. et al. Production of interleukin-6, tumor necrosis factor α and interleukin-10 in vitro correlates with the clinical immune defect in chronic hemodialysis patients. *Kidney Int.* (1995) 47, 559-565.
- [80] Lim W.H, Kireta S, Leedham E, Russ G.R. and Coates P.T. Uremia impairs monocyte and monocyte-derived dendritic cell function in hemodialysis patients. *Kidney Int.* (2007) 72, 1138-1148.
- [81] Urbanitz D, Sieberth HG. Impaired phagocytic activity of human monocytes in respect to reduced antibacterial resistance in uremia. *Clin Nephrol*, 1975; 4: 13-17.
- [82] Girndt M. et al. Anti-inflammatory interleukin-10 genotype protects dialysis patients from cardiovascular events. *Kidney Int.* (2002) 62, 949-955.
- [83] Girndt M, Sester U, Kaul H, and Kohler H. Production of proinflammatory and regulatory monokines in hemodialysis patients shown at a single-cell level. *J. Am. Soc. Nephrol.* (1998) 9, 1689-1696.
- [84] Stenvinkel P. et al. IL-10, IL-6, and TNF- α : central factors in the altered cytokine network of uremia—the good, the bad, and the ugly. *Kidney Int.* (2005) 67, 1216-1233.
- [85] Wang YC, Hsieh CC, Kuo HF, Tsai MK, Yang SN, Kuo CH, Lee MS and Hung CH. Effect of Vitamin D3 on Monocyte Chemoattractant Protein 1 Production in Monocytes and Macrophages. *Acta Cardiol Sin* 2014; 30: 144-150.
- [86] Cendoroglo M, Jaber BL, Balakrishnan VS et al. Neutrophil apoptosis and dysfunction in uremia. *J Am Soc Nephrol*, 1999; 10: 93-100
- [87] Carracedo J, Ramirez R, Soriano S et al. Caspase-3-dependent pathway mediates apoptosis of human monoclear cells induced by cellulosic haemodialysis membranes. *Nephrol Dial Transplant*, 2002; 17: 1971-1977.
- [88] Malo A.M, Carracedo J, Ramirez R, Beno A.R.T, Soriano S, Rodriguez M, and Aljama P. Effect of Uremia and Dialysis Modality on Mononuclear Cell Apoptosis. *J Am Soc Nephrol* (2000) 11: 936-942.
- [89] Girndt M, Sester M, Sester U, Kaul H, Köhler H. Molecular aspects of T-and B-cell function in uremia. *Kidney International*, Vol. 59, Suppl. 78 (2001), pp. S206-S211.
- [90] Girndt M, Sester M, Sester U, Kaul H, Köhler H. Defective expression of B7-2 (CD86) on monocytes of dialysis patients correlates to the uremia-associated immune defect. *Kidney International*, Vol. 59, (2001), pp. 1382-1389.
- [91] Sallusto F, Lenig D, Forster R et al. Two subsets of memory T lymphocytes with distinct homing potentials and effector functions. *Nature* 1999; 401: 708-712.
- [92] Gupta S, Bi R, Su K et al. Characterization of naive, memory and effector CD8+ T cells: effect of age. *Exp Gerontol* 2004; 39: 545-550.
- [93] Yoon J, Gollapudi S, Pahl M, Vaziri N. Naïve and Central Memory T-cell lymphopenia in end-stage renal disease. *Kidney Int.* 2006; 70: 371-376.
- [94] Eleftheriadis T, Antoniadi G, Liakopoulos V, Kartsios C, and Stefanidis I. Disturbances of Acquired Immunity in Hemodialysis Patients. *Seminars in Dialysis*. Vol 20, No 5 (2007). pp. 440-451.
- [95] Meier P, Dayer E, Blanc E, Wauters JP. Early T cell activation correlates with expression of apoptosis markers in patients with end-stage renal disease. *J Am Soc Nephrol* 2002; 13: 204-212.
- [96] Matsumoto Y, Shinzato T, Amano I, et al. Relationship between susceptibility to apoptosis and Fas expression in peripheral blood T cells from uremic patients: a possible mechanism for lymphopenia in chronic renal failure. *Biochem Biophys Res Commun*. 1995; 215: 98-105.
- [97] Moser B, Roth G, Brunner M et al. Aberrant T cell activation and heightened apoptotic turnover in end-stage renal failure patients: a comparative evaluation between non-dialysis, haemodialysis, and peritoneal dialysis. *Biochem Biophys Res Commun* 2003; 308: 581-585.
- [98] Bender BS, Curtis JL, Nagel JE, Chrest FJ, Kraus ES, Briefel GR et al. Analysis of immune status of hemodialyzed adults: association with prior transfusions. *Kidney Int* 1984; 26: 436-443.
- [99] Morra L, Ponassi GA, Gurreri G, Moccia F, Mela GS, Bessone G. T lymphocyte subsets in chronic uremic patients treated with maintenance hemodialysis. *Biomed Pharmacother* 1990; 44: 53-6.
- [100] Musiał K, Zwolińska D. Immune system in chronic renal failure patients. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2003, 12, 2, 231-236.
- [101] Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Kopple J, Cano N, Chauveau P, Cuppari L, Franch H, Guarnieri G, Ikizler TA, Kaysen G, Lindholm B, Massy Z, Mitch W, Pineda E, Stenvinkel P, Trevinho-Becerra A, Wanner C. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney Int* 73: 2008; 391-398.

- [102] Alvarez-Lara MA, Carracedo J, Ramirez R et al. The imbalance in the ratio of Th1 and Th2 helper lymphocytes in uraemia is mediated by an increased apoptosis of Th1 subset. *Nephrol Dial Transplant* 2004; 19: 3084-3090.
- [103] Sester U, Sester M, Hauk M, Kaul H, Kohler H, Girndt M. T-cell activation follows Th1 rather than Th2 pattern in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2000; 15: 1217-1223.
- [104] Amore A and Coppo R. Immunological basis of inflammation in dialysis. *Nephrol Dial Transplant* (2002) 17 [Suppl 8]: 16-24.
- [105] Kuroki Y, Tsuchida K, Go I, Aoyama M, Naganuma T, Takemoto Y, Nakatani T. A study of innate immunity in patients with end-stage renal disease: special reference to toll-like receptor-2 and -4 expression in peripheral blood monocytes of hemodialysis patients. *Int J Mol Med* 19 (2007): 783-790.
- [106] Hendriks TK, van Gurp EA, Mol WM, et al. End-stage renal failure and regulatory activities of CD4⁺CD25^{bright+}FoxP3⁺ T-cells. *Nephrol Dial Transplant*. 2009; 24:1969-1978.
- [107] Descamps-Latscha B. and Chatenoud L. T cells and B cells in chronic renal failure. *Semin. Nephrol.* 16 (1996), 183-191.
- [108] Litjens N.H, Van Druningen C.J. and Betjes M.G. Progressive loss of renal function is associated with activation and depletion of naive T lymphocytes. *Clin. Immunol.* 118 (2006), 83-91.
- [109] Pahl MV, Gollapudi S, Sepassi L, Gollapudi P, Elahimehr R, Vaziri ND. Effect of end-stage renal disease on B-lymphocyte subpopulations, IL-7, BAFF and BAFF receptor expression. *Nephrol Dial Transplant*. 2010; 25: 205-212.
- [110] Kim KW, Chung B.Ha, Jeon E.J, Kim B.M, Choi B.S, Park C.W, Kim Y.S, Cho S.G, La Cho M. and Yang C.W. B cell-associated immune profiles in patients with end-stage renal disease (ESRD). *Experimental and molecular medicine*, Vol. 44, N° 8, August 2012, 465-472.
- [111] Fernandez-Fresnedo G, Ramos MA, Gonzalez-Pardo MC, de Francisco AL, Lopez-Hoyos M, Arias M. B lymphopenia in uremia is related to an accelerated in vitro apoptosis and dysregulation of Bcl-2. *Nephrol Dial Transplant* 15 (2000): 502-510.
- [112] Smogorzewski M, Massry SG. Defects in B-cell function and metabolism in uremia: role of parathyroid hormone. *Kidney Int* 2001; 78: S186-S189.
- [113] Bouts A.H. et al. Immunoglobulins in chronic renal failure of childhood: effects of dialysis modalities. *Kidney Int.* 58 (2000), 629-637.
- [114] Beaman M, Michael J, MacLennan IC, Adu D. T-cell-independent and T-cell-dependent antibody responses in patients with chronic renal failure. *Nephrol Dial Transplant*. 1989; 4: 216-221.
- [115] Betjes M.G, Litjens N.H. and Zietse R. Seropositivity for cytomegalovirus in patients with end-stage renal disease is strongly associated with atherosclerotic disease. *Nephrol. Dial. Transplant*. 22 (2007), 3298-3303.
- [116] Hess G, Kreiter F, Kusters W et al. The effect of granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) on hepatitis B vaccination in haemodialysis patients. *J Viral Hepat*; 1996; 3: 149-153.
- [117] Singh NP, Mandal SK, Thakur A et al. Efficacy of GM-CSF as an adjuvant to hepatitis B vaccination in patients with chronic renal failure - results of a prospective, randomized trial. *Ren Fail*, 2003; 25: 255-266.
- [118] Jungers P, Devillier P, Salomon H. Randomized placebo-controlled trial of recombinant interleukin-2 in chronic uraemic patients who are not responders to hepatitis B vaccine. *Lancet*, 1994; 344: 856-857.
- [119] Quiroga JA, Castillo I, Rorres JC. Recombinant γ -interferon as adjuvant to hepatitis B vaccine in hemodialysis patients. *Hepatology*, 1990; 12: 661-663.

Processus de Récupération et de valorisation du Phosphore à partir d'échantillons d'eaux de la station de traitement des eaux usées de la ville de Settat

[Phosphorus recovery and enhancement process from water samples of the wastewater treatment plant of the city of Settat]

Asmaa KARBOUBI, Abdeljalil ZOUHRI, and Abdellah ANOUAR

Laboratoire de chimie appliquée et environnement,
Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan 1er Km 3, 5 route de Casablanca, BP 577,
Settat, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The focus in recent years has been on process improvements that lead to enhanced recovery of phosphorus from wastewater. This study was designed to develop a methodology based on the operating results of numerical simulations and laboratory experiments.

The developed methodology is meant to determine the conditions favoring the maximum efficiency for the recovery of calcium phosphates. It concerns the modeling of chemical equilibria, for calculating the rate of conversion of phosphate depending on the pH and the reactant concentration of the developed reaction and their dependence on supersaturation. To measure the phosphate conversion rate, experiments were carried out in aqueous solution at different pH (from 9.5 to 11.5) for molar ratios of initial ion concentrations of Ca / P in different temperature (25 ° C). These conditions were chosen to cover the pH values at which calcium phosphate crystallizes easily.

In order to achieve a visible precipitate and phosphorus removal efficiency close to 90%, 2 hours contact time was also required. The precipitation / crystallization process was then studied using the VISUAL MINTEQ program as a predictive tool to determine the conditions that affect the saturation index as a dependent function of the pH and the concentration of calcium, revealing the existence of three different stages.

KEYWORDS: crystallization, simulation, supersaturation, initial molar ratio Ca / P, conversion ratio

RÉSUMÉ: L'accent au cours des dernières années a été axé sur l'amélioration des processus qui conduisent à la récupération assistée du phosphore des eaux usées.

Le présent travail a été conçu pour développer une méthodologie fondée sur l'exploitation de résultats de simulations numériques et d'expérimentations en laboratoire.

La méthodologie développée permet de déterminer les conditions favorisant l'efficacité maximale pour la récupération des phosphates de calcium. Elle concerne la modélisation des équilibres chimiques, pour calculer le taux de conversion du phosphate en fonction du pH et la concentration des réactifs de la réaction développée et leur dépendance à la sursaturation.

Pour mesurer le taux de conversion des phosphates, des expériences ont été effectuées en solution aqueuse à différents pH (de 9,5 à 11,5) pour des rapports molaires de concentrations ioniques initiales Ca/P différentes à température (25 ° C). Ces conditions ont été choisies pour couvrir les valeurs de pH à laquelle le phosphate de calcium cristallise facilement.

Afin d'atteindre un précipité visible et une efficacité d'élimination du phosphore près de 90%, 2 heures de temps de contact ont été également requises.

Le processus de précipitation /cristallisation a ensuite été étudié en utilisant le programme VISUAL MINTEQ comme un outil de prédiction pour déterminer les conditions qui influent sur l'indice de saturation en tant que fonction dépendant du pH et de la concentration de calcium, révélant ainsi l'existence de trois stades différents.

MOTS-CLEFS: cristallisation, simulation, sursaturation, rapport molaire initial Ca / P, taux de conversion.

1 INTRODUCTION

Les concentrations de phosphate dans les eaux usées domestiques augmentent en permanence en raison de l'utilisation croissante de lessives et produits détergents phosphatés. Cet apport massif de phosphate dilué dans les rejets domestiques est susceptible d'engendrer des problèmes sérieux dans les écosystèmes identifiés comme "sensibles à l'eutrophisation".

La qualité des effluents des usines de traitement des eaux usées sont désormais soumis à une réglementation stricte dans ce sens, la directive européenne du 21 mai 1991 [1] impose, suivant la taille des agglomérations dans les zones sensibles, que les eaux rejetées après épuration aient des concentrations en phosphore total (moyenne annuelle) inférieures à :

- 2 mg.l-1 pour 10.000 à 100.000 E.H (équivalent habitant).
- 1 mg.l-1 pour plus de 100.000 E.H. avec une réduction supérieure à 80%.

La concentration typique du phosphore total (PT) dans les eaux usées domestiques de Settat correspond à une plage de concentration de 5 à 22 mg / l avec une valeur moyenne de 12.8mg/l dont la plus grande partie du P total dissous est présente sous forme d'orthophosphate (70 % à 80 %) [2]

Les voies d'élimination du phosphore des eaux usées dans la STEP de Settat incluent l'assimilation biologique par les algues et la sédimentation, cependant l'assimilation ne permet pas une élimination poussée du phosphore puisque le rapport P/DBO5 est nettement plus élevé que 0,01[3].

Le traitement biologique peut éliminer 20 à 30% de phosphore sans processus d'élimination spécifique [4] alors que jusqu'à 90% du phosphore entrant dans l'usine de traitement des eaux usées (STEP) sont transféré dans la boue d'épuration. [5]

Il semble que le processus de récupération de phosphore des eaux usées par cristallisation du phosphate de calcium est envisageable et plus pratique lorsqu'il est couplé avec l'élimination biologique du phosphore.

La solution évidente et durable serait d'établir une unité de filtre à lit réactive contenant un matériau ayant une haute capacité de rétention de phosphore ainsi que de bonnes caractéristiques hydrauliques. [6].

Le but de cette étude est:

- d'explorer la précipitation des phosphates de calcium en fonction de la concentration des ions calcium, des ions phosphate et le pH à force ionique constante.
- de caractériser les formes minérales produites par précipitation.

2 MATÉRIEL, MÉTHODES D'ANALYSE

2.1 CONDITIONS DE PRÉCIPITATION / CRISTALLISATION DANS LE SYSTÈME PILOTE

Selon la température, le niveau de sursaturation, le pH, la durée de précipitation et la concentration initiale des réactifs, on peut obtenir différentes phases de phosphate de calcium.

Plusieurs études internationales ont confirmé que la précipitation des phosphates de calcium suivent la «règle d'Ostwald» (règle d'étapes): d'abord, la précipitation des phosphates de calcium moins stables (phosphate de calcium amorphe ACP, DCP, brushite ou le phosphate dicalcique dihydraté (DCPD)) puis ces précipités recristallisent dans la forme cristalline l'hydroxyapatite HAP la plus thermodynamiquement stable [7].

Le tableau 1 présente les principaux composés classés selon leur rapport molaire Ca/P et solubilité

Tableau 1. Les différentes formes de phosphate de calcium, leurs ratios molaires et solubilité à 25°C

Nom	Formule	ratios molaires : Ca/P	solubilité	pKs et Reference
phosphate dicalcique dihydraté (DCPD)	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.0	$2.49610^{-7} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}^2$	6.69 (Freche, 1989) 6.6 (Stumm and Morgan, 1981)
phosphate dicalcique anhydre (DCPA)	CaHPO_4	1.0	$1.26610^{-7} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}^2$	6.90 (Freche, 1989)
phosphate octocalcique (OCP)	$\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$	1.33	$1.25610^{-47} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}^8$	49.60 (Freche, 1989)
phosphate tricalcique (TCP)	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1.5	$1.20610^{-29} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}^5$	26.00 (Ringbom, 1967) 28.77 Song et al., 2001
Hydroxyapatite (HAP)	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	1.67	$4.7610^{-59} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}^9$	58.33 (Freche, 1989)
Phosphate de Calcium Amorphe (ACP):	$\text{Ca}_3(\text{HPO}_4)_2$	~1.5	variable, plus soluble que les phosphates cristallins	26.52 (Seckler et al., 1996)

La solubilité des phosphates de calcium augmente lorsque le rapport molaire Ca/P du composé diminue, ainsi le composé thermodynamiquement stable est l'hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

Techniquement le phosphore peut être récupéré par cristallisation quand :

- La concentration en phosphore dans l'effluent est supérieure à 10 mg/L
- L'effluent a une faible teneur de matière en suspension (<200mg/L) pour éviter la présence de trop d'impuretés dans le phosphore récupéré. [8]

Mais il faut:

- Un rapport molaire adapté des réactifs pour la formation du composé recherché.
- Créer une augmentation de pH pour une meilleure insolubilité des phosphates de calcium.

Selon CEEP [9] :

- Le processus de dégazage du dioxyde de carbone peut être nécessaire pour contrôler la formation de carbonate de calcium dans des conditions de pH élevé,
- Concentrations de matières organiques faibles.

2.2 PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

2.2.1 PRÉPARATION DE LA LIQUEUR

L'effluent utilisé dans les différents essais est un «effluent "préparé à partir de surnageant et de la boue recueillie d'un bassin de stockage de la STEP de Settat.

Le surnageant et la boue ont été maintenues à rester plus de 14 jours dans un réservoir rempli complètement, fermé pour éviter l'aération et afin de permettre la libération de phosphore présents à l'intérieur des cellules des micro-organismes, ce qui provoque une augmentation de la concentration en phosphore dans le surnageant.

Un prélèvement de gaz avec une seringue est régulièrement effectué de manière à ramener la pression de réservoir à la valeur de la pression atmosphérique.

La fin du test correspond à l'absence d'élévation de pression et que l'arrêt de la production de biogaz correspond bien à un épuisement de la DCO biodégradable.

Le surnageant obtenu était de couleur brun foncé qui contient du phosphore particulaire et soluble.

Le tableau 1 regroupe les caractéristiques physico-chimiques du surnageant utilisé comme ressource clé pour la récupération du phosphore.

Tous les paramètres chimiques et physiques ont été testés selon les méthodes classiques [10].

Tableau 2 - Caractéristiques de l'effluent

Paramètres	pH	P [mg/L]	Ca [mg/L]	DCO [mg/L]
Valeurs	6.8±0.2	20± 2	40±5	5-10

La force ionique des eaux usées était de 0,021 M et la conductivité de 2,0 milli siemens par centimètre

2.2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Il s'agit d'un système testé à l'échelle pilote composé d'un lit filtrant à écoulement vertical (figure1) qui a été rempli avec des graines d'un matériau réactif.

Le matériau est un mélange de sable principalement composé de SiO₂ et la chaux vive sous forme poudreuse contenant un pourcentage élevé de CaO (98%).

Le matériau filtre CaO - SiO₂ est fortement alcalin de pH élevé > 7 en raison de sa teneur en CaO, suggérant que la précipitation est le processus principal de la rétention de P [11].

Le pilote était recouvert d'aluminium pour limiter le passage de la lumière et minimiser l'interférence avec le dioxyde de carbone atmosphérique.

L'alimentation a été réalisée avec l'effluent préparé de concentration en phosphore égale à 20 ± 2 mg P-PO₄.L-1 à un débit d'environ 3,5 l /h pour saturer plus rapidement en phosphore le matériau réactif sans affecter les mécanismes réactionnels d'élimination du phosphore

Le pH de l'effluent a été ajusté à des valeurs de pH initial comprises entre 9,50 et 10,50 afin d'induire la précipitation.

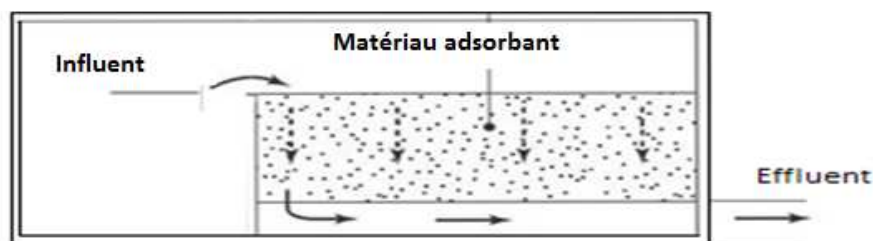


Fig. 1. Dispositif expérimental

2.3 INDICATEURS DU PROCÉDÉ

2.3.1 TAUX DE CONVERSION

Le taux de conversion du phosphore χ a été utilisé pour évaluer la performance d'élimination du phosphore ; il est égal au rapport entre la quantité totale de phosphore qui a précipité et la quantité de phosphore initialement présente dans la solution (exprimée en pourcentage).

η a été calculé à partir de l'équation suivante,

$$\chi = [(P_{tot} - P_{sol}) / P_{tot}] * 100\% \text{ (EQ.1)}$$

P_{tot} et P_{sol} (mg / L) sont les concentrations de phosphate en phase liquide initiale et à l'équilibre respectivement,

2.3.2 LA SURSATURATION

L'état de sursaturation est une condition nécessaire à toutes les opérations de précipitation.

La possibilité de la formation d'un composé pratiquement insoluble dans la solution peut être estimée à l'aide des données concernant la valeur de l'indice de saturation SI utilisé comme indicateur des conditions de cristallisation du phosphate de calcium.

On définit l'indice de saturation, noté IS, par la relation qui permet d'apprécier l'état de saturation de la solution par rapport à un minéral

$$SI = \log IAP / K_{sp} \text{ (EQ. 2)}$$

Où :

IAP : produit d'activité des ions libres

K_{sp} : produit de solubilité thermodynamique de la phase

Les indices de saturation (SI) (EQ. 2), calculés en vertu des conditions expérimentales ont été utilisées comme indicateurs de cristallisation de sels.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 INFLUENCE DES VARIABLES DU PROCESSUS

3.1.1 EVOLUTION DU TAUX DE CONVERSION EN FONCTION DU pH DU MILIEU REACTIONNEL

Les concentrations en Ca et P dans le filtrat sont reportées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Dosage du Ca, P, dans le filtrat pour des concentrations initiales de Ca, P-PO₄, égales à 1 et 0,6 mmol /l respectivement pour différents pH.

pH	Concentrations finales		Taux de conversion %
	[Ca] mM	[P] mM	P
9,5	0,69	0,29	51,9
10	0,56	0,17	71,8
10,5	0,47	0,07	88,7
11	0,42	0,03	94,7
11,5	0,39	0,01	97,8

Les faits expérimentaux marquants observés sont les suivants :

- Le taux de conversion augmente fortement lorsque le pH varie de 9,5 à 10,5
- un taux de conversion maximum de 98% obtenu à des pH supérieurs à 11,5 à 25°C.
- On note au bout de 2 heures un état de quasi-équilibre en phase liquide, caractérisé par une valeur stable du pH.
- le taux de conversion se stabilise en même temps que le pH.
- Comme présenté dans le tableau 2, les concentrations moyennes de P en sortie du filtre étaient nettement plus faibles par rapport à celles de l'entrée, ce qui confirme la rétention du P au cours de la filtration.
- les valeurs de pH, Ca²⁺ et P étaient dans la plage de valeurs qui supportent la précipitation de TCP, OCP et HAP.

La Fig 2. représente l'évolution du taux de conversion du P dans l'effluent en fonction du pH.

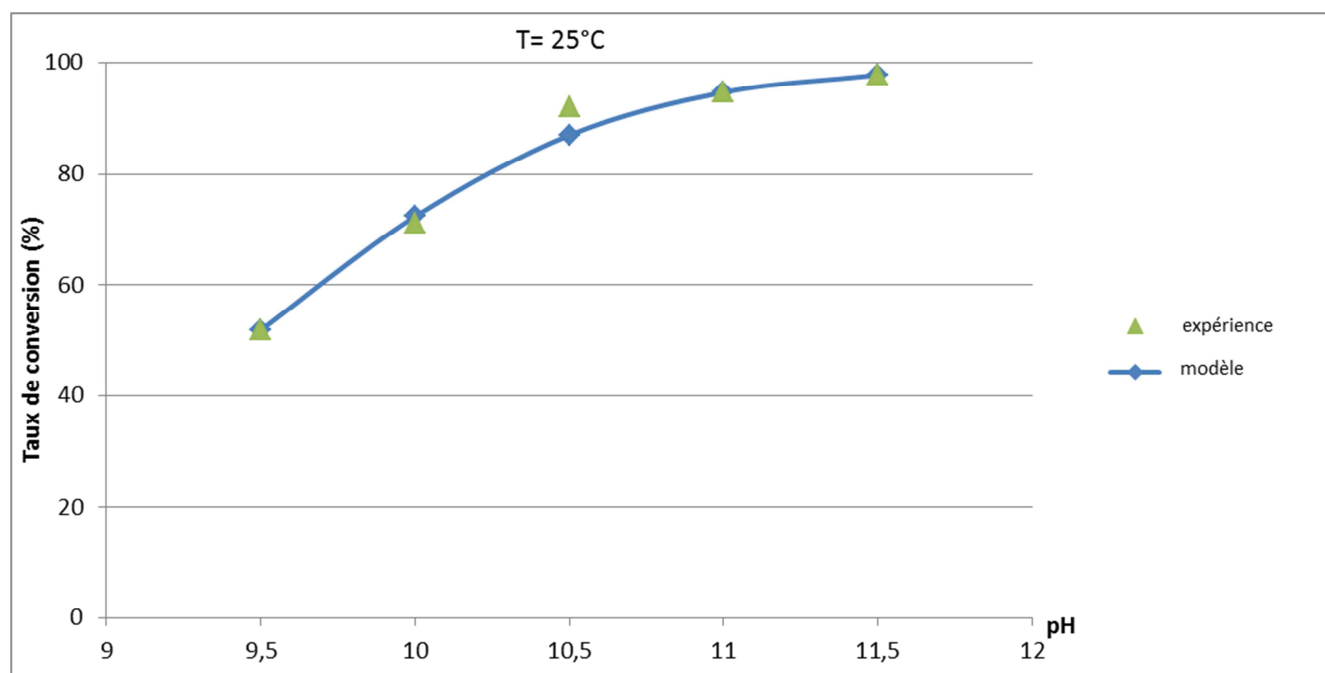


Fig. 2. Evolution du taux de conversion du P dans le surnageant en fonction du pH.

On peut conclure que le pH est un indicateur clé pour suivre l'évolution de la précipitation.

Les réactions de précipitation à des pH de 9,00 à 11,00 sont des réactions rapides, qui arrivent à des rendements élevés à moins de 10 min.

3.1.2 ÉVOLUTION DE LA SURSATURATION EN FONCTION DU TEMPS

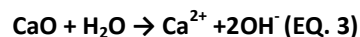
La sursaturation est obtenue en augmentant les concentrations en Calcium ou en phosphate. Cependant si on tient compte que les eaux usées domestiques peuvent avoir la concentration de phosphate relativement constante, donc l'adaptation de rapport Ca/P est un outil important pour contrôler la réaction de précipitation pour la récupération.

Les conditions expérimentales choisies sont les suivantes:

- la concentration de phosphore est relativement constante $CP=20$ mg/l.
- Rapport Ca/P initial : Le plus évident est d'utiliser des rapports Ca/P de précurseurs inférieurs à 1, 67.

Le pH du milieu réactionnel est mesuré en continu pendant le procédé de précipitation.

Le pH initial, qui correspond au pH de la solution aqueuse d'hydroxyde de calcium, était élevé $pH_i=11,4$



Après l'addition de l'effluent, le pH diminue lentement avec l'apport davantage d'ions HPO_4^{2-} qui peuvent réagir avec plus d'ions Ca^{2+}

Le rapport Ca/P augmente durant le temps jusqu'à ce qu'il se stabilise à une valeur de 1.67, correspondant à une hydroxyapatite stœchiométrique ;

La Fig. 3 représente la variation du ratio Ca/P en fonction du temps à 25°C.

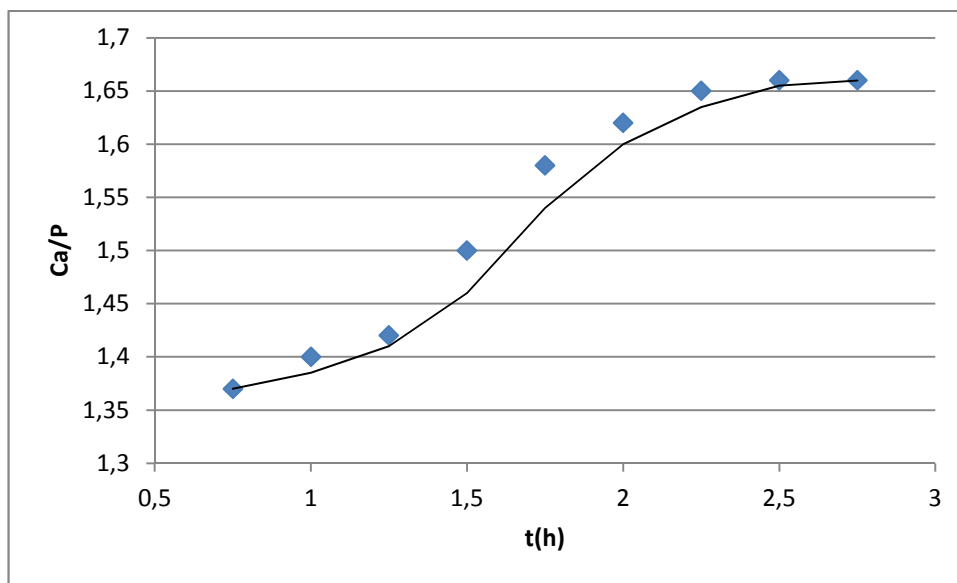


Fig. 3. variations du rapport Ca / P avec le temps de réaction à 25°C.

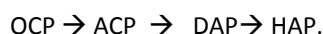
Le rapport Ca / P est inférieur à 1,50, au début, cependant, il a changé en 1,5 très vite (10 min), puis atteint 1,67 après une période considérablement longue.

Liu et al [12] décrivent la chronologie des différentes réactions nécessaires à l'obtention de l'hydroxyapatite (HAP) à travers les étapes intermédiaires suivantes :

- 1° Formation de phosphate octocalcique (OCP) très instable : $(\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6,5\text{H}_2\text{O}, \text{Ca/P} = 1,33)$;
- 2° Transformation très rapide de l'OCP en phosphate de calcium amorphe (ACP) : $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2, x\text{H}_2\text{O}, \text{Ca/P} = 1,50)$;
- 3° Transformation progressive de l'ACP en hydroxyapatite déficiente en calcium (DCP) :

$(\text{Ca}_{10-x}(\text{HPO}_4)_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{OH})_{2-x}, n\text{H}_2\text{O})$ $0 < x < 1$ qui conduit finalement à l'obtention d'une hydroxyapatite HAP stable et stœchiométrique ($\text{Ca/P} = 1,67$).

Donc le processus de précipitation des HAP peut être représenté par ce qui suit:



Dans l'étape de maturation, le pH et $[\text{Ca}^{2+}]$ se stabilise, ce qui signifie que la majorité du processus de croissance est terminé et que le produit formé est stable.

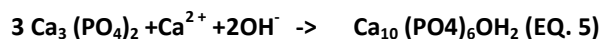
La précipitation du phosphate octocalcique (OCP) peut être décrite par l'équation suivante (eq. 3) :



Phosphate octocalcique (OCP) est la phase cristalline qui se forme initialement lorsque le pH de la réaction est inférieure à 9,25 [25].

D'autres phases possibles pourraient être composé tels que les phosphates de calcium amorphe (ACP) avec compositions variables de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2x(\text{HPO}_4)_3x \cdot n\text{H}_2\text{O}$,

Selon l'équation. (3), la transformation de phosphate de calcium ACP en hydroxyapatite HAP provoque la consommation des ions calcium et des ions hydroxyde:



Lorsque l'état d'équilibre entre la phase liquide et solide est atteinte, $\text{IAP} = \text{Ksp}$ et $\text{SI} = 0$.

Donc, il y'a une gamme de valeur autour de l'IAP théorique où ni précipitation, ni dissolution survient. Dans la première étape de la modélisation, les phases avec $-1 < \text{SI} < 1$ ont été considérés comme étant à l'équilibre.

3.2 DETERMINATION DES PHASES SOLIDES FINALES PAR VISUAL MINTEQ

3.2.1 EFFET DE LA VALEUR DU pH SUR LA SURSATURATION DE PHOSPHATE DE CALCIUM

Effet de la Valeur du pH sur la sursaturation de phosphate de calcium

L'effet du pH sur la précipitation du phosphate de calcium peut être analysé par le calcul de l'indice de saturation (SI) des différents minéraux du système précipitant en utilisant le logiciel Visual Minteq. [13]

L'intervalle de pH 9,5 à 11,5 est retenu pour la représentation de l'indice de saturation (SI) des différentes formes de précipités de phosphates de calcium susceptibles de se former.

Tableau.4 phosphates de calcium susceptibles de se former dans la gamme de pH 9,5 à 11,5

pH	$\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s})$	Hydroxyapatite	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (beta)	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$
	Indice de Saturation	Indice de Saturation	Saturation de saturation	indice de Saturation
9,5	4,83	16,805	5,371	-0,576
10	4,763	17,652	5,631	-0,903
10,5	4,457	18,272	5,735	-1,313
11	4,029	18,796	5,767	-1,773
11,5	3,543	19,278	5,766	-2,258

On constate que les composés tels que HAP; TCP ont leur indice de saturation supérieur à zéro. Néanmoins l'hydroxyapatite présente le plus grand indice de saturation et devrait être le composé le plus susceptible de précipiter en premier.

On voit que l'indice de saturation augmente avec le pH, et ce, pour ces deux espèces.

Le degré de sursaturation varie considérablement au cours de la réaction étant donné que la solubilité de phases de phosphate de calcium est fortement dépendante du pH.

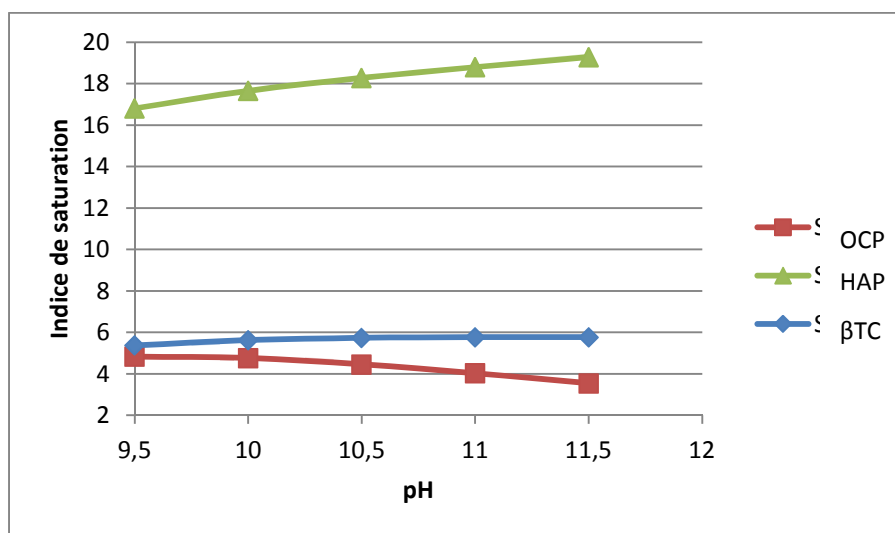


Fig. 4. Évolution des indices de saturation de différents phosphates de calcium en fonction du pH obtenus à l'aide de Visual MINTEQ

3.2.2 L'EFFET DU RATIO MOLAIRE INITIAL CA / P

L'étude de l'effet du rapport initial Ca/P sur la déphosphatation par cristallisation de l'hydroxyapatite est un moyen important pour contrôler cette réaction.

Les conditions optimales, pour une élimination efficace du phosphore, en respectant la norme européenne actuelle, sont une précipitation à un pH supérieur à 9.5 et l'addition de calcium dans des quantités supérieures à la stœchiométrie de l'HAP (rapport atomique Ca/P de mélange supérieur à 1.67).

Une série de tests a été conçu pour mesurer la performance de précipitation à différentes rapport molaire.

Le tableau 5 montre l'effet du ratio molaire initial Ca / P sur l'indice de saturation SI en ce qui concerne HAP,

Tableau 5. Effet du ratio molaire initial Ca / P sur l'indice de saturation SI en ce qui concerne HAP

Ca/P \ pH	9,5	10	10,5	11	11,5
	Indice de saturation	Indice de saturation	Indice de saturation	Indice de saturation	Indice de saturation
1,67	16,805	17,652	18,272	18,796	19,278
3,34	17,933	18,729	19,341	19,872	20,361
5	18,493	19,236	19,823	20,346	20,831
6,68	18,851	19,561	20,134	20,651	21,135
8,35	19,112	19,799	20,363	20,876	21,359

La fig. 5 montre l'effet de concentration de calcium sur la valeur de SI du système de précipitation en ce qui concerne l'HAp, lors d'une concentration de phosphate de 20 mg P/l pour différentes valeurs de pH.

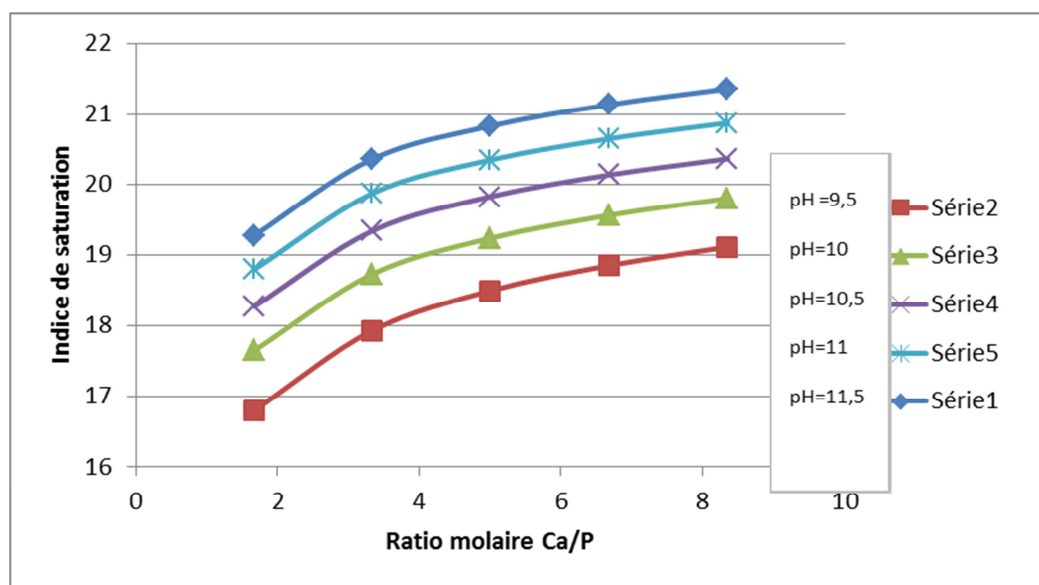


Fig. 5. Variation de SI du système précipitant par rapport à HAP à 25 ° C pour différents rapports molaires Ca / P.

La valeur de SI d'un système précipitant chimiquement défini, qui contient du phosphate de concentration 0,6 mmol P / l, avec des rapports molaires Ca / P de un à dix fois le rapport molaire de l'hydroxyapatite stœchiométrique et à différents pH.

3.2.3 RELATION FONCTIONNELLE ENTRE IS ET DE LE RATIO MOLAIRE CA/P A DIFFERENTS pH

pH	Equation	R ²
9,5	SI = 3,3091Ca/P + 16,126	0,9953
10	SI = 3,0749Ca/P + 17,032	0,9934
10,5	SI = 2,9905Ca/P + 17,678	0,9917
11	SI = 2,9732Ca/P + 18,21	0,9905
11,5	SI = 2,9733Ca/P + 18,695	0,9899

$$IS = A \ln (Ca/P) + B \text{ ((EQ. 6)}$$

R est le coefficient de corrélation

Avec l'augmentation de rapport Ca/P le SI en ce qui concerne les augmentations de HAp est une fonction logarithmique de la concentration de calcium

4 CONCLUSION

Sur la base des résultats de cette étude, ce qui suit peut être conclu:

- l'indice de saturation augmente avec le pH, et ce, pour toutes les espèces, du fait que les précipités considérés sont des espèces basiques

- la valeur de pH du système de précipitation influence la sursaturation, le taux et l'efficacité de la précipitation.
- pour différents pH compris entre 7.5 et 9.5, la formation d'HAP conduit à des teneurs en phosphore très faibles en solution.
- pour optimiser la production de l'hydroxyapatite, le pH de la réaction doit être contrôlé à la gamme de pH optimale (pH=9).
- il existe un certain nombre de précipités de calcium intermédiaires (par exemple du phosphate tricalcique(TCP) ou du phosphate octo-calcique (OCP)) qui sont également sursaturée.

Les conclusions résultant de ce travail ont montré qu'un lit filtrant pourrait être une solution pour maximiser le recyclage du phosphore dans les stations de traitement des eaux usées. Il semblerait que principalement le calcium et les ions hydroxydes présents dans le matériau adsorbant qui favorisent un enlèvement efficace du P.

Au cours du processus de précipitation et la croissance des cristaux, le pH affecte à la fois la solution et la surface du matériau.

REFERENCES

- [1] Council of the European Communities (1991). Directive du conseil 91/271/EEC du 21 mai 1991 concernant le traitement des eaux usées urbaines. Off. J. Eur. Communities, L135, 40–52 (30 mai).
- [2] Houhou J., Lartiges B.S., Hofmann A., Frappier G., Ghanbaja J., Temgoua A. (2009)- Phosphate dynamics in an urban sewer : A case study of Nancy, France. Water Research. vol 43. p.1088-1100
- [3] Deronzier and J-M Choubert. 2002 Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées Lavoisier Paris.
- [4] Metcalf and Eddy, Inc., 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, New York.
- [4] Parsons, S. and Smith, J. A. 2008. Phosphorus removal and recovery from municipal wastewaters. Elements, 4 (2), pp. 109-112.
- [5] Montag, D., K. Gethke & J. Pinnekamp (2009) Different strategies for recovering phosphorus: Technologies and costs. International Conference on nutrient recovery from waste water streams. Vancouver, Canada. pp. 159-167. IWA Publishing.
- [6] Brix, H., Arias, C.A. and Bubba, M. (2001). Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands. Water Science and Technology, 44(11– 12), 47 –54.
- [7] Valsami-Jones E., 2001. Mineralogical controls on phosphorus recovery from wastewaters. Mineralogical Magazine 65(5), 611-620.

- [7] Lundager-Madsen H.E., 2008. Influence of foreign metal ions on crystal growth and morphology of brushite ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and its transformation to octacalcium phosphate and apatite. *Journal of Crystal Growth* 310(10), 2602-2612.
- [8] Nicolas JEANMAIRE – Technico-economic feasibility of phosphorus recovery from the wastewater treated by municipal treatment plants. Office International de l'Eau
- [9] CEEP, Summary of "International Conference on Recovery of Phosphates for Recycling from Sewage and Animal Wastes. Warwick University, UK (1998)"
- [10] APHA, AWWA, WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater," 19th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C. 1995
- [11] (Vohla et al. 2011). Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands - A review. *Ecological Engineering* 37(1), 70-89.
- [12] Liu, C.S., Y. Huang, W. Shen, J.H. Cui, (2001). Kinetics of hydroxyapatite precipitation at pH 10 to 11. *Biomaterials*, 22(4): 301-306
- [13] Gustafsson, J.P. 2005. Visual MINTEQ, ver 2.32. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Department of Land and Water Resources Engineering. 24 April 2014.

Théorie de croissance exponentielle de l'innovation: entre croyance et science !

[Innovation exponential growth theory: science and beliefs]

Vincent LALANNE

Startup Founder and chief executive officer, ACCELINN, Accelerator of innovation, Didenheim, France

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A lot of media and scientists think about theory round innovation growth speed and evaluate our future with some theories like "singularity" or "Transhumanism". But, is there any demonstration of innovation growth speed? Proving that we are tantamount to converge on an artificial intelligence in 2057 is not obvious. This article aims at putting innovation into a mathematical equation to evaluate how innovation growth behave and trying to find a natural trend. What are different factors that influence this equation? Does Mankind influence this growth and how? These are the purposes of this article. Why do we need to impact this trend and how do we have to behave in face of these disturbing theories?

KEYWORDS: Singularity, Transhumanism, innovation acceleration, artificial intelligence, Watson, Moore's law.

RÉSUMÉ: Beaucoup de media réfléchissent autour de théories sur la vitesse de croissance de l'innovation et projettent notre avenir avec des théories comme celles de la « Singularité » ou encore celle du « Transhumanisme ». Mais, y-a-t'il une seule démonstration relative à la vitesse de croissance de l'innovation ? Prouver que nous sommes enclins à nous diriger vers une intelligence artificielle d'ici à 2057 n'est pas évident. Cet article vise à mettre l'innovation en équation mathématique pour évaluer comment se comporte la courbe de croissance de l'innovation et essayer de trouver une tendance naturelle de convergence. Cette équation doit mettre en évidence des facteurs probant d'influence et évaluer le rôle de l'homme dans cette tendance. A-t-on un rôle à jouer ? Si oui, lequel ? Pourquoi devons-nous impacter cette croissance et comment devons-nous nous comporter face à ces théories inquiétantes ?

MOTS-CLEFS: Singularité, Transhumanisme, accélération de l'innovation, intelligence artificielle, Watson, loi de Moore.

Accélérer l'innovation, sujet d'actualité bénéficiant d'un fort regain d'intérêt des médias, qu'ils soient réseaux sociaux ou académiques [1] [2] [3]. Accelinn, Accélérateur d'innovation, se questionne sur le sujet en étant quotidiennement confronté à l'écosystème du développement de l'innovation.

Dès lors, en tant que fondateur d'Accelinn, je me suis interrogé sur les théories existantes et me suis appuyé sur mon expérience et mes connaissances théoriques dans le domaine pour asseoir le positionnement de mon entreprise.

J'ai donc cherché des théories économiques ou mathématiques valides pour étayer mes intuitions. Mon ami Google a tout naturellement été ma première source d'informations et j'essaie des combinaisons de mots clés dans le moteur de recherche.

Je tombe rapidement sur une équation dite "utilisée par Google, 3M, ..." définissant un calcul, avec une approche plutôt combinatoire. Cette formule ne fait pas l'objet d'une quelconque démonstration mathématique mais se contente d'être posée tel un postulat.

Je trouve bien entendu la loi de Moore et son constat empirique, celle-ci étant depuis largement vérifié, montrant le doublement des puissances des transistors, puis des calculateurs ou encore de la mémoire de nos machines jusqu'aux datas disponibles. Cependant, étant empirique, elle n'est pas prédictive puisque basée sur l'expérience.

Cependant, à mon grand étonnement, je ne trouve aucune démonstration mathématique rigoureuse du phénomène d'accélération de l'innovation, malgré le fort engouement de philosophes ou théoriciens actuels sur la "singularité" ou le Transhumanisme.

J'ai ainsi eu envie de démontrer avec une rigueur mathématique cette intuition. Après tout, en grand admirateur de Mark Twain et absolument très inspiré par son adage "ils ne savaient pas que c'était impossible alors ils l'ont fait", je me suis lancé.

Je suis parti des définitions existantes pour mettre le problème en équation.

Appelons $E(t)$ l'état de l'art à un instant t , constitué de l'ensemble des innovations qui ont été trouvées jusqu'à cet instant.

L'état de l'art est constitué de l'ensemble de la connaissance disponible donc de l'ensemble des inventions (ou innovation de rupture) et innovations. D'après la définition de l'innovation de Clayton Christensen dans son ouvrage, "The innovator's dilemma" nous pouvons définir l'innovation de la façon suivante, soit de rupture, soit incrémentale, c'est à dire dérivée d'une innovation existant dans l'état de l'art ou issue du croisement entre plusieurs innovations

Cherchons le décalage entre 2 états de l'art sur une durée de temps fixe. Discretisons le temps pour être capables de définir l'incrémental de cet état de l'art. Pour ce faire, nous nous appuyons sur la loi des grands nombres, avec une durée entre t et $t+1$ suffisante pour que l'échantillon soit représentatif et une tendance fixe. Ainsi nous nous affranchissons de tout ce qui peut arriver entre 2 états. $E(t)$ étant l'état de l'art à l'instant t , disons qu'il est constitué de n innovations puisqu'il contient par définition la connaissance, c'est-à-dire ce que nous avons appris. Ainsi, appelons, E_{t+1} l'état de l'art à l'instant $t+1$ constitué de p innovations.

$$E_t = n$$

$$E_{t+1} = p$$

Nous cherchons donc une relation entre n et p .

Pour cela, il est nécessaire que nous détaillons le nombre d'innovations susceptibles d'apparaître en terme d'innovation entre t et $t+1$. L'innovation de rupture semble difficile à mettre en équation. En effet, elle est par définition erratique et peu prévisible. Pour l'innovation incrémentale, l'exercice semble être beaucoup plus à ma portée.

Ainsi, nous donnerons la valeur de la fonction $f(t)$ au nombre d'innovations de rupture qui vont apparaître sur la période entre t et $t+1$, ce qui nous permet d'éviter l'écueil tout en restant rigoureux.

Pour l'innovation incrémentale, nous partons d'un existant pour innover, ce qui rend la démarche plus aisée. Les options potentielles qui s'offrent à moi sont les suivantes. Je peux, partir d'une innovation pour en dériver une ou plusieurs. Je peux aussi en associer plusieurs (2, 3, 4, ..., n) pour en créer une ou plusieurs, ou encore n'en associer ni en dériver aucune. Autrement dit, mes possibilités sont l'ensemble des combinaisons possibles de toutes ces innovations disponibles à l'instant t

Dans ce cas précis, d'après la loi binomiale, ou binôme de Newton, nous avons :

$$\sum_{k=0}^n C_n^k = \sum_{k=0}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} = 2^n$$

Nous avons donc l'équation mathématique du potentiel d'innover à l'instant t

Nous devons maintenant appliquer un taux de transformation moyen sur ce potentiel pour définir combien d'innovations vont être produites entre les instants t et $t+1$. En effet, chacun de ces potentiels ne se réalisera pas systématiquement en débouchant sur une ou plusieurs innovations supplémentaires.

Beaucoup de facteurs, favorables ou défavorables, entrent en jeu à ce niveau : des facteurs politiques, (politique de brevet par exemple, guerre), des facteurs économiques (concurrence, capacité d'investissement, transilience [8])¹, des facteurs sociaux (acceptation d'obsolescence, Uberisation par exemple...) ou encore environnementaux (disponibilité de la connaissance, agilité des acteurs...)

¹ Toute action permettant d'améliorer l'agilité d'un système ou d'une organisation, (mot inventé)

L'exercice semble éminemment compliqué et loin de la rigueur mathématique. Ainsi, Je lui attribue la valeur de la fonction $a(t)$ égale au taux de transformation s'appliquant au potentiel d'innover à l'instant t .

Nous avons donc l'équation suivante, nous la nommerons (1):

$$E_{t+1} = 2^n a(t) + f(t) + Et$$

Soit:

$$E_{t+1} = 2^n a(t) + f(t) + n$$

À partir de cette équation, nous retrouvons notre compatibilité avec la loi de Moore, et l'envie est grande de projeter l'équation vers une singularité par récurrence.

Cependant, avec cette simple équation nous avons déjà démontré une chose importante : hors facteurs externes - à savoir tous les éléments que nous avons rattachés à la fonction $a(t)$ –

La tendance naturelle de l'innovation à s'accélérer suit une évolution proportionnelle à :

$$2^n$$

Faisons donc l'exercice mathématique de la récurrence pour voir ce que nous trouvons, nous avons :

$$E_{t+2} = 2^p a(t+1) + f(t+1) + E_{t+1}$$

Or

$$E_{t+1} = 2^n a(t) + f(t) + n$$

Et

$$E_{t+1} = p$$

Donc

$$E_{t+2} = 2^{2^n a(t) + f(t) + n} a(t+1) + f(t+1) + 2^n a(t) + f(t) + n$$

Cette tentative s'avère peu probante, d'un point de vue mathématique, car la fonction $a(t)$ nous empêche de factoriser l'ensemble vers une tendance encore plus rapide, même si nous constatons bien dans cette formule que la croissance s'accélère encore plus.

C'est ici que nous voyons la démarche des philosophes qui prônent la singularité : ils négligent le facteur $a(t)$, alors même qu'il semble très impactant sur cette équation. $A(t)$ reste présent dans le facteur de l'équation ($a(t+1)$) ainsi que dans l'exposant de puissance, donc sur l'accélération et la valeur de l'ensemble. Il semble dès lors mathématiquement très dangereux de le négliger.

Si nous revenons à la définition que nous avons donné à ce facteur $a(t)$, cette négligence semble d'autant plus grave. En effet, il s'agit de toute l'influence de l'homme sur sa façon de gérer l'innovation, sur tous les terrains : économique, social, politique ou encore environnemental. Cela revient à négliger notre capacité, notre volonté et notre responsabilité d'influer et de canaliser l'innovation.

Or l'histoire nous a déjà montré que nous sommes capables, à la fois de revenir à l'âge de pierre et/ou de perdre une quantité de savoir importante (obscurantisme par exemple).

Ainsi, faire tendre cette courbe vers l'infini en intégrant par partie l'ensemble de l'équation semble finalement peu probant et très générateur de thèses cataclysmiques ou philosophiques anxiogènes et peu constructives.

Pour ma part, dans cette équation, (la première j'entends (1)), je constate que nous avons un formidable potentiel à exploiter, il ne tient qu'à nous de canaliser ce potentiel pour le rendre utile à tous. Les enjeux sont forts et les risques n'ont jamais été aussi élevés : réchauffement climatique et dilapidation des ressources [4]² mobilité du pôle magnétique terrestre [5], astéroïdes qui rentrent en collision avec la Terre en 2182. [6]

Il est de notre responsabilité de réguler ce potentiel, mais nous n'avons en aucun cas la possibilité de le rejeter. Ceci n'a pas de sens et les thèses anxiogènes ne participent pas positivement au débat et s'avèrent assez peu force de proposition.

² Cette année, nous vivons à crédit depuis le 8 aout, source l'ONG Global Footprint Network

A nous de le transformer en permettant de mettre en œuvre ces innovations dans l'objectif de servir à tous. Si nous reprenons la formule de départ, l'innovation incrémentale est soit issue de la corrélation entre innovations ou de leur dérivation.

Ainsi, ce n'est qu'en favorisant la créativité et la collaboration de personnes issues d'horizons techniques divers et polyvalents et en challengeant les innovations existantes que nous serons prolifiques. Les dérivations sont souvent liées à des problématiques industrielles qui doivent s'appuyer sur des innovations. Ainsi instancier une innovation dans une industrie pour lui apporter de la compétitivité est un axe puissant et intelligent de développement de l'innovation. Cette démarche spécifique peut être mise en place au travers des collaborations entre de grands groupes industriels et des Startups ; charge à l'industriel de fournir la problématique, le champ de contrainte et les objectifs et à la startup de fournir les solutions techniques et d'évaluer leurs performances techniques et économiques pour l'application industrielle. Pour cela, nous devons mutualiser nos compétences, les "agiliter" [9] et y croire. Nous devons rendre possible l'intelligence collective et la collaboration efficiente au travers des innovations modernes et d'actualité, directement dérivées du Big data qui viennent bousculer notre quotidien et ouvrir le champ des possibles.

Influer positivement sur la croissance de l'innovation est souvent mis en risque au travers des applications et dérivées dangereuses de ces mêmes innovations et ce, à juste titre si nous regardons les exemples dans notre histoire. Par exemple, récemment, « Stephen Hawking et Elon Musk réclament l'interdiction des « robots tueurs ». [7]

On voit cependant souvent et surtout dans ce cas précis que l'innovation constitue à la fois le problème ; application robotique de l'intelligence artificielle, et la solution ; Big data et intelligence artificielle permettront de réguler ce type d'utilisation.

Comme pour toute innovation, ce dont nous sommes certains, c'est que les applications dangereuses et orientées sur la défense et la sécurité seront mises en œuvre. Pour que l'innovation puisse apporter des applications civiles pour le bien de tous, il faut que nous puissions favoriser leur développement dans nos sociétés et nos écosystèmes. Agilité, pluridisciplinarité, collaboration avec des grands groupes industriels et intelligence collective ont toujours été au centre de mes préoccupations chez Accelinn.

REFERENCES

- [1] Luc Ferry, "La révolution transhumaniste", "Transhumanisme : nos enfants seront-ils des robots ?", France info 30/10/2015
- [2] "Pourquoi le Crédit Agricole entre dans le sillage de l'Université de la Singularité", les échos Business, 13/10/2015
- [3] L'innovation, meilleure amie de la publication scientifique ?, Le Monde 28/04/2016
- [4] source ESA
- [5] NASA, http://www.nasa.gov/mission_pages/osiris-rex/index.html
- [6] http://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/07/27/intelligence-artificielle-hawking-musk-et-chomsky-reclament-l-interdiction-des-armes-autonomes_4701102_4408996.html
- [7] Innovation: Mapping the winds of creative destruction, Abernathy et Clark
<http://www.wz.uw.edu.pl/pracownicyFiles/id12236-Abernathy,%20Clark%20-%20Mapping%20the%20winds%20of%20creative%20destruction.pdf>

La finance islamique et le financement des PME au Maroc

[Islamic finance and the financing of SMEs in Morocco]

Mohamed ADRAOUI, Khalid ROUGGANI, and Nabil BOUAYAD AMINE

Economic and Management Laboratory (LEG),
Doctoral School,
University Hassan 1st, Morocco

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Islamic finance develops rapidly and its activity draws several stakeholders, Morocco is considered as one of the few Arab-Muslim countries not to have Islamic Bank. Morocco has everything to gain by integrating the Islamic finance. Who can bring fresh resources, and inject a new blood in our economy.

Through our research we wonder about the place of Islamic finance in the financing of small and medium-sized enterprises, thanks in particular to an offer of financial products complementary to the classical system, which allows to meet the growing needs of SMES who struggle yet to find adequate sources of funding.

We are going to present in a first time the Islamic financial system by focusing on the products of this branch of the conventional finance, and also the products offered by this new industry. In a second time we discuss the contribution of the conventional Finance in Morocco in relation to small and medium-sized enterprises.

KEYWORDS: Islamique Finance, Finance conventional, SMEs, banks alternatives, Islamique financial products.

RESUME: La finance islamique se développe rapidement et son activité attire plusieurs intervenants, Le Maroc est considéré comme l'un des rares pays arabo-musulmans à ne pas avoir de banque islamique. Le Maroc a tout à gagner en intégrant la finance islamique. Qui peut apporter des ressources fraîches, et injecter un nouveau sang dans notre économie.

A travers notre recherche nous nous interrogeons sur la place de finance islamique dans le financement des petites et moyennes entreprises, grâce notamment à une offre de produits financiers complémentaire au système classique, ce qui permet de répondre aux besoins croissants des PME qui peinent encore à trouver des sources de financement adéquates.

Nous allons présenter dans un premier temps le système financier islamique en mettant l'accent sur les produits de cette branche de la finance conventionnelle, et aussi les produits offerts par cette nouvelle industrie. Dans un deuxième temps nous abordons l'apport de la finance conventionnelle au Maroc par rapport aux PME

MOTS-CLEFS: Finance islamique, Finance conventionnelle, PME, banques alternatives, produits financiers islamiques.

1 INTRODUCTION

Le monde vit depuis 2007 les effets de la crise financière et économique. Elle est considérée la plus pire crise depuis celle de 1929. Elle a remis en cause tout le système monétaire ainsi que les modèles financiers développés par les ingénieurs financiers.

Les autorités n'ont pas pu encore cerner les pertes qu'elle a engendrées et elles adoptent des mesures d'austérité extrêmement strictes afin de sauver toute une économie de la faillite. C'est le cas notamment de l'Italie, l'Espagne, le

Portugal ainsi que la Grèce qui demande toujours l'intervention de la Banque Centrale Européenne (BCE) pour le rachat de leur dette et les institutionnels ont subi une décote de 50% de leur dette grecque.

Cette crise a eu le mérite de mettre en évidence la fragilité du système capitaliste face aux produits dérivés caractérisés par la spéculation et face à la spirale de la dette. L'énorme impact qu'a eu la crise sur l'économie a poussé certains analystes et chercheurs d'étudier les causes qui ont déclenché cette crise pour empêcher que cela se reproduise.

En ce sens, une commission des experts de l'ONU s'est réunie à New York sous la présidence de Joseph Stiglitz afin d'étudier les causes de la crise et d'essayer d'y porter solutions. En effet, la commission a insisté sur la nécessité de revoir tout le système monétaire puisqu'il a montré sa fragilité face à la crise, et parmi ses recommandations, s'inspirer du système de la finance islamique.

Dans cette période de crise, la finance islamique se montre en bonne santé et elle n'a pas été touchée par les effets directs de la crise. Son encours en 2010 est estimé à mille milliards de dollars et sa croissance est deux fois supérieure à la finance classique, s'élevant à 15% chaque année.

Ce travail présente les avantages offerts par la finance islamique aux petites et moyennes entreprises au Maroc, et met l'accent sur les difficultés financières rencontrées par les PME lors des cycles d'exploitation et d'investissement. Surtout avec l'adoption de la nouvelle bancaire qui représente une étape importante pour assurer le décollage de cette nouvelle industrie. Il traite aussi les sources, les principes ainsi que la genèse de cette branche de la finance classique.

2 AUTOUR DE LA FINANCE ISLAMIQUE

Dans cette partie nous allons aborder les concepts de base de la finance islamique, dans un premier temps nous traiterons les principes de cette dernière, ainsi que ses sources. Par la suite nous abordons les fragilités de cette industrie, et les perspectives d'évolution de la finance conventionnelle dans le monde.

2.1 EN QUOI CONSISTE LA FINANCE ISLAMIQUE

La finance islamique s'articule autour de deux principes intangibles, le premier étant le partage des pertes et profits et le second étant le bannissement du Gharar, ou incertitude dans les relations d'affaires. La principale caractéristique de la religion musulmane est qu'elle régit tous les aspects de la vie du croyant, y compris la sphère économique. La Shariaa Muamala¹ plus exactement, la référence islamique en termes de relations d'affaires, tire ses sources respectivement du Coran, Al sunnah, Al ijmâa et Al qiyas.

Le Coran : source suprême qui transcrit la parole de Dieu et représente la base juridique du droit musulman. Le coran a, à plusieurs occasions, traité le volet économique dans la vie du musulman.

Al Sunnah : fait référence à toutes les paroles du prophète Mahomet ainsi que ses habitudes et comportements quotidiens, regroupés en Hadith, petits récits sur des situations rencontrées par le prophète.

Deux sources viennent suppléer le Coran et la Sunnah, à savoir :

Al ijmâa : Al ijmâa n'est autre que ce qu'on nomme plus communément « la doctrine ». Cette notion prend toute son importance dans le cas des IFI car le processus d'agrément de nouveaux produits par les instances de tutelle sollicite Al ijmâa des savants pour trancher du caractère licite ou non des produits proposés.

Al qiyas : ou analogie, cette méthode est considérée comme la quatrième source du droit en Islam. Cette source consiste, en cas d'absence de solution à un problème de droit dans le coran et la Sunnah, en l'application d'une solution déjà obtenue pour une problématique analogue.

D'un point de vue plus pratique, un rapprochement très ténu peut être fait entre la SNC et le lien juridique que pourrait entretenir l'institution financière avec un partenaire notamment en ce qui concerne les comptes d'investissements participatifs. Ainsi, la Société en Nom collectif SNC régie par le code de commerce stipule que les associés sont indéfiniment et solidairement responsables des pertes ou dettes contractées par la SNC. Cette prescription traduit sans anicroche le principe du partage des pertes et profits qui constitue le principe de base de la finance islamique. Nous pouvons en déduire que les produits proposés par ce type de gestion des richesses sont parfaitement solubles dans le paysage juridique marocain et même souhaitables en cas de défaillance de la société car les personnes physiques seront indéfiniment et solidairement appelés à honorer les dettes fiscales, commerciales et sociales de la société.

2.2 PRINCIPALES CRITIQUES A L'ENCONTRE DU SYSTEME FINANCIER ISLAMIQUE

La finance islamique, de prime abord hermétique et intraitable, demeure selon ses détracteurs, très perspicaces par ailleurs, vulnérable sur bien des aspects, les plus notables étant :

La concentration sur des secteurs d'investissements bien définis : un des phénomènes liés à la finance islamique et qui alimente à juste titre les critiques négatives à son égard n'est autre que la focalisation des bailleurs de fonds sur un choix très réduit d'investissements, notamment immobiliers.

Le recours à des domaines bien particuliers n'est pas sans conséquence. Dans les faits, la favorisation de tel ou tel secteur en fait une bulle spéculative, souvent sans fondement économique objectif, l'islam au passage interdit le recours à la spéculation, d'où une contradiction manifeste entre le texte et l'application.

L'élitisme des stratégies des IFI : les établissements islamiques sont depuis leur création surtout à la recherche de partenaires fortunés capables, à travers leurs réseaux et leur puissance, de rechercher les investissements les plus juteux et lucratifs possibles. Les PME et les particuliers sont, pour ainsi dire, les parents pauvres de ce système qui « ne vise que les fortunes des pétromonarchies », pour reprendre une phrase d'un des détracteurs du système,

La forte technicité qui s'est emparée de la finance islamique à travers l'apparition de produits structurés assez complexes « conformes à la Shariaa » selon certains législateurs, et non selon d'autres. Les produits en question sont à titre d'exemple le Salam, instrument dérivé semblable au contrat à terme, d'où sa faille selon les critiques, dans la mesure où son principe peut être étroitement rapproché de la vente à découvert, quintessence même du gharar, formellement banni par la finance islamique. Du fait du développement rapide des moyens de communication et de la multiplication des intervenants sur les marchés, la technicité dans la finance devient de plus en plus utile, voire indispensable. Un assouplissement des positions du législateur musulman est de ce fait préconisé afin qu'il pérennise sa présence sur la sphère financière

2.3 PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

A la lumière de ce qui a été exposé dans les paragraphes précédents, il ressort que la finance islamique ou éthique au sens large a de beaux jours devant elle. Des mesures concrètes ont été prises dans la foulée afin d'attirer les investisseurs de tous horizons :

En Grande-Bretagne, en 2007, le gouvernement a créé la Commission de réflexion sur les opportunités de développement de la finance islamique. La FSA (Financial Services Authority) a constitué plusieurs départements dédiés à la finance islamique et donné l'agrément à plusieurs institutions. Il existe actuellement 5 banques islamiques en G.B, et la tendance n'est sûrement pas en déclin (The Islamic Bank of Britain -2004-, European Islamic Investment Bank -2005-, The Bank of London and Middle East -2007-, European Finance House -2007-, Gatehouse -2008-).

Paris, aussi, est en train de se doter de moyens lui permettant de rivaliser avec Londres et les autres plateformes. Ainsi, les Sukuk ont été admis sur le marché français en 2007 et l'AMF a signé un accord avec AAOIFI en 2009. La SGAM a déjà pour sa part lancé depuis 2004 des fonds islamiques.

Pour autant, les acteurs du marché devraient relever des défis de taille Parmi lesquelles :

La formation des compétences, très rares, dans le domaine (experts-comptables et auditeurs spécialisés, consultant Shariaa, risk management islamique...);

La nécessité de développer un marché interbancaire islamique afin de pallier la faiblesse de la liquidité des actifs ;

La nécessité d'homogénéiser les normes comptables afin de permettre la comparabilité des produits.

3 LA FINANCE ISLAMIQUE AU MAROC

Au Maroc la finance islamique se développe de façon remarquable surtout avec la nouvelle loi bancaire, Dans notre étude nous avons décidé de traiter dans un premier temps l'apparition et l'environnement de la finance islamique au Maroc avant de passer au financement des PME. En mettant l'accent sur l'apport de cette filière de la finance classique par rapport aux possibilités de financement offertes aux PME marocaines.

3.1 ENVIRONNEMENT DE LA FINANCE ISLAMIQUE AU MAROC

Avant la clarification concernant la mise en place des banques islamiques au Maroc qui a été apportée par le gouvernement actuel que vous trouviez en détail dans les paragraphes suivants, plusieurs interprétations m'ont interpellé concernant le retard qu'a mis le Maroc dans l'introduction des banques islamiques.

L'introduction des banques islamiques va émaner bien évidemment d'une banque qui se trouve dans le moyen orient, et plus particulièrement dans les pays du golf afin de tirer profit de ses expériences dans le domaine. Le problème qui se pose, c'est que ces banques disposent suffisamment du cash leurs permettant de s'installer ou d'acheter toute structure rentable si on leur donne l'accès pour s'y installer. Il est sûr qu'un grand nombre de la population marocaine veut se financer avec des crédits conformes à la loi islamiques, ce qui fait que l'introduction des banques financées par les pays du golf aura un retour sur investissement important. Cette marge de profit va échapper aux banques de la place en plus de la perte de leur part de marché. Cette situation va entraîner des pertes colossales pour les banques classiques.

Ces dernières ont introduit des produits alternatifs côte à côte des produits classiques, mais ce sont des produits considérés trop cher pour la population marocaine.

Cette stratégie a laissé certains auteurs*(article publié sur Big Brother) penser qu'il s'agit d'une stratégie faite expressément pour échapper les banques islamiques de s'installer au Maroc. En effet, quand elles voudront s'installer, on leur explique que le pays a déjà essayé d'introduire les produits alternatifs mais ça n'a pas marché, personne n'en voulait. Cette stratégie permettra aux banques de la place de préserver leur rentabilité ainsi que leur part de marché.

En réalité, on voit clairement que les produits alternatifs n'ont pas connu un vrai succès, ce qui nous laisse s'interroger si la population marocaine est indifférente entre la conclusion d'un crédit à intérêt et un crédit répondant aux exigences de la charia.

La réponse sur cette question se trouve dans l'étude qui a été faite par le cabinet IFAAS. L'étude montre que, d'après l'échantillon interrogé, 94% ont répondu positivement à l'idée d'épargner leur avoir dans une banque islamique, 70% sont intéressés par les produits islamiques, et 88% sont intéressé par les produits financiers conformes à la Charia.

Le directeur de projet insiste sur la réunion de certaines conditions jugées obligatoires afin de permettre une bonne commercialisation des dits « produits alternatifs », il s'agit plus particulièrement d'une stratégie marketing bien réfléchie, d'une tarification acceptable et d'une innovation qui se situe au cœur des préoccupations des banques. « L'innovation doit être au contre des préoccupations des banques afin de concevoir les produits adéquats répondant aux besoins de la clientèle et contribuant à la croissance économique du pays », précise le directeur de projet.

On voit clairement que les ménages sont prêts, sous les conditions récitées, de se financer par les produits alternatifs et qu'ils ne sont pas indifférents entre la conclusion d'un crédit classique et un crédit alternatif.

Après l'élection du parti islamiste, Parti de la Justice et de Développement (PJD), et la désignation de son secrétaire comme chef du gouvernement, le parti a déposé auprès du parlement le projet de loi régissant la finance islamique au Maroc. D'après Najib BOULIF, le ministre des affaires générales et de la gouvernance, le projet consiste à mettre à côté de la loi bancaire relative à la finance conventionnelle, un chapitre réservé à la finance islamique.

Ce travail prend en charge et élabore une introduction progressive des banques purement islamiques au Maroc. « Nous nous attendons à ce que le Parlement approuve le projet de loi avant la fin de cette année. Le plan actuel est de permettre une introduction progressive des banques islamiques afin de préserver la compétitivité des banques (classique) existantes » déclare Boulif.

Après la validation du parlement de ce projet, les banques islamiques seront autorisées à opérer à côté des banques classiques de la façon suivante : « Les banques locales seront autorisés à prendre au moins 51 % de son capital, dans la mesure où 49 % restant iront au prêteurs islamiques étranger. Il ya une très forte demande de l'étranger pour un tel projet » rajoute Boulif.

La demande émane de la Qatar International Islamique Bank. En effet, le chef du gouvernement a reçu le 11 décembre 2011 le président de la QIIB ainsi que le PDG de la même banque.

Les entretiens ont porté sur la mise en place d'une banque islamique et une assurance islamique au Maroc sous forme d'une joint venture avec les participations citées plus haut.

Le but de cette coentreprise est de bénéficier de l'expérience de la QIIB en matière de la finance islamique au Maroc.

« Le Maroc souhaite bénéficier de l'expertise de QIIB dans le domaine de la finance islamique afin de dynamiser le secteur bancaire marocain et de répondre aux attentes des actionnaires et des clients » affirme Benkirane, chef du gouvernement.

Il aura lieu dans un premiers temps d'introduire une seule banque islamique dans le but à savoir si le public va répondre positivement à cette implantation ou pas. Si c'est le cas, le gouvernement procédera dans un deuxième temps à l'élargissement du réseau bancaire islamique.

Etant de confession musulmane, le Maroc a introduit ces dernières années des produits dits alternatifs, à côté des produits conventionnels fonctionnant avec les intérêts.

Ces produits alternatifs se trouvent dans les trois principales banques du secteur bancaire, à savoir ATW, la BCP, et la BMCE.

La banque ATW a créé une filiale baptisée Dar Assafaa dédiée au financement alternatif.

Par financement alternatif, on entend des produits qui sont conformes à la charia et aux principes de l'AAOIFI.

Les marocains considèrent que les prix pratiqués ou encore la marge bénéficiaire de cette société de financement sont trop élevés. Certains citoyens préfèrent recourir à la forme classique de crédit qu'à la forme alternative en invoquant la raison de la cherté des produits alternatifs, et qu'ils expliquent cette cherté par la situation de monopole de cette société car qu'elle veut tirer ses profits au maximum par sa marge bénéficiaire exagérée.

4 LES PRINCIPALES FRAGILITES DES PME MAROCAINES

A cause de son caractère familial, Les PME peinent souvent à trouver des sources de financement adéquates, d'une part il y a la réticence des banques classiques qui exigent de plus en plus de garanties parfois inexpliquées et très contraignante à cause de l'insuffisance des fonds propres et à la fragilité financière des PME.

D'autant plus l'absence d'un marché financier solide aggrave la situation et rend la problématique de financement plus délicate, et confirme la dépendance vis-à-vis des sources de financement classiques (financement indirect) 3

On peut dire que le problème de financement est un problème généralisé sur toutes les PME dans les pays en voie de développement, mais cela encourage à faire plus d'efforts pour ne pas négliger les nouvelles sources modernes

Ainsi, les PME sont défavorisées dans l'accès aux nouvelles technologies à cause des imperfections de marché auxquelles elles sont confrontées. Le cloisonnement du marché financier, l'information imparfaite sur le marché de nouvelles technologies, la faible mobilité du facteur humain, ainsi que le coût du traitement de l'information par les nouvelles technologies constituent une série de freins pour ces entreprises ».4

Un autre problème caractérise nos PME c'est l'incapacité à pénétrer les marchés internationaux, elles restent limitées dans le marché national, à cause du manque d'expérience, et de moyens nécessaires pour se diversifier et apporter un produit de bonne qualité afin de répondre aux attentes des clients étrangers.

Notons aussi le manque de profil et de compétences humaines qui se dirigent souvent vers les grandes boîtes.

5 LE FINANCEMENT DE LA PME-PMI

La finance islamique pourrait apporter une valeur ajoutée à la petite et moyenne entreprise, En effet la question de financement constitue encore une entrave majeure qui caractérise les PME au Maroc, l'insuffisance des fonds propres en est un complexe primordial auquel les entrepreneurs doivent apporter des solutions. Face à cette situation le financement bancaire classique reste la bouée de secours disponible. Les banques marocaines exigent des garanties et les taux d'intérêt appliqués restent élevés par rapport à la structure financière des PME qui souffrent aussi d'un traitement inéquitable comparée à la grande entreprise. Notons au passage que l'entrée de nouvelles banques dans le marché pourra réellement ouvrir de nouvelles opportunités de financement aux PME.

Les formules proposées par les banques islamiques (alternatives) peuvent rendre la relation « banque-PME » plus équitable car la banque sera un véritable partenaire (principe des 3P) et non pas un simple intermédiaire. De plus les banques islamiques vont apporter leur expertise afin d'accompagner les PME, On peut rajouter aussi le fait que la diversité en matière de produits de la finance islamique va bien évidemment encourager les jeunes porteurs de projets, dont le souci majeur reste la présentation des cautions et des garanties solides lors de la demande de crédit auprès des banques classiques. Il faut signaler aussi que le principe des 3P (partages des pertes et profits) va bouleverser en quelques sortes les

méthodes de travail poursuivies par les banques classiques qui devraient changer leur comportement et méthodes de faire en proposant d'autres solutions complémentaires.

Par ailleurs, la banque islamique est une organisation à but lucratif répondant à la loi coranique et à la charia, ce n'est en cas une institution de charité, elle partage les mêmes buts avec une banque conventionnelle pour assurer sa pérennité et sa survie. Mais l'introduction des banques conventionnelles au Maroc pourrait changer la donne, et injecter un nouveau sang dans le système financier. Maintenant les dirigeants des entreprises sont amenés à changer leurs méthodes de management, en adoptant des modèles basés sur la transparence, et la bonne gouvernance afin de saisir toutes les opportunités offertes avant que les autres s'y intéressent. Donc la mise à niveau de la PME est devenue une affaire urgente afin d'en profiter des produits qui seront offerts sur le marché.

Enfin la PME sera le premier bénéficiaire de cette nouvelle expérience, les banques vont probablement s'orienter vers d'autres produits commerciaux et d'autres produits d'investissement.

La finance islamique se présente comme une alternative qui accompagnera le développement et l'expansion des PME au Maroc. Cette finalité ne pourra se faire qu'à travers un engagement des banques de la place qui doivent offrir des produits bien étudiés afin de réussir. De même, Les dirigeants doivent aussi fournir des efforts par rapport aux méthodes de gestion, de transparence, et de bonne gouvernance, pour saisir cette nouvelle opportunité.

Il y a quelques années, la question de la finance islamique n'était que très peu abordée dans le débat public au Maroc. Cette finance se présentait qu'un attrait mineur.

Pour les régulateurs, la question paraissait complexe. Pour les dirigeants des banques, elle paraissait secondaire.

6 CONCLUSION

Aujourd'hui, le sujet intéresse d'avantage. L'accumulation des revenus pétroliers, la fragilisation de la finance conventionnelle et les exigences de traçabilité financière rendent le débat autour de la finance islamique « libre d'intérêt » plus précis. Certains acteurs y voient un complément de gamme utile pour une expansion bancaire internationale servant à canaliser une partie des revenus pétroliers. D'autres y voient des perspectives d'une bancarisation de masse de population à la recherche de « produits financiers durables », conformes à l'éthique musulmane.

Malgré son jeune âge, la finance islamique contemporaine a de grandes chances de réussite en Occident.

Mais l'augmentation de la complexité par l'innovation des produits « charia compliant » doit être maîtrisée. Il faut donc espérer d'un futur conseil financier de la charia ; de préférence d'origine publique en France, préserve le caractère tangible de cette finance libre d'intérêt (FLI) de sorte qu'elle demeure une finance au service de l'économie réelle. Tout dérapage « spéculatif » basé sur des « effets de leviers » inconsidérés donnera raison à ses détracteurs.

La ligne jaune à ne pas dépasser en matière d'innovation financière islamique reste donc à définir notamment à la lumière de la crise mondiale actuelle. Elle constitue l'un des enjeux principaux pour l'apparition d'une véritable finance islamique à la française dans les années à venir.

Au Maroc les PME peinent encore à trouver des sources de financement adéquates, Malgré toutes les politiques menées en faveur de ces dernières, on peut dire donc qu'il reste encore du pain sur la planche que se soit pour l'Etat ou les institutions financières, grâce notamment à l'amélioration de l'offre disponible et une diversification des produits proposés.

L'arrivée des banques alternatives au Maroc pourrait dynamiser l'économie, grâce à la multiplicité des offres de financements destinées aux entreprises et aux ménages, La Pme peut accélérer sa croissance, il faut juste s'adapter avec le nouveau paysage financier grâce à une meilleure réactivité et bonne gouvernance au niveau de la gestion et des choix stratégiques afin de relever le défis.

REFERENCES

- [1] Dr. Abdul Rahim Abdul Rahman (2012) An Introduction to Islamic Accounting Theory and Practice, Ed CERT
- [2] Muhammad Ayub Understand Islamic finance 2007, John Wiley & Sons
- [3] Tariqullah Khan et Habib Ahmed, (2001) Gestion des risques en finance islamique BID
- [4] Elyes Jouini et Olivier Pastré. (2009) La finance islamique : une solution à la crise ?
- [5] LORIN Christophe. Le suivi du risque dans une banque, approche méthodologique et outils d'analyse
- [6] JAOUEN Michel. Vers une gestion quantitative du risque de crédit dans une banque,
- [7] Karim CHERIF, HES Genève. Analyse des produits financiers islamiques

- [8] Sofia BENNAMARA, Université de Laval Finance islamique et capital-risque
- [9] Malika Amri, Université Toulouse 1 Les spécificités des contrats de financement dans les banques islamiques
- [10] Najib IBN Abdeljalil : " évaluation & financement des investissements de l'entreprises", 1er édition 2002, édition consulting.
- [11] NORBERT Guedj "finance d'entreprise", édition d'organisation.
- [12] Mohamed LAARBI "la profession bancaire au MAROC" édition la porte.
- [13] BERNARD Ferpet "mon entreprise et mes banques" top édition 1989.
- [14] Elmelki Anas (2011), « le principe de partage des profits ou des pertes dans le cadre des banques islamiques : illustration modélisée des contrats de financement participatifs Moudaraba et Moucharaka », Global Journal Of Management and Business Research, Etat unis.
- [15] Nciri Hamza (2011), « la finance islamique à la française », In Libro Veritas.
- [16] Cherif Karim (2008), « la finance islamique : analyse des produits financiers islamiques », Haute Ecole de Gestion de Genève (HEG-GE) Economiste d'entreprise, Genève.
- [17] Les cahiers de la finance islamique, n°3, Ecole de Management Strasbourg.
- [18] Johansen Baber (2006), « le contrat Salam, Droit et formation du capital dans l'entreprise Abbasside (XIe-XIIe siècle) », éditions de l'E.H.E.S.S.
- [19] M Humer Chapra, Tariqullah Khan, « Réglementation et contrôle des banques islamiques », étude spéciale n°3, Banque Islamique de Développement et l'Institut Islamique de Recherches et de Formation.
- [20] M'rad Mohamed Ali (2010), « Les risques de marché en finance islamique », Bridgers One, Paris.
- [21] Munawar Iqbal, Ausaf Ahmed, Tariqullah Khan, « Défis au système bancaire islamique », document occasionnel n°2, Banque Islamique de Développement, Institut Islamique de Recherches et de Formation.

Depletion of cefquinome from rabbit tissues

Sara T. Elazab¹⁻³, Mohamed G. Gabr¹, Magdy S. Amer¹, Sameh M. El-nabity², and Walter H. Hsu³

¹Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, Mansoura University, El-Mansoura, Egypt

²Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, Zagazig University, Egypt

³Department of Biomedical Sciences, College of veterinary Medicine, Iowa State University, Ames, Iowa, USA

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The current study was carried out in 24 New Zealand white rabbits (2.0-2.5 kg) to evaluate cefquinome residues in their tissues (kidney, liver, and muscle) following intramuscular (IM) administration of 2 mg/kg of body weight, once daily for 3 consecutive days. The solid phase extraction and high performance liquid chromatography were used to determine cefquinome concentrations in tissue samples. We found that cefquinome was highly concentrated in the kidney followed by the liver, while traces of it were detected in muscles. Cefquinome was not detected in kidney on the 24th day post-administration, while it disappeared from liver and muscle tissues on 7th and 3rd day post-administration, respectively. The withdrawal periods were established based on European Union Maximum Residue Levels (EU MRL) using the statistical method (95% tolerance limit and 95% confidence) stated in the guidance and the withdrawal time calculation program WT1.4 which was developed by Germany and adopted by the Committee for Veterinary Medicinal Products (CVMP) of EU. The suggested preslaughter periods are: 10 days for kidney, 2 days for liver and 1 day for muscle.

KEYWORDS: Cefquinome; Residue, Withdrawal time; HPLC; EU MRL.

1 INTRODUCTION

The economic importance of rabbits has enormously increased as they are raised for many purposes. Rabbits are considered a good source of palatable meat for its higher protein, water and lower fat contents than other mammalian meats [1]. Rabbit fur is used for clothing decoration, in addition to its use as ideal laboratory animals [2].

It is very important to protect rabbits from many infectious diseases, which can be achieved by using antibiotics. These antibiotics, despite their effectiveness, can leave residues in the treated animals and contaminate their edible parts, e.g., the muscle meat. Environmental and human health risks are associated with these residues [3].

Cefquinome is a member of the fourth generation cephalosporins, which is used in animals only [4]. It has broad-spectrum antibacterial activity against clinically important bacteria such as *Streptococcus spp*, *Staphylococcus spp*, *Pseudomonas spp*, *E. coli*, and Gram positive anaerobes [5]. Cefquinome has been extensively used for the treatment of respiratory infections caused by *Pasteurella multocida* and *Haemophilus parasuis* in cattle and pigs [6].

The pharmacokinetics of cefquinome have been reported in rabbits ([7], [8]). In addition, tissue residues of cefquinome have been investigated in swine and chickens ([9], [10]). However, there have been no reports available on residues of cefquinome in rabbit tissues. Therefore, the aim of the present work was to evaluate cefquinome residues in tissues (liver, muscle, and kidney) in rabbits treated with this drug. Based on these data, one could establish the withdrawal time of cefquinome. This information will provide assurance that consumers will not be exposed to significant levels of cefquinome.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL DESIGN

A total of 24 New Zealand white rabbits of both sexes were used in this study. The animals were acclimated and did not receive any drug treatment for at least 15 days before the study. They were randomly divided into 2 groups, one group of 6 rabbits served as controls (they were used for preparation of blank sample and spiked sample for method validation); the second group of 18 rabbits were injected with cefquinome at a dose regimen of 2 mg/kg once daily for 3 consecutive days ([7], [9], [10]).

2.2 MATERIALS

Cefquinome sulfate (COBACTAN®, 2.5%) was produced as suspension, each ml of the suspension contains 29.64 mg cefquinome sulfate (equivalent to 25 mg cefquinome) from Intervet International Company, Cairo, Egypt. The cefquinome reference standard was supplied by Intervet International Company, Cairo, Egypt. Acetonitrile (CAN) and methanol (HPLC grade) were purchased from J.T.Baker (Deventer, Netherlands). Water used for HPLC analysis was purified through a Milli-Q system (Waters Corp., Milford, MA).

2.3 TISSUE SAMPLES

Tissue samples (liver, muscle, and kidney) were obtained from 3 rabbits each on the 1st, 3rd, 7th, 14th, 21st and 24th day post-administration of cefquinome. Fifty grams of chest muscle, 15 g of liver and 3 g of kidney samples were obtained from each rabbit and were frozen at -20°C until assayed.

2.4 EXTRACTION OF CEFQUINOME FROM TISSUE SAMPLE

Extraction of cefquinome from tissue samples was performed as described by [11].

2.4.1 SAMPAL PREPARATION FOR SOLIPHASE EXTRACTION

A 10-gm sample was mixed with 40 ml of pH 5, 0.05 M ammonium acetate buffer (TAC5) and 10 ml isooctane. The sample was homogenized by vortexing and rotator agitation. Homogenized samples were centrifuged at 2,400 x g for 10 min. Isooctane was eliminated and the supernatant was transferred into a clean 50-ml polypropylene tube.

2.4.2 SOLID PHASE EXTRACTION

A C18 SPE cartridge was attached to vacuum manifold. Each cartridge was conditioned with: 5 ml methanol, 5 ml ultra-pure water and finally 5 ml TAC5. The supernatant was poured immediately into the reservoir of the cartridge, the sample was pulled through the cartridge with vacuum. The cartridge was washed with 2 ml of TAC5, then 1 ml of ultra-pure water and finally 1 ml of the washing solution (demineralized water: acetonitrile = 90: 10; v/v). Air was drawn through the cartridge for 5 min. The reservoir was then removed from the cartridge and washes were discarded. A clean 5-ml tube was placed under the cartridge, 2 ml elution solution (80/20; v/v) was added to the cartridge and was eluted at 3 ml/min, and 400 µl acetonitrile was evaporated at 50°C under nitrogen stream. The elute volume was adjusted to 1.6 ml with TAC 7 and the pH was adjusted to 7.0 with 0.1 N NaOH.

2.5 CONDITION OF LIQUID CHROMATOGRAPHY

High Performance Liquid chromatography (HPLC) Agilent Series 1050 quaternary gradient pump, Series 1050 auto sampler, Series 1050 UV Vis detector, and HPLC 2D Chemstation software (Hewlett-Packard, Les Ulis, France) were used. The reverse phase analytical column, a C₁₈ (250 mm x 4.5 mm; i.d., 5 µm), was from Agilent Co. The HPLC mobile phase was 0.02 M KH₂PO₄ : acetonitrile = 90 : 10. The injection volume was 100 µl. The flow rate was set at 1 ml/min. Column temperature was 45°C and multi-wavelength detector (MWD) was set at 267 nm.

Quantification of residues in the samples was performed and calculated from area under the curve, and extrapolated automatically by the software (HPLC 2D Chemstation software).

The withdrawal periods were determined using the withdrawal time calculation program WT 1.4 which was developed in Germany and adopted by the Committee for Veterinary Medicinal product (CVMP) of EU.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

Data are expressed as mean $\pm$ standard error (SE). Data were analyzed using analysis of variance. Mean comparison was performed using Tukey's test and significant difference were set at $P < 0.05$. These calculations were performed using Prism 5.0 (Graph Pad, USA)

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 STANDARD CURVE CONSTRUCTION

The cefquinome calibration curve was prepared at concentrations of 0.05, 0.2, 0.5, 1 and 2 $\mu\text{g/ml}$.

The calibration curve was calculated by linear regression equation as $y = 0.08342x + 0.2763$ where y symbol indicates the area under peak and x symbol indicates concentrations of cefquinome. Linearity existed within range of 0.05 and 2 $\mu\text{g/ml}$ with a correlation coefficient of $r^2 = 0.998$.

3.2 RESULTS OF TISSUE RESIDUES

The results of cefquinome in rabbit tissues at different times are shown in Table 1. The data showed that the mean cefquinome residue concentrations in rabbits' kidney was 0.689 $\mu\text{g/gm}$ on Day 1 post-administration. The renal cefquinome concentration declined gradually until it reached 0.017 $\mu\text{g/gm}$ on Day 21 post-administration. Cefquinome was not detectable in the kidney on Day 24 post-treatment. The limit of detection was 0.008 $\mu\text{g/gm}$ of tissue.

Table 1. Concentrations of cefquinome in kidney, liver, and muscle of healthy rabbits ($\mu\text{g/gm}$) on different days following IM administration at 2 mg/kg once daily for 3 consecutive days.

Days post administration	Residue level ($\mu\text{g/gm}$)		
	Kidney	Liver	Muscle
1	0.689 $\pm$ 0.043	0.107 $\pm$ 0.008	0.015 $\pm$ 0.001
3	0.344 $\pm$ 0.024	0.033 $\pm$ 0.002	ND
7	0.198 $\pm$ 0.003	ND	ND
14	0.039 $\pm$ 0.001	ND	ND
21	0.017 $\pm$ 0.001	ND	ND
24	ND	ND	ND

^a Values are shown as mean $\pm$ SE for 3 independent samples ($n = 3$).

^b ND, not detectable ($< 0.008 \mu\text{g/gm}$).

The data showed that the concentrations of cefquinome in liver tissues of treated rabbits were 0.107 $\mu\text{g/gm}$ and 0.033 $\mu\text{g/gm}$ on Day 1 and Day 3 post-treatment, respectively. On the other hand, the residue of cefquinome in the liver of treated rabbits was not detectable on Day 7 post-treatment. Moreover, as shown in Table 1 and Figure 1, there were significant differences in the cefquinome concentration between kidney and liver ($P < 0.001$) on the 1st, 3rd and 7th day post-administration; no significant difference of the cefquinome concentration were found between liver and muscle on the 1st and 3rd day post-administration ($P > 0.05$). The cefquinome concentration in the muscle was 0.015 $\mu\text{g/gm}$ on Day 1 post-treatment. On the 3rd day after the end of treatment, cefquinome concentration was not detectable in the muscle. These findings are consistent with those of a previous study in chickens [10]. These authors found that following repeated IM administrations of 2 mg/kg cefquinome every 24 h for 3 consecutive days in chickens, the highest drug concentration was detected in the kidney and liver, while the lowest drug concentration was found in the muscle [10]. In addition, it was reported that the highest tissue concentration of cefquinome was present in the kidney and liver of chickens [12]. These findings suggested that cefquinome is excreted mainly by the kidney ([13], [14]). The MRLs permitted by the European Agency For The Evaluation Of Medicinal Products Committee For Veterinary Medicinal Products, for cefquinome are 0.05 $\mu\text{g/gm}$, 0.1 $\mu\text{g/gm}$ and 0.2 $\mu\text{g/gm}$ in muscle, liver and kidney, respectively of bovine and porcine, species [15]. As shown in Table 1 and figures 3 and 4, the concentrations of cefquinome residues in kidney and liver from rabbits IM administered 3 times at a dose of 2 mg/kg of body weight with 24-h intervals were below the acceptable EUMRL at 10 and 2 days of

withdrawal time, respectively. The withdrawal periods were determined based on EU MRL using the statistical method (95% tolerance limit and 95% confidence) mentioned in the guidance [16], which were 9.87 days for kidney, 2.02 days for liver. As the residue level of cefquinome in muscle on Day 1 post-treatment was lower than the EU MRL, thus one day withdrawal time for the muscle can be suggested. It was reported that cefquinome completely disappeared from all tissues on the 7th day after cessation of the medication in chickens [12]. Furthermore, it was reported that the withdrawal time of cefquinome from tissues of chickens was 5 days following the last dose [17], while it was found that cefquinome concentrations in all examined tissues of swine were below the accepted MRL at 72 h post-treatment recommended by the Committee for Veterinary Medicinal Products of European Medical Evaluation Agency (EMA) [9]. Moreover, the withdrawal periods recommended by Merck Animal Health company were 5 days for cattle meat and 3 days for pig meat, respectively.

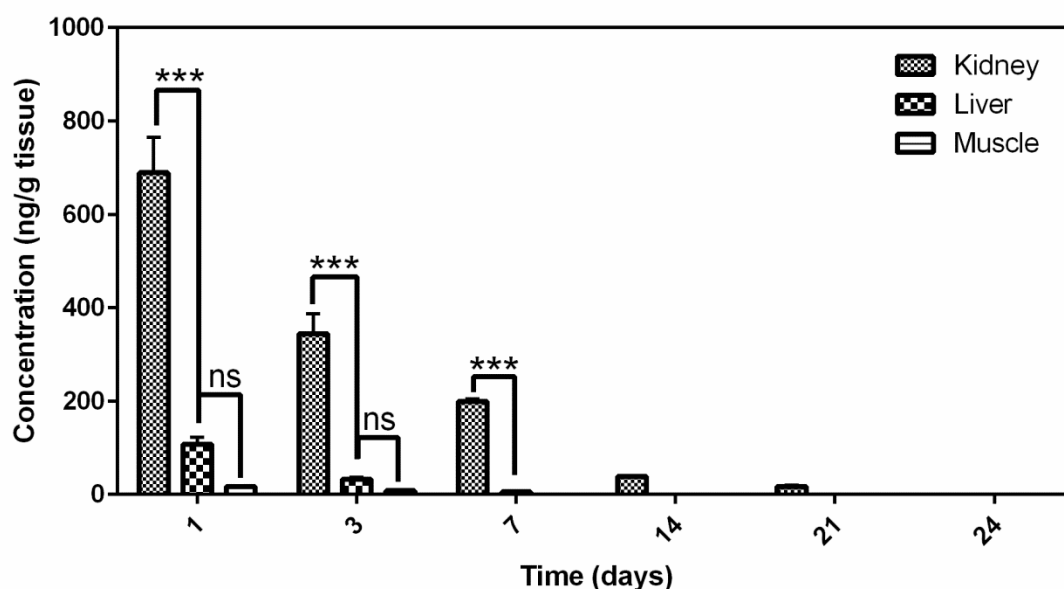


Fig. 1. Concentrations of cefquinome in the kidney, liver, and muscle of healthy rabbits ($\mu\text{g/gm}$) on different days following IM administration at 2 mg/kg once daily for 3 consecutive days. *** $P < 0.001$; ns = no significant difference, $P > 0.05$.

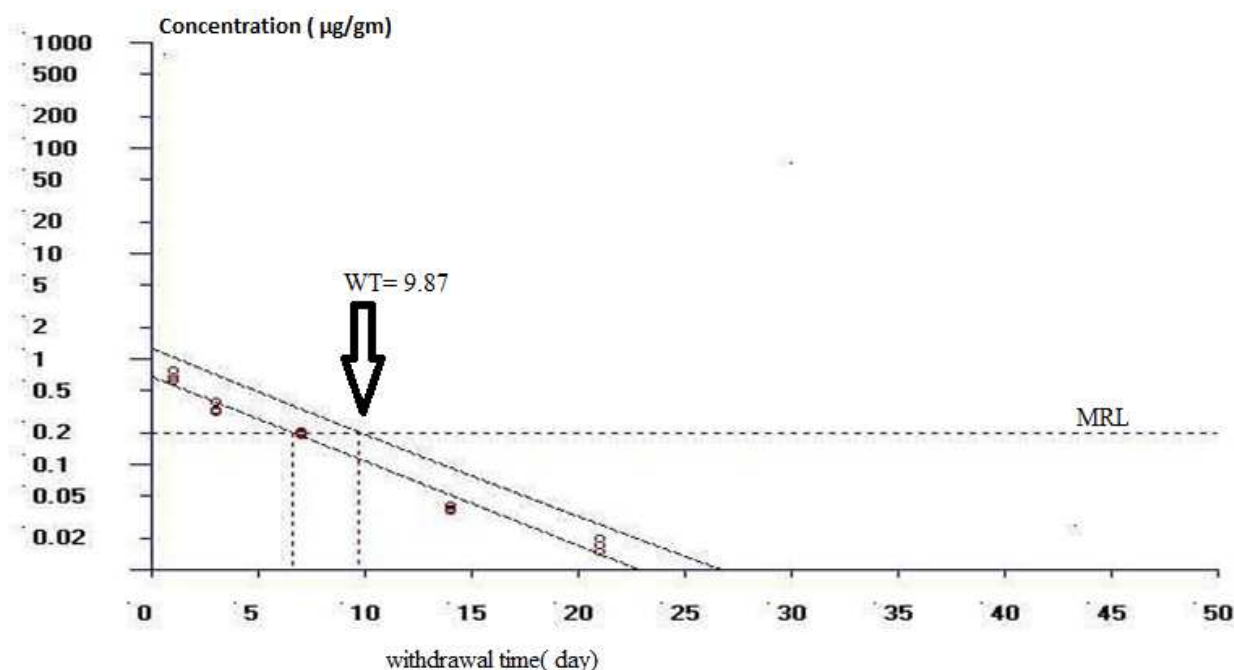


Fig. 2. Plot of withdrawal time calculation for rabbit kidney at the time when the one-sided 95% upper tolerance limit was below the EU MRL of 0.2 $\mu\text{g/gm}$.

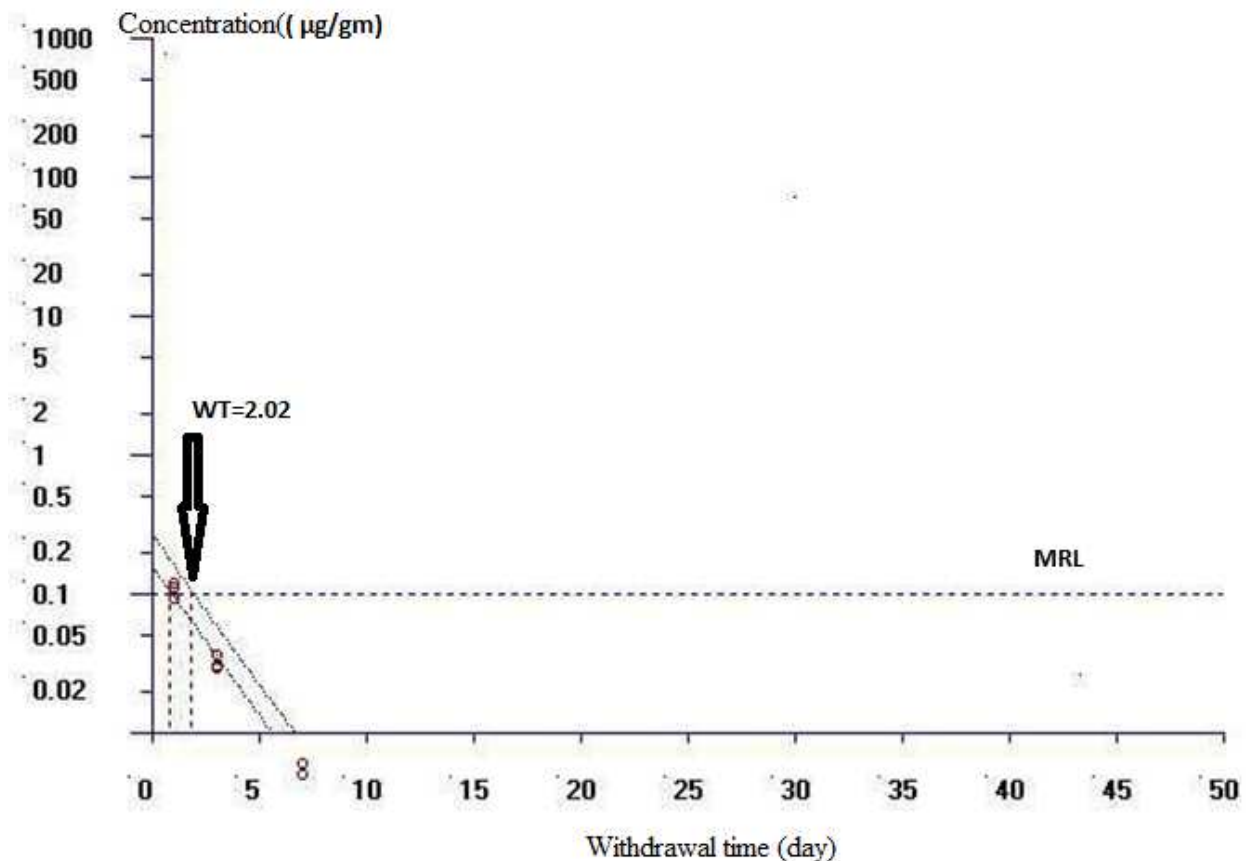


Fig. 3. Plot of withdrawal time calculation for rabbit liver at the time when the one-sided 95% upper tolerance limit was below the EU MRL of 0.1 µg/gm.

4 CONCLUSION

In conclusion, following the IM administration of cefquinome to rabbits at a dose rate of 2 mg/kg once daily for 3 consecutive days, cefquinome was highly concentrated in the kidney followed by the liver, while traces were detected in the muscle. Based on the MRLs established by regulatory agencies and statistical method suggested by EMEA, withdrawal periods of 10 days, 2 days and 1 day were recommended for the kidney, liver and muscle, respectively, which will provide assurance that consumers would not ingest significant amount of cefquinome.

ACKNOWLEDGMENTS

The First author (Sara Elazab) would like to thank the Egyptian Ministry of Higher Education for giving her the opportunity to study at Iowa State University under dual supervisions. She appreciates the support from the Egyptian Ministry of Higher Education, Egyptian Cultural and Educational Bureau (Washington, DC), Cultural Affairs and Mission Sector. We also thank Kareem Ebeid (College of Pharmacy, University of Iowa) for his help with statistical analysis of the data.

REFERENCES

- [1] A. DalleZotte, "Dietary advantages: rabbit must tame consumers", *Viandes et produits Carnes*, vol.23, pp. 161-167, 2013.
- [2] L. Okerman, *Disease of domestic rabbit*, Library of Veterinary Practice. 2nd Ed. Blackwell science Ltd, U.K, 1994.
- [3] A.A. Bergwerff, and J. Schloesser, "Antibiotics and drugs residue determination", *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, pp. 245, 2003
- [4] S.P. Murphy, M.E. Erwin, and R. N. Jones, "Cefquinome (HR111V) in vitro evaluation of a Broad-Spectrum cephalosporin indicated for infections in animals," *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, vol.20, no.1, pp. 49–55, 1994.

- [5] N.Y. Shpigel, D. Levin, M. Winkler, A. Saran, G. Ziv, and A. Bottner, "Efficacy of cefquinome for treatment of cows with mastitis experimentally induced using *Escherichia coli*", *Journal of Dairy Science*, vol. 80, no.2 pp. 318-323,1997.
- [6] A. Zonca, M. Gallo, C. Locatelli, S. Carli, P. Moroni, R. Villa, and P. Cagnardi, "Cefquinome sulfate behavior after intramammary administration in healthy and infected cows", *Journal of Dairy Science*, vol.94, no.7, pp. 3455-3461,2011.
- [7] Y. H. Hwang, I. B. Song, H. K. Lee, T. W. Kim, M. S. Kim, J. H. Lim, B. K. Park, and H. I. Yun, "Pharmacokinetics and bioavailability of cefquinome in rabbits following intravenous and intramuscular administration", *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol.34, no.6 pp. 618-620,2011.
- [8] M. A. Shalaby, A. Goudah, M. K. Gihan, and H. A. Shaheen, "Disposition kinetics of cefquinome in healthy rabbits following intramuscular and oral administration", *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*, vol.4, no.1, pp.263-274, 2015.
- [9] X. Zhang, J. Li, H. Jiang, and J. Shen, "Residue depletion of cefquinome in swine tissues after intramuscular administration". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, no. 25 pp. 10493-10498, 2007.
- [10] A. M. El-Mahdy, E. A. Mobarez, A. A. El-komy, and M. G. ElSayed, "Pharmacokinetics and tissue residues of cefquinome in normal and *Salmonella enteritidis* infected chicken", *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol.4, no.10, pp. 1974-1987,2015.
- [11] E. Verdon, and P. Couedor, "HPLC/UV Determination of residues of cephalosporins in pork and beer muscle tissues", In *4th International Symposium on Hormone and Veterinary Drug Residue Analysis in AFSSA-LERMVD. Antwerp of Belgium*, 2002.
- [12] Z. G. Maha, 'Pharmacokinetics of cefquinone and tissue concentration in Broilers", *Bull. Fec. Pharm Cairo University*, vol. 43, pp. 201-207, 2005.
- [13] M. Limbert, D. Isert, N. Klesel, A. Markus, K. Seeger, G. Seibert, and E. Schrin, "Antibacterial activities invitro and invivo and pharmacokinetic of cefquinome (HR111V), a new broad-spectrum cephalosporin", *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, vol.35, no.1, pp. 14-19,1991.
- [14] B. N. San-Martin, J. Bataglia, P. Hernandez, A. Quiroz, and H. Canon, "Absorption an excretion of cefquinome in cohosalmon (*Oncorhynchus kisutch*) in fresh water at 10 degrees C", *Journal of Veterinary Medicine Series A*, vol. 45, no. (1-10) pp. 615-623, 1998.
- [15] Committee OF Veterinary Medicinal Products (CVMP) "Cefquinome summary report. EMEA/MRL/005/95. European Agency for Evaluation of Medicinal Products", London.UK, 1999
- [16] Committee OF Veterinary Medicinal Products (CVMP), The European Agency for the evaluation of Medicinal products. Note for Guidance: Approach Towards Harmonization of withdrawal period, EMEA/CVMP/036/95, London, UK, 1995.
- [17] A.A.M. EL-Gendy, M. A. Tohamy, and A. M. Radi, "Pharmacokinetic profile and some pharmacodynamic aspects of cefquinome in chickens", *Beni-Suef Veterinary Medicine.Journal*, vol.19, no.1, pp. 33-37, 2009.

Diversité floristique ligneuse et structure de la végétation des territoires des chimpanzés dans le Parc National de Taï, Sud-ouest Côte d'Ivoire

[Woody species diversity and vegetation structure of chimpanzees' territories in Taï National Park, South-west Côte d'Ivoire]

GONE BI Zoro Bertin^{1,2}, VROH Bi Tra Aimé¹, KOUAME Djaha³, KPANGUI K. Bruno³, and ADOU YAO Constant Yves^{1,2}

¹UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

³UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Chimpanzees communities depend highly on plant resources availability and the stability of their habitats. To characterize the territories of chimpanzees living in Taï National Park, this study aimed to analyze species diversity and structural parameters of these habitats. Rectangular transect of 93 ha were established in three chimpanzee territories. On each transect, trees with dbh ≥ 10 cm were identified, measured, and counted. Two hundred sixty four (264) plant species belonging to 180 genera and 52 botanical families were recorded in the three territories. The most important families are Ebenaceae, Fabaceae, and Malvaceae. The dominant plant species are *Diospyros mannii*, *Calpocalyx brevibracteatus*, and *Coula edulis*. The chimpanzees feed on the leaves and fruits of these three species. The studied territories present a density (486.5 individuals/ha) and a basal area (30.88 m²/ha) similar to those of most of tropical forests. Vegetation structure reveals that those habitats are stable with high regeneration capacity. By contributing to a best knowledge of chimpanzees' habitats, this study establishes a scientific base for their communities monitoring in the Taï National Park.

KEYWORDS: Chimpanzees communities, Tropical forest, Tree species diversity, Community biomonitoring, Taï National Park, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Les communautés de chimpanzés dépendent fortement de la disponibilité des ressources végétales et de la stabilité de leurs habitats. Pour caractériser les territoires des chimpanzés du Parc National de Taï, la présente étude s'est fixé pour objectif d'analyser la diversité et les paramètres structuraux de ceux-ci. Des transects rectangulaires d'une superficie totale de 93 ha, ont été disposés dans trois territoires de chimpanzés. Sur chaque transect, les arbres dbh ≥ 10 cm ont été identifiés, mesurés et comptés. Il a été recensé 264 espèces végétales appartenant 180 genres et 52 familles botaniques dans l'ensemble des trois territoires. Les familles les plus prépondérantes sont les Ebenaceae, les Fabaceae et les Malvaceae. Les espèces dominantes sont *Diospyros mannii*, *Calpocalyx brevibracteatus* et *Coula edulis*, toutes des espèces dont les fruits et feuilles sont consommés par les chimpanzés. Les territoires étudiés présentent une densité (486,5 individus/ha) et une surface terrière (30,88 m²/ha) comparables à celles de la plupart des forêts tropicales. La structure de la végétation révèle que ces habitats sont stables et ont une bonne capacité de régénération. En contribuant à une meilleure connaissance des habitats des chimpanzés, cette étude constitue une base scientifique pour la formulation de stratégies de suivi de leurs communautés dans le PNT.

MOTS-CLEFS: Communautés de chimpanzés, Forêt tropicale, Biodiversité végétale, Suivi de communautés, Parc National de Taï, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La flore de l'Afrique tropicale, particulièrement celle de l'Afrique de l'Ouest et, singulièrement, celle de la Côte d'Ivoire, a été étudiée par de nombreux auteurs, entre autres ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]). Certains travaux ont particulièrement porté sur la flore et la structure de la végétation du Parc National de Taï ([10], [11], [12], [13]). Le Parc National de Taï (PNT) constitue l'un des derniers vestiges de forêt ombrophile primaire d'Afrique Occidentale. Comme la plupart des forêts du Sud-ouest ivoirien, il appartient à la région phytogéographique de Haute Guinée avec une richesse floristique estimée à 1300 espèces dont 150 espèces sont endémiques ouest-africains ([10], [14], [13]).

Cette richesse spécifique est tout aussi impressionnante au niveau de la faune du parc. Le PNT abrite, en effet, d'importantes populations de mammifères dont les primates ([15]). Parmi ces derniers, plusieurs communautés de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) sont étudiées depuis 1979 ([16]). Ces études ont montré que leur régime alimentaire est très varié et constitué d'une manière prédominante de fruits et d'autres matières végétales telles que les feuilles, la moelle ou pith, les graines, l'écorce ([17], [18], [19]). Comme la plupart des vertébrés frugivores, le choix de la nourriture par les chimpanzés est directement influencé par la disponibilité, dans le milieu, de différentes espèces de plantes qui ont une phénologie saisonnière ([17], [19], [20]). Ils font donc face à des variations spatio-temporelles de la production des fruits à l'échelle locale, au niveau de leur territoire. Les chimpanzés vivent en groupes sociaux ou communautés de 50 à 80 individus qui restent fidèles à un territoire de 20 à 30 Km² ([21], [16]). Leurs territoires sont des aires et leurs ressources, tels que la nourriture et les sites de nidification et de reproduction qu'ils défendent contre les groupes voisins ([22]). A Taï, la taille du domaine vital varie entre 19 et 22 km². Sur ce domaine vital, la compétition entre les communautés est un facteur important pour le comportement territorial. L'influence de cette compétition va au-delà de celle de l'abondance et de la distribution de la nourriture ([16], [22]).

Dans le PNT, dans la vallée de l'Audrénisrou, trois groupes de chimpanzés vivent sur des territoires contigus ([19]) dont la flore et la structure de végétation sont mal connues.

La présente étude se propose de contribuer à une meilleure connaissance de ces habitats occupés par les chimpanzés. Il s'agit, spécifiquement, d'analyser la diversité floristique et de déterminer les caractéristiques structurales des trois territoires de chimpanzés.

2 METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

La présente étude a été réalisée dans la vallée de l'Audrénisrou au Nord-ouest du Parc National de Taï. Ce Parc, situé au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, représente aujourd'hui, l'un des derniers blocs forestiers encore intacts en Afrique Occidentale. Il est caractérisé par des températures moyennes mensuelles peu élevées, pratiquement constantes toute l'année et se situant entre 25 et 27°C. Les précipitations varient de 1700 mm au Nord-est à 2200 mm au Sud-ouest du Parc ([12]). L'étude a porté sur trois territoires variant de 15 à 25 Km² (Figure 1) situés au Nord-Ouest, non loin (moins de 4 km) de la Station de Recherche en Ecologie de Taï. Ces territoires sont habités par trois groupes de chimpanzés non approvisionnés par l'homme et pleinement habitués aux observateurs : les groupes du Nord, du Milieu et du Sud. Les territoires du Nord et du Sud ont fait l'objet d'exploitation forestière dans les années 70 à des degrés variables.

2.2 COLLECTE DES DONNEES

Dans les trois territoires, des transects composés de segments unitaires contigus (quadrats de 400 m²), ont été mis en place. Les transects, dans le sens Nord-Sud, ont été disposés de sorte à couvrir la majeure partie de chacun des territoires (Figure 1), où les chimpanzés sont actifs. Ces transects traversent tous les types d'habitat présents dans les territoires (bas-fonds, vallées, ravins, plateaux, plaines, crêtes...). Le nombre de quadrats varie en fonction de la taille de chaque territoire. Dans le territoire du Nord, 7 transects, composés chacun de 100 quadrats ont été échantillonnés (28 ha). Dans chacun des deux autres territoires, 5 transects ont été échantillonnés. Au Milieu les transects sont constitués de 125 quadrats (25 ha). Au Sud, ce sont 200 quadrats qui ont été établis (40 ha). Au niveau de chaque quadrat, tous les arbres à dbh (*diameter at breast height*, à 1,30 m au-dessus du sol) supérieur ou égal à 10 cm ont été identifiés, mesurés et comptés. Dans ce manuscrit, la classification phylogénétique ([23]) a servi pour la nomenclature des espèces.

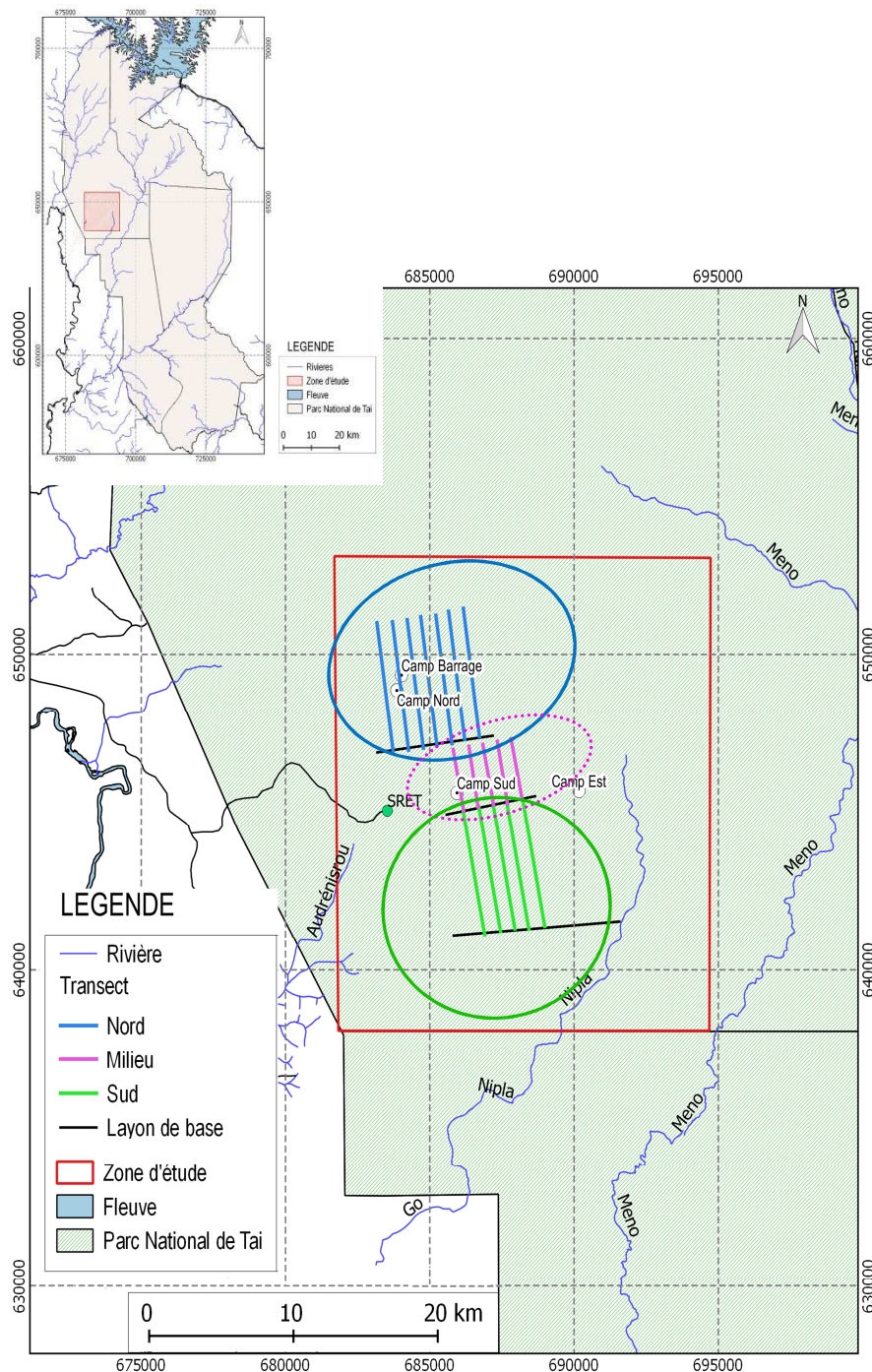


Figure 1 : Carte des territoires des trois communautés de chimpanzés étudiés dans le Parc National de Taï présentant le dispositif d'échantillonnage

2.3 ANALYSES DES DONNEES

Le nombre d'espèces a été déterminé pour chaque territoire de chimpanzés. Pour chaque espèce, le genre, la famille, la chorologie et le Type biologique ont été identifiés en se référant aux listes de [7] et [8]. La chorologie a été déterminée selon les régions phytogéographiques définies par [24]. Il s'agit des régions phytogéographiques Guinéo-Congolaise (GC), Soudano-Zambézienne (SZ) et la zone de transition entre ces deux grandes régions (GC-SZ). Les types biologiques ont été déterminés en se référant aux travaux de [7] et [8]. Ce sont essentiellement les phanérophytes qui ont été subdivisés en nanophanérophytes (np), microphanérophytes (mp), mésophanérophytes (mP) et mégaphanérophytes (MP).

La diversité floristique a été analysée à l'aide des courbes aires-espèces, des indices de diversité de Shannon ([25]) et d'équitabilité de Piélou ([26]) selon les formules mathématiques suivantes :

$$H = -\sum (N_i/N) \cdot \ln(N_i/N)$$

$$E = H/\ln S$$

Dans ces formules, H est l'indice de Shannon, N représente l'effectif total des individus, N_i l'effectif des individus de l'espèce i et S le nombre total d'espèces.

Pour caractériser la diversité beta, le coefficient de similitude de Sorensen ([27]) a été calculé. Il a permis d'évaluer le degré de ressemblance floristique des trois territoires des chimpanzés.

Pour déterminer les espèces les plus importantes ou les plus prépondérantes dans chaque territoire, l'Indice de Valeur d'Importance des espèces (IVI, [28]) a été calculé. La détermination des familles les plus importantes a été effectuée en calculant l'Indice d'Importance des Familles (VIF, [29]).

Les expressions mathématiques de ces indices sont :

IVI espèce A = fréquence relative espèce A + densité relative espèce A + dominance relative espèce A

VIF famille X = dominance relative famille X + densité relative famille X + diversité relative famille X

Pour chaque territoire, la densité (nombre d'individus par hectare) et l'aire basale (m^2/ha) ont été déterminées. La structure diamétrique des peuplements de chaque territoire a été appréciée à travers des histogrammes de distribution des proportions de tiges en fonction des classes de diamètres.

Les moyennes des différents paramètres des trois territoires ont été comparées entre elles par des analyses de variance (ANOVA) à l'aide du Logiciel R et son package Rcommander [30]. Lorsque les conditions de réalisation de l'ANOVA n'étaient pas réunies, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été effectué.

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE ET COMPOSITION FLORISTIQUES

L'inventaire floristique de la végétation ligneuse dans les trois territoires a permis de dénombrer 264 espèces appartenant 180 genres et 52 familles. Les valeurs du coefficient de Sorensen entre les territoires pris deux à deux, varient de 76,96 % à 87,56 %. D'un territoire à un autre, la richesse floristique varie de 198 à 210 espèces (Tableau 1). La richesse spécifique moyenne par territoire varie de 117 (Nord) à 134,80 (Sud). D'un territoire à un autre les moyennes de la richesse floristique sont significativement différentes (Tableau 1). Au niveau du nombre d'individus et d'espèces, les trois territoires diffèrent significativement les uns des autres. Concernant le nombre de familles, le territoire du Nord diffère des 2 autres.

Les proportions des types biologiques sur l'ensemble des trois territoires sont par ordre décroissant, les mésophanérophyles et microphanérophyles (105 espèces chacun, soit 39,92 %), les mégaphanérophyles (47 espèces soit 17,87 %) et les nanophanérophyles (6 espèces soit 2,29 %). Pris individuellement, les trois territoires présentent la même tendance pour les types biologiques (Tableau 1). Concernant la chorologie, ce sont les taxons de la région phytogéographique guinéo-congolaise (GC) qui sont les plus représentés (Tableau 1), les moins nombreux sont les soudano-zambéziennes (SZ).

3.2 DIVERSITE DES ESPECES

Pour l'ensemble des territoires étudiés, l'indice de diversité de Shannon (H) est de 3,87 et l'équitabilité de Piélou (E) de 0,69 (Tableau 1). Les indices moyens de Shannon et d'équitabilité du territoire du Nord ($H=3,75$; $E=0,787$) sont statistiquement différents de ceux des deux autres territoires.

L'espèce la plus prépondérante est *Diospyros mannii* (Ebenaceae) avec des valeurs IVI de 21,79 ; 22,25 et 25,86 respectivement pour les territoires du Nord, du Milieu et du Sud (Tableau 2). Les trois territoires renferment au total 52 familles botaniques. Dans l'ensemble du site d'étude, les familles prépondérantes sont par ordre décroissant les Ebenaceae (VIF = 48,12), les Fabaceae (VIF = 44,83) et les Malvaceae (VIF = 28,17). Lorsqu'on prend les territoires séparément, l'ordre d'importance des familles varie (Tableau 3). Les territoires du Nord et du Milieu présentent les mêmes familles prépondérantes : Fabaceae, Ebenaceae et Rubiaceae. Dans le territoire du Sud, l'on observe les mêmes familles prépondérantes que celles de l'ensemble du site d'étude : Ebenaceae, Fabaceae et Malvaceae (Tableau 3).

Les courbes aire-espèces des trois territoires pris séparément comme pour l'ensemble du site d'étude croissent sans atteindre le plateau (Figure 2).

Tableau 1 : Paramètres floristiques et structuraux de trois territoires des chimpanzés dans le Parc National de Taï

	Territoires		Nord	Milieu	Sud
Richesse	Nombre d'individus	Total	11436	13979	19829
		Moyenne	1633,7 ^a	2795,8 "b"	3965,8 "c"
	Nombre d'espèces	Total	198	210	208
		Moyenne	117 "a"	133,4 "b"	143,8 "b"
	Nombre de genres	Total	139	150	161
		Moyenne	94,14 "a"	106,40 "b"	117,60 "c"
	Nombre de familles	Total	45	50	52
		Moyenne	37,71 "a"	40,20 "a"	44 "b"
Types biologiques	MP	Total	41	41	43
		%	20,81	19,62	20,77
	mP	Total	85	84	83
		%	43,15	40,19	40,10
	mp	Total	66	82	78
		%	33,50	39,23	37,68
	np	Total	5	2	3
		%	2,54	0,96	1,45
Types chorologiques	GC	Total	183	188	190
		%	92,89	89,95	91,79
	SZ	Total	1	0	0
		%	0,51	0	0
	GC-SZ	Total	13	21	17
		%	6,60	10,05	8,21
Indices de diversité	Shannon (H)	Total	3,89	3,73	3,66
		Moyenne	3,75 "b"	3,60 "a"	3,57 "a"
	Equitabilité (E)	Total	0,735	0,697	0,686
		Moyenne	0,787 "b"	0,737 "a"	0,719 "a"
Paramètres structuraux	Densité (individus/ha)	Moyenne	408,4 "a"	559,2 "c"	495,7 "b"
	Aire basale (m ² /ha)	Moyenne	27,47 "a"	37,69 "ab"	29,02 "b"

NB : Les moyennes affectées de lettres identiques ne sont pas statistiquement ($p < 0,05$).

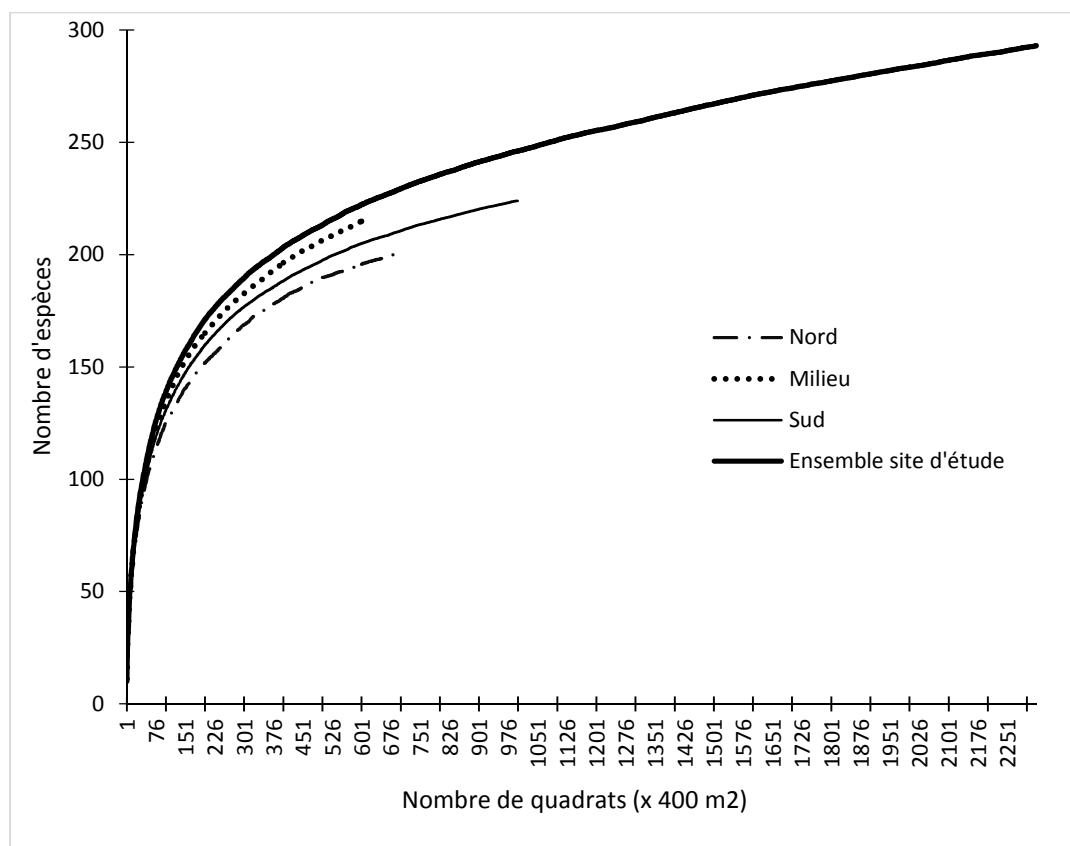


Figure 2 : Courbes aire-espèces des plantes inventoriées dans les trois territoires des chimpanzés étudiés dans le Parc National de Taï

Tableau 2 : Liste des 10 espèces les plus prépondérantes dans chacun des trois territoires.

	Espèces	Dominance Relative (%)	Densité Relative (%)	Fréquence Relative (%)	IVI (%)
NORD	<i>Diospyros mannii</i> Hiern	2,84	11,68	7,27	21,79
	<i>Coula edulis</i> Baill.	4,39	5,13	4,74	14,26
	<i>Calpocalyx brevibracteatus</i> Harms	3,06	6,14	4,36	13,56
	<i>Diospyros sanza-minika</i> A.Chev.	3,65	4,76	3,87	12,28
	<i>Tarrietia utilis</i> (Sprague) Sprague	5,47	3,47	3,03	11,98
	<i>Diospyros soubreana</i> F.White	0,95	5,27	5,01	11,23
	<i>Corynanthe pachysceras</i> K.Schum.	4,03	3,45	3,32	10,80
	<i>Spondianthus preussii</i> var. <i>preussii</i> Engl.	3,18	4,42	2,31	9,92
	<i>Memecylon lateriflorum</i> (G.Don) Brem	1,09	3,60	3,39	8,08
	<i>Scytropetalum tieghemii</i> A.Chev.ex Hutch.	2,52	2,55	2,99	8,06
	Sous totaux	31,19	50,46	40,31	121,96
	Autres espèces	68,81	49,54	59,69	178,04
MILIEU	<i>Diospyros mannii</i> Hiern	2,94	12,31	7,00	22,25
	<i>Coula edulis</i> Baill.	5,49	6,02	5,20	16,71
	<i>Corynanthe pachysceras</i> K.Schum.	6,33	5,37	4,68	16,37
	<i>Diospyros soubreana</i> F.White	1,39	7,06	5,82	14,27
	<i>Strombosia pustulata</i> Oliv.	3,85	5,47	4,40	13,72
	<i>Calpocalyx brevibracteatus</i> Harms	3,13	6,15	3,50	12,78
	<i>Diospyros sanza-minika</i> A.Chev.	3,60	4,46	4,07	12,13
	<i>Scottellia klaineana</i> var. <i>klaineana</i> Pierre.	2,85	3,65	4,45	10,95
	<i>Tarrietia utilis</i> (Sprague) Sprague	3,98	3,47	2,26	9,72

	<i>Hymenostegia afzelii</i> (Oliv.) Harms	1,99	4,03	2,28	8,30
	Sous totaux	35,55	58,00	43,65	137,20
	Autres espèces	64,45	42,00	56,35	162,80
SUD	<i>Diospyros mannii</i> Hiern	4,17	13,95	7,75	25,86
	<i>Corynanthe pachysceras</i> K.Schum.	5,93	5,14	4,74	15,82
	<i>Diospyros canaliculata</i> De Wild.	2,13	7,95	5,63	15,72
	<i>Diospyros soubreana</i> F.White	1,62	7,55	6,53	15,70
	<i>Diospyros sanza-minika</i> A.Chev.	4,85	5,35	4,38	14,57
	<i>Coula edulis</i> Baill.	3,77	4,98	4,72	13,47
	<i>Cola attiensis</i> Aubrév. & Pellegr.	1,51	7,33	3,56	12,41
	<i>Scottellia klaineana</i> var. <i>klaineana</i> Pierre.	2,93	3,13	4,18	10,25
	<i>Tarrietia utilis</i> (Sprague) Sprague	3,39	2,39	2,08	7,86
	<i>Calpocalyx brevibracteatus</i> Harms	1,79	3,08	2,32	7,19
	Sous totaux	32,09	60,86	45,89	138,84
	Autres espèces	67,91	39,14	54,11	161,16

Tableau 3: Valeur d'Importance des Familles (VIF) dans les 3 territoires étudiés.

	Familles	RelBA (%)	DensRel (%)	DivRel (%)	VIF (%)
NORD	Fabaceae	18,417	11,446	17,68	47,54
	Ebenaceae	7,880	22,735	2,53	33,14
	Rubiaceae	8,025	6,016	5,56	19,60
	Phyllanthaceae	7,219	6,445	4,55	18,21
	Olacaceae	7,021	8,771	2,02	17,81
	Malvaceae	7,593	4,538	5,56	17,69
	Annonaceae	2,699	5,719	6,06	14,48
	Sapotaceae	4,216	1,863	5,05	11,13
	Chrysobalanaceae	4,266	2,107	4,04	10,41
	Lecythidaceae	3,994	4,774	1,52	10,28
	Autres	28,670	25,586	45,46	99,71
MILIEU	Fabaceae	17,684	13,806	15,714	47,205
	Ebenaceae	9,251	27,949	2,381	39,581
	Rubiaceae	11,431	9,629	8,571	29,631
	Olacaceae	10,507	12,755	1,905	25,167
	Malvaceae	9,359	5,945	5,714	21,018
	Annonaceae	2,021	5,029	6,190	13,240
	Phyllanthaceae	2,970	3,026	3,333	9,329
	Meliaceae	1,987	0,515	5,714	8,216
	Sapotaceae	3,754	0,572	3,810	8,136
	Achariaceae	3,060	4,056	0,952	8,068
	Autres	27,977	16,718	45,714	90,409
SUD	Ebenaceae	13,258	35,615	2,404	51,277
	Fabaceae	19,367	9,128	17,308	45,803
	Malvaceae	10,442	13,208	5,769	29,419
	Rubiaceae	10,131	8,069	8,173	26,374
	Olacaceae	6,388	7,867	1,923	16,179
	Annonaceae	2,149	4,196	6,731	13,076
	Phyllanthaceae	3,336	2,300	3,846	9,482
	Achariaceae	3,117	3,495	0,962	7,574
	Chrysobalanaceae	3,053	0,837	3,365	7,255
	Sapotaceae	2,818	0,464	3,846	7,128
	Autres	25,939	14,822	45,673	86,434

ENSEMBLE	Ebenaceae	35,615	2,404	10,105	48,123
	Fabaceae	9,128	17,308	18,397	44,833
	Malvaceae	13,208	5,769	9,194	28,171
	Rubiaceae	8,069	8,173	10,094	26,336
	Olacaceae	7,867	1,923	8,264	18,054
	Annonaceae	4,196	6,731	2,261	13,188
	Phyllanthaceae	2,300	3,846	4,270	10,416
	Sapotaceae	0,464	3,846	3,591	7,902
	Chrysobalanaceae	0,837	3,365	3,457	7,660
	Achariaceae	3,495	0,962	2,816	7,273
	Autres	14,822	45,673	27,550	88,045

3.3 STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION

La densité totale du site d'étude est de 486,50 individus/ha. A l'échelle de chaque territoire, les densités moyennes varient significativement (Tableau 1). L'aire basale pour l'ensemble des trois territoires est de 30,88 m²/ha. Elle varie de 27,47 m²/ha (Nord) à 37,69 m²/ha (Milieu). Les trois territoires présentent des aires basales significativement différentes (Tableau 1).

Les histogrammes de distribution des tiges en classe de diamètre présentent une allure de « J inversé » pour les trois territoires et pour l'ensemble du site d'étude (Figure 3).

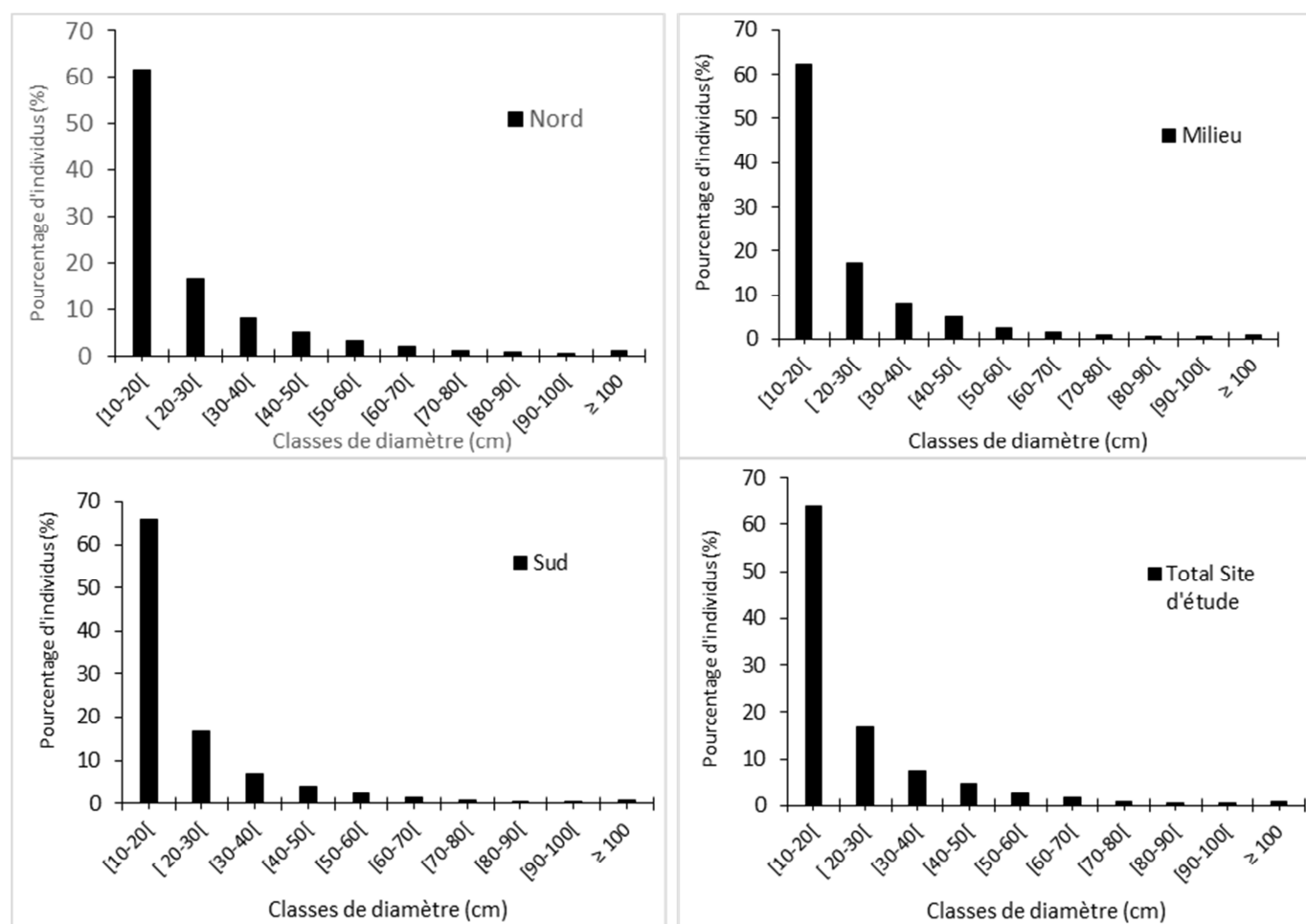


Figure 3: Distribution des individus d'arbres selon les classes de diamètre dans les territoires des chimpanzés dans le Parc National de Taï.

4 DISCUSSION

Les différentes études botaniques effectuées dans le Parc National de Taï estiment sa flore à plus de 1300 espèces sur 465000 ha ([31], [10], [13]). En ayant inventorié, dans la présente étude, 93 ha (0,02% de la superficie du parc), nous avons recensé 264 espèces soit 22% de sa richesse estimée. Cette proportion traduit une grande diversité spécifique de la zone d'étude. Cette diversité serait encore plus importante si l'on tenait compte des individus de plus petite taille, des lianes et de la strate herbacée. Il est reconnu, en effet, que la diversité des arbres de dbh ≥ 10 cm ne traduit pas la totalité de la diversité des forêts tropicales ([32], [10], [33], [13]).

L'absence de palier au niveau des courbes aire-espèces suggère que les aires minimales n'ont pas été atteintes pour 93 ha. Cela semble normal, en effet, la superficie inventoriée est très largement inférieure à la superficie totale du parc (0,02%). Elle justifierait également l'assertion selon laquelle, en forêt tropicale, l'aire minimale est rarement atteinte lors des inventaires ([34], [35]) à cause de l'abondance des espèces peu fréquentes ([36]).

La prépondérance de *Diospyros mannii* (Ebenaceae), une espèce dont les fruits sont prisés par les chimpanzés ([19], [20]), est une évidence dans la zone de l'étude car l'ensemble de la végétation du PNT est caractérisé de l'association *Diospyro-mapanietum* ([37]). Des espèces du même genre ont été déjà signalées comme prépondérantes dans la flore du PNT ([38], [39], [14]). Cette diversité des espèces du genre *Diospyros* dans le PNT est à la base de la prépondérance de la famille des Ebenaceae dans la zone d'étude. La prédominance des familles des Fabaceae et Rubiaceae est une situation générale aux forêts ivoiriennes ([9], [7], [8], [40], [41]).

Parmi les espèces prépondérantes des trois territoires, seules deux n'entrent pas dans le régime alimentaire des chimpanzés. En effet, dans leurs travaux sur les mêmes territoires, [19] [20] ont montré que toutes les autres espèces prépondérantes de la présente étude ont au moins une partie consommée par les chimpanzés.

Si cette prépondérance des espèces est favorable à l'alimentation des chimpanzés, elle semble contraire à la diversité spécifique (indice de Shannon) des trois sites étudiés comme en témoigne la faible valeur de l'indice d'équitabilité de Pielou ($E = 0,69$). En effet, selon [42], la prédominance d'un petit nombre d'espèces dans une communauté se traduit par une faible valeur de l'indice d'équitabilité.

L'aire basale moyenne des trois territoires des chimpanzés étudiés est de 30,88 m²/ha. Cette valeur proche de celle de [43] qui l'estime à environ 33 m²/ha pour les forêts pantropicales. L'aire basale obtenue dans la présente étude est bien incluse dans l'intervalle donné par [34] qui indique que les surfaces terrières des forêts tropicales sont comprises entre 25 et 50 m²/ha. La densité moyenne des trois territoires (486,50 individus/ha) est incluse dans l'intervalle 450 – 750 individus/ha de Pascal (2003) pour les forêts tropicales. Les forêts des trois habitats des chimpanzés du PNT présentent donc les mêmes caractéristiques structurales que la plupart des forêts tropicales. Avec une densité de 486,5 individus/ha, les territoires des chimpanzés étudiés dans le PNT sont plus denses en arbres que la Forêt des Boé en Guinée Bissau où [44] a recensé 205 individus/ha. Aussi la densité d'arbres de dbh ≥ 10 cm, taille à laquelle la plupart des espèces entrent en production, est un gage de disponibilité des ressources alimentaires (feuilles, fleurs, fruits et graines) pour les chimpanzés dans ces territoires. Les différences observées entre les moyennes de densités et des aires basales des trois territoires seraient dues à leur historique des perturbations. En effet, les territoires du Nord et du Sud ont subi, dans les années 70 des exploitations forestières contrairement à celui du milieu ; ce qui explique les relatives faibles densités et aires basales.

La représentation des proportions du nombre d'individus en fonction des classes de diamètres donne une courbe en forme de « J » inversé considérée par de nombreux auteurs ([45], [46], [47], [48], [49], [50], [9], [10] comme caractéristique d'une forêt tropicale en bon état de conservation et à bonne capacité de régénération. Ces types de milieux sont favorables à la survie des communautés des chimpanzés.

5 CONCLUSION

La présente étude qui avait pour objectif de déterminer les caractéristiques floristiques et structurales des habitats de trois communautés de chimpanzés dans le Nord-ouest du Parc National de Taï, a permis de recenser une diversité de 264 espèces végétales appartenant à 52 familles botaniques. Parmi ces espèces, *Diospyros mannii* (Ebenaceae), *Calpocalyx brevibracteatus* (Fabaceae) et *Coula edulis* (Olacaceae), dont les fruits entrent dans l'alimentation des chimpanzés, apparaissent comme les plus prépondérantes dans les territoires. Ces territoires présentent des densités et des surfaces terrières élevées comparables à celles de la plupart des forêts tropicales, en général, et des forêts qui abritent des communautés de chimpanzés, en particulier. La structure de la végétation des trois territoires révèle que ces habitats de chimpanzés sont stables et ont une bonne capacité de régénération. Vue l'intensité des activités anthropiques, la fragmentation forestière et l'isolement du PNT, la survie des chimpanzés dépend du maintien et de la conservation des

habitats qui présentent ces caractéristiques. L'étude a permis une meilleure connaissance des territoires des chimpanzés et de leurs ressources végétales. Elle peut constituer une base scientifique pour la formulation de stratégies de suivi des communautés des chimpanzés dans le Nord-ouest du PNT.

REFERENCES

- [1] Aubréville, *Flore forestière de la Côte d'Ivoire*, Eds Larose, Paris, 1936.
- [2] R. Schnell, "Végétation et flore des Monts Nimba", *Vegetatio*, vol. 6 no. 3, pp. 350-406, 1952.
- [3] Guillaumet, *Recherches sur la végétation et la flore de la région du BasCavally (Côte d'Ivoire)*, Paris, Mémoire ORSTOM, 1967.
- [4] Lorougnon, *Les Cyperaceae forestières de Côte d'Ivoire*, Paris, Mémoire ORSTOM, 1972.
- [5] Traoré, *Contribution à l'étude monographique des Cyperés de Côte d'Ivoire*, Thèse de Doctorat 3^e cycle. F.A.S.T., Univ., Abidjan, 1980.
- [6] Aké Assi, *Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographie, avec quelques notes ethnobotaniques*, Thèse de Doctorat, Université Abidjan, Fac. Des Sciences, Dépt. Phys. Végétale, 1984.
- [7] Aké Assi, *Flore de Côte d'Ivoire 1, catalogue systématique, biogéographie et écologie*, Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, Suisse, 2001.
- [8] Aké Assi, *Flore de Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographie et écologie*, Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, Suisse, 2002.
- [9] Kouamé, *Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)*, Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, 1998.
- [10] Adou Yao, Blom, Dengueadhe, Van Rompey, N'guessan, Wittebolle et Bongers, *Diversité Floristique et Végétation dans le Sud du Parc National de Taï, Côte-d'Ivoire*, Tropenbos Côte d'Ivoire series, 2005.
- [11] Huttel, *Etude de quelques caractéristiques structurales de la végétation du bassin versant de l'Audrénisrou*, ORSTOM Adiopodoumé, 1977.
- [12] van Rompaey, *Forest Gradients in West Africa: a spatial gradient analysis*, Ph.D. thesis. Wageningen Agricultural University, 1993.
- [13] Scoupe, *Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc. National de Taï (Côte d'Ivoire)*, Master Université de Genève, 2011.
- [14] Martin, *Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire*, Thèse de Doctorat, Université de Genève, 2008.
- [15] Koné, *Effet du braconnage sur quelques aspects du comportement du Colobe Bai - Procolobus [Piliocolobus] badius (Kerr) - et du Cercopithèque Diane - Cercopithecus diana diana (L.) - dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire*, Thèse de Doctorat, Université de Cocody Abidjan, 2004.
- [16] Boesch et Boesch-Achermann, *The chimpanzees of the Taï Forest: Behavioural Ecology and Evolution*, Oxford University Press, Oxford, 2000.
- [17] D. P. Anderson, E. V. Nordheim, T. C. Moermond, Z. B. Goné Bi, et C. Boesch, "Factors Influencing Tree Phenology in Taï National Park, Côte d'Ivoire", *Biotropica*, vol. 4, no. 37 pp. 631-640, 2005
- [18] C. Boesch, Z. B. Goné Bi, D. Anderson, and Stahl, D., *Food choice in Taï chimpanzees : are cultural differences present?* In: G. Hohmann, M. Robbins, and C. Boesch (Eds), *Feeding ecology in apes and other primates*, Cambridge University Press, pp 365-399, 2006.
- [19] Goné Bi, *Régime alimentaire des chimpanzés, distribution spatiale et phénologie des plantes dont les fruits sont consommés par les chimpanzés du Parc National de Taï, en Côte d'Ivoire*, Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2007.
- [20] D. S. Ban, C. Boesch, K. A. N'Guessan, K. E. N'Goran, N. A. Tako, K. R. L. Janmaat, "Taï chimpanzees change their travel direction for rare feeding trees providing fatty fruits". *Animal Behaviour*, no. 118, pp. 135-147, 2016.
- [21] Goodall, *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 1986.
- [22] I. Herbinger, C. Boesch, et H. Rothe, "Territory Characteristics among Three Neighboring Chimpanzee Communities in the Taï National Park, Côte d'Ivoire". *International journal of primatology* vol. 2, no. 22, pp. 143-167, 2001.
- [23] APG III, "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III", *Botanical Journal of the Linnean Society*, no. 161, pp. 105-121, 2009.
- [24] White, *Vegetation of Africa - a descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa*, Natural Resources Research Report, U. N. Educational, Scientific and Cultural Organization; 7 Place de Fontenoy, 75700 Paris, France, 1983;

- [25] C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication", *Bell System Technical Journal*, no. 27, pp. 379-423 and pp. 623-656, 1948.
- [26] E. C. Pielou, "The measurement of diversity in different types of biological collections", *Journal of Theoretical Biology*, no. 13, pp. 131-144, 1966.
- [27] T. Soerensen, "A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons", *Biol.Skr.*, no. 5, pp.1-34, 1948.
- [28] G. Cottam et J. T. Curtis, "The use of distance measures in phytosociological sampling", *Ecology*, vol, 3, no. 37, pp. 451-460, 1956.
- [29] S. A. Mori, B. M. Boom, A. M. de Carvalho et T. S. dos Santos, "Ecological importance of Myrtaceae in an eastern Brazilian moist forest", *Biotropica*, no. 15, pp. 68-69, 1983.
- [30] R Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016.. [Online] Available: URL <https://www.R-project.org/>.
- [31] Chatelain, Kadjo, Koné et Refisch, *Relation Faune Flore dans le Parc National de Taï: une étude bibliographique*, Tropenbos. Côte d'Ivoire Series, 2001.
- [32] Tchouto, *Plant Diversity in a Central African Rain Forest. Implications for biodiversity conservation in Cameroon* Mémoire de thèse, Université de Wageningen, 2004.
- [33] B.T.A. Vroh, C. Y. Adou Yao, D. Kouamé, D. H. N'Da, K. E. N'Guessan, "Diversités Floristique et Structurale sur le Site d'une Réserve Naturelle Volontaire à Azaguié, Sud-est de la Côte d'Ivoire", *European Journal of Scientific Research*, vol. 3, no. 45, pp. 411-421, 2010.
- [34] J.-P. Pascal, "Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides", *Rev. For. Fr. LV*, Numéro special, pp. 118-130, 2003.
- [35] F. J. W. S. Slik, V. Arroyo-Rodríguez, S.-I. Aiba, P. Alvarez-Lo ayza, L. F. Alves, P. Balvanera,... R. Zang, "An estimate of the number of tropical tree species", *Proc. Natl Acad. Sci.*, Early Edition, pp. 1-10, 2015.
- [36] R. Condit, S. P. Hubbell, J. V. La Frankie, R. Sukumar, N. Manokaran, R. B. Foster et P. S. Ashton, "Species-Area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots", *Journal of Ecology*, vol. 4, no. 84, pp. 549-562, 1996.
- [37] Aubreville, *La flore forestière de la Côte d'Ivoire*. Centre Techn. For. Trop., Vol. 1-3, Nogent-s/Marne, (1959).
- [38] C. Y. Adou Yao et E. K. N'Guessan, "Diversité botanique dans le Sud du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire", *Afrique Science*, vol. 2, no. 1, pp. 295 – 313, 2005.
- [39] Bakayoko, *Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire*, Thèse Université de Cocody, Abidjan, 2005.
- [40] A. Bakayoko, N.F. Kouamé, F. H. Tra Bi et D. Traoré, "Quelques aspects floristiques et structuraux de la forest classée de Bossématié, dans l'Est de la Côte d'Ivoire", *Annales de Botanique de l'Afrique de l'Ouest*, no. 1, pp. 7-19, 2001.
- [41] A. Bakayoko, P. Martin, L. Gautier, C. Chatelain, D. Traoré et R. Spichiger, "Étude comparative des massifs forestiers entourant la zone de Taï à Zagné (sudouest de la Côte d'Ivoire)", *Candollea*, vol. 2, no. 59, pp. 191-229, 2004.
- [42] Magurran, *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell Publishing, 2004.
- [43] H.C. Dawkins, "The volume increment of natural tropical high forest and limitations on its improvements", *Commonwealth Forestry Review*, vol. 2, no. 38, pp. 175-180, 1959.
- [44] van der Meer, *Inventory of the vegetation structure and food availability for the Western chimpanzee (Pan troglodytes verus) in the Boé region, Guinea-Bissau*. Resource Ecology Group, Wageningen University, 2004.
- [45] Richards, *The tropical rain forest: An ecological study*, Cambridge University, 1952.
- [46] J. P. Schulz, "Ecological studies on rain forest in northern Suriname", *Meded. Bot. Mus. Herb. Rijks. Univ. Utrecht*, no. 163, pp. 1-267, 1960.
- [47] G.S. Hartshorn, *Tree falls and tropical forest dynamics*, In: P. B. Tomelinson, and M. H. Zimmermann (Eds), *Tropical trees as living systems*, Cambridge University Press pp. 617-638, 1978.
- [48] B. Rollet, "Application de diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale", *Oecol.Plant.*, no. 14, pp. 319-344, 1979.
- [49] J. O. P. Carvalho, "Distribuição diamétrica de espécies comerciais e potenciais em floresta tropical úmida natural em Amazônia", *Bol. Pesq. Embrapa*, no. 23, pp. 1-34, 1981.
- [50] L. C. Stutz De Ortega, "Etudes floristiques de divers stades secondaires des formations forestières du Haut-Parana (Paraguay Oriental). Structure, composition floristique et régénération naturelle: comparaison entre la forêt primaire et la forêt sélectivement exploitée", *Candollea*, vol.1, no. 42, pp. 205-262, 1987.

Effect of production method variation used to produce three dimensional upholstery fabrics on functional performance

Mohamed Abd El-Gawad¹ and Hanan Said Abdelkader²

¹Spinning and Weaving Dept., Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt

²Industrial Development Authority, Egypt

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The three dimensional upholstery is considered as one of the fabrics which have distinctive technical and aesthetic values. This effect comes from the presence of projections or wrinkles in the fabric which leads to better aesthetic nature and decorative sense. This in turn enriches the appearance of these types of fabrics. The three dimensional effect can be obtained through several production methods. This research is concerned with the possibility of obtaining projections and heights (three dimensional effects) on the surface of the fabrics through altering the applied production method used in weaving or finishing stages then studying the effect of each applied method on the physical and mechanical properties of the upholstery fabrics. Four fabrics having the same design were produced by different applied methods to achieve three dimensional effect then these fabrics were tested for essential functional properties such as tensile strength, tear strength, stiffness and abrasion resistance. The test results obtained showed that sample which was produced by weft backed cloth method has scored the highest value for tensile strength in warp direction and abrasion resistance.

KEYWORDS: double cloth, backed cloth, warp tension, tensile strength, abrasion resistance, tear strength.

1 INTRODUCTION

Upholstery fabrics are considered as one of the most important kinds of fabrics produced by textile industry for public users, and it obtains a lot of care and interest in its production field where it must be characterized by high quality performance and appearance making it suitable for its usage.

The three dimensional upholstery fabrics have technical and aesthetic distinctive value. This effect comes from the presence of projections or wrinkle in the fabrics, leads to aesthetic nature and decorative sense. This in turn enriches the appearance of these types of fabrics [1].

The three dimensional effect can be obtained through several methods such as:

- 1- Different weave structure (tight and loose weaves)
- 2- Special types of yarns (lycra, bi-shrinkage yarns)
- 3- Various raw materials (natural or synthetic)
- 4- Yarns with different twist levels in the same fabrics.
- 5- Threads with different tension in the same fabric [2], [3].

Each method from these methods has its own physical and mechanical properties, therefore it was necessary to study the properties of each method and determine the best method that achieve the highest functional performance in order to produce good upholstery fabrics able to facing the global textile markets that cannot be penetrated or even to deal with, but through high quality.

2 EXPERIMENTAL WORK

This research is concerned with the possibility of obtaining projections and heights (three dimensional effect) on the surface of the fabrics through altering the production method used in weaving or finishing stages then studying the effect of each applied method on the physical and mechanical properties of the upholstery fabrics, so four fabrics having the same design were produced by different production methods to achieve the three dimensional effect then these fabrics were tested for some essential functional properties which reflected to their end uses.

2.1 THE PARAMETERS USED FOR PRODUCING THE SAMPLES UNDER STUDY

In this research 4 fabrics were produced according to table (1) all the fabrics have the same design but differ from each other in the production method used to achieve the three dimensional effect

2.1.1 THE FIRST PRODUCTION METHOD: (WEFT BACKED CLOTH)

These method depend on the presence of weft float length at the backside of the fabrics at the ornamentation area (three dimensional area) so two weave structures were used one of them with long float length for the three dimensional area and the other with small float length for the flat area .

2.1.2 THE SECOND PRODUCTION METHOD METHOD (THERMAL FINISHING)

These method depend on the use of two different weft material, one of them used in the face of the fabric and the other in the back side, additional to the usage of long floats at the back side of the fabric .then the fabrics were finished by heat setting at temperature 150°C so as a result the three dimensional effect appears in the face of the fabrics.

2.1.3 THE THIRD PRODUCTION METHOD: (WADDDED DOUBLE CLOTH)

These methods depend on using a wadded weft between the two layer of the cloth (face – back). The usage of double weave structure with the presence of thick wadded wefts .this in turns makes the three dimensional effect in these places.

2.1.4 THE FOURTH PRODUCTION METHOD: (WARP TENSION VARIATION)

At this method two warp beams were used, one of them has a high tension (for flat area) and the other one has low tension (for three dimensional area).

Table 1. Parameters used for producing the samples under study

Samples	production method
The first Sample	Weft backed cloth
The second Sample	Thermal finishing
The third Sample	Weft Wadded double cloth
The fourth sample	Warp tension variation

2.2 SPECIFICATIONS (MACHINE AND FABRICS)

2.2.1 THE SPECIFICATION OF THE MACHINE USED IN PRODUCING THE SAMPLES:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1- Loom type: rapier machine. | 2- Loom model: super excel. |
| 3- Machine speed: 290 pick/min. | 4- reed: 11 dent/cm. |
| 5- Jacquard type: stable cx-880. | 6- Jacquard format: 2688 |

2.2.2 THE SPECIFICATIONS OF THE PRODUCED FABRICS:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1- Material of warp: polyester. | 2- Count of the warp ends: 70/1denier. |
| 3- No. of warp ends: 66 end/cm. | 4- warp arrangement :1black : 1 light brown. |

5- Material of weft: polyester – Polypropylene.
7- Count of weft: 300/1 denier.

6- No. of picks: 45 pick/cm.
8- weft arrangement :1gold polyester :1 gold polypropylene.

2.3 PRODUCED SAMPLES

2.3.1 THE FIRST SAMPLE (WEFT BACKED CLOTH METHOD)

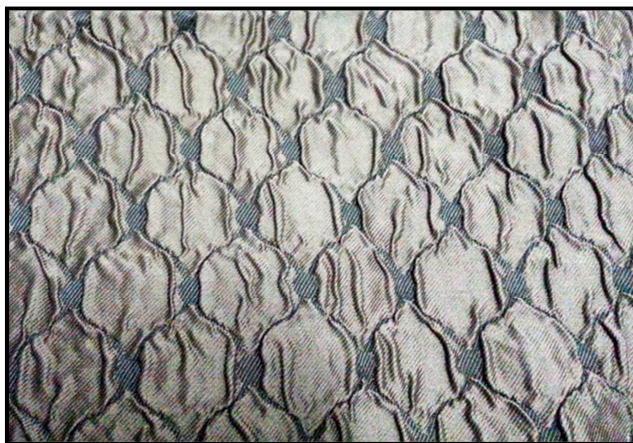


Figure (1) the first sample which produced by weft backed cloth method.

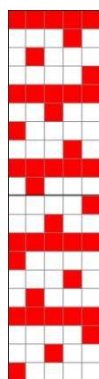


Fig. 2. weave structure for three dimensional areas

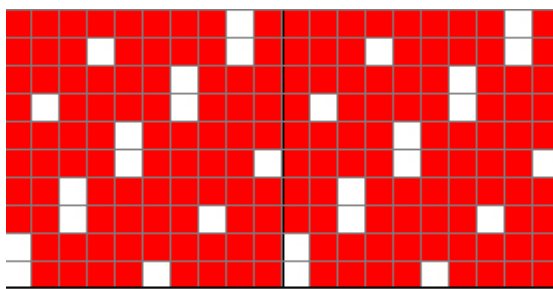


Fig. 3. weave structure for flat area

Figure (2) illustrate the weave structure used in the three dimensional area, it is weft backed cloth consist from sateen 5 for the face and long weft floats at the back of the cloth, the wefts arrangement are 3 face: 1 back .while figure (3) illustrate the weave structure used in flat area, it is warp face weave that are backed with weft, consist from satin 5 for face weave and satin 10 for back weave, the wefts arrangement are 1 face: 1 back.

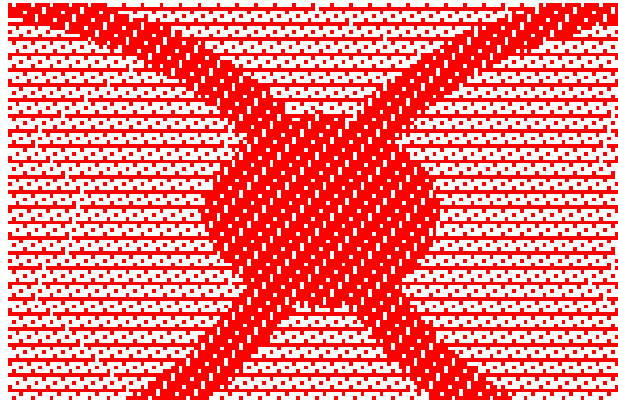


Fig. 4. Illustrate a portion of the card view for the first sample

2.3.2 THE SECOND SAMPLE (THERMAL FINISHING METHOD)

At this method the double cloth weave used in the three dimensional area while backed cloth weave used in the flat area and it has taken in consideration the usage of polyester in the upper layer of the three dimensional area, whereas the polypropylene used at the lower layer then the thermal finishing is applied at 130°C. this in turns leads to three dimensional effect at the area of the double cloth weave.



Fig. 5. The second sample which produced by thermal finishing method.

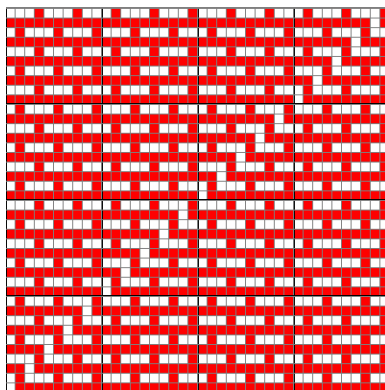


Fig. 6. weave structure for three dimensional area

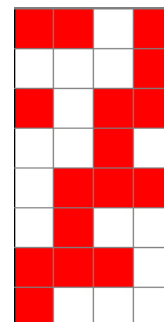


Fig 7. weave structure for flat area

Figure (6) illustrate the weave structure used in the three dimensional area, it is double cloth weave consist from plain 1/1 for the upper layer (face) and twill 19/1 for the lower layer (back). while figure (7) illustrate the weave structure used in

flat area, it is weft backed cloth weave which is consist from twill 1/3 for face weave and twill 3/1 for back weave ,the wefts arrangement are 1 face : 1 back.

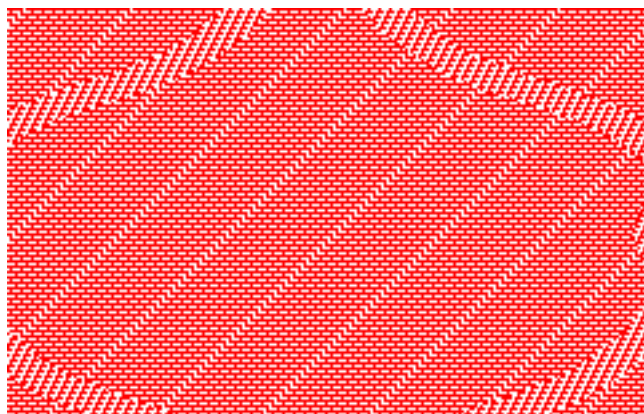


Fig. 8. illustrate a portion of the card view for the second sample.

2.3.3 THE THIRD SAMPLE (WEFT WADDLED DOUBLE CLOTH METHOD)

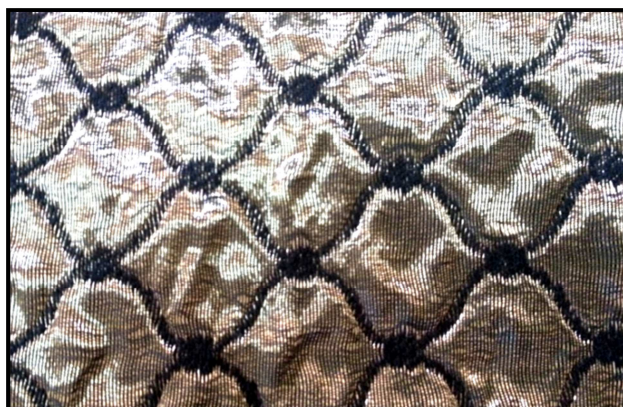


Fig. 9. The third sample which produced by weft wadded double cloth method

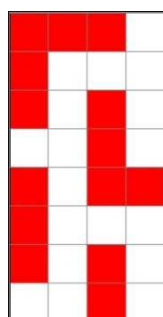


Fig. 10. weave structure for Three dimensional area.

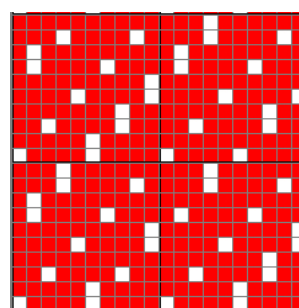


Fig. 11. weave structure for flat area.

Figure (10) illustrate weft wadded double cloth weave used in the three dimensional area, which consist from plain 1/1 for the upper layer and wadded weft inserted between the two layer, the wefts arrangement are 1 face : 1 wadded weft : 1 back. while figure (11) illustrate the warp face weave that backed with a weft which used in the flat area, this weave structure consist from satin 5 for face and satin 10 for back, the wefts arrangement are 1 face : 1 back.

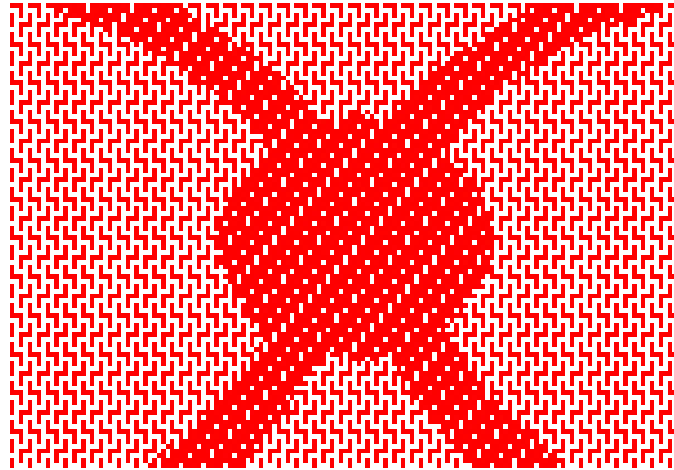


Fig. 12. illustrate a portion of the card view for the third sample.

2.3.4 THE FOURTH SAMPLE (WARP TENSION VARIATION METHOD)

At this method two warp beams were used, one of them has a high tension (for flat area) and the other one has low tension (for three dimensional areas).



Fig. 13. The fourth sample which produced by warp tension variation method.

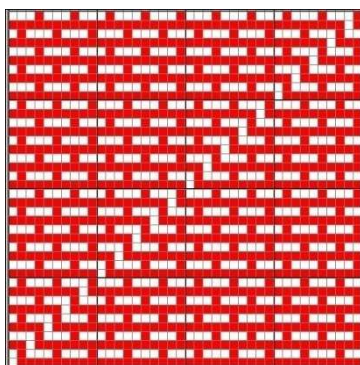


Fig. 14. Weave structure for Three dimensional area.

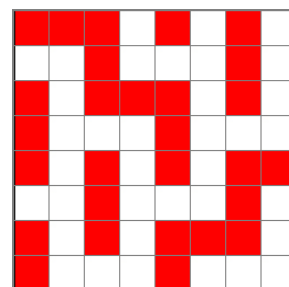


Fig. 15. Weave structure for flat area.

Figure (14) illustrate the weave structure used in the three dimensional area, it is double cloth weave consist from plain 1/1 for the upper layer (face) and twill 19/1 for the lower layer (back). while figure (15) illustrate the weave structure used in

flat area, it is double cloth weave which is consist from plain1/1 for face weave and sateen 4 for back weave, the warp arrangement is 1 face : 1 back and the wefts arrangement are 1 face : 1 back.

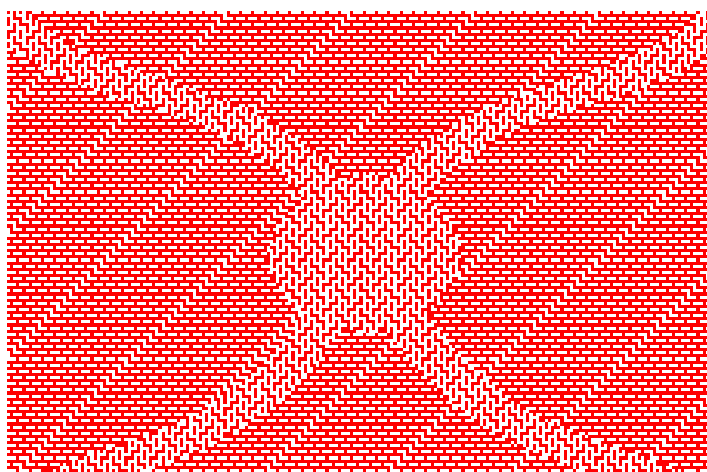


Fig. 16. illustrate a portion of the card view for the fourth sample.

2.4 LABORATORY TESTS APPLIED TO SAMPLES UNDER STUDY

2.4.1 TENSILE STRENGTH TEST

The test was carried out according to American standard specifications of (ASTM-D-5034-90) [4].

2.4.2 FABRIC STIFFNESS TEST

The test was done according to American standard specifications of (ASTM-D-4158-2001) [5].

2.4.3 TEAR STRENGTH TEST

The test was carried out according to American standard specifications of (ASTM-D-2661-71) [6].

2.4.4 ABRASION RESISTANCE TEST

The test was done according to American standard specifications of (ASTM-D-3885-99) [7].

3 RESULT AND DISCUSSION

The produced fabrics in this research were tested for some essential functional properties which reflected to their end uses.

Table 2. Presents the results of the tests of the fabrics.

Samples	Applied method	Properties						
		Warp tensile strength (kg)	Weft tensile strength (kg)	Warp Stiffness (mg/cm)	Weft Stiffness (mg/cm)	Warp tear strength (gm)	Weft tear strength (k.g)	Abrasion resistance (no. turns)
1	Weft backed cloth	106	205	62	192	6.1	7.3	802
2	Thermal finishing	75	229	92	161	8.3	9.1	603
3	Weft Wadded double cloth	94	177	174	369	7.6	5.6	233
4	Warp tension variation	69	214	84	278	9.1	10.6	180

3.1 TENSILE STRENGTH IN WARP DIRECTION

It can be noticed from figure (17) that the first sample which produced by weft backed cloth method has scored the highest value for tensile strength in warp direction, while the fourth sample which produced by warp tension variation method has scored the lowest value for tensile strength in warp direction.

Because the numbers of intersections in the weave structures of the first sample are greater than the other sample so the crimp of warp ends increased leading to increase in elongation as a result the resistance of the fabrics to tensile strength in warp direction increased also. According to these there is a direct relationship between number of intersection and tensile strength in warp direction.

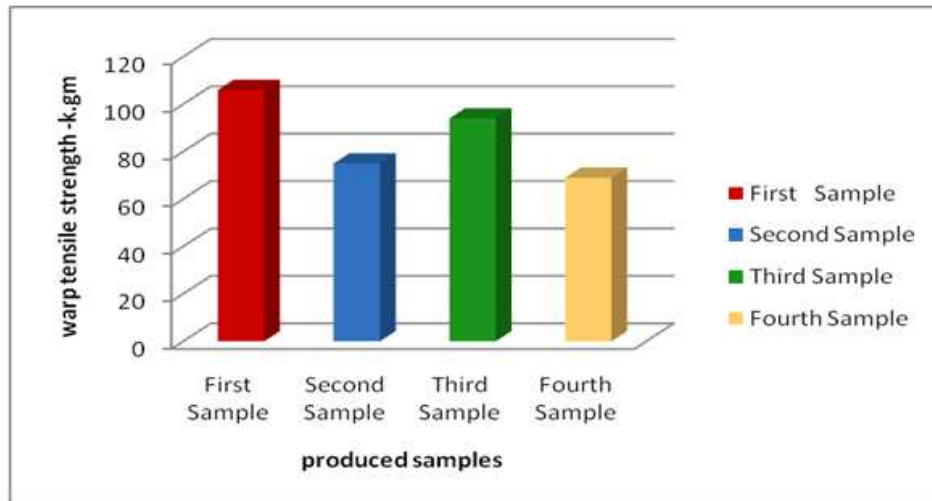


Fig. 17. Effect of production method variation on tensile strength in warp direction

3.2 TENSILE STRENGTH IN WEFT DIRECTION

It is clear from figure (18) that the second sample which produced by the thermal finishing method has recorded the highest value for tensile strength in weft direction. While the third sample which produced by the weft wadded double cloth method has recorded the lowest value. Due to at the second sample the wefts are shrink after the thermal finishing, so the fabrics become more compact as a result the resistance of the fabrics to tensile strength in weft direction increased.

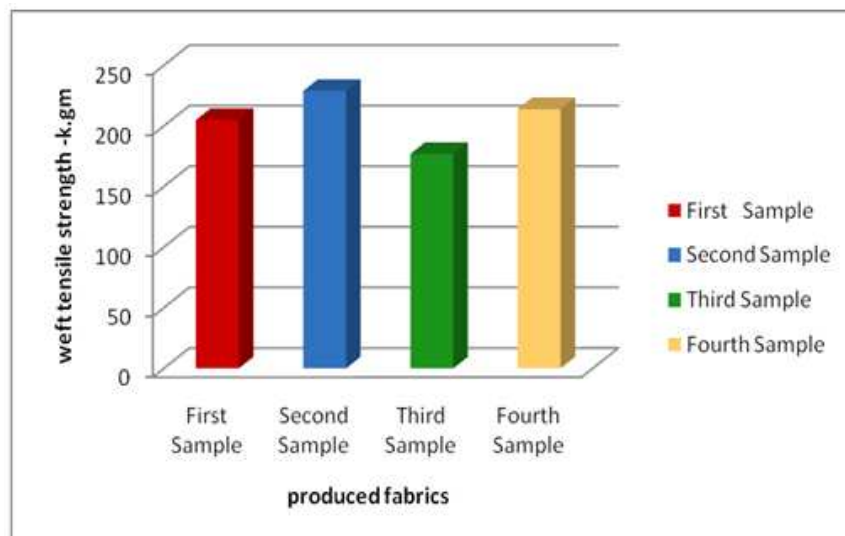


Fig. 18. Effect of production method variation on tensile strength in weft direction

3.3 FABRIC STIFFNESS IN WARP DIRECTION

From figure (19) it can be observed that the third sample which produced by the weft wadded double cloth had scored the highest rates for fabric stiffness in warp direction. Whereas the first sample which produced by weft backed cloth method had scored the lowest rates for fabric stiffness in warp direction. This is most probably due to there is an inverse relationship between warp float length and fabric stiffness in warp direction so as the float length decreases the number of intersection between warp and weft inside the weave structure increases leading to increase in fabric stiffness and vice versa.

The weave structure in the three dimensional area for the third sample is plain 1/1 for face and back as a result the number of intersection increased leading to increase in fabric stiffness in warp direction while the first sample which produced by weft backed cloth has a large float length as a result the number of intersection decreased leading to decrease in fabric stiffness in warp direction.

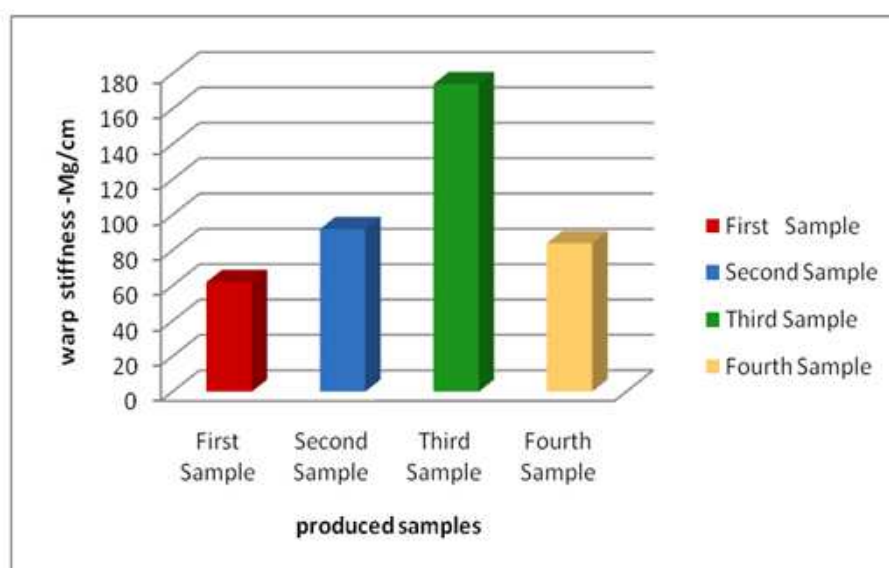


Fig. 19. Effect of production method variation on fabric stiffness in warp direction.

3.4 FABRIC STIFFNESS IN WEFT DIRECTION

From figure (20) it can be noticed that the third sample which produced by the weft wadded double cloth had scored the highest rates for fabric stiffness in weft direction. Whereas the first sample which produced by weft backed cloth method had scored the lowest rates for fabric stiffness in weft direction. This is most probably due to there is an inverse relationship between weft float length and fabric stiffness in weft direction so as the float length decreases the number of intersection between warp and weft inside the weave structure increases leading to increase in fabric stiffness and vice versa .

The weave structure in the three dimensional area for the third sample is plain 1/1 for face and back as a result the number of intersection increased leading to increase in fabric stiffness in weft direction while the first sample which produced by weft backed cloth has a large float length as a result the number of intersection decreased leading to decrease in fabric stiffness in weft direction.

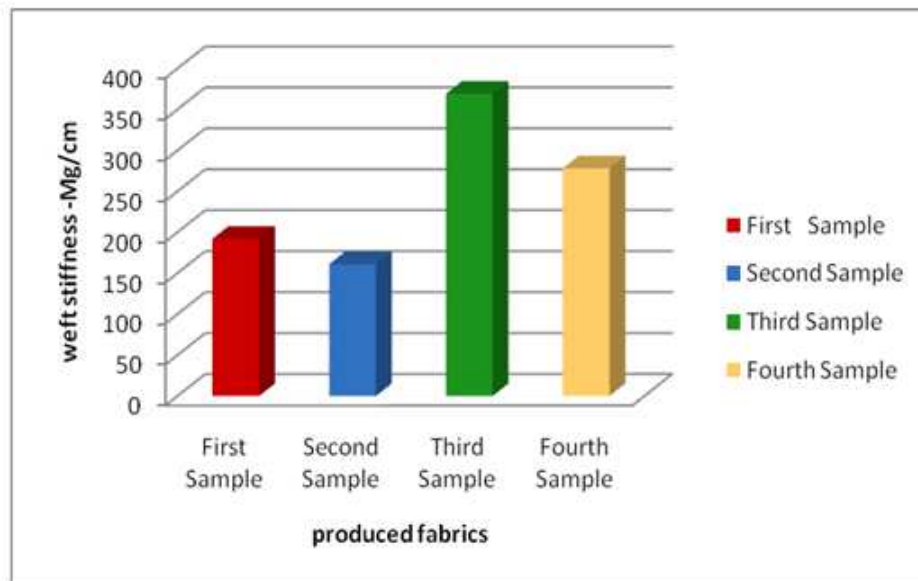


Fig. 20. Effect of production method variation on fabric stiffness in weft direction.

3.5 TEAR STRENGTH IN WARP DIRECTION

From figure (21) it can be seen that, the fourth sample which produced by warp tension variation had scored the highest rates for tear strength in warp direction, while the first sample had scored the lowest rates for tear strength in warp direction .because there is direct relationship between threads float length ,free movement of the threads inside the weave structure and tear strength so as the float length increase the thread inside the weave structure become more free to move and group together presenting bundles facing the tear load as a result the tear strength in warp direction increased which consistent with study of brody [8].

Thus due to the increase of the tension on the warp ends in additional to the double cloth weave makes the threads inside the fabric to be free, in the double cloth weave the warp ends and wefts are distributed in two layers which reduce the number of warp ends and wefts in each layer so the threads become more free to move and also the high tension leads to reduce the crimp and increase the spacing between the threads. All of these make the threads to be more free to move as a result the tear strength in warp direction increased.

While the first sample which produced by weft backed cloth method, all the threads (warp-weft) lies in one layer. Therefore the ability of the yarns to move decreased causing decreasing in tear strength in warp direction.

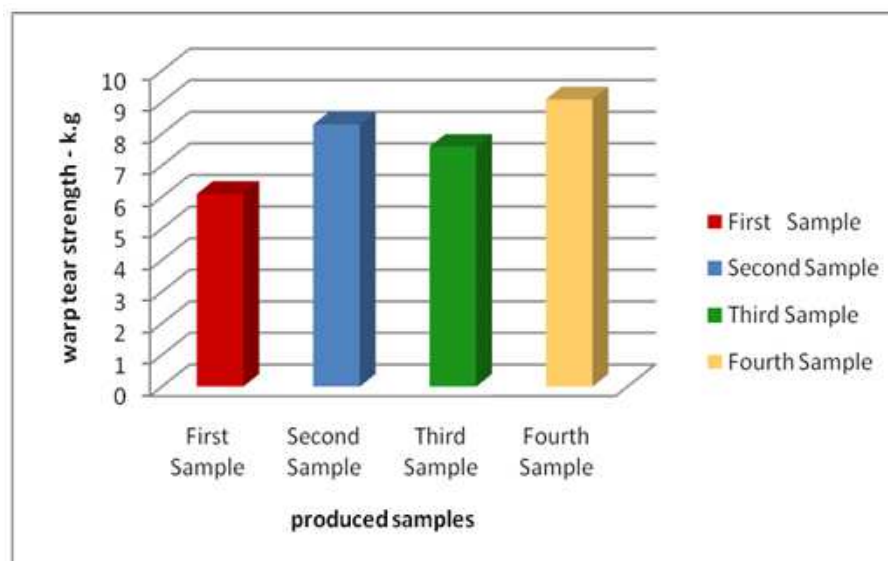


Fig. 21. Effect of production method variation on tear strength in warp direction

3.6 TEAR STRENGTH IN WEFT DIRECTION

It is clear from figure (22) that the fourth sample which produced by warp tension variation had scored the highest rates for tear strength in weft direction, while the first sample had scored the lowest rates for tear strength in weft direction. Thus due to the increase of the tension on the warp ends in addition to the double cloth weave makes the threads inside the fabric to be free, in the double cloth weave the warp ends and wefts are distributed in two layers which reduce the number of warp ends and wefts in each layer so the threads become more free to move and also the high tension leads to reduce the crimp and increase the spacing between the threads. All of these make the threads to be more free to move as a result the tear strength in weft direction increased.

While the first sample which produced by weft backed cloth method, all the threads (warp-weft) lies in one layer. Therefore the ability of the yarns to move decreased causing decreasing in tear strength in weft direction.

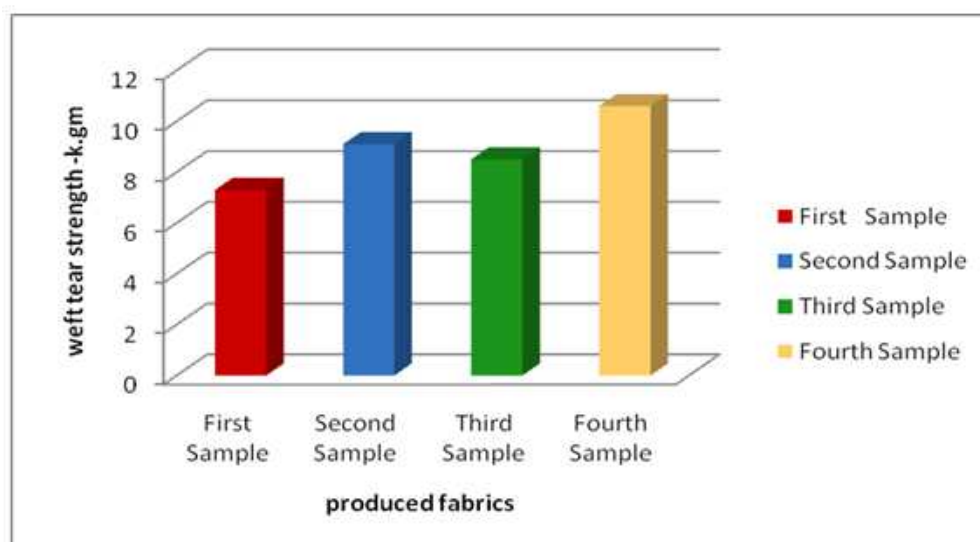


Fig. 22. Effect of production method variation on tear strength in weft direction

3.7 ABRASION RESISTANCE

It can be noticed from figure (23) that the first sample which produced by weft backed cloth method has recorded the highest rates for abrasion resistance, whereas the fourth sample which by warp tension variation has recorded the lowest rates for abrasion resistance.

This is most probably due to the long yarn float length and low number of interlacing cause the continuous contact between the yarns and abrading surface thus facilitates the yarn to lose its form more easily and wear. So the long floats in a weave structure are more exposed and abrade faster as a result increasing the mass loss[9], also the more threads per unit area in a fabric are the less force to each individual thread is, therefore the fabrics with a tight structure have higher abrasion resistance than those with a loose structure. However as the threads become jammed together they are the unable to deflect under load and thus absorb the distortion .these was agreed with what mentioned by Saville [10].the fabrics which have lower floats have better abrasion resistance because the yarns are more tightly locked in structure and the wear is spread more evenly over all of the yarns in the fabric [11].

Accordingly the first sample which produced by weft backed cloth has yarns in one layer so the fabric become crowded by yarns (compact) so they are the unable to deflect under load and thus absorb the distortion, as a result the abrasion resistance increased .while at the fourth which produced by warp tension variation the yarns are distributed in two layers because the weave structure of these samples is double cloth causing the density of yarns per unit area decreased as a result the abrasion resistance decreased.

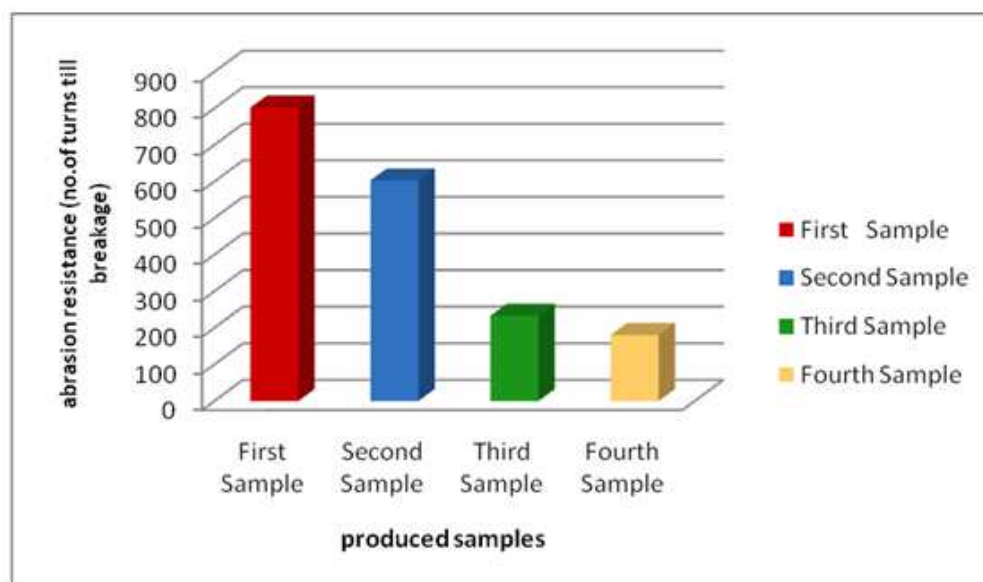


Fig. (23) Effect of production method variation on abrasion resistance

4 CONCLUSIONS

From the previous results and discussion concerning some conclusions were achieved benefiting from it in the production of these type fabrics and these could increase the efficiency of the functional performance of those fabrics. These conclusions are:

- 1- The first sample which produced by weft backed cloth method has scored the highest value for tensile strength in warp direction and abrasion resistance.
- 2- The second sample which produced by the thermal finishing method has recorded the highest value for tensile strength in weft direction.
- 3- The third sample which produced by the weft wadded double cloth had scored the highest rates for fabric stiffness in warp and weft direction.
- 4- The fourth sample which produced by warp tension variation had scored the highest rates for tear strength in warp and weft direction.

REFERENCES

- [1] Hana Said "effect of deference construction element to produce 3d upholstery fabrics on the functional performance" thesis (M.sc) 2014.
- [2] Grosicki "Watson's advanced textile design", Fourth edition, Wood Head Publishing, 1977.
- [3] N., Gokarneshan," Fabric Structure and Design", New Age International Limited, Publishers, 2004.
- [4] ASTM-D 5034-90 "Standard test method for measuring tensile strength for fabric".
- [5] ASTM-D-4158-2001" Standard test method for measuring fabric stiffness".
- [6] ASTM-D 2661-71 "Standard test method for measuring tears strength for fabric".
- [7] ASTM-D 3885-99 " Standard test method for measuring abrasion resistance for fabric".
- [8] Brody. H., Synthetic fiber materials, Longman Group U.K Limited, U.K., 1994.
- [9] Kaynak, H.K., Topalbekiroğlu, M. Influence of Fabric Pattern on the Abrasion Resistance Property of Woven Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (2008). Vol. 16, No. 1
- [10] Saville, B.P., *Physical Testing of Textiles*, CRC, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England (1999).
- [11] Hu, J. *Fabric testing*, Woodhead Publishing Series in Textiles: (2008).

LES GEOMORPHOSITES DU CAUSSE MOYEN ATLASIQUE MAROCAIN: UN CIRCUIT GEOTOURISTIQUE A DEVELOPPER

Mohamed El Wartiti, Amina Malaki, Nezha El Mahmoudi, Rajae Azelmad, Ridouane Sadki, and Sanae Berred

Laboratoire de géologie appliquée, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Across the northwestern Tabular Middle Atlas of Morocco there are many examples of geomorphosites providing key evidence of a particular moment or period in Earth history. Such Earth heritage sites are important for educating the general public in environmental matters. They also serve as tools for demonstrating sustainable development and for illustrating methods of site conservation, as well as remembering that geomorphosites form an integral part of the natural world.

A detailed geomorphological study has been carried out in the area of the northwestern Tabular Middle Atlas of Morocco using a combination of high resolution satellite data and direct field observations integrated by geological maps and scientific literature. In order to describe and evaluate the geomorphological heritage of this area, 24 geomorphosites have been selected comprising springs, karst landforms (polje, dolines, caves, sinkholes, stone forests, cryptokarstic dolines), carbonate depositional landforms (travertines and waterfalls), and volcanic landforms (volcanoes, caldeira, pyroclastic cones, lava tube). The results of this research have been summarised in a thematic map, representing the geomorphosites related to various landscape units.

The significance of certain sites for aesthetic or tourism reasons is obvious. There are numerous geomorphosites, which could contribute to effective exploitation of geotourism, often in conjunction with ecotourism. The strategy employed in such sites involves close consultation with all communities in the vicinity of each geomorphosite and is not only aimed at tourism and education, but also at sustainable improvement of infrastructures of the people of this area. Geological heritage sites, properly managed, can generate employment and new economic activities, especially in regions in need of new or additional sources of income.

KEYWORDS: Tabular Middle Atlas, geomorphosites, geoscientific interest, Heritage, Landscapes.

RESUME: Le Causse moyen atlasique marocain, partie tabulaire de la chaîne moyenne atlasique, regorge de géomorphosites de grande importance pour l'étude du patrimoine géomorphologique et des paysages géoscientifiques marocains. La valeur esthétique de certains géomorphosites est indéniable.

Cette zone tabulaire d'allure jurassique est formée de trois paliers successifs : cause d'El Hajeb (1000 à 1500m), cause d'Azrou (1500 à 1700 m) et cause de Timahdite (1700 à 1900m). Nous avons choisi cette zone pour la diversité de ses paysages et pour la richesse de son patrimoine géoscientifique, mais aussi, pour sa situation géographique, sur la rive sud méditerranéenne, à proximité d'Europe.

Les géomorphosites sont des parties de la géosphère identifiables à partir de la surface de la Terre, bornées dans l'espace, et se distinguant clairement du reste de leur environnement proche par leur intérêt géoscientifique. Leur existence peut être menacée par des actions anthropiques et les processus naturels, leur perte, est alors, irréparable.

Dans cette étude, 24 géomorphosites de taille et de catégories différentes (Karstiques, volcaniques, panoramiques...etc.) sont évalués. Ces géomorphosites ont été choisis selon des critères scientifiques de classement du paysage tels que la rareté, la représentativité, l'exemple didactique, la valeur esthétique, historique, culturelle et la facilité d'accès, en vue d'une utilisation directe ou indirecte. Dans ce but, des fiches d'information ont été réalisées. Elles sont structurées de manière à permettre une approche approfondie illustrant les processus et les circonstances qui ont donné origine à ces formes. Les données sont rigoureuses du point de vue scientifique. L'intérêt de la préservation et de la protection des géomorphosites

peut se justifier en fonction de leurs caractéristiques naturelles ou plus simplement, en fonction de leur beauté ou de leur rareté. Leur protection passe par tous les types de mesures de préservation et d'aménagement contribuant au respect de leur diversité et de leur intégrité naturelle. La protection de géomorphosites fait désormais partie intégrante des géosciences et de l'aménagement paysager. Les résultats de la présente étude représentent des recommandations de sensibilisation et de protection pour cet atout naturel universel.

MOTS-CLEFS: Causse moyen atlasique, géomorphosites, intérêt, géoscientifique, patrimoine, paysage.

1 INTRODUCTION

Tout le territoire marocain est constitué d'une mosaïque de sites géologiques et géomorphologiques extrêmement diversifiés et qui méritent une étude détaillée dans une optique scientifique, socio-économique et culturelle. Les grandes formes du relief (montagnes collines, plaines, et vallées) s'expliquent par un long passé géologique et par l'action de différents climats, anciens ou actuels.

La zone d'étude (causse moyen atlasique) qui fait partie de la chaîne moyen atlasique regorge de géomorphosites de grande importance pour l'étude du patrimoine géomorphologique et des paysages géoscientifiques marocains.

Un paysage géomorphologique cumule souvent plusieurs valeurs: scientifique, culturelle (au sens large), écologique, esthétique et économique, qui varient selon les lieux et les cultures et qui peuvent aussi évoluer au cours du temps. Cette double appartenance au domaine des sciences de la nature et de l'Homme doit rester centrale dans tout processus d'analyse, de protection ou de valorisation des géomorphosites.

Le terme géomorphosite a été introduit par M. Panizza (2001). Il qualifie un objet géomorphologique, aux dimensions variées, allant de la forme ponctuelle (une doline) à des reliefs de grande taille (une vallée, une côte), auquel l'Homme confère une certaine valeur pour des raisons scientifiques, écologiques, esthétiques, culturelles ou économiques.

Par ailleurs, un géomorphosite, ou un site géomorphologique ou encore un géotope géomorphologique, peut être défini comme une portion de la surface terrestre d'une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre, du climat et de la vie (Grandgirard, 1997 ; Panizza, 2001 ; Reynard, 2004).

En cherchant à inventorier et à préserver des géomorphosites, nous protégeons les traces qui nous révèlent la façon dont notre planète et la vie ont évolué. Les raisons sousjacentes à cette volonté - scientifiques, culturelles, esthétiques et économiques - sont nombreuses et valables.

Le Moyen Atlas tabulaire marocain regorge d'exemples captivants de géomorphosites. La valeur esthétique de certains géomorphosites est indéniable (Malaki, 2006).

Dans cet article, nous nous intéressons plus particulièrement aux relations entre patrimoine géoscientifique et tourisme (géotourisme) et nous tentons de mettre en évidence les enjeux qu'une telle relation provoque en termes d'évaluation, de valorisation et de protection des géomorphosites. Et ce dans la perspective d'un développement durable.

2 CADRE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude (causse moyen atlasique) qui fait partie de la chaîne moyen atlasique (Fig.1) regorge de géomorphosites de grande importance pour l'étude du patrimoine géoscientifique marocain.

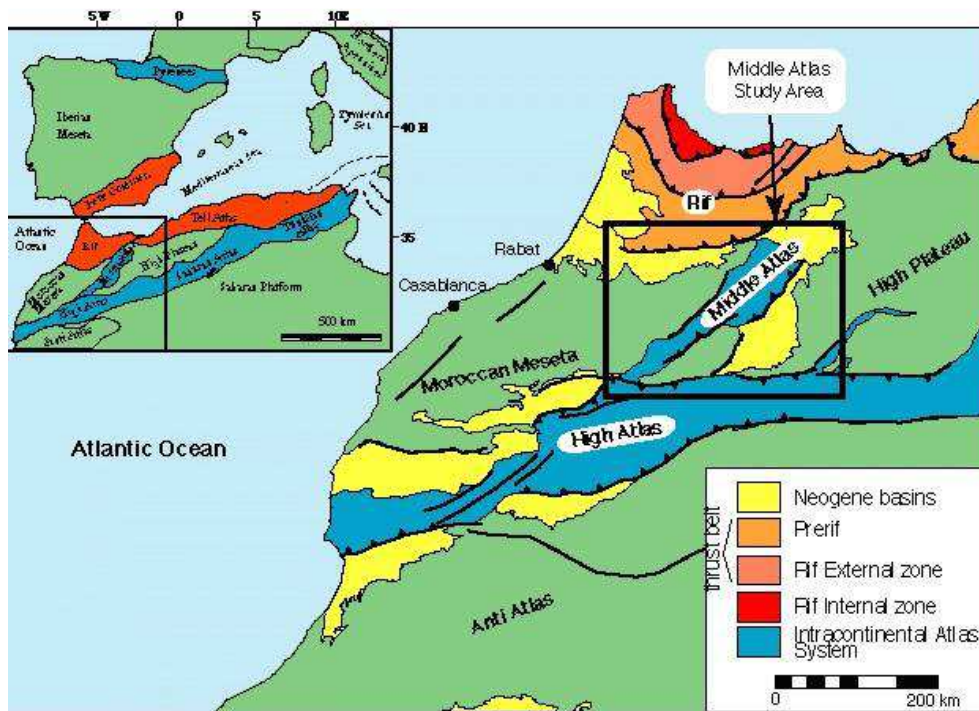


Fig.1: cadre de situation de la chaîne moyen atlasique

Le moyen Atlas est formé dans sa partie ouest et nord par des plateaux étagés de 800m à 200m qu'on appelle Causse moyen-atlasique et dans sa partie sud-est par des chaînons étroits, orientés SW-NE, encadrant de larges bassins synclinaux: c'est le Moyen Atlas plissé (2200 m-2700m).

La superficie du Moyen Atlas est de l'ordre de 13 200 km² dont 4750 km² pour les Causses et 8450 km² pour la partie plissée de la chaîne.

Dans les causses, les affleurements, les plus étendus sont les dolomies et les calcaires du Lias inférieur et moyen (Fig.2). Dans le Moyen Atlas plissé, ces séries forment l'ossature des anticlinaux (Martin, 1981).

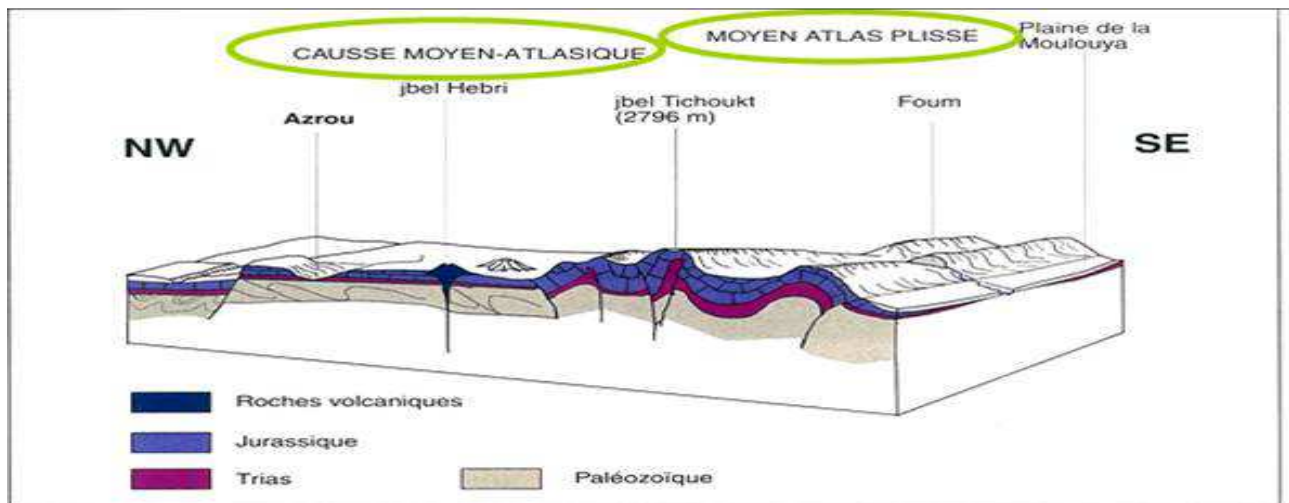


Fig. 2: Bloc diagramme dans le Moyen Atlas (Martin, 1981)

L'originalité du Moyen Atlas est en effet, d'être une montagne calcaire largement recouverte par d'immenses nappes de basaltes quaternaires, ponctuées par quelques volcans éteints, cônes volcaniques, cratères d'explosion, caldeiras.

La couverture volcanique du plateau d'Azrou s'étale sur environ 400 km². Le relief s'organise d'une part, autour des chaînes de volcans du plateau ou les produits pyroclastiques (brèches volcaniques, lapilli, cendres) prennent une grande importance et, d'autre part, autour des grandes nappes basaltiques qui les entourent (Fig. 3). On compte une quarantaine de volcans, mais, de structure, de forme et de taille très différentes (Martin, 1981).

Les appareils volcaniques du type Hawaïen sont les plus nombreux, ce qui explique l'ampleur de l'étalement des basaltes (Raynal, 1952).



Fig. 3: Les volcans éteints du Plateau d’Azrou

Extrait de la carte géomorphologique du Moyen Atlas central établie par Martin '1981'.

3 QUELQUES EXEMPLES DE GEOSITES INVENTORIES DANS LA ZONE D'ETUDE

Notre zone d'étude recèle une pléthore de géosites ayant une grande valeur géotouristique (Fig.4).

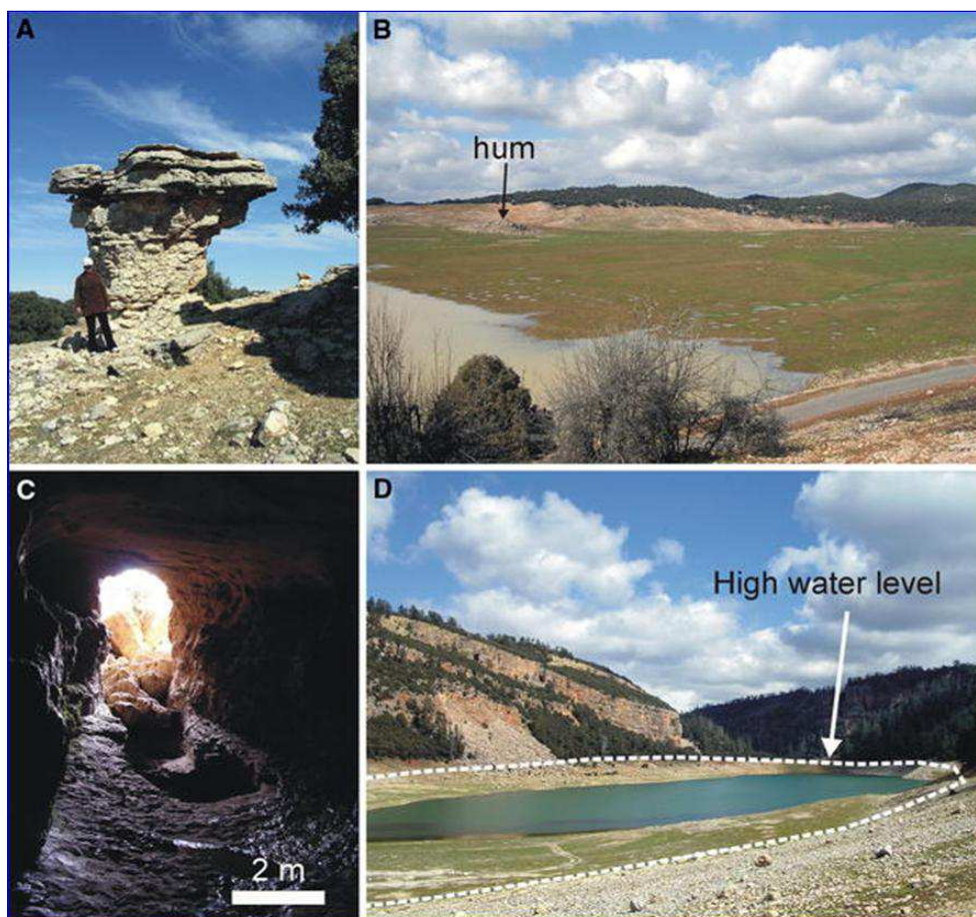


Fig. 4: Répartition spatiale des géosites inventoriés dans la zone d'étude, sur image ETM+ de Landsat. Système de projection UTM, Ellipsoïde : WGS 84.

3.1 LES GÉOSITES DES PAYSAGES KARSTIQUES

<i>Dissolutional and/or structural karst landscapes and processes</i>					
Geomorphosite name	Commune	Type	Lithology	Age	Photo
Davet Aoua	Ifrane	Lake and tectonic dam	Dolom. limestones	Lower Lias	
Tidrine	Ifrane	Ruiniform landscape	Dol. + lime stones	Middle Lias	
Tisfoula	Ifrane	Ruiniform landscape	Dolostones	Lower Lias	
Davet Ifrah	Azrou	Polie + karst lake	Dol. + lime stones	Lias	
Auelmam Aziaga	Hammam	Doline with lake	Limestones	Lias	
Ifri-ou-Berid	Azrou	Sinkhole + blind valley	Limestones	Lias	

<i>Depositional karst landscapes and processes</i>					
<u>Geomorphosite name</u>	Commune	Type	<u>lithology</u>	Age	Photos
Source Vittel	Ifrane	Karst springs	Limest. + travertines	Lias + Quat.	
Cascades des Vierges	Ifrane	Waterfalls	Travertines	Quaternary	
Ifrane Zaouja	Ifrane	Waterfalls	Travertines	Plio-Pleist.	
Sources Oum Er Rbia	Khenifra	Springs + waterfalls	Dol. + travertines	Lias + Quat.	



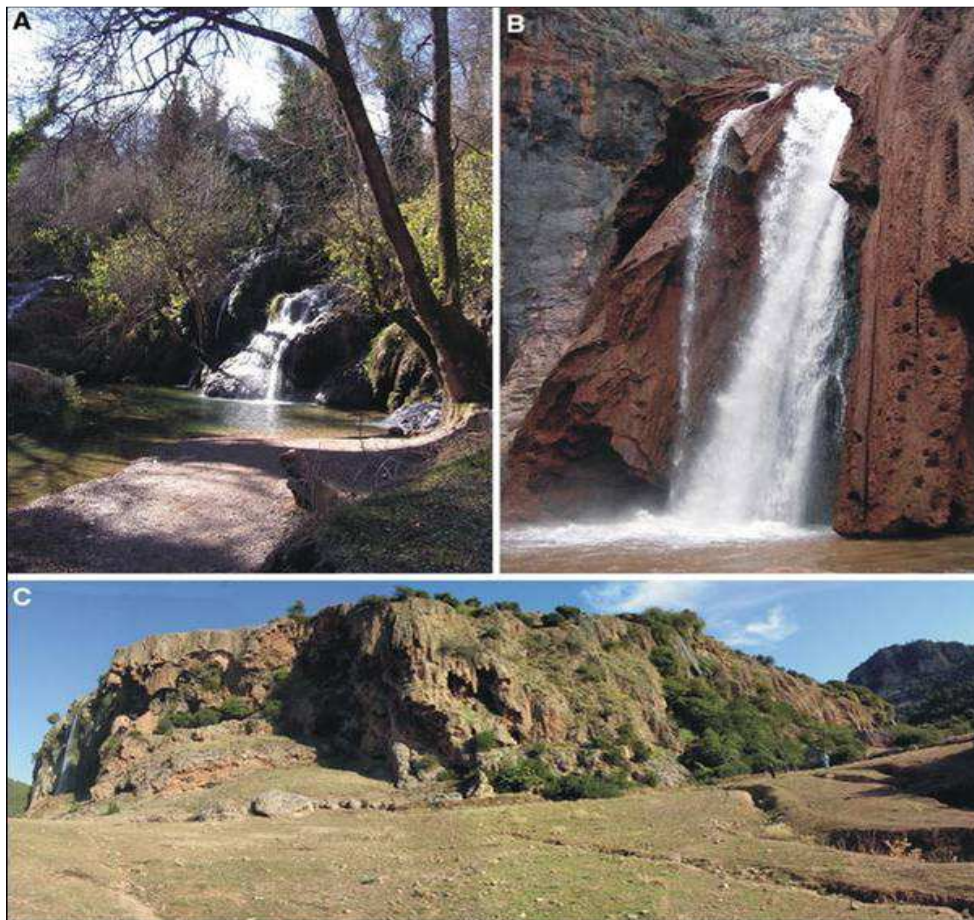


Fig. 5: PHOTOS DE QUELQUES GEOSITES KARSTIQUES INVENTORIES AU NIVEAU DU CAUSSE MOYEN ATLASIQUE

3.2 LES GÉOSITES DES PAYSAGES VOLCANIQUES

<i>Volcanic landscapes and processes</i>					
Geomorphosite name	Commune	Type	Lithology	Age	Photos
Mischliffen	Azrou	Explosion crater	Basalts	Plio-Pleist.	
Jbel Habri	Azrou	Volcanic cone	Basalts	Plio-Pleist.	
Jbel Hebri	Azrou	Volcanic cone	Basalts	Plio-Pleist.	
Bou Teguerouine	Azrou	Volcanic complex	Basalts	Plio-Pleist.	

4 VALORISATION GEOTOURISTIQUE DES GEOSITES INVENTORIES

Les géomorphosites inventoriés sont perçus comme ayant non seulement une valeur scientifique, mais aussi un intérêt scénique, culturel et économique.

La raison principale de la protection et de la conservation des géomorphosites et du patrimoine géologique est la nécessité de les maintenir intacts pour les générations présentes et futures, pour des raisons scientifiques, et didactiques, et pour le développement touristique. Dans ce cadre, s'est développé au cours de ces dernières années, le soi-disant "géotourisme" qui est le résultat de la conservation et de la protection des géosites et de la géodiversité.

Le géotourisme est un concept assez récent, il se base sur l'attrait géologique ou géomorphologique d'un site et participe de plus en plus, au développement potentiel régional (Prichonnet, 2001).

C'est une forme de tourisme didactique. C'est un ensemble de pratiques, d'infrastructures et de produits visant à promouvoir et à valoriser les géosciences auprès de touristes en tout genre. Ce genre de tourisme repose sur le fait d'utiliser des sites naturels, comportant un intérêt pour les sciences de la Terre, de manière didactique, à des fins touristiques et/ou de loisirs (Pralong, 2001).

Le géotourisme tend à devenir une composante du développement économique régional, notamment en dehors de la saison d'hiver. L'utilisation touristique de la géodiversité devrait s'accompagner d'une politique de protection dynamique, combinant préservation et mise en valeur. A terme, le but ultime de cette entreprise est notamment d'élargir la notion de patrimoine culturel, pour favoriser une approche transdisciplinaire du paysage.

D'autre part, il existe toute une série d'instruments et de services visant à valoriser ce potentiel géomorphologique (Reynard, 2001), on pense par exemple aux ouvrages de vulgarisation, aux sentiers didactiques, aux musées et aux services géotouristiques (Reynard, 2001).

5 CONCLUSION

Dans de nombreux pays, la protection des géomorphosites est établie ou en train de se mettre en place. Des conférences internationales ont montré l'intérêt croissant porté à ce thème. C'est pourquoi, il est évident que le Maroc doit s'engager sur le plan de la protection des sites géomorphologiques.

Une destruction de tels témoins de l'histoire de la Terre et de la vie est irréparable, car ces témoins ne peuvent plus être reconstitués ou retrouvés ailleurs. Ils ont, donc, besoin d'une protection avant leur dégradation ou leur destruction.

Les sites géologiques et géomorphologiques sont incontestablement une ressource pour la connaissance de l'histoire de la Terre et de la Vie, dont l'étude des secrets n'en est encore qu'à ses débuts. Protéger les géosites revient donc à sauvegarder ces ressources, vecteurs de développement civilisationnel. Dans l'intérêt de la science, de l'enseignement et du géotourisme, les sites géologiques uniques et typiques doivent être identifiés, catalogués et protégés de façon prioritaire.

Ainsi, le géotourisme est devenu dans certaines régions un moteur ou une composante du développement économique régional. Cet état de fait concerne des espaces dédiés aux sciences de la Terre dont le but est de mettre en valeur le patrimoine qui y est associé, aussi bien en le faisant connaître qu'en s'en servant comme support d'une activité économique développant de nouveaux flux touristiques.

In fine, nous pouvons dire que le patrimoine géoscientifique qui attire maints touristes, et qui constitue une ressource pour le développement, est fort heureusement réparti sur toute la planète et offre de ce fait une opportunité supplémentaire pour de nombreux pays non industrialisés.

La sensibilisation, l'éducation et la formation des personnels concernés sont indispensables pour faire participer les populations au processus de préservation et de valorisation de leur patrimoine. C'est l'implication de tous qui va permettre que ce patrimoine soit mieux préservé, que les conditions de vie soient améliorées et que la pauvreté soit réduite.

REFERENCES

- [1] Grandgirard V. (1997): Géomorphologie et gestion du patrimoine naturel. La mémoire de la terre est notre mémoire. *Géographica Helvetica*, 2 : 47-56.
- [2] Malaki A. (2006): Géosites: Intérêt scientifique, patrimoine culturel et visées socio-économiques, au niveau d'Ifrane, Azrou, Aïn leuh et El Hajeb (causse moyen atlasique). Thèse de doctorat national en géologie, Faculté des Sciences de Rabat, 278 pages.
- [3] Martin J. (1981): Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique. Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, n° 258 et 258 bis.
- [4] Panizza M. (2001): Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*,
- [5] Pralong J.P. (2001): Valorisation et vulgarisation des Sciences de la Terre: les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre. In "Géomorphologie et tourisme". Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Finhaut, 21-23 septembre, pp:115-127.
- [6] Prichonnet G. (2001): La notion de Géosites et Géoparcs et son application dans la Stratégie québécoise sur les Aires protégées, Rapport établi par l'Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec (APGGQ), Mai 2001, 13p.
- [7] Raynal R. (1952): Le Moyen Atlas. In Aspect de la géomorphologie du Maroc. N.M.S.G., n° 99, pp : 37-51.
- [8] Reynard E. (2001): Protection et mise en valeur touristique d'un site géomorphologique: la région de Sanetsch (Valais, Suisse). In "Géomorphologie et tourisme". Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Finhaut, 21-23 septembre, pp. 35-51.
- [9] Reynard E. (2004): Geosites. In: Goudie A. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, London, 440.

IDENTIFICATION, VALORISATION ET PROTECTION DES GÉOMORPHOSITES POUR LE DÉVELOPPEMENT DU GÉOTOURISME INTÉGRÉ DANS LA RÉGION D'ERRACHIDIA (MAROC)

[Identification, valorization and protection of the geomorphosites for the developement of geo-eco-tourism integrated in the area of Errachidia (South-East) of Morocco]

Ridouane SADKI, Mohammed El Wartiti, Rajae Azelmad, and Sanae Berred

Laboratoire de géologie appliqué, Faculté des sciences, Université Mohammed V, Agdal Rabat, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Tafilalet, circuit of the oases, are located at the South-East of Morocco corresponds to Wilaya of Draa-Tafilalet. It gathers the provinces : Midelt, Errachidia, Tinghir and Ouarzazate. The province of Errachidia, zone of study, contains in its administrative unit the following municipalities : Errachidia, Goulmima, Tinjdad, Erfoud, Errissani and Boudnib.

The region of Errachidia, constitutes of the principal geomorphological entities of North to South : the carbonated Jurassic High-Atlas, the cretaceous bassin Boudnib-Ouarzazate with oases characteristic of this bioclimatic zone ressembling the « islands in the saharan desert » and the Anti-Atlas chain dominated by a Precambrien basewich supports with its back a thick cover of the Paleozoic.

In the tourist littérature of Morocco and many web sites nationals and internationals, refer to the gravitational landscapes in the Moroccan south among which geomorphosites of the province of Errachidia, considered by a very diversified geology, a very contrasted geomorphology offering superb landscapes carved by many meteoricerosive phases since the beginning of the Quaternary one strewn with serval endemicoases.

Such is the primary reason of this research task from of point of view to promote geo-eco-tourism for the sustainable development of this area. Several tourist routes cross the zone of study. It presents two important routes such as the Amellagou-Tinjdad circuit and the Errachidia-Ettaous circuit.

While liking it self of tourism of mountain of the High-Atlas of the rural communes of Amellagou and Aghbalou N'kerdous, we will review some summary aspects of natural sites of this presaharien field deserving guided tours in particular geomorphosites hydrogeologic and karstic, following the road curves of the Gheriswadi, appears on its side, a geomorphological landscape named « Asdram » of a distance from important observation offers a beautiful vision on the synclinatorium infracenomanien. And while arriving at the South of geomorphosites of the sedimentological type in particular the deposits of travertineuses layers meadows of the emergence of the sources.

One proposess for this tourist way to make know a methodology of evaluation of the geosites recently used in the literature relating to the geological heritage in Switzerland, in Italy, in France and Romania following the many requests to share it with an aim of showing the wealth and the importance of the local geodiversity, methodology discusses the structure of the cards of evaluation, the scientific, didactic evaluation and of the additional parameters as well as the attribution of the various scores.

KEYWORDS: Errachidia, Geomorphosites, Amellagou-Tinjdad circuit, Card of evaluation.

RÉSUMÉ: Le Tafilalet, circuit des oasis, est situé au Sud-Est du Maroc correspond à la Wilaya Draa-Tafilalet. Elle regroupe les provinces : Midelt, Errachidia, Zagora, Tinghir et Ouarzazate. La province d'Errachidia, zone d'étude, renferme dans son découpage administratif les municipalités suivantes : Errachidia, Goulmima, Tinjdad, Erfoud, Errissani et Boudnib.

La région d'Errachidia, constitue de trois principales entités géomorphologiques du Nord au Sud : le Haut-Atlas Jurassique carbonaté, le bassin crétacé Boudnib-Ouarzazate à Oasis caractéristiques de cette zone bioclimatique ressemblant aux « iles dans le désert saharien » et la chaîne Anti-Atlasique dominée par un socle précambrien qui supporte à son dos une couverture épaisse du Paléozoïque.

Dans la littérature touristique du Maroc et dans de nombreux sites web nationaux et internationaux, font référence aux paysages les plus attractifs dans le sud marocain, parmi lesquels les géomorphosites de la province d'Errachidia, réputée par une géologie très diversifiée, une géomorphologie très contrastée offrant des paysages superbes sculptés par de nombreuses phases érosives météoriques depuis le début du Plio-Quaternaire, parsemés de plusieurs oasis endémiques.

Telle est la raison principale de ce travail de recherche dans une optique de promouvoir un géo-écotourisme pour le développement durable de cette région. Plusieurs circuits touristiques traversent la zone d'étude. Elle présente deux itinéraires importants tels que : le circuit Amellagou-Tinjdad et le circuit Errachidia-Ettaous.

En se plaisant du tourisme de montagne du Haut-Atlas des communes rurales d'Amellagou et d'Aghbalou N'kerdous, nous allons passer en revue quelques aspects sommaires de sites naturels de ce domaine présaharien méritant des visites guidées notamment des géomorphosites hydrogéologiques et karstiques, suivant la route serpente de l'oued Gheris, apparait de son côté, un paysage géomorphologique nommé « Asdram » d'une distance d'observation importante offre une belle vision sur le synclinorium infracénomanien. et en arrivant au Sud, des géomorphosites de type sédimentologiques notamment les dépôts de couches travertineuses près de l'émergence des sources.

On propose pour ce trajet touristique de faire connaître une méthodologie d'évaluation des géosites récemment utilisée dans la littérature relative au Patrimoine géologique en Suisse, en Italie, en France et en Roumanie suite aux nombreuses demandes de la partager dans le but de montrer la richesse et l'importance de la géodiversité locale, la méthodologie discute la structure de la fiche d'évaluation, l'évaluation scientifique, didactique et des paramètres additionnels ainsi que l'attribution des différents scores.

MOTS-CLEFS: Errachidia, Géomorphosites, circuit Amellagou-Tinjdad, Fiche d'évaluation.

1 INTRODUCTION

Un géomorphosite, ou un géosite (L'école Scandinavo-Anglaise) ou un site géomorphologique ou encore un géotope géomorphologique (L'école Allemande) ou un monument géologique, peut être défini comme une portion de la surface terrestre d'une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre, du climat et de la vie (Barca&Di Gregorio (1997); Grandgirard, 1997; Reynard, 2004) ou de leur exploitation par l'Homme. Selon Panizza (2001), les géomorphosites sont des formes du relief ayant acquis une valeur scientifique, culturelle et historique, esthétique et/ou socio-économique, en raison de leur perception. Il peut s'agir de simples objets géomorphologiques ou de grandes portions du paysage. Leur signification et leur valeur sont généralement peu connues du grand public et des scientifiques d'autres disciplines. Par conséquent, il est nécessaire d'améliorer la connaissance des géomorphosites, de développer de nouvelles méthodes d'évaluation de leurs caractères scientifique, culturel, esthétique et socio-économique (Panizza&Reynard, 2010).

La géodiversité qui caractérise notre pays mérite une étude scientifique détaillée dans une optique socio-économique et culturelle puisqu'il est constitué d'une mosaïque de sites géologiques et géomorphologiques extrêmement diversifiés.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons choisi d'étudier la région du Sud Est du Maroc qui offre une grande variété de sites géologiques et géomorphologiques, et qui recèle d'immenses atouts naturels qu'il faudra exploiter de manière efficiente ainsi que des caractéristiques touristiques diversifiés.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 GÉOMORPHOLOGIE ET GÉOLOGIE

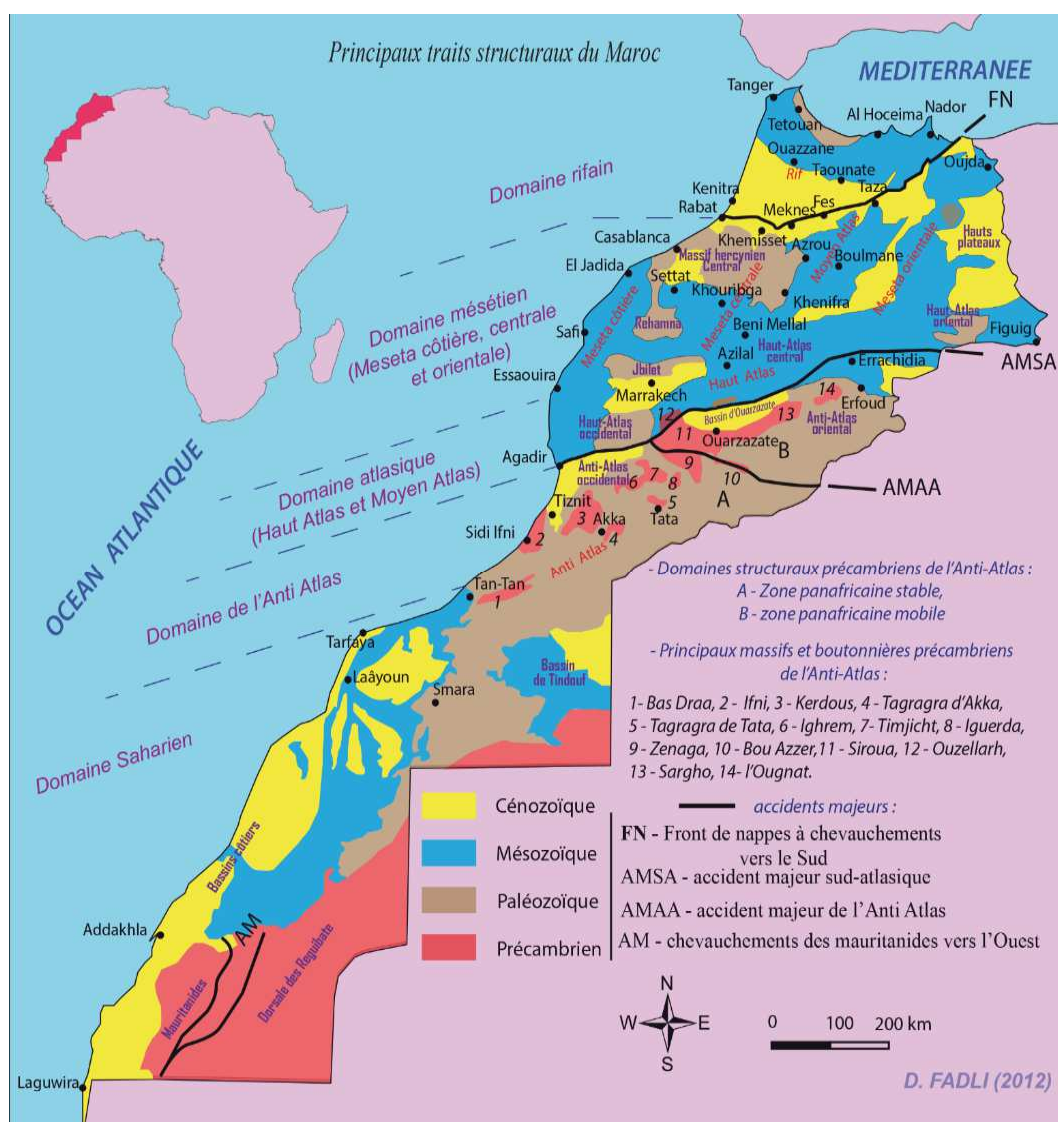


Fig.1 : Principaux domaines structuraux du Maroc et localisation de la région étudiée. Couverture post-hercynienne avec les séries du Cénozoïque (jaune) et (bleu) les séries plissées du Mésozoïque; Séries paléozoïques(marron) et Séries précambriennes(rouge).

Les principales régions naturelles de la zone d'étude se présentent comme suit :

- **Anti-Atlas** : Les reliefs importants de l'Anti-Atlas sont constitués par des matériaux résistants du Précambrien, du Cambrien et de l'Ordovicien. Par suite d'une réduction énorme dans cette région de la puissance du Géorgien, la zone montagneuse se rétrécit considérablement et l'on se situe dans un ensemble où les reliefs appalachiens s'enchevêtrent et alternent avec des plaines, pour la plupart de nature structurale synclinal.

- **Chaîne haut-atlasique** : Elle est importante par son développement longitudinal et transversal. Les massifs montagneux sont constitués de plis jurassiens assez réguliers, fréquemment rompus par des failles ; les anticlinaux allongés, aigus, dissymétriques succèdent aux synclinaux très larges à allure de cuvettes. L'accident sud-atlasique souligne la limite entre le Haut-Atlas et le sillon pré-africain. Cette limite se traduit par des failles et des chevauchements mais elle peut être en partie recouverte par les sédiments du sillon qui s'intègrent parfois au domaine atlasique.

- **Hamadas** : Les hamadas sont de grands plateaux pierreux, mis en relief par l'érosion partielle de la couverture sédimentaire, secondaire ou tertiaire. Elles sont formées de dépôts détritiques. On cite : Les hamadas générées dans les séries du Crétacé: hamadas de Meski.

- **Sillon pré-africain** : C'est une avant-fosse située entre les domaines du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas. La zone déprimée centrale, où la couverture secondaire et tertiaire est importante, présente une forme tabulaire, souvent surmontée de regs quaternaires. Les calcaires du Turonien dont la falaise d'érosion forme une crête, déterminent une limite morphologique alors que les séparations des sous-bassins sont liées à la structure profonde.

- **Bassin quaternaire du Tafilalet** : Le bassin quaternaire du Tafilalet se situe entre les massifs précambriens et primaires de l'Anti-Atlas oriental (Saghro et Ougnat) et le plateau crétacé du bassin d'Errachidia-Boudnib. Par sa situation limitrophe de l'Anti-Atlas, il constitue une unité plus morphologique que structurale. Il résulte des phases d'érosion tertiaires et quaternaires, liées aux surrections majeures de la chaîne atlasique et de l'épigénie des vallées dans le substratum primaire qui a été sculpté en reliefs appalachiens. La disposition du bassin est Est-Ouest, néanmoins à l'Est elle devient transversale pour l'Anti-Atlas, au niveau de l'ensellement général des massifs anciens.

2.2 CLIMAT ET RESSOURCES EN EAU

Le traitement des données relatives aux stations climatologiques du bassin du Rhéris montrent aboutit à un climat de type aride qui devient saharien vers le Sud.

La pluviométrie décroît généralement de 200 mm dans les hauts reliefs pour atteindre 50 mm vers le Sud. Les pluies mensuelles sont caractérisées par un régime pluviométrique très variable d'une année à l'autre, traduisant l'irrégularité des précipitations. Les températures moyennes annuelles sont relativement élevées.

L'humidité relative, la plus élevée, est enregistrée pendant les mois de décembre et janvier, tandis que l'humidité relative, la plus faible, est enregistrée au cours des mois de juin, juillet et août, l'évaporation avec des valeurs extrêmes en juillet.

Les vents les plus violents arrivent entre le mois d'avril et août. Ce sont généralement des vents Est-Ouest, Sud-Ouest et Sud-Sud-Est.

Ce qui est trait aux ressources en eau :

- Les eaux de surface : le secteur septentrional nettement mieux arrosé sur les hauts bassins de l'Atlas, constitue le château d'eau des principales artères hydrographiques. Les inondations ou les crues que connaissent souvent la région peuvent être considérées comme une forme de patrimoine, source d'identité qui définit un groupe ayant vécu un épisode marquant. Les barrages mais également les digues ou d'autres aménagements participent-ils de la patrimonialisation de l'inondation ? on cite à titre d'historique : les inondations de 1965 qui ont causé de grands dégâts catastrophiques humaines et matérielles et qui ont la cause de penser à la construction des barrages notamment celle du Hassan Addakhil.
- Les eaux souterraines : les eaux souterraines dans la province d'errachidia jouent un rôle primordial dans la satisfaction des besoins en eau. Ces ressources sont constituées d'une part des nappes phréatiques situées le long des vallées et caractérisées par leur faible étendue et leur dépendance directe des aléas climatiques, conjuguée avec l'exploitation intensive, a été l'origine d'une baisse généralisée du niveau piézométrique et, d'autre part, de nappes profondes qui sont subdivisée du nord au sud en trois unités hydrogéologiques bien individualisées : le haut Atlas renferme un ensemble d'unités hydrogéologiques communicantes entre elles (Lias et Dogger), ces aquifères donnent naissance à plusieurs sources d'origine jurassique dont les plus importants à titre d'exemple celle d'Aghbalou N'kerdous, le bassin crétacé Boudnib-Errachidia-Tinghir qui s'étend entre le Haut et l'Anti Atlas et comprend la nappe de l'Infracénomanien qui est drainée par un complexe de khetaras au sud de la zone de Goulmima Tinjdad avec des sources émanant des formations calcaires du Turonien et l'Anti-Atlas dont ces nappes sont surexploitées à partir des khetaras et des puits et forages.

On note que ces sources accusent d'importantes fluctuations saisonnières et inter annuelles.

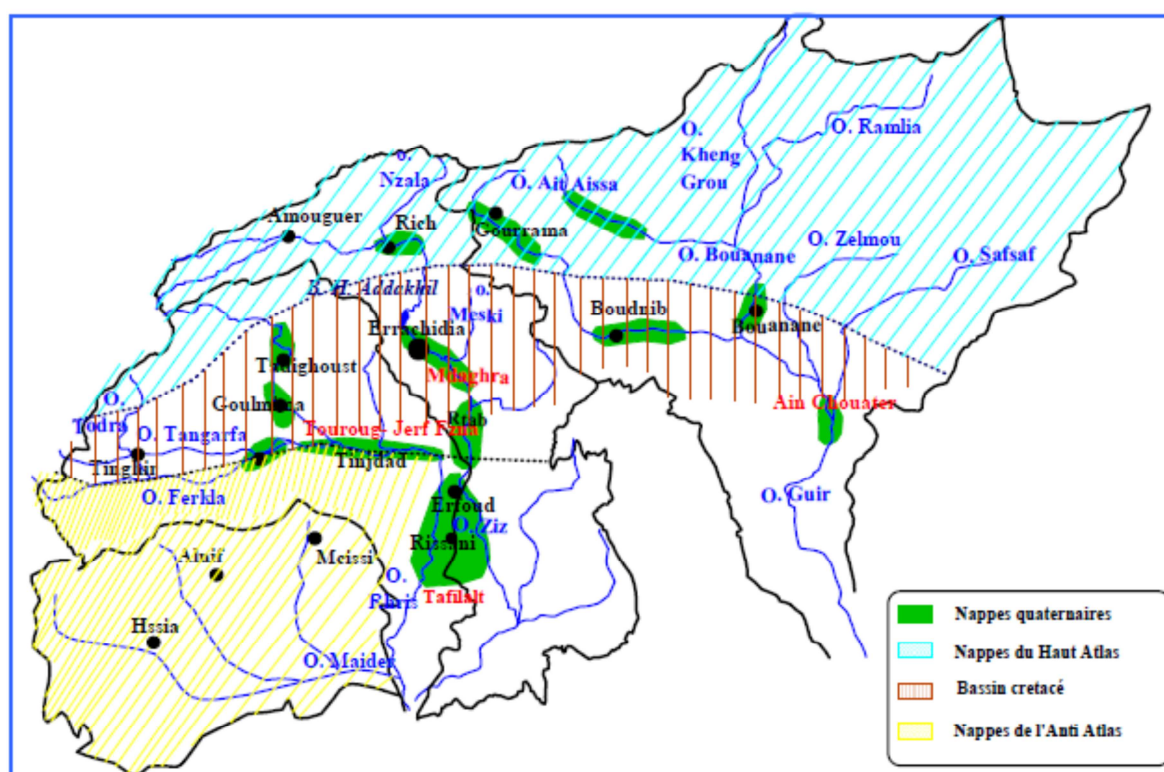


Fig.2 : Carte des principaux domaines hydrogéologiques

3 MÉTHODES

L'inventaire des géomorphosites présenté ici n'a pas pour objectif de recenser de manière exhaustive tous les sites géomorphologiques de la région, mais vise à donner un aperçu des formes et des processus géomorphologiques qui caractérisent la zone d'étude Amellagou-Tinjdad en regroupant les sites les plus intéressants d'un point de vue scientifique et les plus marquants d'un point de vue esthétique, écologique ou culturel.

Le processus de sélection des sites est une étape importante de notre travail qui permet d'assurer à la fois une certaine représentativité régionale de l'inventaire et de ne pas oublier les sites les plus rares.

Pour parvenir à cet objectif de sélection, un travail préparatoire basé sur la littérature existante et l'analyse des cartes topographiques et géologiques etc. et un travail du terrain qui nous a permis une solide connaissance de la géomorphologie de la région. Ces deux travaux sont nécessaire et sont faites, on inclut aussi les sites qui n'ayant pas fait l'objet d'études précédentes mais présentant de même un intérêt en tant que géomorphosite.

Les éléments constitutifs de la méthode d'évaluation « version 2014 » sont résumés dans la figure ci-dessous. On a choisi de tester dans notre travail.

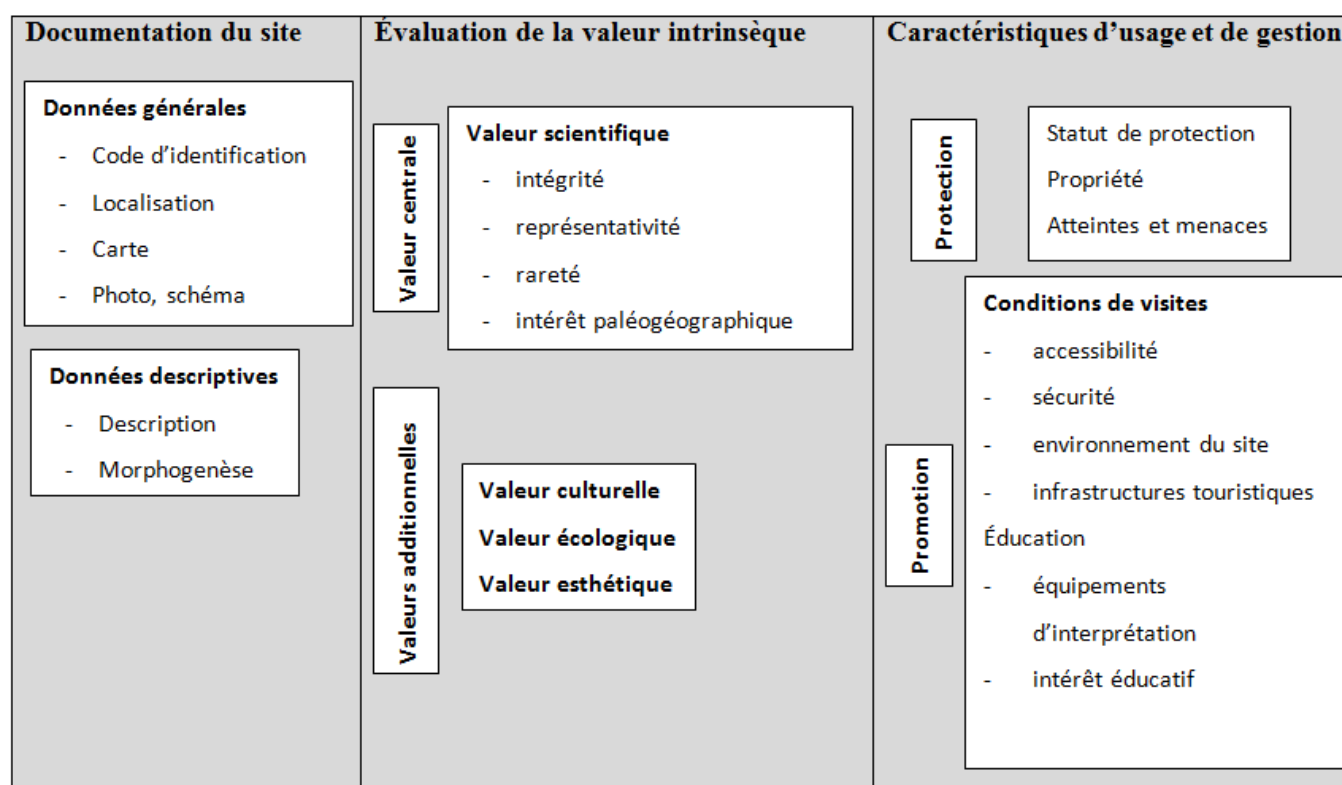


Figure 3 : Méthode d'évaluation des géomorphosites version 2014

4 RESULTATS ET DISCUSSION DES DOCUMENTS SCIENTIFIQUES REALISES

Le tableau suivant montre la répartition des formes inventoriées dans les huit catégories de processus. Les couleurs indiquent la nature du processus responsable des formes et le code chiffré permet l'identification des sites.

TABEAU 1 : Liste des 15 géomorphosites et géosites retenus, classés par ordre numérique et leur localisation. Les couleurs correspondent aux couleurs par lesquelles les processus sont symbolisés

Nom	Type	Code	Lieu	Etat
La source d'Aghbalou	Géosite	AME Hyd 001	Amellagou	Actif
Les gorges d'Imler	Géomorphosite	AME Str 002	Amellagou	Passif
Le Balcon des séries plissées	Géomorphosite	AME Str 003	Amellagou	Passif
La grotte d'Ait Brahim	Géosite	ABR Kar 004	Ait Brahim	Passif
Le paysage panoramique de Tifounasine	Géomorphosite	GOU Lac 005	Goulmima	Passif
La source de Tamda N'msoud	Géosite	GOU Hyd 006	Goulmima	Actif
Les gisements fossilifères du Crétacé, Cénomanien supérieur-Turonien inférieur	Géosite	GOUL Pal 007	Goulmima	Passif
Les terrasses de Rheris	Géomorphosite	GOU Flu 008	Goulmima	Passif
Le paysage à oasis de Rheris	Géomorphosite	Gou Pal 009	Goulmima	Passif
Balcon à oasis d'ASDRAM	Géomorphosite	Gou Str 010	Goulmima	Passif
Le Balcon des séries plissées	Géomorphosite	AGH Str 011	Aghbalou N'kerdous	Passif
La source d'Aghbalou N'kerdous	Géosite	AGH Hyd 012	Aghbalou N'kerdous	Actif
Les formations travertineuses de la source de Lalla Mimouna	Géosite	TIN Lac 013	Tinjdad	Actif
Néotprotérozoïques et des minéralisations de barytine	Géosite	MEL Mag 014	Mellab	Passif
Le panorama du massif plutonique	Géomorphosite	MEL Vol 015	Mellab	Passif

Code	Photo	Code	Photo
AME Hyd 001		AME Str 002	
AME Str 003		GOU Lac 005	
GOU Hyd 006		GOUL Pal 007	
GOU Flu 008		Gou Str 010	

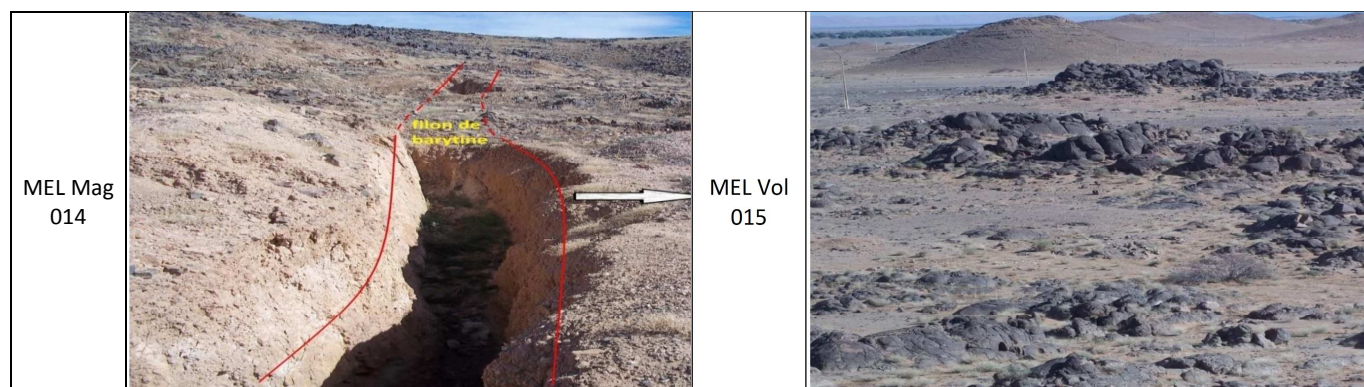


Figure 4 : Quelques exemples de photos prises des géosites et géomorphosites de la zone d'étude

Tableau 2 : Quelques récapitulatif des scores obtenus pour la valeur centrale

Code du géosite/géomorphosite	Valeur scientifique				Valeur moyenne
	Critère				
	Intégrité	Représentativité	Rareté	La valeur paléogéographique	
AME Hyd 001	1	1	0.25	0	0.56
AME Str 002	1	1	0.25	1	0.81
AME Str 003	1	1	0.25	1	0.81
ABR Kar 004	0.75	0.50	0.50	0	0.44
GOU Lac 005	0.75	1	1	1	0.94
GOU Hyd 006	0.75	1	0.25	1	0.75
GOUL Pal 007	0.50	0.50	0.50	1	0.63
GOU Flu 008	0.50	0.75	0.25	1	0.63
Gou Pal 009	0.75	1	0.50	1	0.81
Gou Str 010	1	1	0.50	1	0.88
AGH Str 011	1	1	0.50	1	0.88
AGH Hyd 012	1	1	0.25	0	0.56
TIN Lac 013	1	0.75	1	0	0.69
MEL Mag 014	0.25	0.50	1	0	0.44
MEL Vol 015	0.50	0.50	1	1	0.75
Valeur moyenne	0.78	0.83	0.53	0.67	0.70

Tableau 3 : Critères composant les valeurs additionnelles: la valeur écologique, la valeur esthétique, la valeur culturelle et la valeur économique de chaque géosite et géomorphosite inventorié

Valeurs additionnelles	valeur écologique			valeur esthétique			Valeur culturelle	Valeur économique	Valeurs additionnelles totales
Code du géosite / géomorphosite	Influence écologique (1)	Propriété des sites (2)	Valeur écologique (1+2)/2	Niveau de visibilité (1)	Niveau de contraste dans le paysage (2)	Valeur esthétique (1+2)/2			
AME Hyd 001	0	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	1	1	0.63
AME Str 002	0	0.50	0.25	1	0.50	0.75	0	0	0.25
AME Str 003	0	0.50	0.25	1	1	1.00	0	0	0.31
ABR Kar 004	0.25	0.50	0.38	0.25	0	0.13	0	0	0.13
GOU Lac 005	1	0.50	0.75	1	1	1.00	1	1	0.94
GOU Hyd 006	1	0.50	0.75	0.25	1	0.63	1	1	0.84
GOUL Pal 007	0	0.50	0.75	0.25	0	0.13	0	1	0.34
GOU Flu 008	0	0.50	0.25	1	0.25	1.00	1	1	0.72
Gou Pal 009	1	0	0.25	1	1	1.00	1	1	0.88
Gou Str 010	0	0.50	0.50	1	1	0.25	1	0.50	0.69
AGH Str 011	0	0.50	0.25	1	1	0.25	0	0	0.31
AGH Hyd 012	0	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	1	1	0.63
TIN Lac 013	0.25	1	0.63	0.25	0.25	0.25	0	0.50	0.34
MEL Mag 014	0	0.50	0.25	0.25	0.75	0.50	1	1	0.69
MEL Vol 015	0	0.50	0.25	1	0.75	0.88	0	0	0.28
V.Moyenne	0.23	0.50	0.37	0.65	0.60	0.63	0.53	0.60	0.53

Tableau 4 : Résultats des valeurs géomorphologiques des quiz sites.

Code identifiant	Valeur scientifique	Valeurs additionnelles	Valeur géomorphologique
AME Hyd 001	0.56	0.63	0,60
AME Str 002	0.81	0.25	0,53
AME Str 003	0.81	0.31	0,56
ABR Kar 004	0.44	0.13	0,29
GOU Lac 005	0.94	0.94	0,94
GOU Hyd 006	0.75	0.84	0,80
GOUL Pal 007	0.63	0.34	0,49
GOU Flu 008	0.63	0.72	0,68
Gou Pal 009	0.81	0.88	0,85
Gou Str 010	0.88	0.69	0,79
AGH Str 011	0.88	0.31	0,60
AGH Hyd 012	0.56	0.63	0,60
TIN Lac 013	0.69	0.34	0,52
MEL Mag 014	0.44	0.69	0,57
MEL Vol 015	0.75	0.28	0,52
V.Moyenne	0.70	0.53	0,62

5 CONCLUSION

⇒ Le géomorphosite de paysage panoramique de Tifounasine représente la plus grande valeur géomorphologique, il montre son succès toujours durant le calcul des scores des deux valeurs scientifique et additionnelle, Il s'agit donc d'un site plus intéressant de point de vue scientifique tandis que la grotte d'Ait Brahim mérite son dernier classement.

Le site de Tifounassine connaît surtout en période de printemps jusqu'à l'été plusieurs promenades organisé par des groupes de visiteurs locaux qui aiment de la natation ou la pêche dans cet immense lac.

- ⇒ La méthode d'évaluation de l'IGUL (Reynard et al.2007) est d'utilisation simple. A l'aide d'elle, les résultats obtenus sont donc superbes, car, les sites qu'on a visités et qui ont attiré en permanence notre attention et celle du grand public sont bien classés et qui ont déjà une attention modestement attractive sont les derniers mis en valeur.
- ⇒ Cette étude originale porte un vecteur de promotion géotouristique visant un développement durable régional inséré dans la sauvegarde des biens de la Nature. Elle se base sur des propositions de protection et de valorisation à travers la réalisation des itinéraires géotouristiques à la découverte de la géodiversité et du patrimoine géologique et géomorphologique de la région étudiée, appartenant à ce segment géographique sud-est du Maroc, qui représente une charnière géomorphologique avec les confins sahariens.

REFERENCES

- [1] Synthèse bibliographique : Agence du bassin du Gheris, Ziz et Guir, 171p
- [2] Intensive Course on Geomorphosites, Beni Mellal, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, 1st Octobre 2014 11p, 2014
- [3] Géosites, Géomorphosites, Géodiversité et paysage géologique ; nouvelles ressources pour le tourisme soutenable en Marocco, Felice Di Gregorio, Mohamed EL WARTITI, Driss FADLI et Mohamed ZAHRAOUI 8P
- [4] Les bassins hydrauliques du Maroc 326p
- [5] litho-biostratigraphie, diagenèse et paléogéographie au Cénomanien supérieur-Turonien inférieur des bassins sud-atlasiques marocains par Mohamed RHALMI, André PASCAL et EL Hassane CHELLAI, Géologie Alpine, 2000, t.76, p.135-149
- [6] Meister, C.& Rhalmi, M. (2002) – Quelques ammonites du Cénomanien – Turonien de la région d'Errachidia-Boudnib-Erfoud (partie méridionale du Haut Atlas Central, Maroc).

ETUDE PETROGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES SEDIMENTS ALBIENS DU BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER DU BENIN

[PETROGRAPHIC AND STRUCTURAL STUDY OF ALBIAN DEPOSITS OF THE BENIN COASTAL SEDIMENTARY BASIN]

Armand KIKI, Christophe KAKI, and Gérard A.F. d'ALMEIDA

Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences et Techniques (FAST),
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 4256 Cotonou, Bénin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the offshore basin of Benin, some sediments of Albian age were identified. These sediments are gathered in formation named "Albian Formation". At regionally scale, they are targeted for petroleum exploration and production. This paper aims to precise the petrographic and structural features of these sediments. Petrographic analyzes reveal the presence of two dominant facies (a main sandy facies and a shale facies which is thicker in deep offshore). Sandstones are very compact, gray to dark gray, and composed mainly of sharp and subrounded quartz grains of various sizes. Shales are massive, gray to blackish and friable to compact. Seismic sections interpretations show that Albian formation is generally continuous, of more or less constant thick and little varied lithological composition in East-West direction. In North-South direction, the formation gradually thick towards the offshore and become significantly reduced in very deep water. The formation is affected by normal and combined faults as well as by reverse faults of NE-SW and NW-SE trends. Structural traps of hydrocarbons are more present in shallow deep offshore while, in deep offshore, traps are essentially of stratigraphic type.

KEYWORDS: offshore Benin, Albian formation, petrographic and structural features, facies, faults, traps.

RESUME: Dans le bassin offshore du Bénin, des sédiments datés de l'Albien ont été identifiés. Ces sédiments sont regroupés en une formation appelée "Formation albienne". A l'échelle régionale, ils sont ciblés dans le cadre de l'exploration et de la production pétrolière. Cet article vise à préciser les caractéristiques pétrographiques et structurales de ces sédiments. Les analyses pétrographiques révèlent la présence de deux faciès dominants (un principal faciès gréseux et un faciès argileux plus épais en offshore profond). Les grès sont indurés, gris à gris sombre et composés majoritairement de grains de quartz anguleux à subarrondis de tailles variées. Les argiles sont massives, grise à noirâtre et friables à compactes. L'interprétation des sections sismiques montre que la formation albienne est généralement continue, d'épaisseur à peu près constante et de composition lithologique peu variée selon la direction Est-Ouest. Selon la direction Nord-Sud, cette formation s'épaissit progressivement en direction du large avant d'être considérablement réduite en eau très profonde. Dans son ensemble, la formation est affectée par des failles normales simples et conjuguées ainsi que par des failles inverses de directions NE-SW et NW-SE. Des pièges structuraux d'hydrocarbures sont plus présents en offshore peu profond alors qu'en offshore profond, les pièges sont essentiellement de type stratigraphique.

MOTS-CLES: offshore du Bénin, formation albienne, caractéristiques pétrographiques et structurales, faciès, failles, pièges.

1 INTRODUCTION

Dans la partie nord de la province pétrolière du Golfe de Guinée à laquelle appartient le Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin (BSC-Bénin), de nombreux projets et travaux d'exploration pétrolière ont contribué à mieux connaître la géologie de cette province et permis de découvrir d'importants gisements d'hydrocarbures dans les formations Crétacées des bassins côtiers de la Baie du Dahomey [1],[2]. Au Bénin, les travaux d'exploration et de production pétrolière, réalisés dans le bassin sédimentaire côtier, avaient jusque-là essentiellement porté sur les formations du Crétacé supérieur (grès du Turonien). Présentement, le contexte géologique régional et les données actuelles de forage ont prouvé l'existence d'un système pétrolier d'âge Crétacé inférieur à potentiel pétrolier ou gazier non négligeable dans la région [3]. En effet, les dépôts du Crétacé inférieur (réservoirs albiens notamment) sont productifs dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire, du Ghana et du Nigéria. Aussi, la découverte d'indices d'hydrocarbures dans la série albienne du BSC Bénin montre que ce système pétrolier d'âge Crétacé inférieur est aussi présent au Bénin [4],[5]. Malheureusement, des travaux de recherche visant à préciser les caractéristiques pétrolières des formations du Crétacé inférieur n'ont pas suivi. Cet article vise à préciser les caractéristiques pétrographiques et structurales de la formation albienne dans l'offshore du bassin sédimentaire côtier du Bénin.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Compris entre les parallèles 3°00' et 7°30' de latitude Nord et les méridiens 1°55' et 3°00' de longitude Est, le bassin sédimentaire côtier du Bénin occupe la partie centrale de la Baie du Dahomey. Il est subdivisé en deux dont une partie onshore et l'autre offshore. La partie offshore de ce bassin qui constitue la zone d'étude, a une superficie de 40000 km² [3]. Elle se situe entre les parallèles 3°00' et 6°10' de latitude Nord et les méridiens 1°60' et 3°00' de longitude Est et est limitée à l'Ouest par la zone maritime exclusive du Togo et à l'Est par celle du Nigéria. Avec la délimitation de la Zone Economique Exclusive (ZEE) du Bénin en 2007, elle a été subdivisée en 15 blocs.

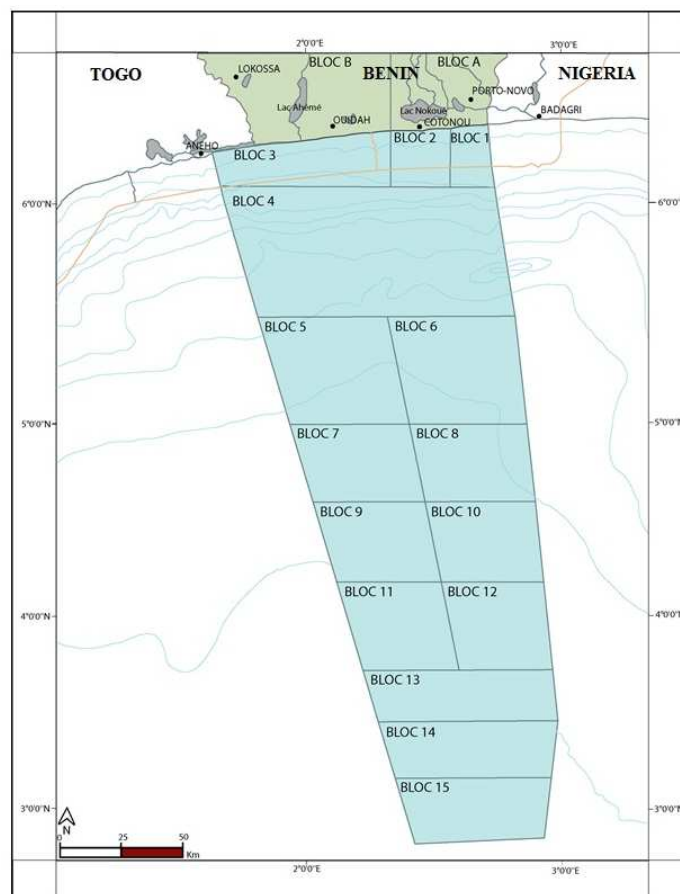


Fig. 1. Carte des blocs pétroliers du bassin sédimentaire côtier du Bénin (IHS, 2007 modifié)

La Figure 1 montre les 15 blocs pétrolifères du Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin (BSC-Bénin).

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 MATERIEL

Le matériel utilisé comprend :

- Une carte de positionnement des puits.
- Des rapports finaux de puits ayant atteint ou traversé la formation albienne.
- Des sections sismiques acquises aussi bien dans l'offshore peu profond que profond.
- Des échantillons de roches (carotte de niveau gréseux et argileux).
- Un microscope polarisant et un ordinateur équipé de logiciels appropriés.

3.2 METHODES

Les méthodes adoptées visent à préciser les caractéristiques pétrographiques et structurales de la formation albienne à partir des données des six puits sélectionnés pour cette étude : quatre dans l'offshore peu profond (puits S11; S4 ; SC-1 et Cotonou 1) et deux dans l'offshore profond (puits Hihon1 et Fifa1).

- Pour l'étude des caractéristiques pétrographiques de la formation albienne, des échantillons de carottes et des déblais (cuttings) de roches ont été sélectionnés au niveau de la carothèque de la Direction Générale des Hydrocarbures et autres Combustibles Fossiles (DHCF). La description macroscopique a porté sur certains échantillons jugés assez représentatifs de la formation dans son ensemble. L'étude microscopique n'a porté que sur des échantillons de niveaux gréseux de la formation. Pour cause, la friabilité de certains échantillons (niveaux argileux et déblais) et les équipements de confection de lames minces disponibles au laboratoire n'ont pas permis de réaliser des sections polies de ces derniers. En conséquence, seules des lames minces réalisées à partir d'échantillons prélevés au niveau des puits S4 et S11 du bloc1 et Fifa1 du bloc 4 ont été examinées.
- Pour déterminer les caractéristiques structurales de la formation albienne, des sections sismiques ont été sélectionnées. Au total, quatre lignes sismiques ont été retenues dont deux acquises en offshore peu profond et deux en offshore profond. En effet, les lignes sismiques AA' orientée Est-Ouest et CC' orientée Nord-Sud de l'offshore peu profond couvrent respectivement les blocs 1; 2; 3 et une partie du bloc 4. La ligne AK orientée Est-Ouest couvre les blocs 7 et 8 de l'offshore profond et celle A'K' orientée Nord-Sud couvre les blocs 3 ; 4 ; 5 ; 7 ; 9 ; 11 ; 13 et 15.

Les données collectées ont fait l'objet d'un traitement manuel et numérique. Le traitement manuel a consisté en l'interprétation des sections sismiques. Le traitement numérique a consisté à utiliser les logiciels ArcView 3.2 et ArcGis9.2 pour la réalisation de cartes et de coupes lithologiques.

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES

L'examen des caractéristiques pétrographiques de la formation albienne s'est déroulé en deux étapes : la première étape a consisté en la description de carottes de roches et l'analyse des logs de diagraphies des puits sélectionnés. La seconde étape a porté sur l'analyse microscopique des sections polies réalisées.

- Analyse macroscopique

L'analyse macroscopique des carottes de roches prélevées au niveau des puits S4 et S11 à des profondeurs respectives de 2479-2660m et 2600-2650m a permis de mettre en évidence deux lithofaciès dominants. Il s'agit d'un faciès gréseux et d'un faciès argileux. A ces deux faciès s'ajoutent des passées de carbonates (calcaire et dolomie) et de siltites. Les grès généralement quartzeux, sont indurés, gris à gris sombre et composés majoritairement de grains de quartz anguleux à subarrondis de tailles variées. Des traces de micas et de carbonates sont également observées au niveau de ces échantillons. Les faciès argileux sont massifs, compacts à friable et sont de couleur grise sombre à noire. Ils contiennent des traces de calcaire et de micas.

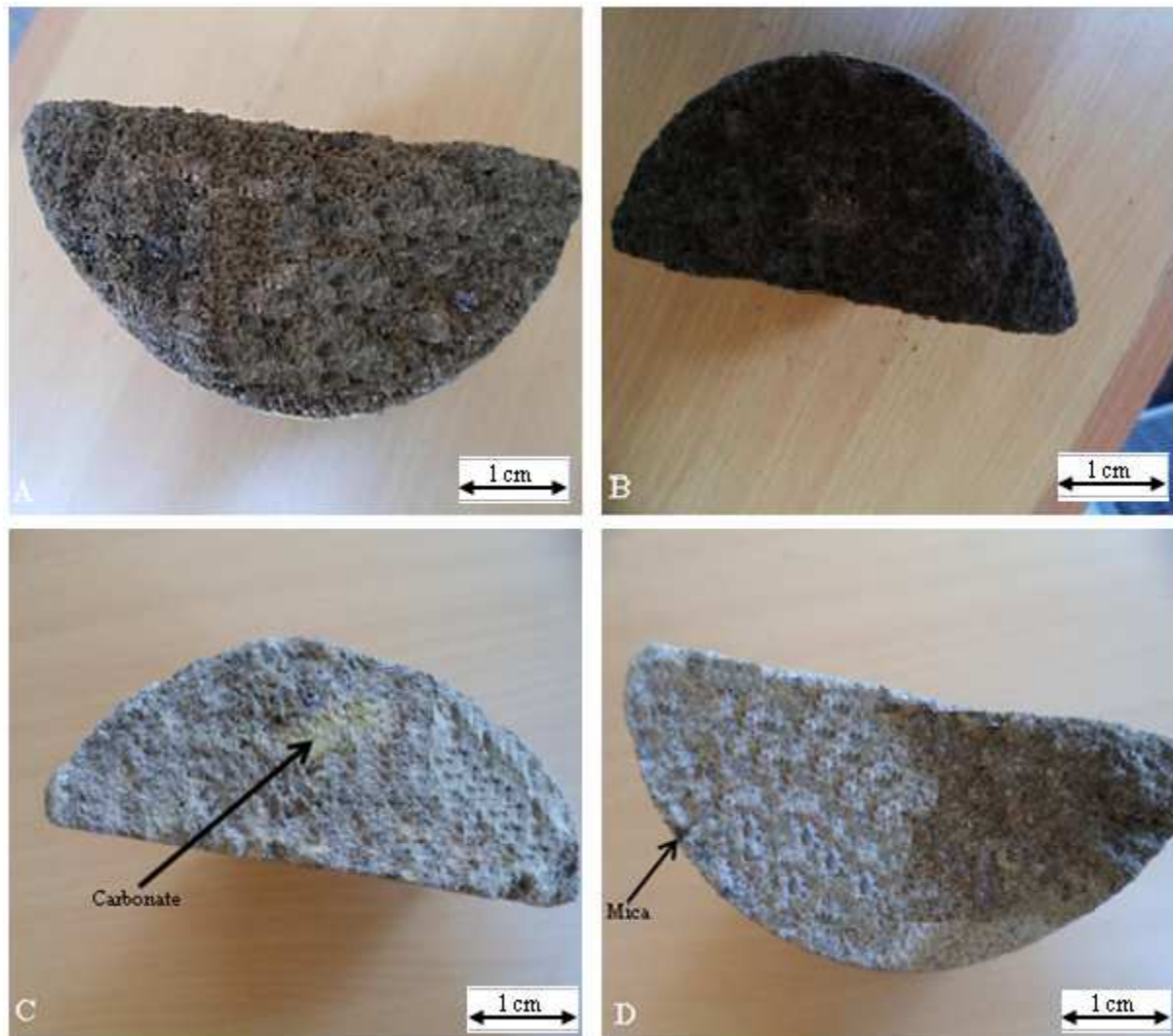


Fig. 2. Photographies d'échantillons de roches de la formation albienne

La figure 2 montre des photographies de quatre (04) échantillons de roches de la formation albienne : argile grise sombre (A); argile imbibée d'huile (B); grès contenant des traces de carbonates (C) ; grès micacé (D).

Des « composites well log » ont été utilisés pour parfaire l'analyse macroscopique de la formation. Pour les puits carottés, ces diagraphies ont permis de préciser les limites de l'albien et de vérifier les résultats issus de la description macroscopique des échantillons étudiés. Pour les puits non carottés, ces données diagraphiques ont été les seuls moyens disponibles pour déterminer la lithologie et les limites de la formation albienne.

L'épaisseur de la formation est variable d'un puits à un autre et selon l'orientation considérée. Au niveau du bloc 1, l'épaisseur de la formation est respectivement de 243m, 438m, et 608m dans les puits SC-2, S11 et S4. Au niveau du bloc 2 (Cotonou1), son épaisseur est d'environ 87,5m. Enfin, au niveau du bloc 4, l'épaisseur forée et non totale est de 304m dans le puits Hihon1 contre 586m dans le puits Fifa1. Les « composite well log » étudiés montrent que la formation albienne comprend deux unités lithologiques : l'unité lithologique supérieure située entre les horizons sismiques H-7 et H-8 et l'unité inférieure située en les horizons sismiques H-8 et H-9. L'unité supérieure a respectivement une épaisseur de 159m, 161m et 528m dans les puits SC-2, S11 et S4 (offshore peu profond). Elle est à dominance argileuse et renferme quelques bancs métriques de grès et de carbonates. Dans le puits Cotonou1 (bloc 2), elle est plus gréseuse et contient des bancs d'argilite. En offshore profond, cette unité présente des caractéristiques lithologiques semblables mais est plus argileuse. Son épaisseur est respectivement de 82m et 113m dans les puits Fifa1 et Hihon1. L'argile de cette unité est généralement grise à noire, modérément compacte, calcaireuse, micacée par endroits et parfois très riche en matière organique. Les grès sont grisâtres, blanchâtres parfois brun-sombre. Ils sont constitués de grains grossiers à fins généralement bien classés. L'unité inférieure est à dominance grés-sableux et son épaisseur est respectivement de 80m,

249m et 277m dans les puits S4, SC-2 et S11 de l'offshore peu profond. Dans les puits de l'offshore profond (Fifa1 et Hihon1), elle est constituée d'une succession de bancs d'argile et de grès. Ces bancs sont parfois intercalés de minces niveaux carbonatés. Son épaisseur est égale à 461m et 191m dans les puits Fifa1 et Hihon1. Des minéraux accessoires tels que la sidérite, la glauconie, la pyrite, le mica, le mica et le kaolin sont fréquemment rencontrés dans la formation. La figure ci-dessous présente la coupe lithologique synthétique de la formation albienne au niveau des blocs 1; 2 et 4 du bassin.

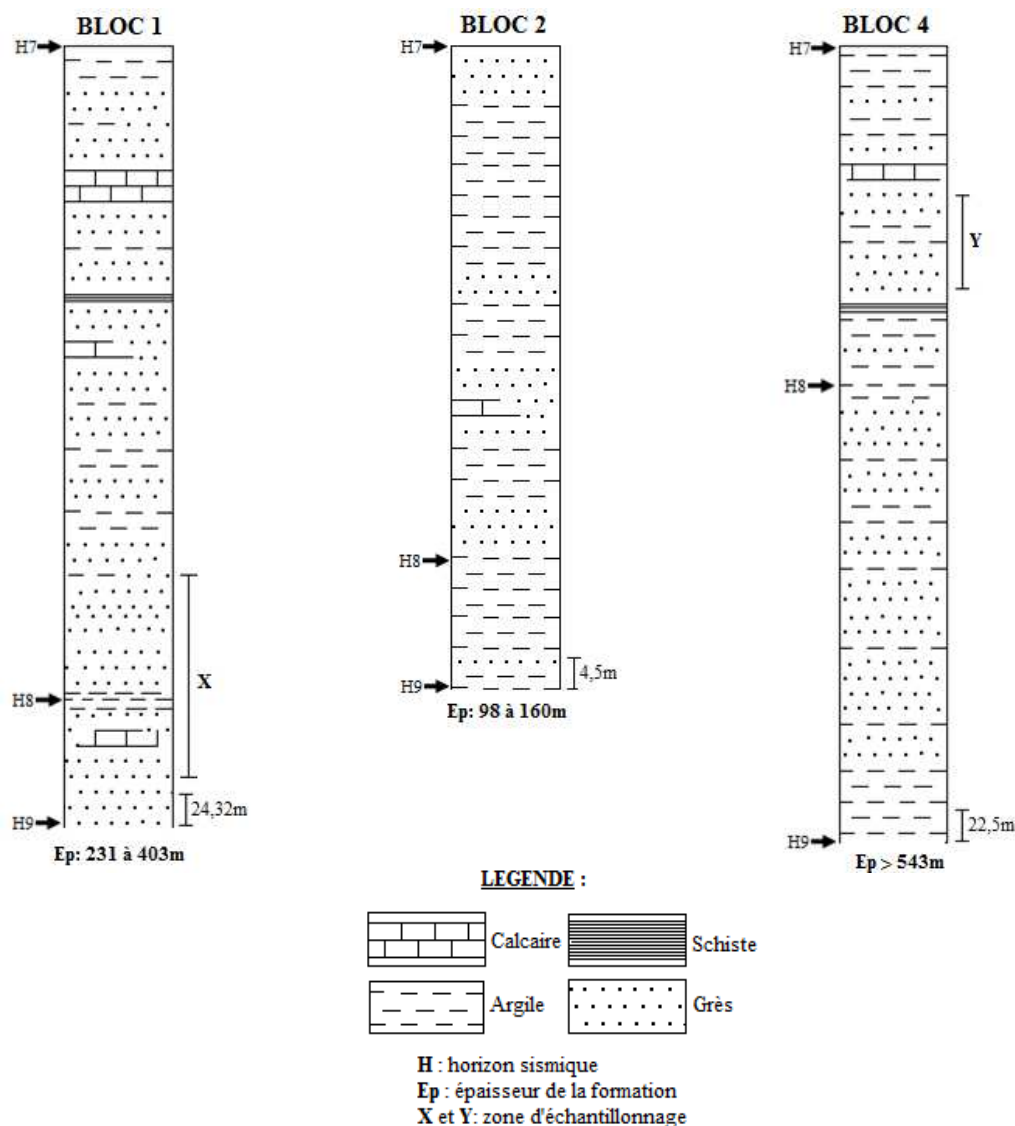


Fig. 3. Coupes lithologiques synthétiques de la formation albienne

La figure 3 montre la coupe lithologique synthétique de la formation albienne au niveau de trois blocs du BSC.

Analyse microscopique

Six lames minces ont été analysées au microscope polarisant et les résultats montrent que la lame mince confectionnée à partir de l'échantillon de roche prélevé dans l'intervalle 2600 - 2650m au niveau du puits S11 révèle une prédominance de grains de quartz anguleux (environ 70%) de différentes tailles associés à des cristaux de feldspaths potassiques (environ 5% d'orthose) tous liés par un ciment essentiellement siliceux. Le ciment est constitué de fines particules de quartz, de muscovite, de feldspath, de kaolinite, de calcite et de dolomite. Des minéraux accessoires tels que le disthène, la calcite et/ou la dolomie y sont fréquemment observés. L'analyse microscopique de la lame mince de d'un échantillon de roche prélevé à une profondeur de 2479m au niveau du puits S4 (bloc1), révèle les mêmes observations que celles faites sur la lame mince du puits S11 et qui caractérisent une roche gréseuse. Contrairement aux lames minces

précédemment étudiées, celle de issue d'un autre échantillon prélevé à une profondeur de 2660m, au niveau du puits S4 caractérisent une roche argileuse. Elle est constituée de très fines particules de quartz et de calcite. Les lames minces réalisées à partir d'échantillons prélevés dans l'intervalle 4329 - 4391m au niveau du puits Fifa1 (bloc 4) laissent voir une dominance des cristaux de quartz (environ 55%) ainsi que des feldspaths et de la calcite. La forme anguleuse des cristaux de quartz témoigne d'un transfert sédimentaire relativement court et d'un milieu de dépôt peu profond. Aussi, la présence dans la formation des minéraux comme le disthène indique que ces sédiments proviennent des roches métamorphiques notamment des gneiss et des schistes. Somme toute, on peut dire que la formation albiennaise présente deux faciès fondamentaux : un faciès gréseux qui prédomine et un faciès argileux. On y retrouve de la calcite, de la dolomie, de la muscovite et du disthène. La formation albiennaise comprend deux unités lithologiques. Une unité supérieure essentiellement gréseuse et une unité inférieure essentiellement argileuse. Les résultats pétrographiques de la présente étude corrobore les travaux antérieurs des compagnies pétrolières SAGA Petroleum et Kerr MC Gee Oil & Gas [6], [7]. Mieux, ils viennent renforcer les considérations pétrographiques de la formation albiennaise par la mise en évidence de la présence de certains minéraux du métamorphisme tel que le disthène dans les faciès gréseux étudiés. Ainsi, le présent travail a également permis de donner des indications sur l'origine des sédiments détritiques des faciès gréseux précités.

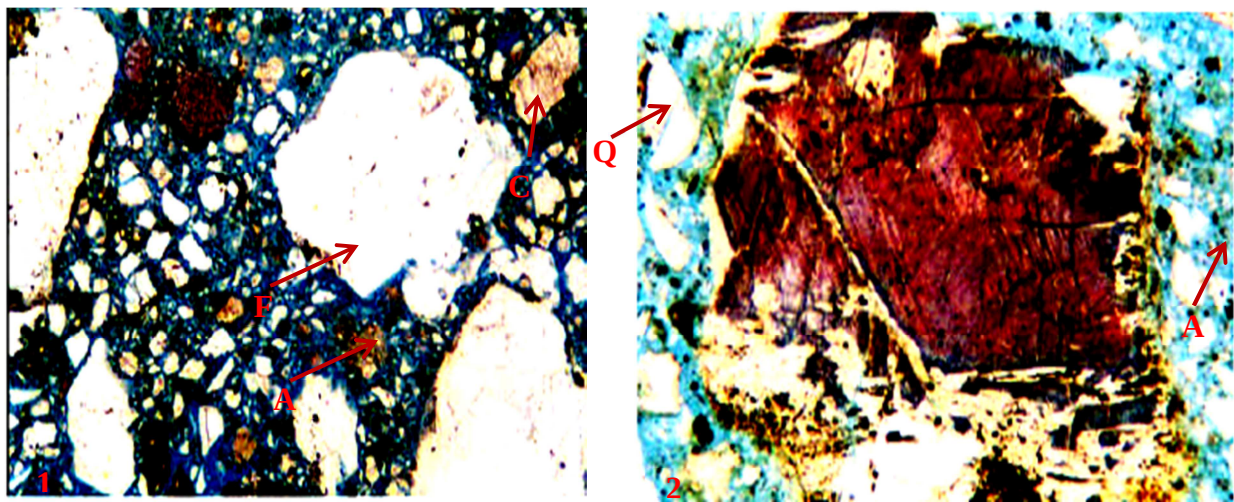


Fig. 4. Microphotographies des faciès gréseux issus de l'offshore profond

La figure 4 montre les microphotographies de lames minces de grès du puits Fifa1 observées en lumière polarisée (grossissement 400x) (1: faciès grés-argileux; 2 : faciès grés-argileux ; F:Feldspat; C: Calcite ; A : Argile; Q : Quartz).

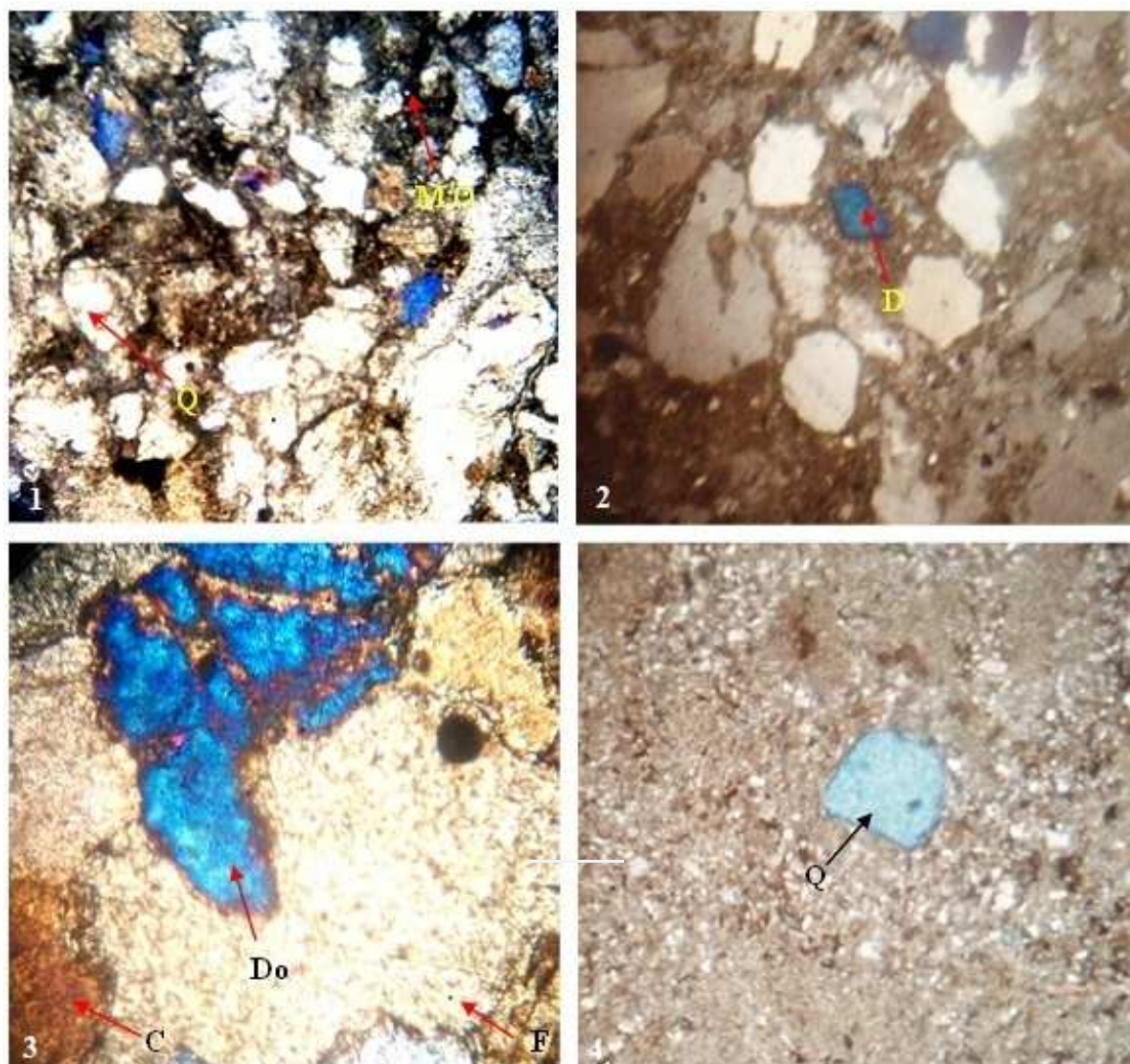


Fig. 5. Microphotographies des faciès albiens dans l'offshore peu profond

La figure 5 montre des microphotographies de lames minces d'échantillons de roches des puits S4 et S11 de l'offshore peu profond observées en lumière polarisée (grossissement 400x) (1 et 2 : faciès gréseux du puits S11 ; 3 : faciès gréseux du puits S4 ; 4 : faciès argileux du puits S4. C : calcite ; Do : dolomite ; D : disthène ; F : feldspath ; Q : quartz ; M.O : matière organique).

4.2 CARACTERISTIQUES LITHO-ACOUSTIQUES ET STRUCTURALES DE LA FORMATION ALBIENNE

L'interprétation des sections sismiques retenues pour cette étude et leur calage aux données de quelques puits a permis d'identifier trois horizons sismiques majeurs (H7, H8 et H9) marquant les limites et les caractéristiques litho-acoustiques de la formation albienne.

Tableau 1. Limites des formations et les codes de réflecteurs correspondants

Codes (horizons sismiques)	Indications	Couleur
H7	Limite supérieure	
H8	Limite intermédiaire	
H9	Limite inférieure	

Ainsi, la succession litho-acoustique de la formation albienne a pu être subdivisée en deux unités.

- Offshore peu profond

En offshore peu profond, les réflecteurs sismiques marquant les limites de la formation sont concordants suivant la direction Est-Ouest (section sismique extraite de la ligne sismique AA'). Entre ces deux limites se trouve un réflecteur bien prononcé qui sépare la formation en deux unités : c'est l'horizon sismique H8 [4]. Les réflecteurs sismiques de l'unité supérieure sont généralement continus mais ceux contenus dans l'unité inférieure sont continus à discontinus surtout dans la partie centrale de la section. Ils sont dans leur ensemble concordants, d'amplitudes variables et de fréquences moyennes à fortes. Ces caractéristiques sismiques suggèrent un mélange de dépôts fins et grossiers. Dans la zone ouest de la section sismique on note un décalage des réflecteurs ce qui montre que la formation est affectée de failles intraformationnelles simples ou conjuguées de direction NE-SW et NW-SE. La projection des données de puits rapprochés sur la ligne sismique a permis de réaliser le modèle géosismique ci-dessous. De ce modèle géosismique il ressort que l'unité supérieure de la formation est gréso-argileux tandis que l'unité inférieure est plus argileux que gréseux.

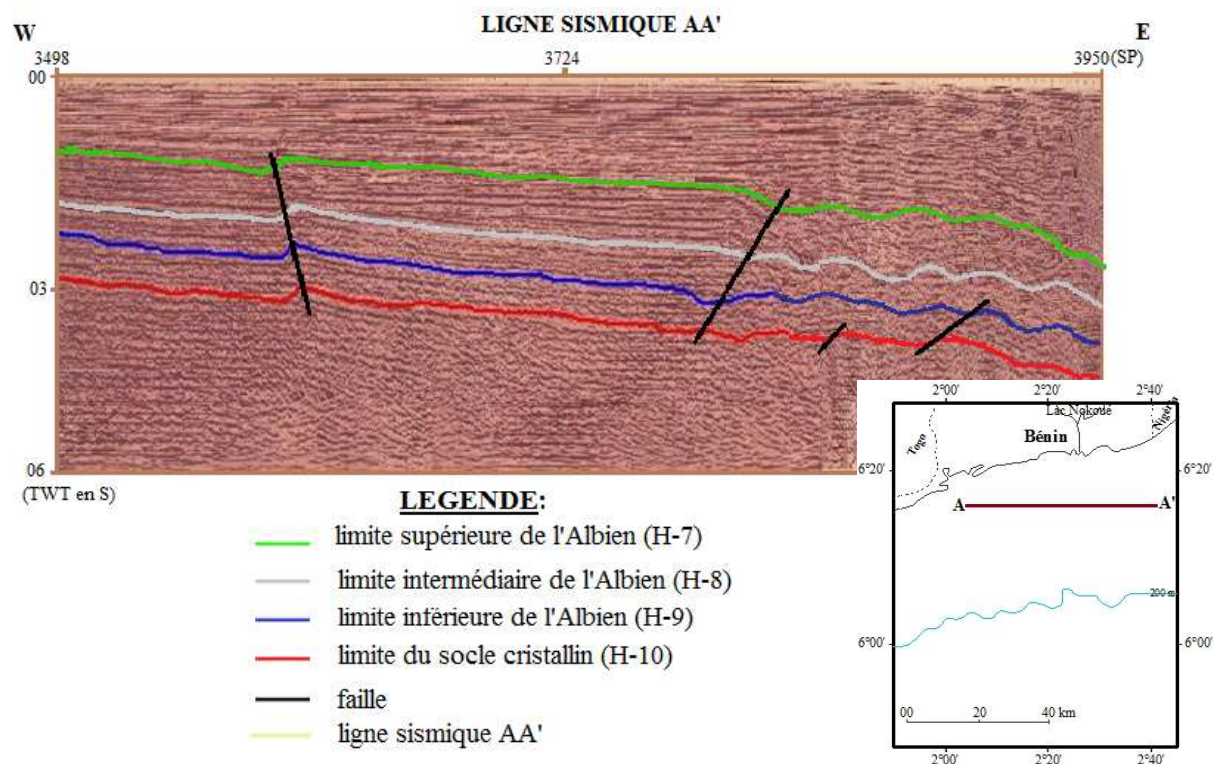


Fig. 6. Section sismique interprétée acquise en offshore peu profond (SAGA 1984, modifié)

La figure 6 montre une section extraite de la ligne sismique AA' mettant en exergue les caractéristiques litho-acoustiques et structurales de la formation albienne.

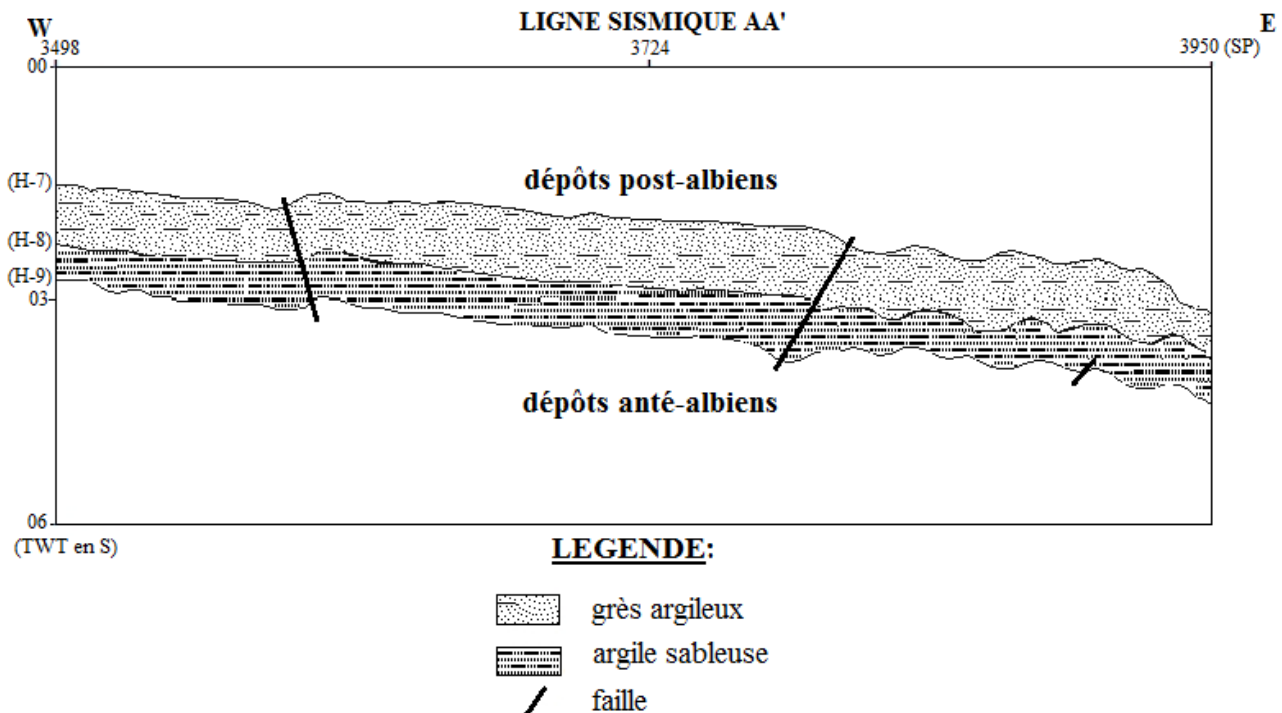


Fig. 7. Modèle géosismique de la ligne sismique AA'

La figure 7 montre le modèle géosismique de la section extraite de la ligne sismique AA'.

Suivant la direction Nord-Sud (ligne sismique CC'), les réflecteurs marquant les limites de la formation sont parallèles et convergents vers la côte mais divergents vers le large. A l'intérieur de cette limite, les réflecteurs présentent des ondulations d'ensemble. Dans la partie offshore Nord, la limite inférieure (horizon sismique H9) est un réflecteur de type biseau d'aggradation. La formation repose en discordance majeure sur le socle et de type biseau de progradation dans la partie offshore sud du bassin où elle repose sur la formation Isé. La limite supérieure (horizon sismique H7) est marquée par un réflecteur de forte amplitude. Les réflecteurs de l'unité supérieure sont concordants avec cependant de petites troncatures d'érosion (toplap). Ils sont discontinus à continus, d'amplitudes moyennes et de fréquences variables. L'ensemble des réflecteurs de l'unité inférieure se terminent en onlap dans la partie proximale du bassin et en downlap vers le large. Ces réflecteurs sont de fréquence moyenne à forte et ont une amplitude faible contrairement à ceux de l'unité supérieure. Cette variation du faciès sismique et des caractéristiques litho-acoustiques permet de distinguer deux faciès lithologiques dominants au niveau de la formation. Aussi, la forme onduleuse des réflecteurs et leur terminaison en onlap dans la partie supérieure (offshore peu profond) pourraient constituer également de véritables pièges d'hydrocarbures. Le modèle géosismique réalisé à partir des données du puits DO-D2A montre que l'unité supérieure est majoritairement gréseuse et que l'unité inférieure est argilo-gréseuse à argileux.

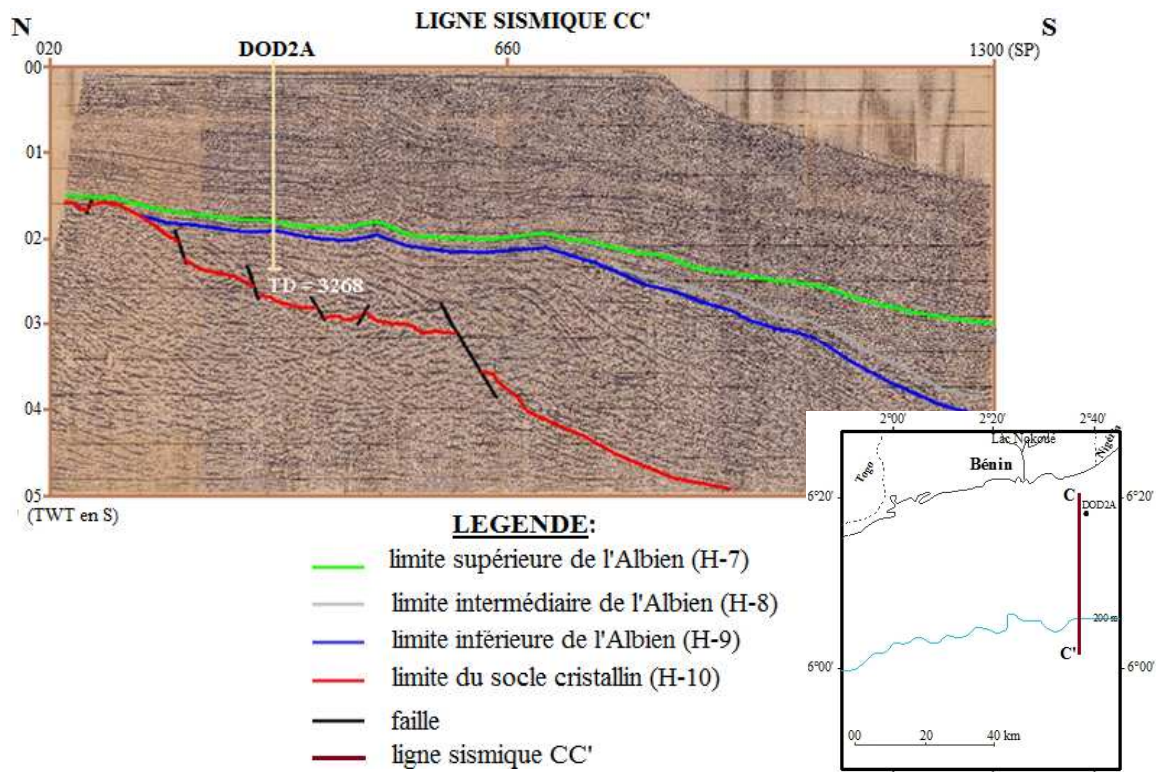


Fig. 8. Section sismique interprétée acquise en offshore peu profond (SAGA 1984, modifié)

La figure 8 montre une section extraite de la ligne sismique CC' mettant en exergue les caractéristiques litho-acoustiques et structurales de la formation albienne.

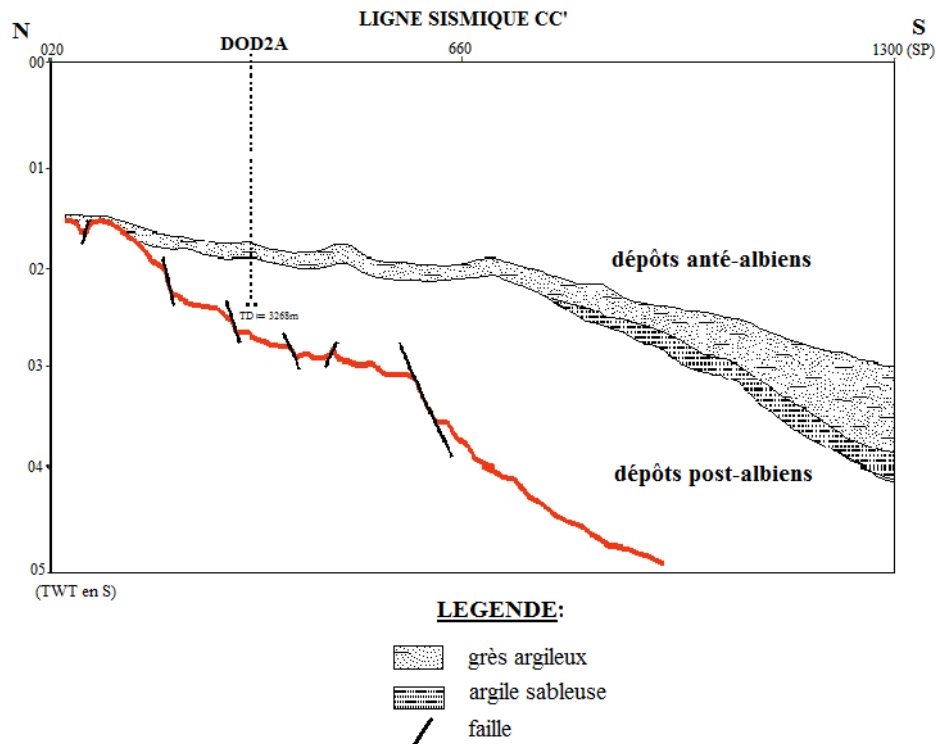


Fig. 9. Modèle géosismique de la ligne CC'

La figure 9 montre le modèle géosismique de la section extraite de la ligne sismique CC'.

Offshore profond

Dans cette zone, les limites inférieures identifiées pour la formation albienne reste hypothétique puisqu'aucun forage ne la traverse entièrement. Sur la section sismique AK orientée Ouest-Est, la formation albienne repose sur la formation Isé et par endroit directement sur le socle cristallin. Elle est caractérisée par des réflecteurs généralement concordants, continus à discontinus, d'amplitudes moyennes à fortes, dont la fréquence, forte au sommet, s'affaiblit vers la base. Les réflecteurs présentent de petites ondulations d'ensemble et changent brusquement de direction. Ces changements de direction des réflecteurs, observés vers le bas de la formation, indiquent la présence de failles. Ces failles sont des failles normales conjuguées de direction NE-SW et NW-SE affectant également les dépôts sous-jacents et même le socle. Les ondulations d'ensemble sont observées surtout dans les grabens. Les réflecteurs se terminent en biseau d'aggradation contre les failles dans les grabens et en biseau de progradation au niveau des horsts. Ces terminaisons en biseau d'aggradation pourraient constituer des pièges stratigraphiques d'hydrocarbures.

Le modèle géosismique réalisée à partir de la comparaison du faciès sismique montre que la formation est essentiellement grés-argileux avec des lentilles d'argiles d'importances variables.

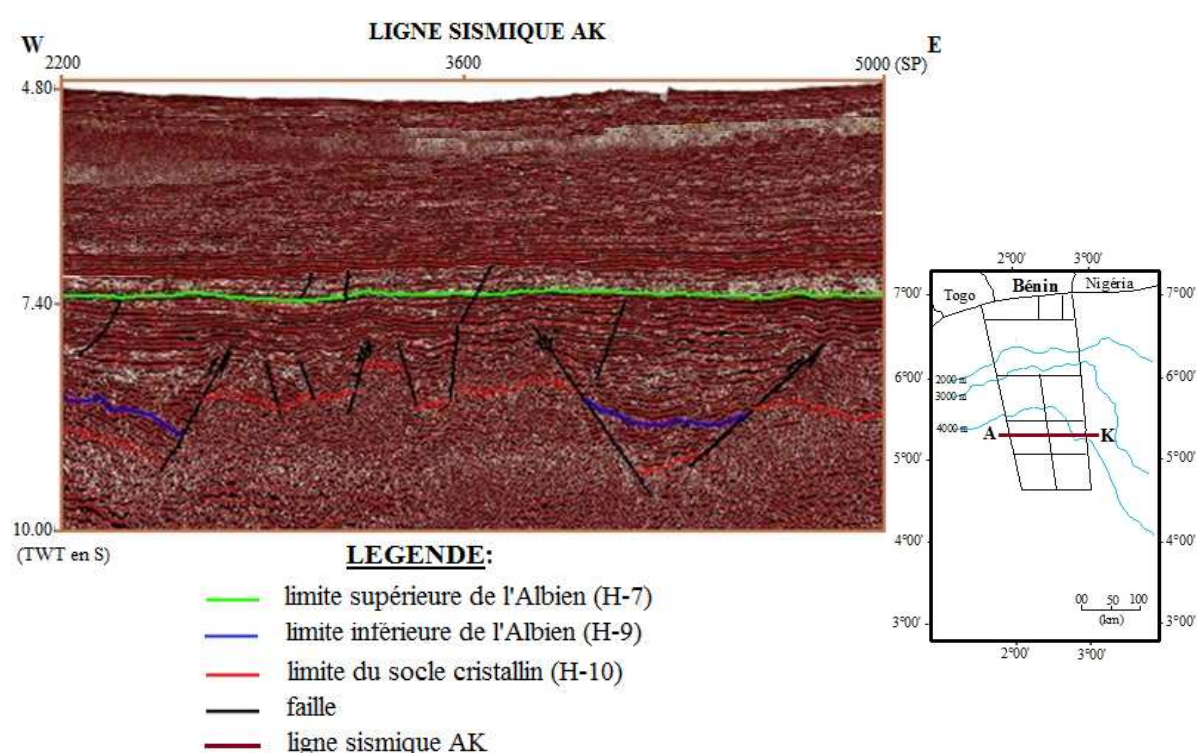


Fig. 10. Section sismique interprétée acquise en offshore profond (TGS-NOPEC 2004, modifié)

La figure 10 montre une section extraite de la ligne sismique AK mettant en exergue les caractéristiques litho-acoustiques et structurales la formation albienne.

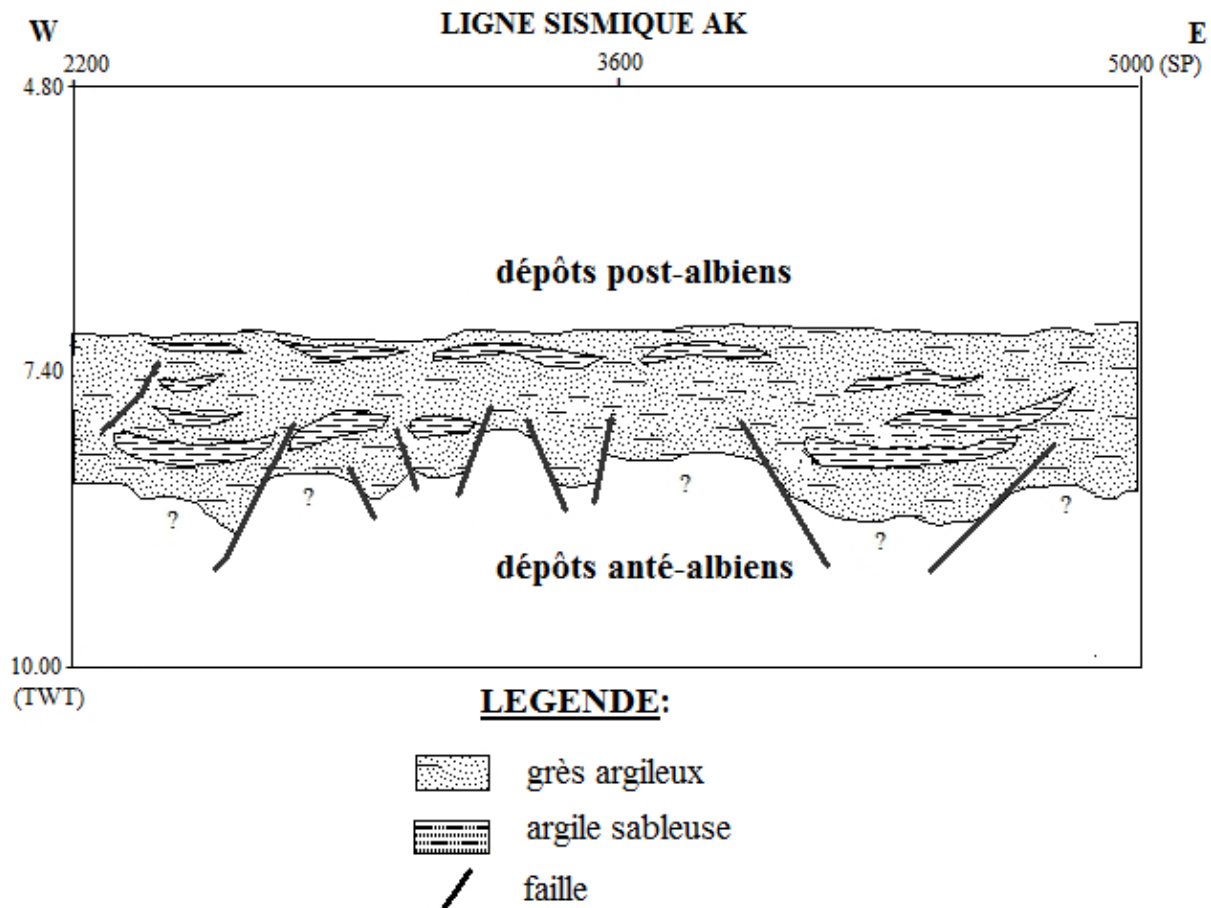


Fig. 11. Modèle géosismique de la ligne AK

La figure 11 montre le modèle géosismique de la section extraite de la ligne sismique AK.

La section sismique A'K' orientée Nord-Sud, ci-dessous présentée montre que la formation albiense repose sur la formation Isé et par endroit directement sur le socle cristallin. Les réflecteurs qui délimitent la formation sont de type biseau d'aggradation dans la partie Nord et sont de type de concordant dans la partie Sud. Ces réflecteurs sont continus et d'amplitudes élevées avec de fortes fréquences dans la partie Nord et de réflecteurs discontinus, de faibles à moyennes amplitudes et de fréquences variables dans la partie Sud en eaux très profonde. Ces caractéristiques sismiques sont indicatives d'un milieu de dépôt non marin à néritique. Les réflecteurs présentent quelques discontinuités et également de petites déformations à l'approche des zones de failles. On note l'épaississement vers le large de la formation jusque dans les eaux profondes, puis son amincissement dans les eaux très profondes. Ce phénomène de rétrécissement de la formation en eaux très profondes. Ce phénomène de rétrécissement de la formation dans les eaux très profondes serait dû à la surrection du socle cristallin au niveau de la zone de faille transformante de Chain (Okitipupa ridge). La réponse litho-acoustique de la formation montre qu'elle serait essentiellement constituée de grès et des lentilles d'argiles.

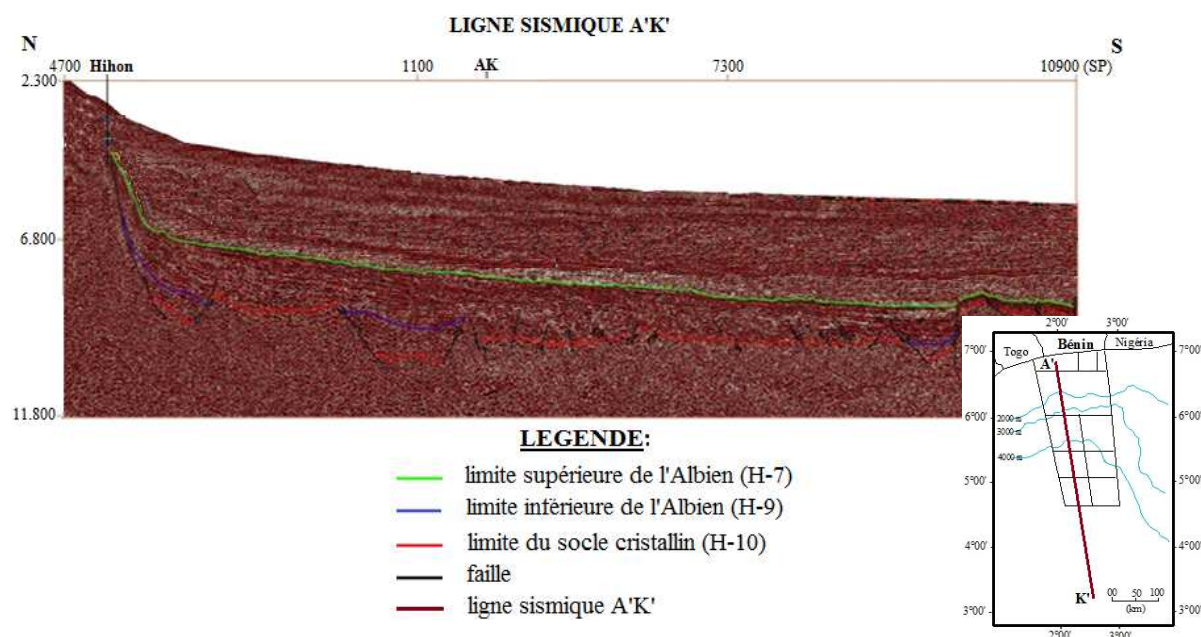


Fig. 12. Section sismique interprétée acquise en offshore très profond (TGS-NOPEC 2004, modifié)

La figure 12 montre une section sismique extraite de la ligne sismique A'K' mettant en exergue les caractéristiques litho-acoustiques et structurales la formation albienne.

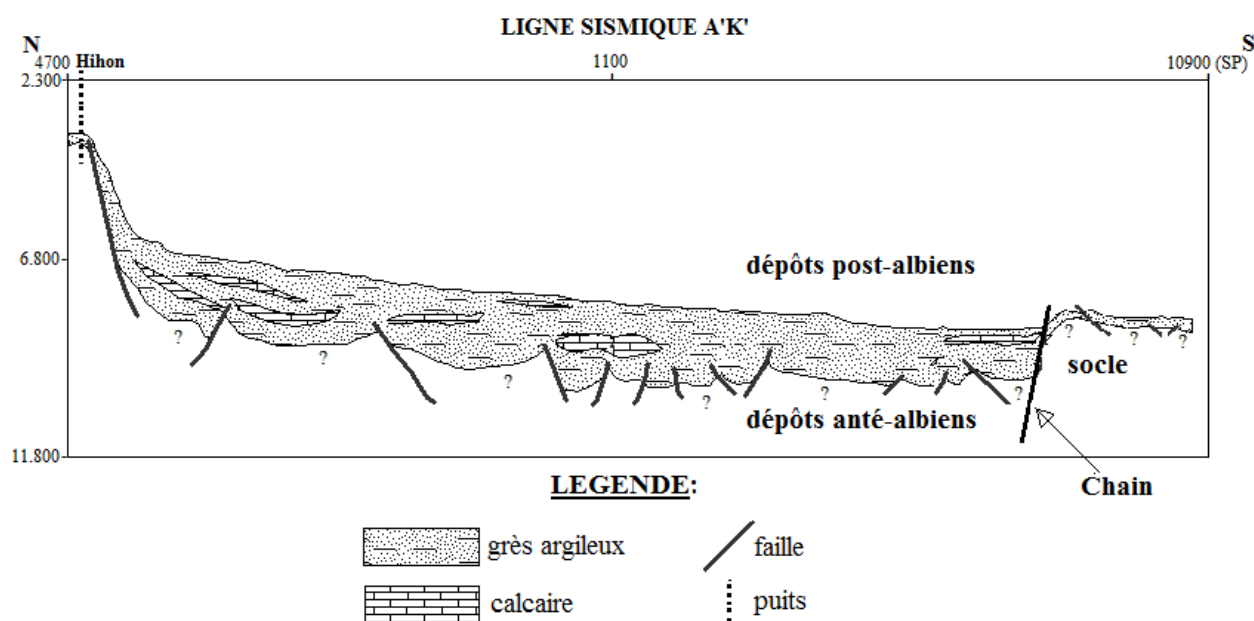


Fig. 13. Modèle géosismique de la ligne A'K'

La figure 13 montre le modèle géosismique de la section extraite de la ligne sismique A'K'.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de constater que la formation albienne est composée de deux lithofaciès : un faciès gréseux dominant et un argileux présent sous forme de couches intercalées ou de lentilles et contenant des passées de carbonates. Les niveaux gréseux sont indurés, gris à gris sombre et composés majoritairement de grains de quartz anguleux à subarrondis de différentes granulométries. Les niveaux argileux sont massifs, compacts à friables, gris sombre et parfois noirâtre.

Les caractéristiques litho-acoustiques montrent que la formation albienne est généralement continue, d'épaisseur à peu près constante et de composition lithologique peu variée selon la direction Est-Ouest. Selon la direction Nord-Sud, cette formation s'épaissit progressivement en direction du large où la teneur en argile devient plus importante avant de se réduire considérablement en eau très profonde. Dans son ensemble, la formation est affectée par des failles normales simples et conjuguées ainsi que par des failles inverses de direction NE-SW et NW-SE.

En offshore peu profond, on note la présence de structures anticlinales pouvant constituer des pièges structuraux d'hydrocarbures alors que dans l'offshore profond la configuration des réflecteurs mettent en évidence des structures lenticulaires qui laissent de supposer l'existence de pièges stratigraphiques d'hydrocarbures.

Pour se rendre compte des spécificités pétrolières de la formation albienne dans l'offshore du bassin sédimentaire côtier du Bénin, il importe de déterminer les caractéristiques pétrophysiques des faciès gréseux ainsi que les caractéristiques géochimiques des faciès argileux contenus dans cette formation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Directeur Général des Hydrocarbures et autres Combustibles Fossiles (DGHCF) du Bénin pour sa collaboration spontanée dans la mise à disposition des données ayant permis la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Brownfield M. E., and Charpentier R. R. (2006) Geology and total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa: U.S. Geological Survey Bulletin 2207-C, 52p.
- [2] MacGregor D.S., Robinson, J., and Spear, G. (2003): Play fairways of the Gulf of Guinea transform margin, in Arthur, T.J., MacGregor, D.S., and Cameron, N.R., eds., *Petroleum geology of Africa - New themes and developing technologies*: Geological Society, London. Special Publication 207, 289 p.
- [3] Kaki C., d'Almeida G. A. F., Yalo N. et Amelina S., (2012): *Geology and petroleum systems of the offshore Benin basin (BENIN-WEST AFRICA)*, 27p.
- [4] [4] Agbahoundo O. A., Aminou K., Dagba G., Magbonde L. et Salifou D., (1997) : *Potentialités en hydrocarbures du Bénin et son évaluation économique*, 15p.
- [5] BEICIP FRANLAB (1994): *Etude Géologique et Evaluation des Réserves du Champ de Sèmè*. Rapports vol.I, 157p. et Vol. II, 128p.
- [6] SAGA Petroleum A.S, (1984): *Benin Basin Evaluation*. Report, 336p.
- [7] Kerr McGee Oil & Gas (2003): *Petrographic Analysis of Selected Percussion Sidewall Core from Kaba-Atacora Prospect (Fifa#1)*. 29p.

Apport de l'Apprentissage et l'exercice d'un métier dans l'Emancipation de la jeune fille en milieu urbain à l'image de la ville de Vogan au Togo

Mafobatchie NANTOB

Docteur, Maître-Assistant, Département de Sociologie, Université de Lomé, Togo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The woman is often considered as the basis of the development without we know the ways by which she reaches there. So in certain countries as Togo, thanks to the apprenticeship, the woman, in particular the girl of today succeeds and gives way in the "society of the people", and this is true in spite of the difficulties which she faces. To encircle better the impact of the learning and the exercise of a job on the emancipation of the girl in urban zones, we were interested in the city of Vogan. Through this study, the link between the doing of a job and the emancipation of the girl is established, and we highlighted the measure at which these activities they excel.

KEYWORDS: Apprenticeship, job, feminine emancipation, urban area, Vogan.

RESUME: La femme est souvent considérée comme la base du développement sans qu'on sache les moyens par lesquels elle y parvient. Ainsi dans certains pays comme le Togo, grâce à l'apprentissage, la femme, en particulier la jeune fille d'aujourd'hui réussit et se fait une place dans la "société des hommes", et ceci, malgré les difficultés auxquelles elle fait face. Pour mieux cerner l'impact de l'apprentissage et l'exercice d'un métier sur l'émancipation de la jeune fille en milieu urbain, on s'est intéressés à la ville de Vogan. A travers cette étude, le lien entre l'exercice d'un métier et l'émancipation de la jeune fille est établi, et on a fait ressortir la mesure dans laquelle ces activités elles excellent.

MOTS-CLEFS: Apprentissage, métier, émancipation féminine, milieu urbain, Vogan.

1 INTRODUCTION

L'émancipation peut être définie comme l'action de se libérer d'une tutelle. Dans le monde actuel, c'est l'un des concepts qui constituent les thèmes de discussions simples ou de débats médiatiques. Plusieurs actions ont été menées dans ce domaine donnant lieu à une autre vision, plus positive de la gent féminine. Ainsi, la femme depuis lors reléguée au second plan, préoccupe plus de nos jours les grands penseurs. Selon cette nouvelle vision, la femme n'est plus seulement faite pour s'occuper des besoins de son foyer ; mais, a aussi besoin d'être autonome, de s'épanouir. Par le passé, la femme est restée exécutrice des ordres de son mari et ne participe pas aux discussions ni aux projets de développement (Amouzou, 2010). Mais, par la mondialisation, la femme d'aujourd'hui a de plus en plus la capacité de revendiquer ses droits et sa liberté. Pour parvenir à s'imposer et à participer au développement de sa société de façon effective, la femme a besoin d'avoir une source de revenu la rendant autonome, surtout financièrement par rapport à son mari ou à sa famille. Sur ce, elle a besoin d'apprendre un métier¹ (Descolonges, 1996) qu'elle pourra exercer en toute quiétude. En réalité l'apprentissage et l'exercice

¹ Dans le cas où elle ne peut pas aller à l'école

d'un métier constituant pour la femme un moyen de se libérer du joug familial. En définissant l'apprentissage comme « **une forme d'éducation alternée ayant pour but de donner à des jeunes de 16 à 25 ans une formation générale, théorique et pratique, en vue de l'obtention d'une qualification professionnelle sanctionnée par un diplôme ou un titre à finalité professionnelle** »², on constate qu'il peut rendre autonome toute personne qui s'y oriente. Il est donc clair que l'émancipation de la femme ou de la jeune fille peut découler de l'apprentissage d'un métier (Amouzou, 2008). On remarque alors que cette notion d'émancipation est liée à l'autonomie ; ainsi l'apprentissage doit être lié aux finances. Il faut souligner que l'exercice d'un quelconque métier ne peut conduire à l'émancipation de la femme qu'avec un revenu conséquent. On constate que beaucoup de jeunes filles s'intéressent à l'apprentissage de métiers. Alors, dans cette ambiance dynamique, les jeunes-filles des milieux urbains se voient réellement émancipées d'elles-mêmes, au lieu d'attendre un changement brusque et sans effort de la part de ceux qui luttent pour l'émancipation de la femme. C'est ce qui amène ces jeunes filles à ne pas s'arrêter à l'apprentissage d'un métier mais à l'exercer ; et, c'est d'ailleurs le plus important. En se posant la question suivante : En quoi l'apprentissage et l'exercice d'un métier contribuent-ils à l'émancipation des jeunes filles des milieux urbains ? On suppose au début de cette étude que l'apprentissage et l'exercice d'un métier ont beaucoup d'impacts positifs sur la vie de la jeune fille citadine et entraîne son émancipation dans sa stratégie d'insertion urbaine. De ce fait, cette fille occupe-t-elle aujourd'hui une bonne place dans nos sociétés modernes ? Les jeunes filles des milieux urbains, portent-elles un intérêt réel à l'apprentissage ? Celles qui ont appris un métier, l'exercent-elles ? L'apprentissage et l'exercice d'un métier, conduisent-ils à une émancipation effective des jeunes filles en ville ? Face à ces questions constituant la problématique de cette recherche, on a formulé des hypothèses comme : la jeune fille est mieux vue dans nos sociétés modernes ; les jeunes filles des milieux urbains s'intéressent à l'apprentissage et mettent tout en œuvre pour exercer le métier appris ; à travers l'exercice d'un métier, les jeunes filles de milieux urbains se voient émancipées. De façon objective, cette étude permet d'identifier la place qu'occupe la jeune fille d'aujourd'hui dans sa société, relever l'intérêt et expliquer l'engouement que les jeunes filles en ville portent sur l'apprentissage et l'exercice d'un métier, dégager le lien entre l'exercice d'un métier et l'émancipation des jeunes filles des milieux urbains. Les informations recueillies dans cette étude sont exposées en trois points à savoir la place de la jeune fille dans les sociétés modernes togolaises (I), les jeunes filles des milieux urbains et les métiers artisanaux et le cursus de l'apprentissage à l'émancipation de la jeune fille. Pour ce faire, ce travail a nécessité une bonne méthodologie d'approche.

2 MÉTHODOLOGIE

Pour mieux cerner les points saillants de la problématique et les présenter de façon plus ou moins fidèle, on a fait usage de différentes approches à savoir : l'approche quantitative, l'approche qualitative, la revue documentaire et l'observation (Grawitz, 1993).

Des questionnaires ont été conçus dans le cadre des enquêtes statistiques (approche quantitative). En effet on a eu à adresser des questionnaires préalablement établis à des jeunes filles de la ville de Vogan³, qui constituent notre population-cible.

On a aussi, à base de guides d'entretiens, posé quelques questions aux enquêtés dans le but d'avoir plus de précision et d'approfondissement sur le sujet. Pour plus de précision, on a assisté certaines jeunes filles de la ville de Vogan dans l'exercice de leurs métiers.

Persuadés de n'avoir pas eu toutes les informations sur la problématique à partir des seules enquêtes, ni d'avoir cerné le sujet dans sa totalité, on a fait recours à la documentation appropriée qui contiennent les éléments nécessaires pour ce thème.

3 LA PLACE DE LA JEUNE FILLE DANS LES SOCIÉTÉS MODERNES TOGOLAISES

Jusqu'à une ère récente, quelque soit sa société d'appartenance, la femme a été considérée comme mineure vis-à-vis de la loi et ne jouit d'aucun droit. De part dans le monde, précisément dans les pays africains à l'instar du Togo, même dans les milieux urbains, cette conception était aussi accentuée. C'est un milieu où est développé le commerce, contrairement aux milieux ruraux où l'agriculture constitue l'activité principale des habitants. Jusque-là, le garçon a toujours été considéré

² Microsoft ® Encarta ®2009. © 1993-2008 Microsoft corporation

³ L'une des villes du Togo, située sud-est du pays

comme le pilier de la famille, et la fille de son côté a été maintenue au dernier rang à tous égards. Néanmoins il existait aussi en ces temps à travers le monde, quelque rares femmes (du moins dans la Grèce antique) qui jouissaient de droits. C'est le cas de la Poétesse Sappho, dont l'influence intellectuelle est majeure dans le monde grec du VII^e siècle av. J.-C. et de Cléopâtre qui régnait seule sur le royaume Lagide au I^{er} siècle avant notre ère⁴. Même si la femme a été brimée pendant des siècles, elle bénéficie aujourd'hui d'une émancipation effective à travers plusieurs activités. En Afrique, avec l'avènement de l'école, tout a évolué dans les différents pays, surtout au Togo. Parce que les populations ont commencé par s'instruire en commençant par les hommes, et ensuite les femmes ; les mentalités changèrent peu à peu. Au fil du temps, avec les efforts fournis par l'état dans le domaine éducatif, les parents ont pris conscience des avantages de l'éducation scolaire et effectuent depuis lors l'inscription de leurs enfants à l'école. Malgré cette prise de conscience, les jeunes filles sont restées les *"bonnes de maison"*⁵ et ont été pendant longtemps exclues du système éducatif (Amouzou, 2010 : idem). Le slogan fétiche était : « Une fille à l'école, ça n'aboutira à rien. »⁶ Elles restaient à la maison pour s'occuper de la cuisine et veiller à ce que le déjeuner ou le dîner soit prêt avant le retour des garçons de l'école. Plus tard, et surtout avec les années 1980, les mentalités changent et les filles aussi finissent par trouver de place dans les établissements scolaires. C'est ainsi que les femmes ont eu la possibilité de faire des études et d'exercer des professions, jadis réservées aux hommes.

Aujourd'hui, si au Togo, beaucoup de femmes peuvent conduire une moto ou une voiture, mieux encore des engins lourds, c'est que la femme occupe maintenant une bonne place dans les différentes sociétés. Ceci se fait mieux voir au niveau des familles où les femmes exercent une profession, la plupart du temps fruit de leurs études et de l'acquisition de leurs diplômes (Amouzou, 2008 : idem). Ainsi, à travers une petite enquête, on a recueilli des propos qui montrent comment la femme peut être mieux vue en exerçant une profession. Une enquêtée, femme d'instituteur et mère de quatre(4) enfants confie ceci :

« Si seulement mes parents m'avaient soutenue...je n'ai pas pu avancer dans les études sinon faute de moyen, et pourtant j'avais de très grands rêves qui se sont transformés en cauchemars lorsque j'ai été obligée de me contenter de mon petit bazar pour arriver à aider mon mari dans les dépenses de la maison », elle ajoute : « Puisque moi je n'ai pas pu faire d'études supérieures, je fais tout pour que mes enfants le fassent et aillent le plus loin possible ; surtout mes filles » (Propos recueillis lors des entretiens individuels de terrain, février 2016).

Dans les discussions avec cette femme, on lui a posé une question pour avoir son avis sur la place qu'occupe la femme dans les sociétés d'aujourd'hui, et elle répond en disant : *« Selon ce que je vois dans le quartier ici, et surtout à la télé, les femmes occupent une bonne place au Togo aujourd'hui, elles ont de bons boulots surtout. Mais pour ça, elles ont fréquenté beaucoup »* (Propos recueillis lors des entretiens individuels de terrain, février 2016). Ceci montre l'importance de l'école et l'éveil de la conscience sur l'éducation scolaire dans la marche vers une émancipation totale de la gent féminine à travers l'exercice d'une profession. Néanmoins, tout comme il est vrai que l'école a beaucoup contribué si l'on considère la capacité de la femme à travers l'émancipation des jeunes filles d'aujourd'hui dans les sociétés modernes, il est aussi juste de savoir que l'école n'est pas la seule institution capable de faire progresser ou propulser la jeune fille et la rendre indépendante. Car, les jeunes filles n'ont pas toutes les mêmes capacités intellectuelles, ni les mêmes conditions sociales et familiales. C'est ainsi que celles qui ne peuvent pas aller à l'école se dirigeront vers les centres d'apprentissage.

4 LA JEUNE FILLE DES MILIEUX URBAINS ET LES METIERS ARTISANAUX

L'artisanat est un travail souvent manuel et traditionnel, reconnu par la société et dont on peut tirer les moyens de subsistance. Il permet aux jeunes qui ne sont plus en âge ou n'ont pas la capacité nécessaire pour profiter d'une éducation scolaire de pouvoir subvenir à leurs différents besoins. Ces jeunes, dont la plupart sont des filles se voient orientés vers l'apprentissage des métiers, souvent artisanaux. Ici, dans le cas des jeunes filles, essentiellement de milieux urbains, le choix du métier a souvent été effectué par les parents, soit parce que tel métier procure beaucoup de revenus financiers, soit parce que tel autre métier ne pilule pas encore et les spécialistes sont très recherchés. Pour cette frange féminine, l'apprentissage d'un métier constitue un moyen de s'affirmer sur le plan socioprofessionnel et s'auto-assurer par le fait que

⁴ Microsoft ® Encarta ©2009. © 1993-2008 Microsoft corporation (Histoire des femmes)

⁵ La place insignifiante donnée à la femme dans les milieux ruraux

⁶ Sous l'Orage, Seydou Badian

l'Homme se sente en sécurité lorsqu'il est impliqué dans un réseau relationnel, « niche sociale »⁷ à laquelle il s'identifie (Leplat et al., 1970)

Pour leur apprentissage, les jeunes filles à l'instar de celles de la ville de Vogan sont obligées sont confrontées à beaucoup de difficultés à commencer par le manque de soutien financier. Elles décident alors de chercher d'autres moyens de survie comme le commerce ou l'aide-ménager communément appelé « *bonne ou domestique* » afin, de rassembler un peu de fonds pour les frais d'apprentissage et les autres frais. L'une de nos enquêtées vivant dans ce cas et ayant 16 ans s'est confiée en ces termes : « *mes parents n'avaient pas les moyens pour m'aider, je n'avais personne j'ai décidé de travailler chez une famille pour que, après quelques années je rassemble de l'argent. C'est comme ça que j'ai fait pour apprendre mon métier* » (Propos recueillis lors des entretiens individuels de terrain, février 2016). Une autre plus âgée de 24 ans renchérit en ces termes : « *moi, j'étais chez mon oncle. Il était un père de famille. Sa femme me traitait comme leur bonne. Ce qui faisait que c'est moi qui allais tardivement au service* » (Propos recueillis lors des entretiens individuels de terrain, février 2016). Quelques fois, elles sont obligées de subir toutes sortes d'atrocités de la part des personnes sur qui elles comptent pour les aider. En partant de ces difficultés on s'est demandé si toutes les jeunes filles qui apprennent un métier arrivent à l'exercer.

Exercer le métier appris, implique la mise en œuvre de plusieurs facteurs surtout le soutien financier et la mise en confiance par son entourage dont principalement la famille. A ce prix, on choisit une activité et on s'y défend. Dès lors que des acteurs occupant certains postes se regroupent pour définir et défendre leurs rôles, débattent et tentent de stabiliser des savoir-faire spécifiques, et font l'effort d'encadrer l'accès au marché du travail en revendiquant une identité spécifique, se reconnaissant entre eux et vus comme tel par les autres, on peut alors parler de métier (Descolongs, 1996, idem). Ainsi, le tableau ci-après illustre le pourcentage des jeunes filles qui exercent leur métier à l'issue de leur apprentissage.

Tableau n° 1 : Répartition des jeunes filles exerçant le métier appris selon leurs âges

Exercice du métier appris Ages	OUI		NON		TOTAL	
	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
19 à 22 ans	11	10	33	30	44	40
23 à 26 ans	33	30	11	10	44	40
27 et plus	22	20	0	0	22	20
Total	66	60	44	40	110	100

Source : Enquête de terrain, février 2016

La majorité des filles enquêtées (60%) exerce le métier appris, et elles sont plus nombreuses entre 23 et 26 ans d'âges. En termes d'âge, on constate que la grande partie de notre échantillon est composée de filles dont l'âge est compris entre 19 et 26 ans, et une faible partie concernée par les métiers (20%) est âgée d'au moins 27 ans. On constate un engouement pour l'exercice d'un métier pour la tranche d'âge des jeunes car les données montrent que les plus jeunes sont plus nombreuses à exercer leur métier à cause du manque de moyens et du fait qu'elles se situent dans la fleur d'âges où l'on pense plus à réussir son avenir. Ceci explique qu'elles se retrouvent dans les marchés ou d'autres activités à la recherche de l'argent afin de s'installer. La plupart de celles âgées de 27 ans et plus ont réussies à s'installer et exercer leur métier grâce à l'appui financier de leurs époux, dans le souci de leur attribuer une fonction rémunératrice et une identité professionnelle.

De ce fait, pour qu'un métier apparaisse et se développe à partir d'un poste, il faudrait, selon Latreille (1980)⁸, que trois conditions soient réunies : existence d'une formation spécifique, reconnaissance du métier par autrui et regroupement des personnes concernées. On créerait donc des métiers quand des gens d'un même domaine se regroupent pour négocier la définition des rôles, des tâches, des savoir-faire et connaissances que les candidats au métier doivent développer et ce, pour sortir de la polyvalence indifférenciée, indistincte (opposition entre polyvalence et métier). En effet, un métier « stabilise une spécificité sur le plan des activités professionnelles ». Latreille (1980, idem) souligne ainsi le grand rôle des groupes dans la constitution d'un métier qui, n'existe en tant que tel que par la revendication et l'appropriation de son identité.

⁷ AMOUZOU ESSE, 2010

⁸ Latreille G., *La naissance des métiers en France*.

Toutefois, la question de l'identité reste particulièrement difficile à traiter. D'après le modèle fonctionnaliste des professions, le sentiment d'identité découle du sentiment d'appartenance à une profession socialement indispensable, d'une longue socialisation et de l'usage d'un vocabulaire particulier, le tout constituant un espace social identifiable. Toutefois, Dubar (1994), affirme que « l'identité de métier est plus complexe qu'il n'y paraît ». Il y a donc deux processus identitaires : une dimension biographique et une dimension institutionnelle. Dubar s'inspire de cette tradition pour construire son modèle des identités au travail. Il associe les processus biographiques de construction d'une « identité pour soi » et les mécanismes structurels de reconnaissances des « identités pour autrui ». Les formes identitaires se situent donc à l'intersection des constructions biographiques voulues (identité que je me donne) et des processus relationnels de reconnaissance par autrui, plus subis (identité que l'on me reconnaît). Dès lors qu'elles s'affirment dans un métier, où elles se spécialisent à mesure du temps d'exercice, la recherche s'oriente sur le processus d'émanation de l'émancipation tant recherchée par la gent féminine.

5 DE L'APPRENTISSAGE A L'EMANCIPATION DE LA JEUNE FILLE

L'apprentissage d'un métier a des étapes qu'il faut suivre l'un après l'autre. La première étape consiste à remplir une fiche qui montre l'approbation du règlement intérieur de l'atelier. Après quelques mois d' « essayage », arrive l'étape de la signature du contrat. C'est au moment du contrat qu'on précise le nombre d'années d'apprentissage. Les apprentis ont une durée d'apprentissage qui n'est pas la même, elle varie selon le type du métier. Si c'est la couture simple, il faut trois ans, haute-couture (Homme-Damme) cinq ans ; pour la coiffure l'apprentie doit faire trois ans pour finir et cinq ans si l'esthétique (soins de visage, pédicure-manucure) y est associée. C'est en ce moment qu'on précise le statut matrimonial (dame ou demoiselle) car les demoiselles ne sont pas autorisées à porter une grossesse pendant leur apprentissage sous peine d'amendes. La troisième étape est celle du passage de l'examen de fin d'apprentissage qui, pose assez de difficultés aux apprenants et leurs patronnes. Au niveau des apprenties, les conduites disciplinaires à savoir, se soumettre à la patronne et être à sa merci, rejaillissent pour les règlements de comptes. Une indiscipline peut entraîner une disqualification de candidature pendant le nombre d'années nécessaires pour le règlement du litige. Ceci constitue l'une des raisons de l'implication actuelle jugée parfois tardive de l'Etat pour les examens de fin en délivrant aux méritants leur Certificat de Fin d'Apprentissage qui, leur donne accès à beaucoup d'opportunités.

Ainsi, l'apprentissage est un processus par lequel les jeunes tout comme les adultes, bref tout être humain parvient à l'acquisition de quelque chose de nouveau en termes de connaissance ou de savoir-faire, de compétences pouvant permettre de se spécialiser dans un domaine précis. Il n'est pas à cet effet un processus de transmission de la vision trop réductrice, mais surtout un processus de transformation de la connaissance. Il y a là, en effet, de la part de l'apprenant un travail d'appropriation qui se met en place et de la part du formateur un travail spécifique pour favoriser cette appropriation. Aussi, on conçoit que dans tout processus d'acquisition de connaissances ou d'aptitudes, de compétences, de savoir-faire, savoir-être, le contenu de l'apprentissage doit être pris en compte, de même que la situation d'apprentissage, les motivations, les relations au savoir, au groupe ; c'est ainsi qu'entrent en ligne de compte une multitude de contextes relationnels, organisationnels et des variables leviers et des variables freins qui ne doivent pas être négligées.

Dans les années 40 et 50, les travaux behavioristes sur l'apprentissage sont en pleines explosions et ont lancé toute une série d'études complexes sur la perception, la motivation, le langage, l'attention de l'apprenant. Selon le principe de la théorie behavioriste, l'apprentissage est une modification du comportement provoquée par des stimuli venant de l'environnement. Ce « conditionnement » pousse Skinner (1974) à proposer une méthode pédagogique où sont pris en compte ces stimuli. Il soutient l'idée que l'apprentissage peut être obtenu selon un système de récompenses ou punitions résultants de renforcements positifs ou négatifs. Il estime ainsi que l'individu aura tendance à adopter un comportement lui permettant d'éviter les renforcements négatifs et d'augmenter la survenue de renforcements positifs. Sur cette même base, Hull (1943), développant la notion de motivation, y ajoute des variables supplémentaires et intermédiaires entre stimuli et réponses qui agissent sur l'apprentissage : ce sont « *la force de l'habitude* » et « *la motivation à agir* ». Les pratiques qui sont alors mises en place sous le nom « *d'enseignement programmé* »⁹ consistent à proposer à l'apprenant des tâches de complexité croissante en fonction des réponses chaque fois données. L'objectif annoncé par cette doctrine est de modifier certains comportements ou modes de penser jugés inadaptés à l'apprentissage. L'un des premiers courants à s'opposer

⁹ Méthode d'enseignement, organisée selon une suite d'étapes progressives et sur des programmes individualisés.

vivement à la notion de conditionnement prévalant dans les théories béhavioristes est la "Gestalt théorie" ou « *psychologie de la forme* »¹⁰. Cette théorie, développe l'idée selon laquelle la résolution d'un problème d'apprentissage ne résulte pas de simples conditionnements mais suppose aussi et surtout qu'elle résulte de la compréhension de schèmes d'action complexes articulés entre eux. Ainsi, l'apprentissage est d'abord le fruit d'une période de tâtonnements, suivi d'une phase courte de réflexion puis d'une compréhension de la solution. La psychologie du développement de Piaget (1988) rejoint cette conception. Piaget insiste sur le fait que ce processus ne se fait ni automatiquement ni isolément : il est le fruit d'une intégration sociale au sein d'un groupe culturel précis. Si apprendre est une auto-transformation, un acte individuel, cette évolution ne peut se réaliser sans l'intervention active de tiers compétents porteurs de normes, de règles et de valeurs particulières. Cette conception est enrichie par Bruner (1996) qui ajoute que ce sont les composantes culturelles, psychologiques et sociales de ces interactions qui déterminent le déclenchement et la poursuite des apprentissages. Ces théories à la fois constructivistes et interactionnistes signalent ainsi que : premièrement, l'apprenant est un sujet actif et deuxièmement, il agit et réagit en fonction de son environnement tel que le formateur, le groupe social d'appartenance et le contexte général de l'apprentissage. Enfin la théorie de l'apprentissage social de Bandura (1995) désigne aussi trois procédures d'acquisition qui ont leur source dans l'entourage de l'individu : l'apprentissage dit vicariant résulte de l'imitation par l'observation d'un congénère qui exécute le comportement à acquérir entre autres le formateur ou membre leader du groupe ; la facilitation sociale désigne l'amélioration de la performance de l'individu sous l'effet de la présence d'un ou de plusieurs observateurs ; ce qui conduit à privilégier dans de nombreux cas les formations en groupe, enfin, l'anticipation cognitive est l'intégration d'une réponse par raisonnement à partir de situations similaires, ce qui conduira aux méthodes de l'éducabilité cognitive, essentiellement mise en place à l'intention des adultes. Bruner (1996, idem) y ajoute un élément supplémentaire : le rôle joué par « l'ambiance culturelle » de l'individu. Son apprentissage et la réussite de celui-ci dépendent aussi de la culture ethos habitus, système symbolique dans laquelle évolue l'individu. L'apprentissage est ainsi d'après notre étude un processus d'acquisition de savoir-faire par l'apprenant dans le but d'augmenter ses performances professionnelles ou personnelles afin de répondre à un besoin de reconnaissance sociale, de mieux-être ou de bien-être personnel. Etant en possession d'un savoir-faire, lui permettant surtout d'être autosuffisante sur le plan financier, la femme peut se libérer du joug familial surtout si lorsqu'elle subit toute sorte d'atrocité parce que dépendant totalement du budget de son mari ou de sa famille. L'émancipation est ici l'acquisition de la liberté exemptée de contrainte. Une liberté qui confère à la femme par exemple au début du XXème siècle le droit à la parole et de s'épanouir. Elle confère à la femme un certain pouvoir de prise de décision conformément au principe du droit humain. Ainsi chaque femme est obligée de se conformer aux manières admises par la modernité. C'est dans ce sens que Sofia Tartilan (1877) souligne que « *Nous voulons une femme éclairée, instruite, apte pour tout. (...) pour nous, la véritable émancipation consiste à secouer l'abominable joug de l'ignorance, qui nous rend aujourd'hui esclaves de l'homme, de la société, des préoccupations et du fanatisme. (...) le premier droit que nous devons obtenir est l'instruction, car nos qualités intellectuelles sont aussi aptes à recevoir la lumière de la vérité et de la science que celles des hommes.* » Cette affirmation de Sofia T. montre que l'émancipation de la femme l'écarte de l'ignorance et de plusieurs maux qui empêchent son épanouissement. De plus, Sarah et all. (1993) soulignent également que les femmes doivent apprendre à affronter la réalité au lieu de se soumettre. A travers ces différents auteurs nous pouvons dire que l'émancipation est l'épanouissement et l'autonomisation de la femme à travers son emploi. L'enquête révèle que cet apprentissage rapporte beaucoup pour celles qui l'exercent et c'est grâce à son revenu qu'elles arrivent à s'autonomiser. Une enquêtée disait qu'elle est orpheline des deux parents et c'est grâce à ses machines qu'elle survie.

A partir de l'apprentissage, elles arrivent à se défendre sur tous les plans et se faire valoir parce que désormais, elles ont acquis beaucoup de connaissances dans les ateliers. Sur le plan socioculturel elles ne sont plus victimes des pratiques comme le mariage forcé, l'entrée au couvent et le lévirat. Désormais elles peuvent prendre la parole en public et aux côtés des hommes. Sur le plan matrimonial et conjugal elles apportent leur concours. Economiquement, elles arrivent à s'auto-suffire et prendre en charge les dépenses familiales. Une de nos enquêtée s'est confiée en ses termes « *mon mari travaille par saison, il y a des moments durant lesquels il ne perçoit rien. C'est à moi d'assumer les loyers et le bien-être de ma famille* » (Propos recueillis lors des entretiens individuels de terrain, février 2016). Pour ce faire, on constate qu'il y a d'autres changements qui s'opèrent chez les femmes. Elles arrivent aussi à apprendre « les métiers des hommes »¹¹ comme : La menuiserie, la pâtisserie, la mécanique, la plomberie. A titre illustratif, on a au Togo, l'entreprise CECO BTP¹², où les filles sont

¹⁰ Méthode psychanalyste dont les soins passent par le rappel à la conscience des besoins insatisfaits (les « *gestalts inachevées* ») afin de rendre au patient sa totalité, son unité.

¹¹ Ces métiers étaient seulement destinés et réservés aux hommes, parce que nécessitant une grande force physique

¹² Consortium des Entreprises de Construction Bâtiment et Travaux Publics

nombreuses à être des ingénieurs en génie civil et à conduire des tracteurs et engins lourds. Ces dernières se sentent émancipées et ne constatent rien d'extraordinaire dans l'exercice d'un métier qui nécessite beaucoup de « forces physiques », d'où, on a cherché à avoir leur perception de l'émancipation féminine et ce surtout par rapport au milieu social.

Tableau N° 2 : Répartition des jeunes-filles selon leurs niveaux d'études et leurs perceptions de l'émancipation

Niveau d'instruction \ Perception de l'émancipation	Bien		Mal		TOTAL	
	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
Non scolarisée	33	30	0	0	33	30
Primaire	44	20	0	0	44	40
Collège	22	20	0	0	22	20
Lycée	11	10	0	0	11	10
Total	110	100	0	0	110	100

Source : Enquête de terrain, février 2016

Ce tableau révèle que sur 110 jeunes filles interrogées, aucune d'elle ne pense que l'émancipation de la jeune-fille constitue un handicap pour son milieu social, soit 0%. Au contraire, toutes les filles, soit 100%, affirment que l'émancipation de la jeune fille constitue un atout incontournable pour elles-mêmes et le développement de leurs milieux. Quelque soit leur niveau d'instruction, elles ont une perception positive de l'émancipation, mais elles reconnaissent que c'est par le fruit de leur travail que cela est possible.

Grâce à l'apprentissage, et surtout par l'exercice d'un métier, les jeunes filles sont devenues des femmes émancipées. Cela devient très spectaculaire avec les femmes présentant un handicap dont le cas d'une enquêtée rencontrée sur le terrain lors de la collecte des données. Son fauteuil roulant ne l'a pas empêchée d'apprendre un métier et de l'exercer, d'aller loin dans sa carrière et ainsi devenir un modèle pour sa génération et pour sa société. Cependant, il faut rappeler que l'apprentissage n'est pas le seul moyen pour s'émanciper. L'éducation scolaire débouchant sur l'acquisition de diplôme et un emploi, le commerce et bien d'autres activités génératrices de revenus le sont aussi. On retient donc que l'émancipation fait du bien à la gent féminine car elle ressort comme un système qui l'épanouit. Les enquêtés ont aussi parfois relevé le fait que s'émanciper ne revient pas de leur côté à manquer de respect aux hommes, mais plutôt à lutter ensemble, chacun constituant un soutien de tous ordres pour l'autre.

6 CONCLUSION

L'apprentissage, eut égard à tout ce qui précède, contribue à l'émancipation de la jeune fille. Même s'il y a des années la jeune fille ne pouvait pas décider pour sa propre vie, aujourd'hui, elle opère des choix et décide de la carrière qu'elle veut embrasser dans la vie. C'est ainsi que s'élargie le champ d'émancipation de la femme. Mais il faut savoir que l'émancipation de la jeune fille au Togo, même dans les milieux urbains n'est pas encore totale. Pour que cette émancipation et l'indépendance par rapport à la famille soit effective, la jeune fille doit être soutenue et accompagnée dans ses diverses activités. Organiser des séances de sensibilisation, encourager l'éducation de la jeune fille, les stimuler dans le choix judicieux du futur métier sans aucune réserve. Les institutions financières pourraient aussi octroyer des prêts à pourcentage réduit aux jeunes filles pour pouvoir ouvrir leurs ateliers, comme le fait actuellement le Fonds National de la Finance Inclusive (FNFI) initié par le gouvernement togolais, mais en garantissant des souplesses dans le système de remboursement surtout pour les débutantes. Les parents, pour leur part, doivent remplir leur part de responsabilité en donnant la même éducation aux enfants sans distinction de sexe. Tout ce qui précède permet de cerner la prise de conscience effective des femmes par rapport à leur émancipation car ces recommandations témoignent du fait qu'elles veulent s'épanouir à tout prix. D'où la confirmation de nos hypothèses. D'autres recherches pourraient s'appesantir sur l'état des lieux de la contribution des femmes émancipées au développement de leur localité.

REFERENCES

- [1] Amouzou E., 2010, Les handicapés à la scolarisation de la jeune-fille en Afrique noire, Paris, Harmattan.
- [2] Amouzou E., 2008, Socialisation et insertion professionnelles des jeunes dans le cadre de la politique de développement au Togo, Lomé, Revue Mosaïque.
- [3] Badian S., 1973, Sous l'orage (Kany), Paris, Présence africaine.

- [4] Bandura A., (dir), 1995, *Self-efficacy in changing societies*, New York: Cambridge University Press.
- [5] Bruner J., 1996, *L'éducation, entrée dans la culture : les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*, Paris, éd. Retz.
- [6] Descolonges M., 1996, *Qu'est-ce qu'un métier ?*, Paris, PUF.
- [7] Dubar C., 1994, « Identités collectives et individuelles dans le champ professionnel », *Traité de sociologie du travail*, Bruxelles, De Boeck, 377-78
- [8] Grawitch M., 1993, *Méthodes des sciences sociales*, Paris, Dalloz, (9e édition).
- [9] Hull CL., 1943, *Principles of behavior : an introduction to behavior theory*. New York : Appleton-Century-Crofts, in Quoniam N., Bungener C., 2004, *Les théories psychologiques de la motivation*. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*; 2(1):7-18. Consulté le 20 juin sur http://www.jle.com/fr/revues/pnv/edocs/les_theories_psychologiques_de_la_motivation__262034/
- [10] Latreille G., 1980, *La naissance des métiers en France, 1950-75, Etude psycho sociale*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon.
- [11] Leplat J., Enard C., Weill-Fassina A., 1970, *La formation par l'apprentissage* Paris, PUF.
- [12] Microsoft Encarta 2009, Microsoft Corporation 1993-2008 www.mindevbase.Tg
- [13] Piaget J., 1935, *Psychologie et pédagogie*, Denoël / Gonthier, 1988, (rééd. Gallimard, coll. « Folio Essais »).
- [14] Sarah E., Scott M., et Spender D., 1993, « La educacion de las feministas: defensa de las escuelas no mixtas », in Spender D., & Sarah E., (eds.): *Aprender a perder. Sexismo y Educacion*, Barcelona: Paidós.
- [15] Skinner B. F., 1974, *Pour une science du comportement : le behaviorisme*, (trad. franç., Delachaux et Niestlé, 1979).
- [16] Tartilan S., 1877, *Páginas para la educación popular*, in Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Turismo, 2009-2010, consulté le 22 juin 2016 sur <http://bibliotecadigital.jcyl.es/i18n/consulta/registro.cmd?id=4825>
- [17] Vygotski L. S., 1934, *Pensée et langage*, (trad. franç., Éditions sociales / Messidor, 1985).

Variation climatique et distribution spatio-temporelle de la bilharziose urinaire dans la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire)

[Climate variability and spatiotemporal distributions of human schistosomiasis in region Marahoué (Côte d'Ivoire)]

Gouzilé Assikohon pulchérie, Soro Gneneyougo Emile, and Goula Bi Tié Albert

UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement,
Université NANGUI ABROGOUA,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Schistosomiasis is a parasitic disease widespread in Côte d'Ivoire. Due to lack of attention, little is currently known about the pattern of the spread of schistosomiasis and the potential links with climate variability. The aim of this study to examine the relationship between the variability of climate parameters and the spatiotemporal distribution urinary schistosomiasis. The data used in rainfall, temperature and the number bilharzia cases recorded over the period 1996-2013. Overall, the results show a significant decrease of schistosomiasis in region Marahoué. The spatial distribution shows that large cities and areas near rivers and lakes are the most endemic. The analyzes indicate a decrease in schistosomiasis during the rainy season from april to july and increased during the dry season from december to march. In addition, a significant linear correlation was found between the annual mean maximum temperature (0.8 to Bouaflé, 0.66 and 0.34 to Sinfra Zuénoula).

KEYWORDS: Climate variability, schistosomiasis, Marahoue, Côte d'Ivoire.

RESUME: La bilharziose urinaire est une infection parasitaire très répandu en Côte d'Ivoire. Le contexte climatique actuel nécessite l'approfondissement des connaissances sur la relation entre les variations des paramètres climatiques locaux et la distribution spatio-temporelle bilharziose urinaire dans la région de la marahoué. Les données composées des cas annuel recensé de 1996 à 2013 et des cas mensuels de bilharziose recensé de 2009-2013 dans les différentes formations sanitaires de la région ont été analysés à l'aide de tests statistiques. Globalement, les résultats indiquent une baisse significative de la bilharziose sur la période 1996- 2013. La répartition spatiale montre que les grandes agglomérations et les zones à proximité des points d'eau sont les plus endémiques. Les variations mensuelles montrent une diminution de la bilharziose au cours de la grande saison pluvieuse d'avril à juillet et une augmentation durant la grande saison sèche de décembre à mars. En outre, une corrélation linéaire et significative a été mise en évidence entre la température moyenne maximale annuelle (0,8 à Bouaflé, 0,66 à Sinfra et 0,34 à zuénoula), la pluie moyenne annuelle (-0,53 à sinfra et -0,51 à Zuénoula) et la morbidité bilharzienne.

MOTS-CLEFS: Variation climatique, Bilharziose urinaire, Marahoué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La bilharziose est une infection parasitaire tropicale due à des trématodes (vers plats), du genre schistosoma [1]. Elle est transmise à l'homme par l'hôte intermédiaire, mollusques gastéropodes d'eau douce (bulins) de la famille des Bulinidae et des Planorbida. C'est une parasitose liée à l'eau qui se manifeste par la présence de sang dans les urines de la personne atteinte [2]. Elle est la deuxième infection parasitaire au monde après le paludisme en termes de santé publique et d'impact économique [3], [4], [5] et est présente dans près de 76 pays dans le monde [5]. En 1998, l'OMS estimait déjà que la bilharziose pourrait être responsable de près de 40% de charge de morbidité due aux maladies tropicales [6]. Elle constitue ainsi, une cause majeure de morbidité et de mortalité en Afrique subsaharienne comme dans divers autres pays du monde. Plus de 600 millions de personnes sont exposées à cette parasitose et l'on estime à plus de 200 million le nombre de cas par ans dont 280.000 personnes décèdent chaque année des complications [7], [8], [5]. Cette infection, présente un double aspect car de nombreux programmes de lutte ont réussi à réduire sa mortalité, sa morbidité et sa transmission. Selon [9], plus de 250 million de personnes ont reçu un traitement contre la bilharziose.

En Côte d'Ivoire, la schistosomiase est répandue dans tout le pays et constitue un réel problème de santé publique [10], [11]). Sa prévalence est souvent élevée dans les localités autour des aménagements hydrauliques [12], [13], [14], les zones hydroagricoles [15], [16]. La région de la Marahoué est reconnue comme l'un des foyers les plus importants avec une prévalence de 19,9% et donc constitue une zone à haut risque [2]. Cette parasitose est influencée par le climat via les facteurs climatiques et environnementaux (les précipitations, la température, les cours d'eau, les aménagements hydrauliques...). Ces différents facteurs agissent sur la distribution des schistosomes [17]. La température et les précipitations ont une incidence sur le cycle de vie du parasite schistosome et les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose [18], [19]. La température agit au niveau du cycle de développement du parasite [20]. Les précipitations favorisent la présence de cours d'eau et de retenues d'eau saisonnière où vivent les mollusques hôtes intermédiaires des bilharzioses. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer la distribution spatio-temporelle et saisonnière de la bilharziose urinaire dans la région de la marahoué.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La région de la Marahoué est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire (figure 1). Elle comprend trois départements qui sont : Bouaflé, Sinfra et Zuénoula. La région a une population estimée à 554 807 Habitants (INS, 1998), soit une densité de 61,02 hbts/km². Cette population est en majorité rurale avec 65 % de la population vivant en milieu rural contre 35% en milieu urbain. Le climat est du type équatorial de transition atténué avec une pluviométrie annuelle de 1800 mm. Le climat comporte quatre saisons : une grande saison pluvieuse de mi-mars à mi-Juillet caractérisée par d'abondantes et de fréquentes pluies, suivie de la petite saison sèche, de mi-juillet à mi-septembre, caractérisée par une baisse quantitative des précipitations. La petite saison pluvieuse de (mi-septembre à novembre) est caractérisée par de lentes formations nuageuses cumuliformes. La grande saison sèche de novembre à mi-mars est caractérisée par des fréquents brouillards en matinée. La région de la Marahoué est drainée en grande partie par le fleuve Marahoué qui favorise la présence de nombreux cours d'eau, lacs naturels, et des zones marécageuses. Cette région abrite aussi un grand lac hydroélectrique (le lac de Kossou). La région compte trois districts sanitaires (Bouaflé, Sinfra et Zuénoula).

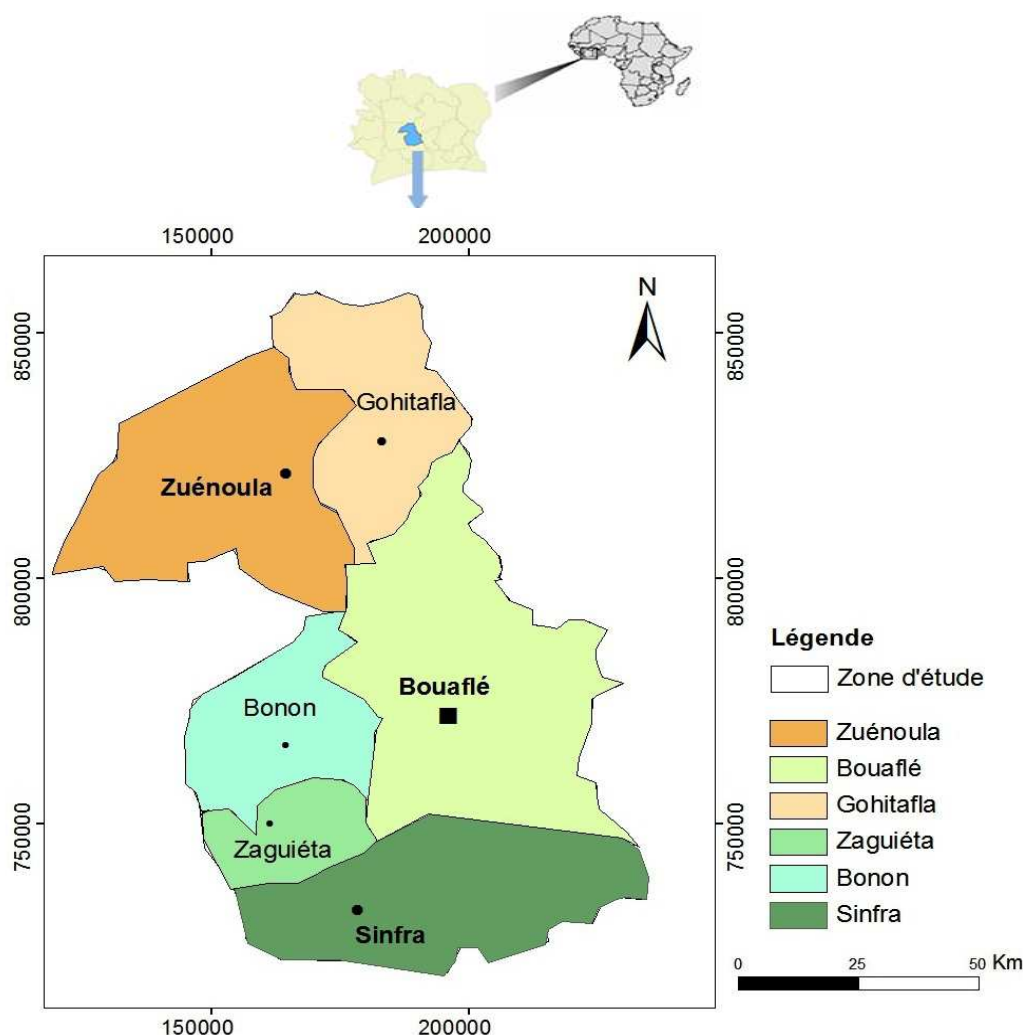


Fig. 1. Localisation géographique de la zone d'étude

3 DONNEES D'ETUDE

3.1 DONNÉES CLIMATIQUES

Les données de température et de précipitation sont fournies par la Direction de la météorologie Nationale. Les données de température proviennent des stations synoptiques de Daloa et Yamoussoukro qui sont les stations les plus proches ainsi que de la station agro-climatique de Zuénoula. Les données de pluie proviennent des stations pluviométriques de Bouaflé, sinfra et de Zuénoula. Ainsi, la zone d'étude est couverte par un réseau de trois stations pluviométriques, deux stations synoptiques et une station agro-climatologique avec une fenêtre temporelle d'étude de 1980 à 2013.

3.2 DONNÉES SANITAIRES

Les données sur la bilharziose sont constituées des éléments recueillis en consultation dans les formations sanitaires et hôpitaux des départements de Bouaflé, Sinfra et Zuénoula. Elles ont été transférées par le logiciel SIG-Visions à la DIPE (Direction de l'information de la planification et de l'évaluation), structure sous tutelle du Ministère de la Santé en Côte d'Ivoire. Dans le cadre de cette étude, les données sont constituées du nombre de cas de la bilharziose annuel de 1996 à 2013 et le nombre de cas détecté chaque mois sur la période allant de 2009 à 2013 et concernent 17 sous-préfectures de la région de la Marahoué.

4 MÉTHODES

4.1 CALCUL DU TAUX DE MORBIDITE DE LA BILHARZIOSE

Le taux de morbidité est défini comme suit : $Tm = (N/P) \times 100$

Avec : Tm : Taux morbidité ; N : Nombre de cas de malades ; P : la population de la sous-préfecture

4.2 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES D'ÉTUDE

Le test de Mann-Kendall et celui de la régression linéaire ont été utilisés pour détecter d'éventuels changements significatifs dans les séries de données. Le test de Mann-Kendall (MK) est une approche non paramétrique [21], [22] largement utilisé pour l'analyse des tendances des séries chronologiques dans divers domaines [23]. Il permet d'émettre un minimum d'hypothèses sur la forme de la distribution, notamment la possibilité d'éviter l'hypothèse de normalité. L'hypothèse nulle H_0 , suppose qu'il n'existe pas de tendance (la donnée est indépendante et distribuée au hasard) et ceci est testé contre l'hypothèse alternative H_1 , qui suppose l'existence d'une tendance [24].

La régression linéaire qui est une approche paramétrique s'appuie sur un modèle de régression entre la série des données et le temps qui se définit comme suit : $X_t = \alpha + \beta t + \varepsilon_t$

Où : X_t est la série temporelle étudiée ; α et β sont les coefficients de régression linéaire ; t est la durée ; ε_t est la série des résidus. Les paramètres du modèle de régression sont estimés par la méthode des moindres carrés.

Dans la présente étude, les tests sont appliqués aux données d'étude avec un risque d'erreur de 5%. Pour l'interprétation des résultats, la significativité statistique des résultats est basée sur l'indice de tendance préconisé par [25]. Les indices de tendances pour le test de Mann-Kendal et celui de la régression linéaire sont définis comme suit :

$$IT(\%) = \begin{cases} 100 - \alpha : \text{tendances à la hausse} \\ -(100 - \alpha) : \text{tendances à la baisse} \end{cases}$$

Avec IT : indice de tendance et α : le risque d'erreur.

Pour un risque d'erreur de 5%, les tendances sont significatives lorsque l'indice de tendance en valeur absolue est supérieure ou égale à 95% ($|TI| \geq 95\%$). Lorsque l'indice de tendance en valeur absolue est strictement inférieur à 95% ($|TI| < 95\%$), les tendances sont non significatives au risque d'erreur 5%.

4.3 ANALYSE SPATIALE DES DONNÉES

L'analyse spatiale des données s'est faite par interpolation. Cette méthode est utilisée pour combler les lacunes constatées en termes de couverture spatiale. Les données ne couvrant pas toute la région, cette méthode a permis d'obtenir des valeurs en tout point. La méthode par Interpolation Inverse des Distance ou Inverse Distance Weighthing (IDW), de l'extension géostatistica analyst d'ArcGIS.10 a été utilisée. Elle a permis d'établir la cartographie de la bilharziose et de suivre son évolution spatio-temporelle.

5 RÉSULTATS

5.1 VARIATION INTRA-ANNUELLE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

5.1.1 VARIATION SAISONNIÈRE DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE

Les variations saisonnières des pluies sur la période 1980-2013 sont présentées dans la figure 18. A l'observation de la figure, aucune pluie significative n'est enregistrée en dehors des périodes avril- juillet et août-octobre qui correspondent respectivement à la grande et petite saison pluvieuse dans la région de la marahoué. La variation mensuelle de la pluviométrie sur la période de 1980 à 2013 montre une distribution bimodale de pluie avec des maximums qui varient entre 100 et 200 mm observé en mai et septembre.

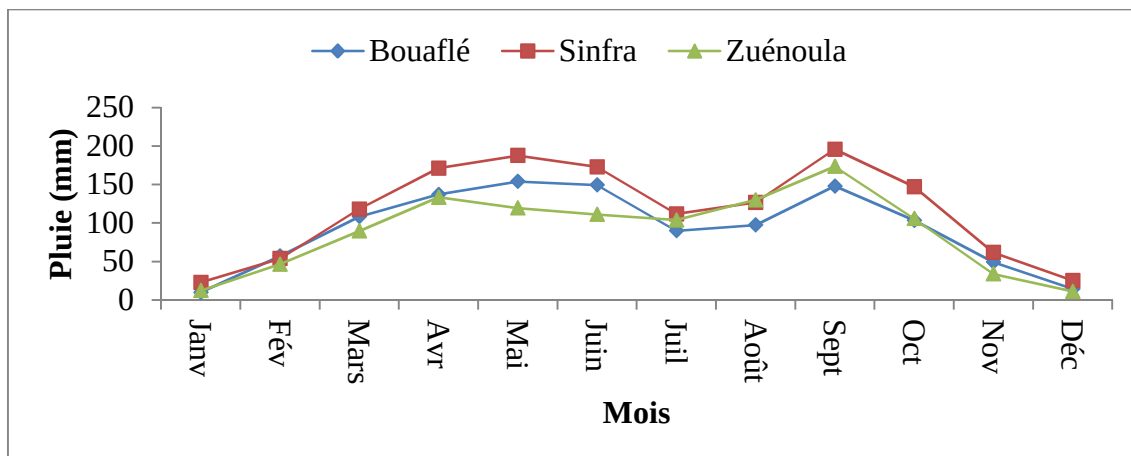


Fig. 2. variations mensuelle des précipitations dans la région de la marahoué de 1980-2013

5.1.2 VARIATION MENSUELLE DES TEMPÉRATURES

La variation moyenne mensuelle des températures aux trois stations synoptiques montre une variation saisonnière identique (Figure3). A l'observation de la figure, l'on constate que la température maximale présente une distribution inverse de celle de la pluviométrie. Les températures diurnes des mois de juin à septembre sont les moins élevées sur la période d'avril à octobre. Ceci est observé car, durant cette période, l'occurrence des précipitations et l'importance de la couverture nuageuse tendent à adoucir la température.

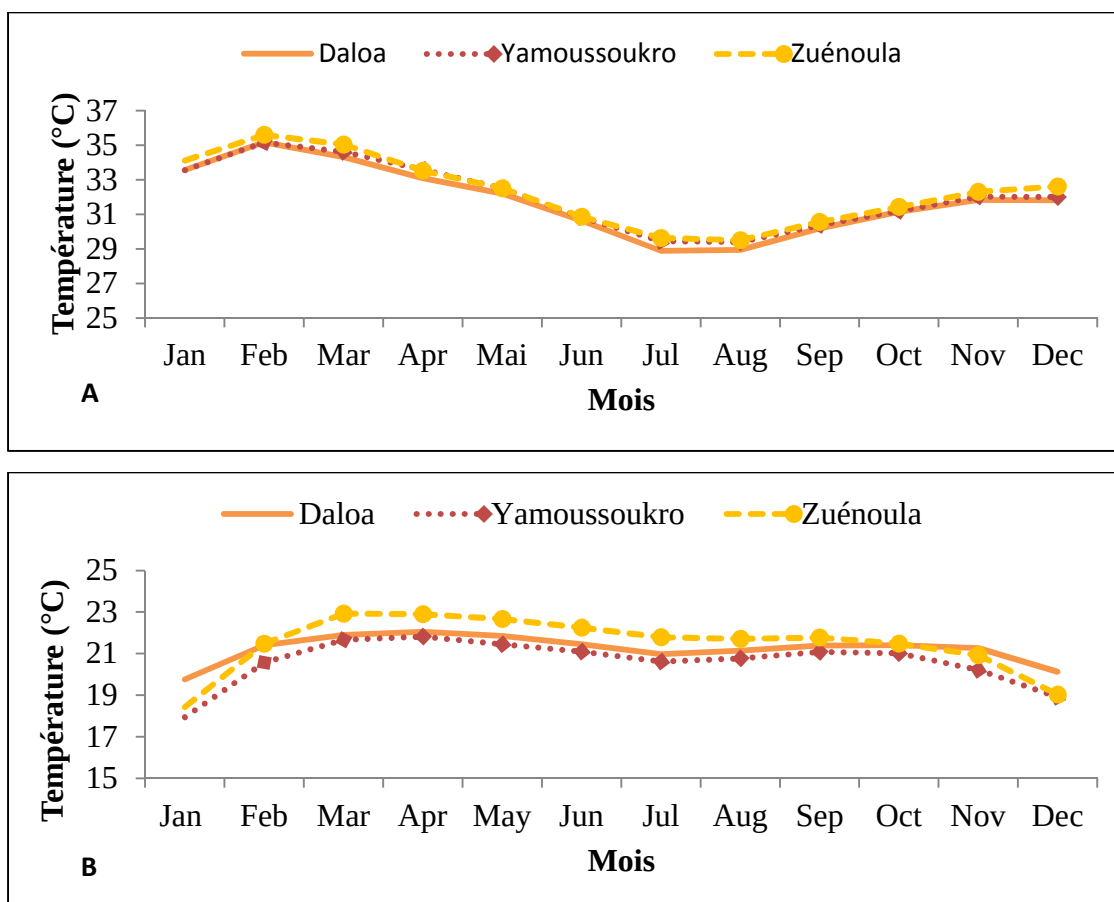


Fig. 3. variation mensuelle de la température de 1980-2013 (a) température max ; (b) température min

5.2 VARIATION INTERANNUELLE DU TAUX D'INCIDENCE DE LA BILHARZIOSE

L'incidence de la bilharziose dans la région de la marahoué a une tendance à la baisse dans les trois départements de 1996 à 2010 avec des pics en 1997 (1,07‰) et 1999 (1,06‰) pour le département de zuénoula. Cependant après l'an 2010 ce taux a relativement augmenté dans les départements de bouaflé et de sinfra avec un maximum en 2011 de 0,82‰ pour bouaflé et 0,48‰ pour sinfra. Ces deux départements sont les plus touchés par cette maladie et par conséquent, constituent les zones les plus endémiques

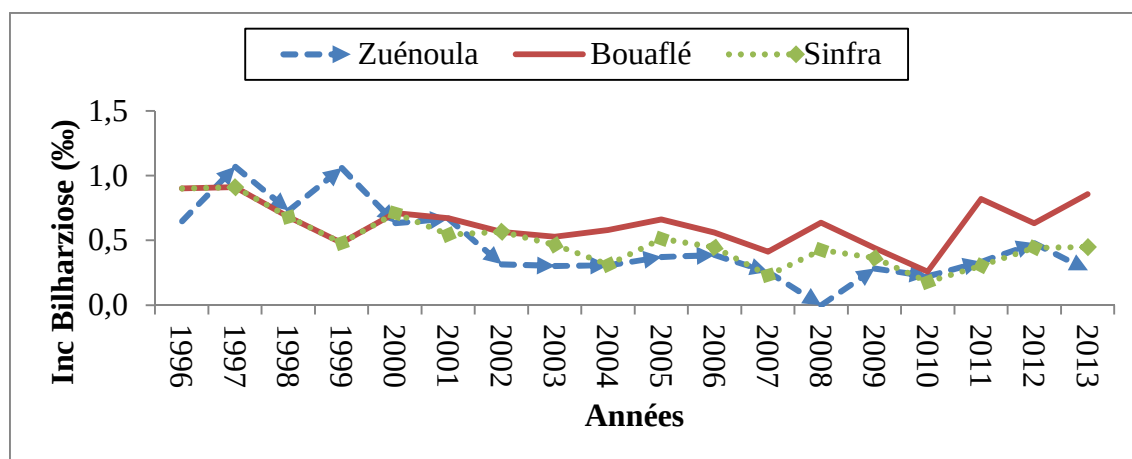


Fig. 4. Variation annuelle du taux d'incidence de la bilharziose dans la région de la marahoué de 1996-2013

Le tableau I indique une baisse significative par an du taux de morbidité lié à la bilharziose dans les départements de Sinfra et de Zuénoula au cours de la période 1996-2013. Ce pendant dans le département de Bouaflé, cette morbidité attribuée à la bilharziose n'a ni augmentée ni diminuée de manière significative au cours des années de la période 1996-2013. Le traitement statistique lié à la régression linéaire montre une corrélation négative et très élevée de la morbidité dans les départements de Sinfra et de Zuénoula.

Tableau 1 : Tendence annuelle du taux de morbidité de la bilharziose sur la période 1996-2013

Variables	Mann-Kendall			Régression linéaire		
	S	Niveau de significativité	Conclusion	r	Niveau de significativité	Conclusion
Taux de morbidité						
Bouaflé	-1,4	-83,9	Aucun changement	-0,3	-77,4	Aucun changement
Sinfra	-3,5	-99,95	Baisse significative	-0,8	-99,99	Baisse significative
Zuénoula	-3,1	-99,78	Baisse significative	-0,73	-99,93	Baisse significative

Les chiffres en gras indiquent un changement significatif au risque de 5 %.

La distribution mensuelle du taux de morbidité de la bilharziose est représentée par la figure5. Ce taux indique clairement dans les trois districts sanitaires ou départements que l'infection à la bilharziose décroît de janvier à décembre. Les faibles incidences sont constatées de juin à juillet et ensuite en novembre. De décembre à mai on constate une augmentation du nombre de cas de la bilharziose.

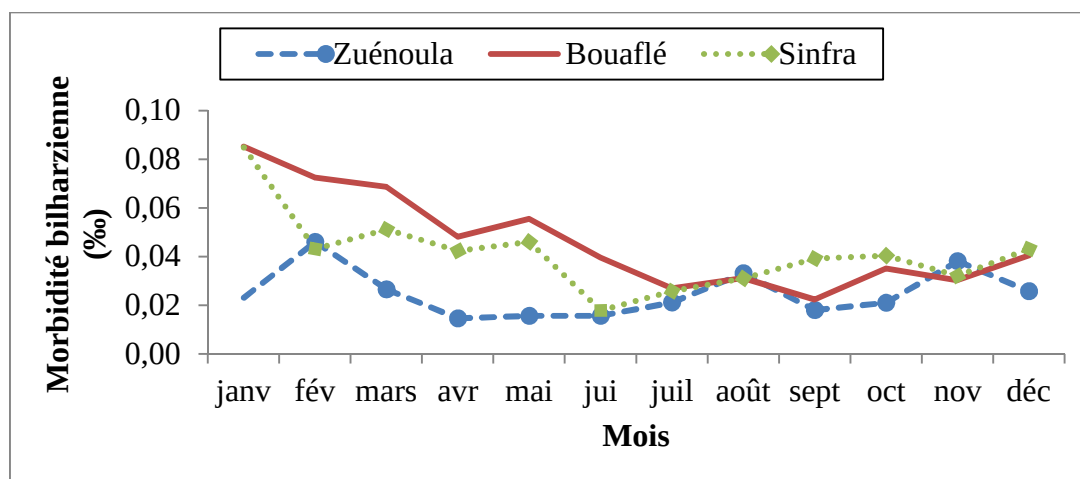


Fig. 5. Variation mensuelle du taux d'incidence de bilharziose dans la région de la marahoué

Les données de la morbidité bilharzienne présente une distribution différente de celle de la pluviométrie et une distribution semblable à celle des températures maximales. Les forts taux de morbidité sont observés de novembre à mars correspondant à la grande saison sèche caractérisée par des températures maximales élevées (33 à 35°C) et une baisse de la pluviométrie (33 à 117 mm/ mois).

5.3 RELATION ENTRE LES FACTEURS CLIMATIQUES ET L'ÉVOLUTION DE LA BILHARZIOSE

La figure 6 présente à l'aide d'indices, la variation mensuelle de la morbidité bilharzienne et les paramètres climatiques sur la période de 2009-2013. L'observation montre une augmentation de la morbidité bilharzienne durant les mois de novembre en avril. Cette augmentation se fait en saison sèche et est accompagnée durant la grande saison sèche d'une élévation des températures max et une baisse de la pluviométrie et des températures minimum. Les pics sont observés en février dans les trois départements. Cependant, une baisse de la morbidité est observée d'avril en octobre associé à une pluviométrie abondante, une élévation des températures minimum et une baisse relative des températures maximum.

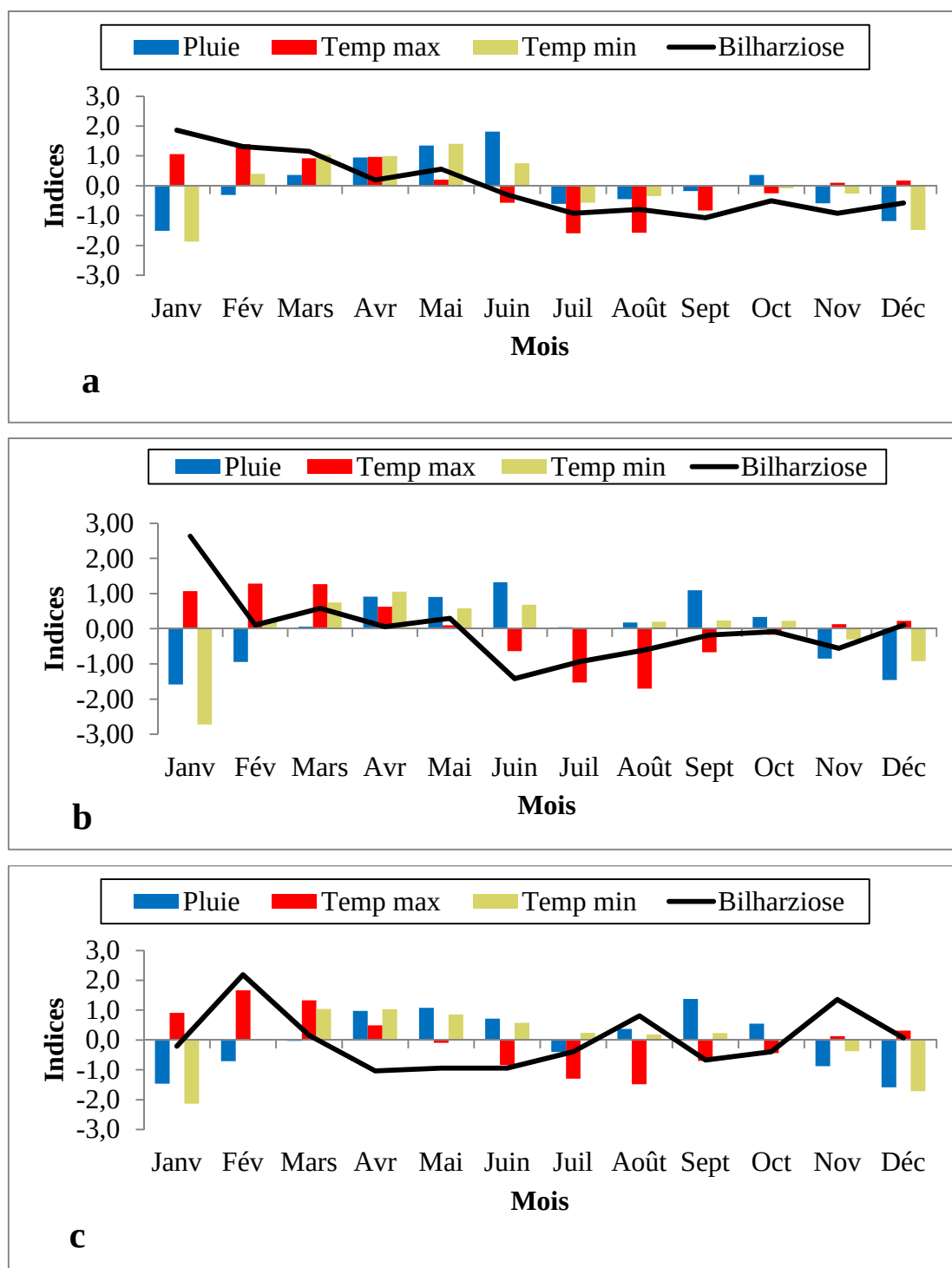


Fig. 6. Variation des indices de bilharziose en fonction des paramètres climatiques dans la région de la marahoué : Bouaflé (a) ; Sinfra (b) et Zuénoula (c).

L'analyse statistique montre une corrélation linéaire significative entre la morbidité bilharzienne et les paramètres climatiques que sont la température et la pluviométrie. La corrélation est très significative avec la température dans les départements de Bouaflé et Sinfra (Tableau II).

Tableau 2 : Coefficient de corrélation linéaire entre la morbidité bilharzienne et les facteurs climatiques (pluie et température)

	Bouaflé	Sinfra	Zuénoula
Facteurs climatique	Bilharziose		
Pluie	-0.2	-0.53	-0.51
Température	0.8	0.66	0.34

5.4 DISTRIBUTION DES CAS DE MALADIE DANS LA POPULATION

La distribution du taux de morbidité par localité est représentée par la figure4. À l'observation, on constate que la morbidité de la bilharziose varie énormément selon les localités mais ce sont les grandes agglomérations (villes) et les zones proche des points d'eau qui sont les plus endémiques. Dans le département de Bouaflé, c'est la sous-préfecture de Bouaflé qui la plus touchée par cette infection (0,47%).

Concernant le département de Sinfra, on constate que les zones les plus endémiques sont les sous-préfectures de Sinfra (0,34%) et de Kononfla (0,27%). Dans le département de zuénoula, seule la sous-préfecture de zuénoula est la plus concernée (0,28%), à cela on peut aussi ajouter la sous-préfecture de Gohitafla avec (0,25%) des cas.

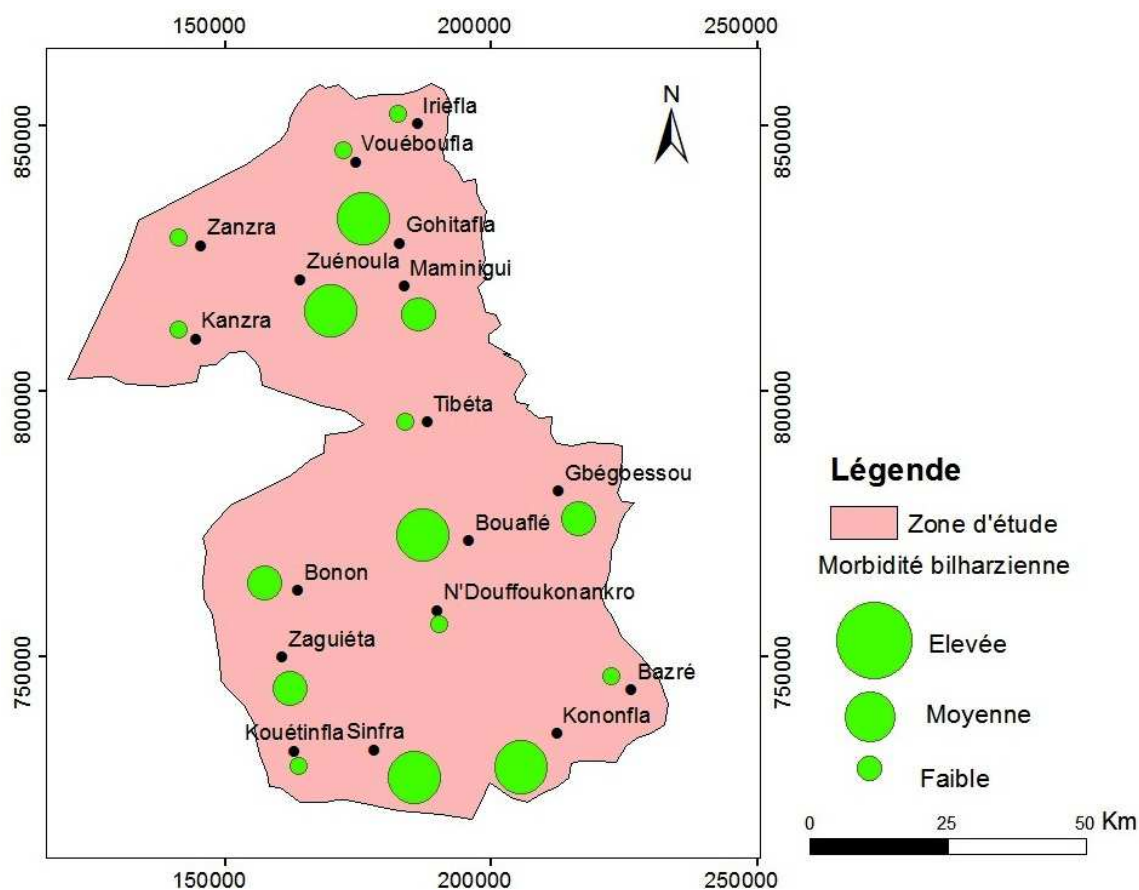


Fig. 7. Distribution spatiale de la morbidité bilharzienne

Tableau 3 : Quelques observations sur la bilharziose dans la région de la marahoué

Départements	Localités	Populations	bilharziose	Morbidité/10000
Bouaflé	Bouaflé	171798	812	0,47
	Bonon	50993	74	0,15
	Gbégbessou	8094	7	0,09
	N'Douffoukonankro	17062	3	0,02
	Zaguiéta	64945	62	0,1
	Tibéta	27961	2	0,01
Sinfra	Bazré	27911	8	0,03
	Kononfla	44994	124	0,28
	Kouétinfla	30460	8	0,03
	Sinfra	125869	444	0,35
Zuénoula	Gohitafla	37167	95	0,26
	Iriéfla	5683	1	0,02
	Maminigui	19290	17	0,09
	Kanzra	27366	3	0,01
	Vouéboufla	18633	0	0,00
	Zanzra	26610	10	0,04
	Zuénoula	74210	214	0,29

6 DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de l'évolution annuelle de l'incidence liée à la bilharziose sur la période 1996 à 2013, indiquent une nette diminution de celle-ci dans les départements de Sinfra et de Zuénoula. L'indice de tendance, montre une tendance significative à la baisse. Cette baisse peut être due aux programmes de lutte contre la bilharziose. Selon [2], la Côte d'Ivoire dispose d'estimations épidémiologiques régionales pour entamer la lutte nationale contre les schistosomoses qui pourraient se faire successivement dans l'Agnéby, la Marahoué, les Lacs, le Moyen-Comoé et le Sud-Comoé. Ainsi plusieurs programmes de lutte ont été réalisés en Côte d'Ivoire notamment dans la sous-préfecture de Taabo [16].

A l'échelle mensuelle, les résultats ont montré que les fortes valeurs sont observées pendant la saison sèche caractérisée par une hausse des températures dans les trois départements. Ce résultat montre que la recrudescence de la bilharziose est favorisée par la hausse des températures et le rayonnement solaire. En effet, les températures de 22 à 28°C favorisent l'éclosion des œufs du parasite (*Schistosoma haematobium*) dans l'eau [1]. En outre, en saison sèche, les programmes d'irrigation favorisés par le réchauffement dû à l'élévation de la température peuvent aussi favoriser la transmission de la maladie [26]. Certaines études [27] ont montré que le taux d'infection est plus élevé lorsque la température de l'eau se situe entre 20 et 30°C et le développement de la cercaire au sein des bulins est ralenti lorsque la température de l'eau est inférieure à 20°C. En effet, les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes prolifèrent dans les eaux tièdes dont la température varie entre 25 et 30°C [28], [1]. La saison sèche se traduit par la réduction pluviométrique. Cette baisse de la pluviométrie induit la réduction des écoulements d'eau de surface et entraîne la formation des mares temporaires et lacs favorisant l'implantation des bulins. Ainsi, la rareté, la baisse et le caractère temporaire des points d'eau de surface, conduit généralement, à la concentration de certaines activités agricoles et domestiques autour de ces points d'eau [29]. En plus, ces points d'eau constituent les lieux récréatifs des enfants, aux heures chaudes de la journée [30]. Les enfants y vont pour pratiquer la pêche et se baigner. Ainsi pendant la baignade, les enfants émettent facilement les urines dans les eaux [31].

Par ailleurs, la répartition spatiale de la morbidité par sous-préfectures montre une présence plus marquée de la bilharziose dans les grandes agglomérations telles que Sinfra, Zuénoula et Bouaflé et les localités à proximité des points d'eau (Kononfla). La densité de population peut-être un facteur qui participe à la présence plus marquée de la maladie dans ces villes comparativement aux localités moins peuplées. Ainsi, l'explosion démographique peut être un facteur favorisant la recrudescence de la bilharziose [29]. En effet, les conditions climatiques associées à la saturation foncière et la diminution de la disponibilité alimentaire sont souvent des déterminants qui orientent les efforts de l'état vers une mobilisation des ressources en eau à travers les barrages et irrigation. Ces derniers attirent de nombreuses populations humaines souvent parasites, qui peuvent favoriser le développement durable des activités de production de la région mais également créer des conditions propices au contact de l'homme avec l'eau [29]. Ces populations migrantes véhiculent de nouvelles sources de parasite représentant un risque potentiel majeur [29]. Par ailleurs, le risque augmente avec les aménagements hydro agricoles. En effet, l'aménagement hydro agricole entraîne une transformation de l'environnement qui crée des conditions

favorable à l'émergence de la bilharziose [29]. Au nord de la Côte d'Ivoire, entre 1987 et 1993 de nouveaux foyers de schistosomiase sont apparus après aménagement des bas-fonds [32]. Toute fois la région de la marahoué est une zone de forte migration à cause de la présence du barrage de Kossou qui favorise les activités économiques (Agriculture, Pêche...).

7 CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous observons que la bilharziose a une tendance à la baisse dans les départements de Sinfra et de Zuénoula à cause du programme de lutte contre cette parasitose, cependant dans le département Bouaflé il n'y a pas de changement graduel. Cette maladie est recrudescente en saison sèche et endémique dans les localités à proximité des points d'eau. La bilharziose a une corrélation linéaire significative avec les températures maximales.

REFERENCES

- [1] ANSES, Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail relatif au signalement de cas groupés de bilharziose autochtone en Corse du Sud. Maisons-Alfort : Appui scientifique et technique de l'Anses n° 2014-SA-0119, 2014.
- [2] N. A. N'guessan, C. A. Acka, J. Utzinger and E. K. N'goran, Identification des régions à haut risque de schistosomoses en Côte d'Ivoire, "Épidémiologie", no 2915, 2006.
- [3] OMS, Communiquer par carte: le paludisme, système de pré-alerte concepts, indicateurs et partenaires », Organisation Mondiale de la Santé, 2001.
- [4] D. Engels, L. Chitsulo, A. Montresor and L. Savioli, The global epidemiological situation of schistosomiasis and new approaches to control and research, *Acta Tropica*, 82,139–146, 2002
- [5] WHO, Rapport du comité O. M. S. d'experts sur la lutte contre les maladies tropicales négligées, 2011.
- [6] OMS, Rapport sur la santé dans le monde pour un réel changement. Genève, Organisation mondiale de la santé 148p, 1999
- [7] J. P. Chippaux, Control of schistosomiasis: realities and futurology, *Médecine Tropicale*, 60: 54-55, 2000.
- [8] L. Chitsulo, P. Loverde and D. Engels, Schistosomiasis. *Nat. Rev. Microbiol.*, 2: 12- 13, 2004
- [9] OMS 2013. Schistosomiase (bilharziose), Aide-mémoire, no 115, 6p, 2013.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/fr/>
- [10] K.E. N'goran, J. Utzinger, M. Traoré, C. Lengeler and M. Tanner, Identification rapide par questionnaire des principaux foyers de bilharziose urinaire au centre de la Côte-d'Ivoire, *Médecine Tropicale*, 58, 3, 253-260, 1998.
- [11] N. A. N'Guessan, C. A. Acka, J. Utzinger and E. K. N'Goran, Identification des régions à haut risque de schistosomoses en Côte d'Ivoire. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 100, 119-123, 2007.
- [12] K. E. N'Goran, S. Diabaté, J. Utzinger and B. Sellin, Changes in human schistosomiasis levels after the construction of two large hydroelectric dams in central Côte d'Ivoire, *Bull. WHO*, 75, 541-545, 1997.
- [13] K.E. N'goran, J. Utzinger, A. N. N'guessan, I. Müller, K. Zambélé and K.L. Lohourignon, « Reinfection with *Schistosoma haematobium* following school-based chemotherapy with praziquantel in four highly endemic villages in Côte d'Ivoire », *Tropical Medicine and International Health*, 6, 1, 1-9, 2001.
- [14] A. N. N'guessan, La lutte contre les schistosomoses en Côte d'Ivoire : facteurs de complexité épidémiologique et contraintes opérationnelles de lutte » Thèse de l'Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire, 386, 1-149, 2003.
- [15] I. Sy, L. Diawara, D. Ngabo, D. Barbier, G. Dreyfuss and P. Georges, Bilharzioses au Sénégal oriental prévalence chez les enfants de la région de Bandafassi, *Med Trop*; 68 : 267-271, 2008.
- [16] N. A. N'guessan, A. Garba, M. N. Orsot and E. K. N'goran, Evaluation de la morbidité échographique de la bilharziose urinaire chez les écoliers de 6 localités autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 1 pp. 307-316, 2014. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [17] S. Mas-Coma, M. A. Valero and M. Dolores, 2009. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis: *Science direct Bargues Veterinary Parasitology*, vol 163. pp 264–280, 2009
- [18] A. Fenwick, D. Rollinson and V. Southgate, Implementation of human schistosomiasis control: challenges and prospects. In: Molyneux, D.H. (Ed.), *Control of Human Parasitic Diseases*, Elsevier-Academic Press, London, pp. 567–622, 2007
- [19] C. Beck-Wörner, G. Rosa, P. Voutatsou, E. K. N'Goran, G. Rigo, E. Palrlow and J. Utzinger, Bayesian spatial risk prediction of *Schistosoma mansoni* infection in Western Côte d'Ivoire using a remotely- sensed digital elevation model. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, vol76.no 5 pp 956-963, 2007
- [20] S. Brooker and E. Michael, The potential of Geographical Information Systems and remote sensing in the epidemiology and control of human helminth infections, *Advances in Parasitology*, vol 47. Pp 263-306, 2000.

- [21] M. G. Kendall, Rank correlation methods. London: Charles Griffin, 1975
- [22] H. B. Mann, Non parametric tests against trend. *Econometrica*; 13: 245 – 259, 1945
- [23] T. Mavromatis and D. Stathis, Response of the Water Balance in Greece to Temperature and Precipitation Trends, *Theoretical and Applied Climatology* , 104 :13- 24, 2011
- [24] B. Önöz and M. Bayazit, The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27: 247-251, 2003
- [25] Z. W. Kundzewicz and A. Robson, Change detection in river flow records review of methodology. *Hydrological Sciences Journal*, vol 49 .no1, 3-6, 2004.
- [26] OMS. Rapporte de la septième réunion du groupe consultatif spécial de l'OMS sur l'Ulcère de Buruli, 2004, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/68996/1/WHO_CDS_GBUI_2004_9_fre.pdf
- [27] N. McCreesh and M. Booth, Challenges in predicting the effects of climate change on *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium* transmission potential, *Trends in parasitology* ; vol.29. no 11, 548-555, 2013
- [28] A. K. D. Kouamé, A. B. H. Mobio, E. M. V. Djaoua, K. Affian and P. Pottier 2011. Cartographie du risque bilharzienne à partir de l'utilisation combinée de la télédétection et du système d'information géographique, 18 p 2011. http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2011
- [29] J.N. Poda, A. Traoré and B. K. Songo, L'endémie bilharzienne au Burkina Faso *Bull Soc Pathol Exot*, vol 97. No 1, 47-52, 2004
- [30] M. Ibikounlé, A. Opouyémi-Hounto, Y. Sisinto Savi de Tové, A. Dansou, D. Courtin, D. Kindé-Gazard, G. Mourahid, H. Moné and A. Massougbdj, Epidémiologie de la Schistosomose urinaire chez les enfants scolarisés de la commune de Péhunco dans le nord Bénin :Prospection malacologique.*Bull.Soc.pathol.Exot.*107 :177-184p, 2014
- [31] K. D. Adoubryn, J. Ouhon, C. G. Yapo, E. Y. Assoumou, K. M. L. Ago and A. Assoumou, Profil épidémiologique des schistosomoses chez les enfants d'âge scolaire dans la région de l'agnéby (sud-est de la côte-d'ivoire). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, Vol. 99, N° 1, pp 28-31, 2005
- [32] E. K. N'GORAN, Biodiversité, transmission et épidémiologie de *Schistosoma haematobium*, Bilharz, 1852, et des schistosomoses apparentées en Côte-d'Ivoire. Thèse de doctorat, univ. Perpignan, 220 p, 1997.

APPRAISAL OF SOLID WASTE COLLECTION EFFECTIVENESS FOLLOWING THE INTRODUCTION OF CITY-WIDE WASTE COLLECTION LEVY SCHEME IN KUMASI, GHANA

Faustina Gyabaah, Anna Amankwah-Minkah, and George Alexander Dordah

Civil Engineering Department, Bolgatanga Polytechnic, P. O. Box 767, Bolgatanga, U/E, Ghana

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Ghana, solid waste collection and disposal services over the years have become the bane of Metropolitan and Municipal Assemblies. Among the obstacles to effective solid waste management in Ghana, inadequate and unsustainable financing have been identified to be the most important. To help provide a sustainable means of financing solid waste management in the Kumasi Metropolis, the metropolis has instituted a Pay As You Throw system (PAYT), dubbed City-Wide Solid Waste Collection Levy Scheme. This paper therefore examines the impact of this program on solid waste collection effectiveness. The indicators used were money generated from communities, and solid waste handling since the introduction of the program. It was found that there has been an improvement in the handling of solid waste, and also the program had resulted in increase in revenue stream and a reduction of cost on the central government.

KEYWORDS: Solid waste management, Kumasi, pay-as-you-throw scheme, Zoomlion, communal waste collection.

1 INTRODUCTION

Among the basic services that are currently receiving wide attention in the urban agenda of many developing countries is solid waste management [1], [2]. Reference [3] says 9 out of every 10 African cities are facing serious waste collection and disposal problems. This has resulted in piles of waste which blocks drains and roads. Also the smell of rotting refuse and of smoke from burning waste are well noticed in many urban cities. The increasing number of flies, mosquitoes and rodents due to this waste is raising concerns of public health experts. The urban poor have been identified as those who are mostly faced with these conditions, because they are given the lowest priority in the allocation of waste collection resources [4].

1.1 SOLID WASTE MANAGEMENT IN GHANA

Waste is defined as a left-over or a redundant material of little or no value to its owner and which the owner wants to discard [5]. This implies that being 'waste' is not an inherent property of an item or product but depends on how the owner values the item. Solid waste is therefore a waste that is not water or airborne. Solid waste is defined to include refuse from households, non-hazardous solid waste from industrial and commercial establishments, refuse from institutions market waste, yard waste, and street sweepings. Management is also defined as the process of controlling or dealing with things or people. Therefore solid waste management can be defined as the process of collecting, transporting, processing or disposal of garbage so as to reduce their effect on human health, the environment or aesthetics [5],[6].

In Ghana urban sanitation is a duty of local governments. General waste management is conferred in the Ministry of Local Government and Rural Development (MLGRD) which oversees the Metropolitan, Municipal and District Assemblies (MMDAs). The MMDAs are in charge of the collection and final disposal of solid waste through their Waste Management Department (WMDs). All MMDAs have developed waste management and environmental health plans to help solve the numerous sanitation problems [7]. However, like most developing countries, Ghana still faces lots of challenges in terms of proper solid wastes management. These challenges have resulted in poor solid waste management, the consequences of which include, illegal disposal of waste which subsequently chokes drainage canals and storm sewers, and increases breeding places for disease causing parasites such as mosquitoes. The next section elaborates some of the major challenges faced by solid waste management in Ghana.

1.2 CONSTRAINTS TO IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL SANITATION IN GHANA

The rapid rate of uncontrolled and unplanned urbanization in most of the developing world, especially in Africa, which is mostly caused by rural-urban migration, natural population increase and engulfing of peripheral rural settlement has been identified to be one of the factors militating against solid waste management in Ghana [8],[9]. This contributes to an increase in waste generation per capita, which government and private waste contractor are not able to keep up with. The result is environmental degradation. Also, a positive correlation has been identified to exist between urban population size and percentage of waste moved, and also the number of households that benefit from regular waste collection [8]. This implies that population size is a very important factor that influence solid waste management.

In addition to rapid urbanization, weak institutional arrangement have been identified as a constraint to solid waste management in the country [10]. Increase in urban population in the Kumasi Metropolis is controllable or amendable by a designated institution. Therefore, it is concluded that institutional weakness is the thriving force behind indiscriminate disposal of solid waste faced in the city [10]. In his studies, he found that residents of the metropolis were willing to stop throwing waste about if the city's waste department provide bins. However, for a long time the Waste Management department of the Kumasi Metropolis has not provided any other options for waste disposal. Therefore, without any other adequate choices, all the law enforcement in the city, especially laws against indiscriminate disposal of solid waste cannot be effective.

Although weak institutional arrangement provides a constraint to proper solid waste management, the lack of innovative ways to finance waste management in Ghana has also been identified as a factor that hinders efficient waste management services delivery, which eventually causes systemic environmental pollution and deterioration. Waste management needs an intense capital investment; therefore its financing deserves a sustained investment plan. However, the main sources of funds for waste management activities in Ghana include; revenue generated at the District/Municipal Assembly level, the State Government levels, the Central/Federal Government budgetary allocation and external donor support [11]. Therefore, in this period of decreasing aid and shrinking central government budgets, the country must find new and innovative ways to draw upon local capital markets for financing waste management. In support of this argument, a study conducted in the Kumasi Metropolis established that lack of financial capacities makes it very difficult for city authorizes in Kumasi to collect all waste generated in the city for final disposal [12]. This results in door-to-door collection been limited to the high and some middle income areas. This inequality of waste collection in the city had led to indiscriminate disposal of waste in drains, streams and canals, resulting in poor environmental situations in the cities.

1.3 ATTEMPT TO SOLVE SOLID WASTE MANAGEMENT PROBLEMS IN GHANA

Although improving solid waste management implies making waste collection and disposal systems more efficient, raising public awareness and enforcing environmental solid waste management laws, the Ghana government have found that a prerequisite for all of these factors is a well-organized management, operating in an enabling institutional framework, and capable of generating the financial resources required to meet operation, maintenance and investment cost [12]. Therefore, having recognized institutional structures and arrangements which are incapable of generating a sustained financial resources required to deliver an acceptable level of service as one major constraint to the improvement of environmental sanitation in Ghana, the National Environmental Sanitation Policy (NESP) was developed. The NESP which was prepared in 1999 and revised in 2010 defines a systematic approach and institutional framework within which to handle the nation's sanitation problem. The objectives of the policy that were derived from the challenges facing the sector include; capacity building, Information, Education and communication; legal and regulatory issues; Level of service; sustainable Financing and Cost of Recovery; Research and development; monitoring and Evaluation [7]. The policy identified that the challenges that are encountered by sustained financing and cost recovery were due to; the attempts to transfer to the Assemblies environmental sanitation functions performed by the ministries and the central government agencies without transferring the accompanying budget; the inadequate allocation of resources for environmental sanitation services, both at the national and district level, and unsustain financing services with increasing burden on the public sources. Therefore, the policy directs the assemblies to encourage private sector service providers to participate in solid waste management, and also to apply direct cost recovery from beneficiaries. Again, the policy emphasizes that full commercial price covering waste management operations and capital cost should be applied wherever possible, and where full direct cost is impossible, the cost of any service that is not charged would be subsidized by the assembly.

A study conducted to assess the impact of this policy on solid waste management in the Kumasi metropolis concluded that the implementation of the policy had led to changes in the organizational structure for solid waste management in the city. One change which was identified is that solid waste collection was now contracted out to private companies. This had led to efficiency in terms of amount of solid waste that is been collected to the final disposal site, and also in cost recovery.

Solid waste collection had seen an increased from about 50% in 1999 to 87.4% in between 2000 and 2004. The amount of money collected from beneficiaries of house-to-house collection services also increased from 26.5% in 2001 to 68.6% in 2004 [12].

1.4 SOLID WASTE COLLECTION SYSTEMS IN KUMASI METROPOLIS

There are two types of solid waste collection system in the Kumasi metropolis: door-to-door and communal. In the door-to-door collection system, a compactor truck moves from one house to the other collecting solid waste. Beneficiaries are then charged a monthly fee which ranges from GH¢ 10.0 to GH¢ 15.0 (USD 2.52 – USD 3.78). For the communal collection system, skip containers are located at vantage points within each community, and when full picked by skip loaders at a determined frequency to the final disposal site.

The Kumasi Metropolitan Assembly traditionally was not charging beneficiaries of communal waste collection services [13]. Private contractors were paid GH¢ 10.0 (USD 3.78) by the Kumasi Metropolitan Assembly for a ton of waste carried to the final disposal site. However, the assembly realized that government subsidy for these services were not very prompt. This led to inadequate funds for the private contractors. To help solve this problem, the department decided to introduce a system dubbed City-wide Solid waste collection levy Scheme. Under this program which is sometimes referred to as pay-as-you-throw (PAYT) system, residents are required to pay a minimum of GH¢ 0.1 (USD 0.03) directly to representatives of solid waste contractors located near all the communal central disposal containers. This system operates similar to the Variable-rate solid waste disposal system which is presently being practiced in most parts of the United States.

1.5 TYPES AND BENEFITS OF PAY-AS-YOU-THROW

There are many forms of pay-as-you-throw solid waste programs, however, the most common types are bag programs, can programs, tag and sticker programs, hybrid programs and the weight-based rates [15]. The weight-based rate which is the method employed by the Kumasi metropolitan assembly, charges customers based on the weight of their waste. It has the advantage of providing a flexible way of recycling. This is because customers would save on the little waste they remove from their garbage. According to the US Environmental Protection Agency this approach to solid waste management incorporates three interrelated components that are important to successful community programs: environmental sustainability, economic sustainability and equity. Communities with PAYT program have seen significant increase in recycling and reduction in waste, this has resulted in a significant reduction in municipal solid waste management expenses. Finally, the program has brought about equity which was not realized in the previous way of managing trash through taxes or flat rate [15].

Although the PAYT program had won some support and recognition in developed countries, it did not do well in the greater Accra region of Ghana when it was introduced some years back. The Accra Metropolitan Assembly's intention to re-introduce the PAYT program to help solve solid waste collection problem in the metropolis met a lot of oppositions by the members of the Environmental Services Providers Association (ESPA). The ESPA called on the Assembly to introduce Polluter-Pay Principle (PPP) instead of PAYT. They argue that unlike the PAYT system that puts the cost of waste management on the beneficiaries, under the PPP system levies are put on all items that are imported or produced locally. These levies can then be used to pay for the disposal of the items after their lifespan. They also believe that since the first PAYT system did not work out well, it would never work again [16].

The situation is however different in the Kumasi metropolis. The PAYT system was introduced in the metropolis in 2009 and it still functions [13]. The director of the waste management department in the metropolis revealed that the system had rescued Kumasi from filth, and that his department is looking forward to improving the system [17]. The purpose of this study therefore is to examine the impact of the City-Wide Waste collection levy scheme on solid waste management effectiveness in the metropolis.

2 MATERIALS AND METHODS

The study adopted the case study method of qualitative research and semi structured interview and questionnaires were used as data gathering instruments. The study involved waste management departments and households within six (6) sub-metros, namely Bantama, Asokwa, Nhyiaso, Asawase, Oforikrom and Kwadaso.

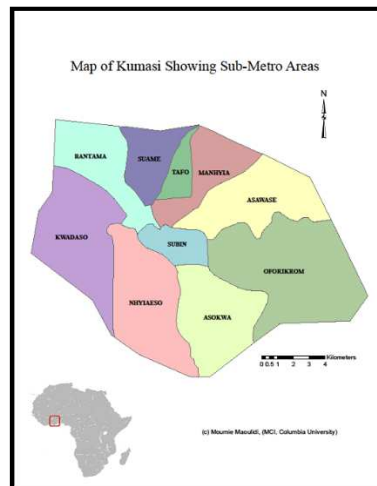


Figure 1: Map of Kumasi

Fig. 1 shows the map of Kumasi with labels of all the sub metros.

All the five (5) private waste collection contractors, with the exception of Zoomlion Ghana Limited were responsible for communal collection of solid waste within just one sub-metro. However, Zoomlion Ghana Limited was responsible for three of the ten sub-metros. Therefore, one out of the three sub-metros under Zoomlion's jurisdiction was randomly selected for this study. The sub-metros within which data were collected as indicated in Table 1 are Bantama sub-metro (under Mesk World Ltd.), Asokwa sub-metro (under Sac-M jurisdiction), Nhyiaso sub-metro (under KWML jurisdiction), Asawase sub-metro (by Zoomlion Ghana Ltd.), Oforikrom sub-metro (under ABC waste company), and Kwadaso sub-metro (under Waste group).

Table 1: Areas visited in Kumasi

SUB METRO	SUBURBS VISITED				
Bantam	Cambridge	Sofoline	Bantama	Abrebo	Bohyen
Asokwa	Asokwa	Ahinsan	Atonsus S-Line	Dompoase	Gyinaso
Nhyiaso	Fankylenebra	Ahodwo	Adiembra	Dakwadwo	Sokoban
Asawase	Adukrom	Abuabo	Asawase	Asabi	
Oforikrom	Boadi	Kotei	Ayeduwase	Ayegya	
Kwadaso	Asuyeboah	Odeneho Wadaso	Nzema	Tanoso	Kokode

The semi structured interviews were conducted with the six (6) private solid waste contractors and two staff from the Kumasi Waste Management Department. The interviews with the contractors were aimed at determining the locations for the central waste containers within each sub-metro, determining the contractors knowledge and awareness of the levy scheme, and finally to know if the levy scheme had helped them to meet some of their operational cost.

To test for the improvement or otherwise of the determinants of solid waste handling in this study, four hundred (400) questionnaires were distributed to four hundred households within six (6) sub-metros of the city. The questionnaires were designed to access the solid waste handling before and after the inception of the program. There were a hundred percent (100%) responses from the household survey; however, forty (40) responses were removed from the analysis because respondents were new in the metropolis and so could not state the solid waste management conditions before the introduction of the program.

In determining if there has been an increase in revenue stream, an estimation of the average minimum, average median and average maximum of profit each contractor makes in the six sub-metros were calculated. To calculate for the profit or loss made by the contractor, the money respondent claimed they pay before depositing their waste in each sub-metro were determined during a household survey. The average minimum, average median and average maximum of these monies were calculated for each sub-metro. The number of people in each sub-metro was projected from the study sample using the average household size and the average number of households per a house in the metropolis. The average household size in Kumasi is 5.1 persons, and there is an average of 3.4 households per a house [18]. The number of respondent who claimed

they dispose of their waste in the central disposal container, and the average of the money paid at the containers were used to calculate the actual money contractors make within each sub-metro.

2.1 STATISTICS OF RESPONDENTS

Two hundred and fifty-nine (259) representing seventy-two percent (72%) of the respondents were females, while one hundred and one (101) representing twenty eight percent (28%) were males. 71 (29.7%) of the respondents fall within the age bracket of 10-20 years, 130 (36.1) were between ages 21-30. The number of respondents whose ages were 31 – 40, and above 41, were 75 (20.8%) each. The minimum, median and maximum number of years respondents have stayed in their community were three, ten and fifty years respectively.

A statistical test - Fisher's exact test - was then applied to the proportion of responses collated from the respondents before and after the introduction of the levy scheme and p-values <0.05 were considered as being statistically significant.

3 RESULTS

3.1 INCREASED REVENUE STREAM AND REDUCE COST TO GOVERNMENT

Table 4 shows the estimated amount of money generated through the city-wide waste collection levy scheme within the six (6) sub-metros.

3.2 IMPROVEMENT MADE TO SOLID WASTE HANDLING

Summary of information about the disposal of solid waste in the selected sub-metros and conditions at the disposal site before the introduction of the City-Wide Solid Waste Collection levy Scheme are shown in Tables 2.

Table 2: Municipal Solid waste handling before the introduction of the program

Suburbs	Bantama	Asokwa	Nhyiaso	Asawase	Oforikrom	Kwadaso	TOTAL
Number of respondents	80	67	50	76	42	45	360
Where solid waste is disposed							
central waste container	53(66.3)	47(70.1)	35(70)	76(100.0)	38(90.5)	37(82.2)	286(79.4)
other places	27(33.8)	20(29.9)	15(30)	0(0.0)	4(9.5)	7(15.6)	73(20.3)
Frequency of waste disposal							
everyday	69(86.3)	50(74.6)	32(64.0)	41(53.9)	29(69.0)	31(68.9)	252(70.0)
once in a week	0(0.0)	2(3.0)	1(2.0)	7(9.2)	1(2.4)	0(0.0)	11(3.1)
twice in a week	8(10.0)	12(17.9)	14(28.0)	15(19.7)	4(9.5)	12(26.7)	65(18.1)
other	2(2.5)	3(4.5)	2(4.0)	13(17.1)	7(16.7)	2(4.4)	29(8.1)
Condition at the waste disposal site							
the container never spilled over	5(6.3)	12(17.9)	10(20.0)	18(23.7)	15(35.7)	5(11.1)	65(18.1)
the container over spilled	48(60.0)	34(50.7)	30(60.0)	54(71.1)	23(54.8)	33(73.3)	222(61.7)
there was no container	0(0.0)	9(13.4)	2(4.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(2.2)	12(3.3)
do not know	13(16.3)	12(17.9)	6(12.0)	4(5.3)	2(4.8)	3(6.7)	40(11.1)
Knowledge of how often container was carried away							
Yes	10(12.5)	20(29.9)	25(50.0)	28(36.8)	7(16.7)	18(40.0)	108(30.0)
everyday	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(2.6)	0(0.0)	3(6.7)	5(4.6)
once in a week	3(3.8)	4(6.0)	6(12.0)	8(10.5)	4(9.5)	3(6.7)	28(25.9)
twice in a week	6(7.5)	0(0.0)	4(8.0)	9(11.8)	0(0.0)	4(8.9)	23(21.3)
once in a month	1(1.3)	6(9.0)	3(6.0)	2(2.6)	0(0.0)	5(11.1)	17(15.7)
other	0(0.0)	10(14.9)	12(24.0)	7(9.2)	3(7.1)	3(6.7)	35(32.4)
No	47(58.8)	39(58.2)	22(44.0)	48(63.2)	32(76.2)	23(51.1)	211(58.6)

Table 3. Solid waste handling after the introduction of the program

Suburbs	Bantama	Asokwa	Nhyiaso	Asawase	Oforikrom	Kwadaso	TOTAL
Number of respondents	80	67	50	76	42	45	360
<i>Where solid waste is disposed</i>							
central waste container	80(100)	66(98.5)	48(96.0)	74(97.4)	41(97.6)	45(100.0)	354(98.3)
other places	0(0.0)	1(1.5)	1(2.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(0.6)
<i>Frequency of waste disposal</i>							
everyday	46(57.5)	37(55.2)	33(66.0)	19(25.0)	29(69.0)	30(66.7)	194(53.9)
once in a week	2(2.5)	4(6.0)	2(4.0)	12(15.8)	2 (4.8)	0(0.0)	22(6.1)
twice in a week	23(28.8)	20(29.9)	13(26.0)	34(44.7)	4(9.5)	14(31.1)	108(30.0)
other	9(11.3)	6(9.0)	1(2.0)	9(11.8)	5(11.9)	1(2.2)	31(8.6)
<i>Condition at the disposal site</i>							
the container never spilled over	31(38.8)	45(67.2)	20(40.0)	35(46.1)	19(45.2)	17(37.8)	167(46.4)
the container over spilled	49(61.3)	18(26.9)	28(56.0)	32(42.1)	20(47.6)	25(55.6)	172(47.8)
do not know	0(0.0)	2(3.0)	1(2.0)	6(7.9)	1(2.4)	3(6.7)	13(3.6)
<i>Knowledge of how often container was carried away</i>							
Yes	28(35.0)	33(49.3)	40(80.0)	28(36.8)	7(16.7)	25(55.6)	161(44.4)
everyday	2(2.5)	13(19.4)	5(10.0)	10(13.2)	2(4.8)	7(15.6)	39(24.2)
once in a week	8(10.0)	5(7.5)	1(2.0)	11(14.5)	2(4.8)	1(2.2)	28(17.4)
twice in a week	12(15.0)	6(9.0)	6(12.0)	5(6.6)	2(4.8)	8(17.8)	39(24.2)
once in a month	0(0.0)	0(0.0)	1(2.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(0.6)
other	6(7.5)	9(13.4)	27(54.0)	2(2.6)	1(2.4)	9(20.0)	54(33.5)
No	52(65.0)	33(49.3)	9(18.0)	43(56.6)	33(78.6)	20(44.4)	190(52.8)

There is a marked difference in the areas where people disposed their waste before and after the introduction of the scheme. After the introduction (Table 3), 98.3% (354/360) of the respondents used the central waste container as opposed to 79.4% (286/360) who used it previously (Table 2). People who disposed waste in other areas after the introduction constituted only 0.6% (2/360) as compared to 20.3% (73/360) previously. A look at the other areas of disposal captured as other places in Tables 2 indicates that 63% use available refuse dumps, 5.5% burn their solid waste and another 5.5% bury their solid waste in holes, 1.4% dispose their solid waste in the main drain and another 1.4% in the river with the remaining 23.3% disposing their solid waste in the bush. Four (4) out of the 360 respondents gave no answer to this question.

Also, there was a major disparities on frequency of waste disposal before and after the scheme was introduced. 53.9% (194/360) claimed they dispose their solid waste every day, 6.1% (22/360) claimed they dispose their waste once in a week, 30.0% claimed it was twice in a week and 8.6% claimed their frequency of solid waste disposal did not follow any special schedule as stated after the inception of the program (Table 3). Five (5) out of the total of 360 respondents gave no answer to this particular question. However, before the scheme it was observed that 70.0% (252/360) of the respondents dispose their solid waste every day, 3.1% (11/360) dispose their solid waste once in a week, 18.1% (65/360) dispose their waste twice in a week and the remaining 8.1% (29/360) dispose their waste on occasions other than the three stated above (Table 2). Three (3) respondents did not provide any information on the frequency with which they dispose of their solid waste.

Again, there was a clear and noticeable difference on the conditions at the disposal sites. After the scheme was introduced (Table 3), 46.4% (167/360) claimed the central disposal container never spilled over, 47.8% (172/360) claimed the disposal container over spilled and 3.6% (13/360) claimed they had no knowledge about the conditions at the disposal site. Eight (8) out of the total respondents numbering 360 gave no answers to this question on their questionnaires. But 18.1% (65/360) claimed the central disposal container never spilled over, 61.7% (222/360) claimed the container spills over, 3.3% (12/360) claimed there was no disposal container, and with the remaining 11.1% saying they virtually have no knowledge on the conditions at the disposal sites before the introduction of the scheme (Table 2). Twenty-one (21) out of the 360 respondents did not provide any information on the conditions at the disposal sites.

Table 4: Projected Revenue from the scheme

Variables	SUB-METROS					
	Asawase	Bantama	Nhyiaso	Asuyeboah	Oforikrom	Asokwa
No. of times a skip gets full	4	2	6	1	2	6
Expected money contractors get from communities	112.5	72.7	166.1	20.8	67.5	166.1
Money contractors get if community pays minimum fee (GH¢)	116	332	277	332	208	308
Money contractors get if community pays median fee (GH¢)	332	332	471	498	291	534
Money contractors get if community pays maximum fee (GH¢)	1661	498	1080	1163	747	1044
Minimum profit (GH¢)	54	260	111	311	140	142
Median Profit (GH¢)	220	260	304	477	223	368
Maximum Profit (GH¢)	1548	426	913	1142	680	878

4 CONCLUSION

4.1 SUSTAINED FINANCING

The estimated amount of money contractors get from beneficiaries of the communal services are much above the projected money that the waste department estimated that they would get. For example, if all the beneficiaries in the Asokwa sub-metro were to pay the minimum fee of GH¢ 0.2 (USD 0.05), then the contractor would make a profit of GH¢ 142.0 (USD 35.80) as shown in Table 4. Therefore, the system is one that can sustain itself. The minimum, median and maximum amount of money respondent pay each time put their solid waste into the central bin were ten pesewas, thirty pesewas and 100 pesewas respectively.

4.2 SOLID WASTE HANDLING

After the introduction of the program, comparison of the choice of areas for waste disposal showed that respondents were 15 times (95% CI: 6.6 – 35.6, $p < 0.0001$) more likely to dispose their solid waste in the central waste container compared to the 46 times likelihood of choosing other places other than the central waste container prior to the introduction of PAYT. This shows that there has been an improvement in disposal of solid waste at legal places since the introduction of the program.

Also, before the introduction of PAYT there was a 2 times (95% CI: 1.3 – 2.4, $p = 0.0002$) likelihood that the central waste container would spill over and the odds of not finding a container at the disposal site was 26 times (95% CI: 1.5 – 439). Above all, there was a significant chance that respondents will not know anything about conditions at the disposal site (OR=3, 95% CI: 1.8 – 6.4, $p = 0.0002$). Significant improvements were however, observed in the trends after the introduction of PAYT where there was 4 times likelihood (95% CI: 2.8 – 5.5, $p < 0.0001$) that the central waste container will never spill over.

Finally, before the program was introduced, study respondents were 2 times (95% CI: 1.5 – 2.7, $p < 0.0001$) more likely to dispose of solid waste every day. After the program's introduction however, the trend shifted to a 2 times (95% CI: 1.4 – 2.8) tendency of disposing solid waste twice in a week. Comparisons for waste disposal once a week and at other times out of these regular schedules showed no statistically significant differences ($p > 0.05$).

5 RECOMMENDATION

The Kumasi Metropolitan Assembly should reach out to the inhabitants who are currently not using the central bins so that indiscriminate dumping of solid waste in gutters, streams and river bodies will cease.

The scheme has so far been successful in dealing with waste to an appreciable limit as well as generating income for the Waste Management Contractors hence the scheme could be replicated in other District and Metropolitan areas which have similar solid waste disposal challenges.

REFERENCES

- [1] Kaseva, E. Mengiseny, and E. Stephen Mbuligwe, "Appraisal of Solid Waste Collection Following Private Sector Involvement in Dar Es Salaam City, Tanzania," *Habitat International*, vol. 29, pp. 353 – 66, 2005.
- [2] Guerrero, L., Maas, G., & Hogland, W. , "Solid waste management challenges for cities in developing countries," *Waste Management*, vol. 33, no. 1, pp. 220–232, 2013.
- [3] AllAfrica. "Zambia: Waste Disposal Haunts Cities." 2003.
- [4] Collaborative Working Group (CWG) on Solid Waste Management in Low- and Middle-income Countries, "Solid Waste Collection That Benefits the Urban Poor ,," edited by Adrian Coad, Dar es Salaam, Tanzania, *The Skat Foundation*, 2003.
- [5] Christensen, Thomas H., ed. Solid Waste Technology and Management. Edited by Thomas H. Christensen. 2 vols. Vol. 1, Introduction to Waste Management. Malaysia: Blackwell Publishing Ltd, 2011.
- [6] Henry, Rotich K., Zhao Yongsheng, and Dong Jun, "Municipal Solid Waste Management Challenges in Developing Countries - Kenyan Case Study," *Waste Management*, vol. 26, no. 1, pp. 92-100, 2006.
- [7] MLGRD. "Environmental Sanitation Policy." edited by Ministry of Local Government and Rural Development. Accra, Ghana, 2010.
- [8] Achankeng, Eric, "Globalization, Urbanization and Municipal Solid Waste Management in Africa," Paper presented at the African on a Global Stage, 2003.
- [9] Boadi, Kwasi Owusu, and Markku Kuitunen, "Municipal Solid Waste Management in the Accra Metropolitan Area, Ghana," *the Environmentalist*, vol. 23, pp. 211-18, 2003.
- [10] Amoah, O. Alexander, "Institutions and Sanitation in Ghana: A Case Study of Kumasi Metropolitan Assembly," *University of Ghana*, 2010.
- [11] Fobil, Julius, Olatunji Kolawole, Jonathan Hogarh, Derick Carboo, and Frederick Rodrigues, "Waste Management Financing in Ghana and Nigeria - How Can the Concept of Polluter-Pay-Principle (PPP) Work in Both Countries?," *International Journal of Academic Research*, vol. 2, no. 3, pp. 139 – 42, 2010.
- [12] Obeng, Peter Appiah, Emmanuel A. Donkor, and Anthony Mensah. "Assessment of Institutional Structures for Solid Waste Management in Kumasi," *Management of Environmental Quality*, vol. 20, no. 2, pp. 106 - 120, 2009.
- [13] Kumasi Metropolitan Assembly(K.M.A). "Solid Waste Management: Waste Generation and Distribution," 2012.
- [14] Skumatz, A. Lisa, "Variable-Rate or "Pay-as-You-Throw," Waste Management: Answers to Frequently Asked Questions," *Reason Foundation*, 2002.
- [15] EPA, "Waste-Resources Conservation-Tools-Pay-As-You-Throw, 2016.
[Online] Available: <https://archive.epa.gov/wastes/conservation/tools/payt/web/html/index.html> (June 12, 2016).
- [16] Benti, Naa Lamiley, "Pay as U Dump Not the Answerpage," Ghana Daily Graphic, 2009.
- [17] Kewura, Yussif Simmons, "Pay as You Dump' Rescues Kumasi from Filth," The Chronicle, 2011.
- [18] KMA, *The Composite budget of the Kumasi Metropolitan Assembly*. Kumasi, 2014.

Comparaison de la composition chimique et l'activité insecticide des huiles essentielles de *Mentha suaveolens* Ehrh. prélevées de deux régions différentes du Maroc contre *Bruchus rufimanus* (Bohman) (Coleoptera: Chrysomelidae)

[Comparison of the chemical composition and the insecticidal activity of essential oils of *Mentha suaveolens* Ehrh. collected from two different regions of Morocco, against *Bruchus rufimanus* (Bohman) (Coleoptera: Chrysomelidae)]

Sanae Amzouar¹, Ahmed Boughdad², Abdelwahed Maatoui³, and Latifa Allam¹

¹Laboratoire d'entomologie appliquée, Equipe de protection des plantes et environnement, département de biologie, Université Moulay Ismail, Faculté des sciences, Meknès, Maroc

²Département de Protection des Plantes et de l'Environnement, Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès, Maroc

³Département de production des plantes, Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Morocco provides a large botanical treasure which can be the source of many interesting products for the development of new insecticides. The purpose of this study was to validate the therapeutic properties of *Mentha suaveolens* Ehrh. used heavily in Moroccan traditional medicine, to determine the chemical composition of its essential oils (EO) and to assess its insecticidal activity against *Bruchus rufimanus*. The leaves and flowers of *M. suaveolens* Ehrh. were collected in two regions of Morocco (Middle Atlas and Loukkos). The chemical composition of EO was analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry. 41 The Constituents representative (99.12%) from that of Loukkos whereas 35 constituents representative (99.60%) of the Middle Atlas, the majority compound of the two oils is the oxide of piperitenone. The probabilities of survival and the values of the LC₅₀ and LC₉₉ reveal that the EO of *M. suaveolens* Ehrh. presents a strong insecticidal activity. This toxicity increases with the increase of the concentration and the duration of exposure. After 24h of exposure the EO of Loukkos proves to be more active than that of Middle Atlas. Therefore the insecticidal activity is intimately linked to the chemical composition of the oils tested. It can be inferred that the yield and the chemical composition of EO that were studied vary in function of the region of the plant as well as these oils studied can be used as botanical insecticides against *B. rufimanus*.

KEYWORDS: *Mentha suaveolens*, Essential Oil, GC-MS, insecticidal activity, fumigation, *Bruchus rufimanus*.

RESUME: Le Maroc fournit un grand trésor botanique qui peut être la source de nombreux produits intéressants pour le développement de nouveaux insecticides. Le but de cette étude était de valider les propriétés thérapeutiques de *Mentha suaveolens* Ehrh. utilisée fortement dans la médecine traditionnelle marocaine, afin de déterminer la composition chimique de ses huiles essentielles (HE) et d'évaluer son activité insecticide contre *Bruchus rufimanus*. Les feuilles et les fleurs de *M. suaveolens* Ehrh. ont été prélevées dans deux régions du Maroc (Moyen Atlas et Loukkos). La composition chimique des HE a été analysée par GC-MS. 41 constituants représentant (99,12%) de celle de Loukkos Alors que 35 constituants représentant (99,60%) de celle de Moyen Atlas, le composé majoritaire des deux huiles est l'oxyde de piperitenone. Les probabilités de survie et les valeurs de la CL₅₀ et CL₉₉ révèlent que les HE de *M. suaveolens* Ehrh. présente une activité insecticide forte. Cette toxicité croît avec l'augmentation de la concentration et la durée d'exposition. Après 24h d'exposition l'HE de *M. suaveolens*

Ehrh. de Loukkos s'avère être plus active que celle de Moyen Atlas. Donc l'activité insecticide est intimement liée à la composition chimique des huiles testées. On peut déduire que le rendement et la composition chimiques des HE étudiées varient en fonction de la région de la plante ainsi que ces huiles étudiées peuvent être utilisées comme insecticides botaniques contre *B. rufimanus*.

MOTS-CLEFS: *Mentha suaveolens*, huile essentielle, GC-MS, Activité insecticide, Fumigation, *Bruchus rufimanus*.

1 INTRODUCTION

La bruche de la fève, *Bruchus rufimanus* (Boheman), est un Coléoptère *Chrysomelidae* monovoltin. Au Maroc cet insecte est considéré nuisible et l'un des problèmes de la culture de cette légumineuse, qui l'affecte aux champs et fait une génération en stock [1], [2]. Il présente un cycle biologique strictement dépendant de celui de sa plante hôte, *Vicia faba*, les femelles pondent sur les gousses dès leur apparition [1]. La larve perce l'enveloppe de l'œuf par sa face collée à la gousse et pénètre directement dans celle-ci, où elle vit aux dépens des graines encore fraîches [1]. Le contrôle de ces populations dépend principalement des insecticides de synthèse notamment la phosphine ou le bromure de méthyle [3], [4]. L'utilisation des pesticides de synthèse soulève cependant des problèmes d'ordre sanitaire, environnemental et des phénomènes de résistance [5]. Conformément au Protocole de Montréal de 1987, l'utilisation agricole du bromure de méthyle a cessé en 2005 dans les pays développés et il doit être retiré à 2015 dans les pays en développement.

Des méthodes alternatives sont nécessaires à la substitution des pesticides de synthèse, notamment le bromure du méthyle et la phosphine. Différentes méthodes bio rationnelles de gestion des ravageurs associés aux denrées agricoles stockées sont exposées [6]. Parmi ces approches de gestion, le bio pesticide d'origine végétale dont les huiles essentielles peuvent constituer une solution sécuritaire, écologique et durable [7], [8], [9], [10], [11]. Dans ce contexte de nombreuses études ont montré que les extraits des menthes (Lamiaceae) ont des effets insecticides sur de nombreuses espèces de coléoptères ravageurs des denrées stockées [12]. La composition chimique de l'huile essentielle de *M. suaveolens* Ehrh. a fait l'objet de nombreux travaux [13], [14] et sa toxicité est due à sa richesse en Monoterpènes oxygénés [13], [14]. En nous appuyant sur les études antérieures [12], [13], [14] nous avons, dans le cadre du présent travail, caractérisé les HE de *M. suaveolens* Ehrh. récoltée de deux régions différentes du Maroc. A notre connaissance, l'activité insecticide de ces deux HE contre les adultes de *B. rufimanus* n'a pas été étudiée auparavant. L'objectif du présent travail est de comparer la composition chimique et l'activité insecticide des huiles essentielles de *M. suaveolens* Ehrh, cueillie de deux régions du Maroc (Moyen Atlas ; Loukkos) comme fumigeant à l'égard de *B. rufimanus*.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIELS

2.1.1 MATERIELS VEGETAUX

La partie aérienne de *M. suaveolens* Ehrh, (feuilles, tiges et fleurs), a été récoltée pendant les deux mois : Juin et juillet 2013 de deux sites au Maroc (Loukkos et Moyen Atlas). La région de Loukkos surtout à Ksar el Kebir, localisée dans le nord-ouest du Maroc (Latitude nord : 35°00'06" ; longitude ouest : 5°54'19" ; altitude : 17 m) est caractérisée par un climat méditerranéen avec influence océanique. La pluviosité moyenne interannuelle varie de 600 mm à 1800 mm. La température moyenne varie entre 16 et 19 °C avec un minimum en Janvier et un maximum en Août. Alors que la région d'Azrou située en Moyen Atlas du Maroc (Latitude: 33 ° 25 '59 " ; Longitude: 5 ° 13' 01" ; Altitude: 1278m) est caractérisée par un climat semi-humide avec une forte influence continentale avec une température annuelle moyenne de 20 °C.

Les identités taxonomiques des plantes ont été confirmées par les botanistes de l'herbier national de l'Institut Scientifique, Université Mohammed V de Rabat. Ces espèces ont été numérotées 93782 (*M. suaveolens* Ehrh Loukkos), 93783 (*M. suaveolens* Ehrh Moyen Atlas). Ensuite les feuilles et les fleurs de plantes authentifiées ont été séchées à l'ombre pendant 20 jours à température ambiante puis stockées dans des sacs de papier scellés pour l'extraction.

2.1.2 MATERIEL ANIMAL

Les adultes de *Bruchus rufimanus* proviennent des graines sèches de la fève (*Vicia faba* var. *major*) infestées. Ces graines ont été achetées dans des greniers traditionnels chez les paysans, la présence de larves dans les graines, repérables par la

présence des points noirs visible à la surface de ces dernières. Les graines infestées par *B. rufimanus* ont été ensuite mises en incubation à température ambiante pendant 6 mois dans des bocaux en plastique transparent à raison de 1kg/bocal. Les adultes issus des graines ont été utilisés en test biologique dans les 12 heures après leur émergence.

2.2 METHODES

2.2.1 METHODES D'EXTRACTION

Les huiles essentielles de chaque menthe ont été obtenues par hydrodistillation pendant 3h dans un appareil de type Clevenger. Le matériel végétal distillé correspond aux 200g des feuilles et fleurs sèches de *M. suaveolens* par litre d'eau distillée. Les huiles essentielles obtenues ont été recueillies par simple décantation ensuite déshydratées au sulfate de sodium anhydre et conservées au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à l'utilisation. Pour répondre aux besoins des tests biologiques, plusieurs répétitions ont été effectuées pour chaque espèce de menthe.

2.2.2 ANALYSE CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES

L'analyse chimique des huiles essentielles est effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse (Trace GC ULTRA) couplée à la spectrométrie de masse (Polaris Q) MS à trappe ionique, au Centre National de la Recherche Scientifique et Technique à Rabat (CNRST) Maroc. La colonne de type VB-5 (5% phenyl Methyl polysiloxane) possède les caractéristiques suivantes (longueur :30 m ; diamètre interne : 0,25 mm ; épaisseur du fi lm :0,25 µm). Les conditions opératoires sont : la température de l'injecteur split: 220 C° ; volume d'injection est 1µl ; la programmation de température de 40 °C (2 min) à 180 °C à raison de 4 °C/min puis atteint 300°C pendant 2 min à raison de 20 °C/min ; le gaz vecteur : He à 0,3 ml/min ; le mode de scan est full scan ; l'énergie d'ionisation est égale à 70ev ; la température limite varie de 20 à 260 C° et celle de la source d'ion est 200 C°. la température de la zone auxiliaire est 300°C et la gamme de scan varie de 30 à 500 (M /Z). L'identification des indices de rétention des différents constituants est réalisé à partir de leurs spectre de masse en comparaison avec ceux des composés standards de la banque des données informatisées NIST.

2.2.3 TESTS DE TOXICITE

Les solutions d'huiles essentielles sont testées par fumigation. Pour favoriser leur diffusion dans le milieu de traitement, la charge d'huile est déposée sur une rondelle de papier filtre. Les différentes concentrations d'huiles essentielles définies par rapport au volume d'air de l'enceinte, sont exprimées en microlitre par litre d'air .La quantité d'huile est en fonction du volume des bocaux, de façon à obtenir les cinq concentrations suivantes : 10, 20, 40, 80 et 100 µl/l. L'étude du taux de mortalité est menée sur 20 couples de *Bruchus rufimanus*. Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions, avec une rondelle de papier filtre non chargé. Cinq répétitions sont ainsi effectuées. Au bout de chaque 24 h le nombre d'insectes morts est compté jusqu'à la mort total de tous les individus.

2.2.4 ANALYSE DES DONNEES

Pour comparer les effets des huiles essentielles testées sur la survie des adultes de *B. rufimanus*, nous avons utilisé les données brutes. Le calcul des probabilités de survie et la comparaison de l'effet de chaque concentration testée ont été effectués respectivement par le test de Kaplan-Mayer [15] et le test du log-rank [16]. Les CL₅₀ et CL₉₉ ont été déterminées par la méthode des probits selon Finey (1971) [17]. Le temps léthal, requis pour la mort de 50 % (TL₅₀) et 99% (TL₉₉) des adultes exposés aux différentes concentrations des huiles essentielles a été estimé à partir des équations de régression linéaire, exprimant la probabilité de survie en fonction du temps.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RENDEMENT ET COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES

Les rendements moyens des huiles essentielles ont été calculés à partir de 100g de la matière végétale sèche. Le rendement de l'HE de *M. suaveolens* de Loukkos est plus élevé (1,6%) que celle de Moyen atlas (0,7%). Cependant, ces taux semblent être relativement plus faibles que celui obtenu dans la région d'Oulmès Maroc par Benayad (4,33%) [18] et en Algérie par Brada (1,8 %) [19]. mais par contre les rendements calculés semble être plus élevés que ceux obtenus à partir d'échantillons de Meknès (0,73%) [20] et Boulmane (0,53%) [13].

Les analyses chromatographiques des deux huiles essentielles ont permis d'identifier 41 composés qui représentent environ (99,12%) de la composition chimique totale de l'HE de *M. suaveolens* de Loukkos tandis que celle de Moyen Atlas contient 35 composés qui représentent environ (99, 60%) (Tableau 1) contrairement aux 32 constituants qui ont été identifiés par Derwich [13] et 44 composés identifiés en Algérie par Brada [19]. Les monoterpènes oxygénés sont la classe la plus abondante des composés identifiés dans les deux huiles essentielles, mais le grand pourcentage a été observé dans l'HE de Loukkos (81.09%) contre celui de Moyen Atlas (73.23%). Cependant, les sesquiterpènes oxygénés dans l'HE de Loukkos atteignent 1.29% alors qu'ils étaient environ 0.53% dans l'HE de Moyen Atlas. Les monoterpènes et les sesquiterpènes oxygénés exercent une large action biologique dans la chimie alimentaire et l'industrie pharmaceutique [21], [22].

L'huile essentielle de Loukkos est caractérisée par la présence d'oxyde de piperitenone comme principal constituant avec une teneur de (53.12%). Ce dernier est suivi par le cis-Sabinene hydroxide (9.29%), le trans-2-Menthenol (6.83%), le γ -Terpineol (5.32%) et la Germacrene D (2.41%). D'autres composés sont identifiés mais à des pourcentages relativement faibles tels que Piperitenone (1.94%), Limonene (1.74%), cis-Sabinene hydrate (1.73%), Sabinene (1.64%), p-Cymene (1.44%), Caryophyllene (1.42%) et γ -Terpinene (1.15%). Alors que l'oxyde de piperitenone domine l'HE de Moyen Atlas avec une teneur de (54.51%) suivi par Limonene (5.61%), Germacrene D (5.11%), 2-Pinène-4-one (4.86%), trans-Sabinene hydrate (3.45%), L-Borneol (2.45%), β -Phellandrene (2.4%). D'autres composés sont identifiés mais à des pourcentages relativement faibles tels que α -Pinène (1.72%), Piperitenone (1.59%), Cinerolone (1.55%), Caryophyllene (1.47%), 1-Pentylallyl acetate (1.22%), γ -Terpinene (1.20%), γ -Gurjunene (1.08%), Sabinene (1.06%), Pulegone (1.03%) (tab.1).

La différence entre les deux huiles a été signalée par la présence et l'absence de certains composés de part et d'autre, il y a certains composés spécifiques à l'huile de Loukkos comme Cubenol (0.56%), Grandlure II (0.29%), β -Spathulenol (0.24%), α -Murolène (0.21%). En revanche, p-Menthane-1,2,3-triol (0.48%), L-Borneol (2.45%), Cumaldehyde (0.72%), L- α -bornyl acetate (0.49%), β -Cadinène (0.25%), δ -Cadinène (0.45%), τ -Cadinol (0.42%), Cinerolone (1.55%) sont présentes seulement dans l'HE de Moyen Atlas (tab.1).

Tableau 1. Composition chimique des huiles essentielles extraites de *M. suaveolens* récoltée de deux régions différentes du Maroc

No	IR	Composé identifié	Teneur en %	
			Moyen Atlas	Loukkos
1	929	Camphene	-	0.28
2	938	α -Pinène	1.72	0.81
3	944	trans-Sabinene hydrate	3.45	-
4	973	Sabinene	1.06	1.64
5	981	β -Pinène	-	0.34
6	1005	α -Phellandrene	0.17	-
7	1011	3-Carene	0.81	-
8	1018	α -Terpinene	0.67	-
9	1024	p-Cymene	-	1.44
10	1027	Limonene	5.61	1.74
11	1032	β -Phellandrene	2.48	0.69
12	1040	cis-Ocimene	0.43	-
13	1051	2-ethylhex-2-enol	0.69	0.59
14	1052	2,3-Dimethylcyclopent-2-en-1-one	0.19	-
15	1061	p-Menthane-1,2,3-triol	0.48	-
16	1062	γ -Terpinene	1.20	1.15
17	1069	cis-Sabinene hydrate	0.54	1.73
18	1070	cis-Sabinene hydroxide	-	9.29
19	1071	NI	-	0.22
20	1086	Terpinolene	-	0.34
21	1097	trans-2-Menthenol	-	6.83
22	1110	1-Pentylallyl acetate	1.22	0.41
23	1133	Isomenthone	-	0.20
24	1134	1-Terpinenol	-	0.24
25	1144	4-Acetyl-1-methylcyclohexene	0.13	-
26	1159	γ -Terpineol	-	5.32
27	1173	L-Borneol	2.45	-

28	1178	E-2-Caren-4-ol	-	0.50
29	1190	α -Terpineol	0.61	0.33
30	1195	cis-Carvotanacetol	-	0.52
31	1205	2-Pinen-4-one	4.86	-
32	1237	Pulegone	1.03	-
33	1242	Cumaldehyde	0.72	-
34	1283	L- α -bornyl acetate	0.49	-
35	1290	Thymol	0.70	-
36	1294	Dipentene oxide	-	0.14
37	1299	Carvacrol	-	0.35
38	1336	β -Cyclohomogeraniol	-	0.29
39	1343	Piperitenone	1.59	1.94
40	1344	Dihydrocarvyl acetate	-	0.23
41	1346	Terpenyl acetate	0.28	0.52
42	1363	piperitenone oxide	54.51	53.12
43	1373	Methyl anisate	-	0.27
44	1398	Jasmone	-	0.30
45	1419	Caryophyllene	1.47	1.42
46	1438	Humulene	0.30	0.27
47	1444	γ -Gurjunene	1.08	0.71
48	1485	Germacrene D	5.11	2.41
49	1488	β -Guaiene	-	0.61
50	1493	α -Muurolene	-	0.21
51	1520	β -Cadinene	0.25	-
52	1524	δ -Cadinene	0.45	-
53	1531	Calamenene	0.41	0.53
54	1569	Spatulenol	0.11	-
55	1578	Caryophyllene oxide	-	0.49
56	1619	β -Spathulenol	-	0.24
57	1640	τ -Cadinol	0.42	-
58	1641	Cinrolone	1.55	-
59	1642	Cubenol	-	0.56
60	1865	Grandlure II	-	0.29
Monoterpènes oxygénés			73.23	81.09
Monoterpènes hydrocarbonés			14.51	8.43
Sesquiterpènes oxygénés			0.53	1.29
Sesquiterpènes hydrocarbonés			9.07	6.16
Autres			2.26	2.15
Total			99,60	99,12
Rendement			0.7	1,6

La composition chimique et le rendement des huiles essentielles varie d'un échantillon à un autre; cette variation dépend de nombreux facteurs tel que la méthode utilisée, les parties de la plante utilisées, les produits et les réactifs utilisés dans l'extraction, l'environnement, le génotype des plantes, l'origine géographique, la période de récolte de la plante, le degré de séchage, les conditions de séchage, temps et température de séchage et la présence des mauvaises herbes [23], [24].

La composition chimique des huiles étudiées sont conformes à celles rapportées par certaines recherches menées précédemment. L'HE de Meknès est caractérisée par la prédominance de l'oxyde de pipériténone (34%) [20]. De même, les échantillons provenaient de l'Uruguay et de la Grèce ont montré une prépondérance de l'oxyde de pipériténone qui atteint respectivement (80,8%) [25] et (62,4%) [26]. Cependant, les mêmes espèces dans le nord d'Algérie [19] contiennent trois compositions chimiques variables; le premier chimiotype est caractérisée par la prédominance de l'oxyde de piperitenone (29,36%) et de l'oxyde de pipéritone (19,72%). A l'inverse, le second est prédominé par l'oxyde de pipéritone (31,4%) suivi par de l'oxyde de piperitenone (27,79%). Le troisième chemotype algérienne contient le pipériténone comme constituant majeur (54,91%), Le même composé atteint (33.03%) ainsi que le pulégone (17,61%) dans la région d'Oulmès [18]. L'étude réalisée sur les deux HE de *M.suaveolens* de corse [27] révèle deux différents constituants principaux: le pipériténone (73,5%) et de

l'oxyde de pipériténone (72%). Cependant, la composition chimique des HE de Béni-Mellal [28] et Boulmane [13] est totalement différente de nos échantillons, le pulégone (85,5%) et le menthol (40,50%) sont respectivement les principaux composés. En outre, Eman et Abbas ont rapporté que les espèces de Beheira (Egypte) sont dominées par le linalol (35,32%) et p-Menth-1-en-8-ol (11,08%) [29].

3.2 EFFET DES HUILES ESSENTIELLES SUR LA MORTALITE DES ADULTES DE *B. RUFIMANUS*

Dans cette recherche, nous avons évalué l'activité des huiles essentielles de *M. suaveolens* récolté de deux régions différentes du Maroc contre les adultes de *B. rufimanus*. La figure 1 donne un aperçu sur les résultats obtenus avec les deux huiles essentielles. En effet, la probabilité de survie des bruches traitées diminuent au fur et à mesure que la concentration en huiles essentielles augmente. Pour une même concentration, l'effet toxique s'amplifie aussi avec la durée d'exposition des bruches aux fumigeant testés. Dans les boîtes traitées par *M. suaveolens* de Loukkos la longévité des bruches mâles et femelles est respectivement : 6 jours pour 10 µl/l d'air, 4 et 5 jours pour 20 µl/l d'air, 3 et 4 jours pour 40 µl/l d'air, 2 jours pour 80 µl/l d'air, mort totale des individus après 24h dans les lots traité par 100 µl/l d'air. Avec celle de Moyen Atlas, la longévité des bruches mâles et femelles est respectivement : 8 et 7 jours pour 10 µl/l d'air, 5 et 6 pour 20 µl/l d'air, 4 jours pour 40 µl/l d'air 3 et 2 pour 80 µl/l d'air, aussi mort totale après 24h dans les lots traité par 100 µl/l. Dans les boîtes témoin, aucune mortalité des bruches n'a été observée durant toute la durée d'expérimentation. Il faut enfin noter que l'huile essentielle extraite de *M. suaveolens* de Loukkos manifeste une action plus rapide sur les adultes que celle extraite de *M. suaveolens* de Moyen Atlas.

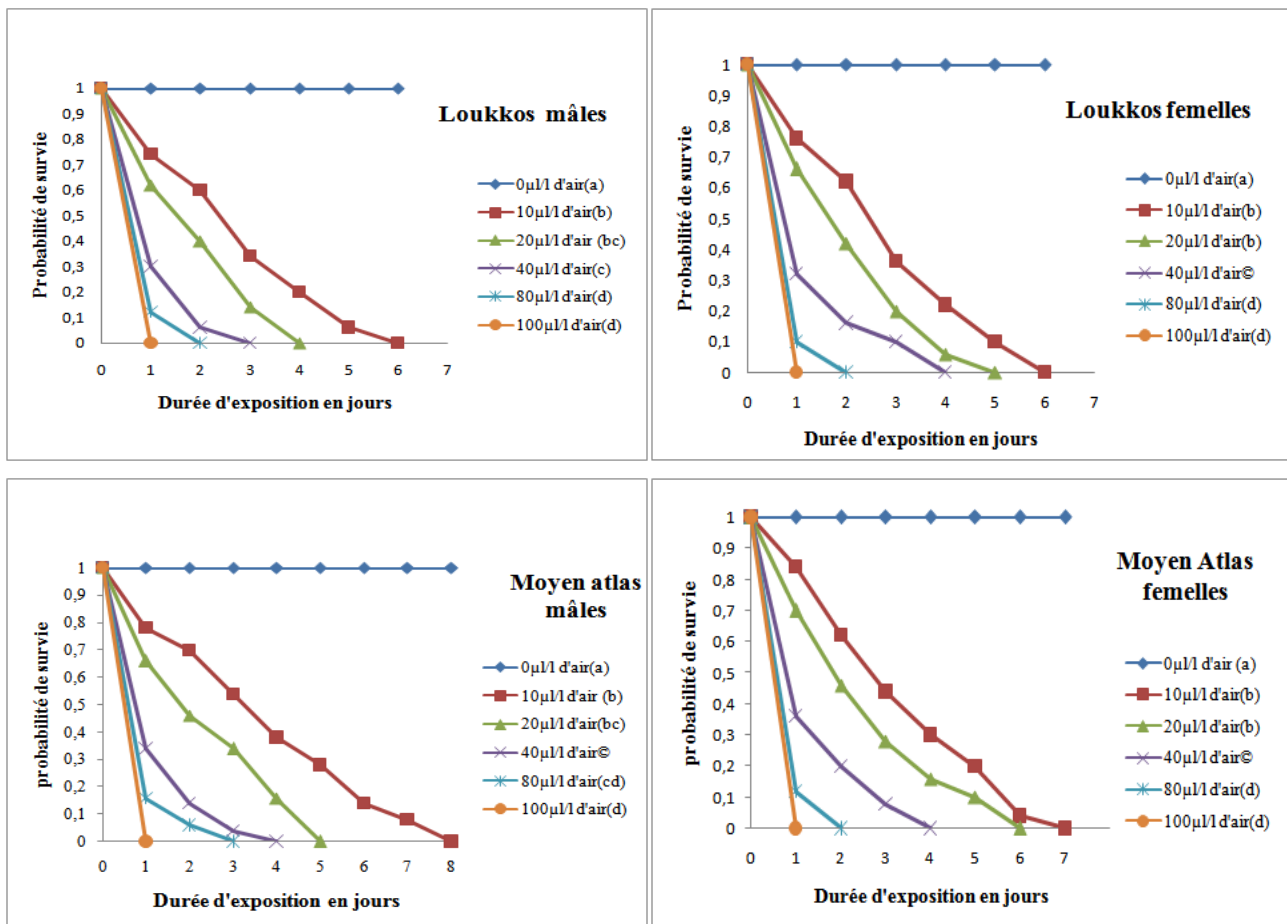


Figure 1. Probabilité de survie des adultes de *Bruchus rufimanus* exposés aux huiles essentielles de *M. suaveolens* .les concentrations affectées par une même lettre ne diffèrent pas statistiquement entre elles (Test logrank à 5%).

Les temps de survie de 50% des adultes mâles et femelles exposés aux différentes concentrations des huiles essentielles de *M. suaveolens* de Loukkos et de Moyen Atlas varient respectivement de moins de 24 h à environ 3 jours ; de environ 3 à 5 jours selon la concentration et le sexe considérés, alors que Les temps de mortalité de 99 % des adultes mâles et femelles

exposés aux différentes concentrations des huiles essentielles de *M. suaveolens* de Loukkos et de Moyen Atlas varient respectivement de 2 à 6 jours ; de environ 3 à 9 jours. Dans le lot témoin, les adultes vivent beaucoup plus longtemps que la durée de traitement. En outre, les TL_{50} et les TL_{99} sont négativement corrélés aux concentrations en huiles essentielles testées (Tableau 2).

Tableau 2 : TL_{50} et TL_{99} (jours) des adultes de *Bruchus rufimanus* exposés aux huiles essentielles de *Mentha Suaveolens* de Loukkos et de Moyen Atlas.

Mentha Suaveolens	Concentration (μ l / l d'air)	Mâles				Femelles			
		TL_{50}	R	TL_{99}	r	TL_{50}	r	TL_{99}	R
Loukkos	10	2,52		5,46		2,63		5,60	
	20	1,72		3,74		1,95		4,45	
	40	1	-0,88	2,54	-0,9	1,17	-0,93	3,42	-0,98
	80	0,74		1,74		0,73		1,73	
	100	-*		-		-		-	
Moyen Atlas	10	4,48		8,51		4,04		7,44	
	20	3,16		5,8		3,30		6,42	
	40	2,14	-0,85	4,32	-0,86	2,24	-0,92	4,34	-0,97
	80	1,87		3,48		1,74		2,74	
	100	-		-		-		-	

*mortalité totale pendant les premières 24h

Les paramètres toxicologiques des huiles essentielles des plantes testées sont regroupés dans le tableau 3. 24 heures après la fumigation, les CL_{50} extrêmes de *M. suaveolens* de Loukkos varient selon le sexe considérés entre 18 à 29 μ l/l d'air, alors que les CL_{99} s'échelonnent entre 127 à 353 μ l/l, en revanche les CL_{50} extrêmes de *M. suaveolens* de Moyen Atlas varient selon le sexe considérés entre 21 à 33 μ l/l d'air, alors que les CL_{99} s'échelonnent entre 125 à 389 μ l/l. Au regard des CL_{50} et de TL_{50} , on peut déduire que l'huile essentielle de *M. suaveolens* de Loukkos possède le plus fort pouvoir toxique vis-à-vis des adultes de *B. rufimanus* que celle récolté de Moyen Atlas.

Tableau 3 : Paramètres de toxicité des huiles essentielles de *Mentha Suaveolens* vis-à-vis des adultes de *Bruchus rufimanus* 24 heures après fumigation

Mentha Suaveolens	Sexe	Pente $\pm$ Erreur standard	χ^2 calculé < χ^2 observé = 7.815	LC_{50} (μ l/l d'air) [intervalles de confiance]	LC_{99} (μ l/l d'air) [intervalles de confiance]
Loukkos	Mâle	2.501 $\pm$ 0.292	5.894	23.26 [18.62;28.03]	198.07 [135.73;353.68]
	Femelle	2.685 $\pm$ 0.307	6.363	24.67 [20.00;29.49]	181.31 [127.77;308.03]
Moyen Atlas	Mâle	2.529 $\pm$ 0.294	7.069	26.25 [21.17;31.54]	218.21 [149.54;389.62]
	Femelle	2.977 $\pm$ 0.338	5.117	28.58 [23.51;33.79]	172.72 [125.77;278.28]

L'efficacité de ces deux huiles essentielles peut être attribuée à leur composition chimique généralement et particulièrement à leur richesse en monoterpènes oxygénés et sesquiterpènes oxygénés qui ont été bien documentés comme des fumigeant actifs à propriété insecticides contre plusieurs ravageurs des denrées stockés [30, 31, 32, 33]. La toxicité fumigène des deux d'huiles testée peut être justifiée aussi par le taux élevé de l'oxyde de piperitenone. L'activité insecticide de ce dernier a été étudiée par plusieurs travaux [32, 34]. En outre, la différence observé entre l'intensité toxique des deux huiles essentielles de *M. suaveolens* a été attribué à la richesse de celle de Loukkos en monoterpènes oxygénés (81,09%) et en sesquiterpènes oxygénés (1,29%) alors que celle de Moyen Atlas présente respectivement (37,23%) et (0,53%) en monoterpènes et sesquiterpènes oxygénés.

En plus, l'activité insecticide des huiles essentielles n'est pas seulement limitée à ses constituants majeurs; il pourrait aussi être dû à l'effet synergique de plusieurs constituants minoritaires [35], [36]. Des études récentes ont rapporté que les huiles essentielles affectent la physiologie d'insecte de façons diverses. De plus, les monoterpènes oxygénés ont été examinés pour leur neurotoxicité [37]; ils sont typiquement volatils et plutôt lipophiles et peuvent pénétrer dans les insectes rapidement et se heurter à leurs fonctions physiologiques [38] en inhibant l'activité d'acétylcholinestérase [39] et agissant sur les sites octopaminergique des insectes [40].

Les huiles essentielles comme des insecticides naturels sont donc une alternative aux insecticides synthétiques à cause de leurs propriétés physicochimiques qui les rendent très volatils et biodégradables, qui ne présente aucun risque de résidus sur des produits traités ou sur la germination de grains traités. De plus, le fait que les huiles essentielles agissent sur les sites octopaminergique des insectes, ils sont moins toxiques aux mammifères [40].

4 CONCLUSIONS

L'apparition des insectes résistants aux traitements chimiques à base d'insecticide de synthèse pousse à la recherche d'alternatives plus efficaces et plus sûres. Dans ce cadre, ce travail a été consacré à la comparaison de la composition chimique et de l'activité insecticides des huiles essentielles de *M. suaveolens* récoltée de deux régions différentes du Maroc sur les adultes de *B.rufimanus*. L'analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles de *M. suaveolens* de Loukkos et de Moyen Atlas a permis d'identifier respectivement 41 et 35 constituants. L'oxyde de piperitenone est le composé majoritaire des deux huiles de *M. suaveolens*. Les deux huiles ont montrées un important effet fumigent contre les adultes de *B.rufimanus*. Cet effet peut être attribué à la composition chimique et en particulier à l'abondance de l'oxyde de piperitenone sans ignorer le rôle synergique de composés mineurs. A la lumière de l'ensemble de ces résultats, les huiles essentielles de *M. suaveolens* peuvent ainsi être utilisées comme des biopesticides dans la gestion intégrée des bruches monovoltins et les ravageurs des denrées stockées.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr. M. FANAE, professeur à l'Institut Scientifique de Rabat, pour l'identification des espèces étudiées.

REFERENCES

- [1] P. Dupont, J. Huignard, Relationships between *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coleoptera: Bruchidae) and the phenology of its host plant *V. fabae* L their importance in the special distribution of the insects, *symp. Biol. Hung*, vol. 39, pp. 255-263, 1990.
- [2] A. Hoffmann, V. Labeyrie, A.S. Balachowsky, Famille des Bruchidae in *Entomologie appl. à l'agriculture*, Masson publ., Paris, pp. 434-494, 1962.
- [3] A. Boughdad, "Ravageurs des légumineuses alimentaires au Maroc. In : Le secteur des légumineuses alimentaires au Maroc ". Actes (eds) IAV HII Rabat Maroc, pp. 315-338, 1992.
- [4] B. Ezzahiri, M. Bouhache, M. Mihi. "Index phytosanitaire Maroc". AMPP, Rabat Maroc, pp. 304, 2011.
- [5] M. Stoytcheva, "Pesticides - The impacts of pesticide exposure". InTech, Croati., pp. 446, 2011.
- [6] T.W. Phillips, J.E. Trone, - Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annu. Rev. Entomol*, 55, 375-397, 2010.
- [7] M.B. Isman, Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol* (2006) 51, 45 –66.
- [8] O. Koul, S.Walia, G. S.Dhaliwal, Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopestic. Int.* (2008) 4, 1, 63–84.
- [9] E. Shaaya, M. Kostyukovsky, The potential of biofumigation as alternatives to methyl bromide for the control of pest infestation in grain and dry food. In Kirakosyan A., Kaufman P.B., *Recent Advances in Plant Biotechnology*. Springer-Sciences + Business Media (2009) 389-403.
- [10] A. K.Tripathi, S.Upadhyay, M.Bhuiyan, P. R.Bhattacharya, A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy* (2009)1, 5, 052-063.
- [11] S. G.Pérez, M. A. Ramos -López, M. A. Zavala-Sánchez, N. C. Cárdenas-Ortega, Activity of essential oils as a biorational alternative to control coleopteran insects in stored grains *Journal of Medicinal Plants Research* (2010) 4, 25, 2827-2835.

- [12] A. A. Ouazzou, S. Lorán, A. Arakrak, A. Laglaoui, C. Rota, A. errera, R. Pagán, P. Conchello,. Evaluation of the chemical composition and antimicrobial activity of *Mentha pulegium*, *Juniperus phoenicea*, and *Cyperus longus* essential oils from Morocco, Food Research International (2012) 45, 313–319.
- [13] E. Derwich, Z. Benziane, R. Taouil, O. Senhaji and M. Touzani. Comparative Essential oil Composition of Leaves of *Mentha rotundifolia* and *Mentha pulegium* a Traditional Herbal Medicine in Morocco, American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture (2010) 4(1): 47-54.
- [14] S.W.Jennifer, A.K. Boehmeb and W.N. Setzer. Biological Activities of Essential Oils from Monteverde, Costa Rica. Natural Product communications. An international journal for communication and reviews covering all aspects of products research (2007) 12 (2): 1212-1219.
- [15] E.L. Kaplan and P. Meier. Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. Journal of the American Statistical Association (1958) 53 (282), 457- 481.
- [16] E.T.Lee, and J.W. Wang. Statistical Methods for Survival Data Analysis, 3rd Edt. Wiley-Interscience, Boulder, CO, USA (2003) 513p.
- [17] D.J. Finney, Probit analysis. 3rd Edt. Cambridge University Press. London. UK (1971) 333p.
- [18] N.Benayad, Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Report. Univ of Rabat, Morocco (2008) 61.
- [19] M.Brada, M.Bezzina, M. Marlier, A. Carlier, G. Lognay. Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie Biotechnol. Agron. Soc. Environ. (2007) 11 (1), 3–7.
- [20] A.Boughdad, R. Elkasimi and M. Kharchafi. Activité insecticide des huiles essentielles de *Mentha* sur *Callosobrochus maculatus* (F) (COLEOPTERA, BRUCHIDAE). AFPP – Neuvième Conférence Internationale sur les ravageurs en Agriculture. Montpellier (2011) 26(27): 9.
- [21] SA. Abdelgaleil, MI. Mohamed, ME. Badawy, SA. El-Arami. Fumigant and Contact Toxicities of Monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their Inhibitory Effects on Acetylcholinesterase Activity. J. Chem.Ecol. (2009) 35,518–525.
- [22] G.Buchbauer, and A. Ilic. Biological Activities of Selected Mono- and Sesquiterpenes: Possible Uses in Medicine. Natural Products. (2013) pp: 4109-4159.
- [23] R. Karousou, D.N. Koureas, and S. Kokkini, Essential oil composition is related to the natural habitats: *Coridothymus capitatus* and *Satureja thymbra* in Natura 2000 sites of Crete. Photochemistry (2005) 66, 2668-2673.
- [24] M. Kelen, and B. Tepe, Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. Bioresource Technology (2008) 99, 4096- 410.
- [25] D. Lorenzo, D. Paz, E. Dellacassa, P. Davies, R. Vila and S. Cañigüeral, 2002. Essential Oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. Braz. Arch. Biol. Technol., 45(2): 519-524.
- [26] G.Koliopoulos, D. Pitarokili, E. Kioulos, A. Michaelakis and O. Tzakou, 2010. Chemical composition and larvicidal evaluation of *Mentha*, *Salvia*, and *Melissa* essential oils against the West Nile virus mosquito *Culex pipiens*. Parasitol. Res., 107: 327-335.
- [27] S.Sutour, P. Bradesi, J. Casanova and F. Tomi, Composition and Chemical Variability of *Mentha suaveolens* ssp. *Insularis* from Corsica. Chemistry and Biodiversity (2010) 7: 1002-1008.
- [28] M. El Arch, B. Satrani, A. Farah, L. Bennani, D. Boriky, M. Fechtal, M. Blaghen and M. Talbi, 2003. Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* du Maroc. Acta Bot. Gallica, 150: 267-274.
- [29] Eman, E. Aziz and M.H. Abbas, 2010. Chemical Composition and Efficiency of Five Essential Oils against the Pulse Beetle *Callosobruchus maculatus* (F.) on *Vignaradiata* Seeds. American-Eurasian J.Agric. & Environ. Sci., 8(4): 411-419.
- [30] B. Abbaszadeh, S.A. Valadabadi, H.A. Farahani, H.H. Darvishi. Studying of essential oil variations in leaves of *Mentha* species. African Journal Of Plant Science (2009), 3(10): 217-221.
- [31] G.Franzios, M. Mirotsoy, E. Hatziaepostolou, J. Kral, G.Z. Scouras and P. Mavragani-Tsipidou. Insecticidal and genotoxic activities of mint essential oils. J. Agric Food Chem. (1997) 45: 2690-2694.
- [32] G.Koliopoulos, D. Pitarokili, E. Kioulos, A. Michaelakis and O. Tzakou. Chemical composition and larvicidal evaluation of *Mentha*, *Salvia*, and *Melissa* essential oils against the West Nile virus mosquito *Culex pipiens*. Parasitol. Res. (2010) 107: 327-335.
- [33] Z. BouchikhiTani, M. Bendahou, and M.A. Khelil. Lutte contre la Bruche *Acanthoscelides Obtectus* et la mite *Tineola Bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. Lebanese Science Journal (2010)11 (1).
- [34] A.K.Tripathi, V. Prajapati, A. Ahmad, K.K. Aggarwal and S.P.S. Khanuja, Piperitenone oxide as toxic, repellent, and reproduction retardant toward malarial vector *Anopheles Stephensi* (Diptera: Anophelinae). J. Med. Entomol. (2004) 41: 691-698.

- [35] L.S.T. Ngamo, and Th, Hance. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura* (2007) 25(4), 215-220.
- [36] A.F. Ndomo, A.L. Tapondjou, F. Tendonkeng, and F.M.Tchouanguép Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura* (2009) 27(3), 137-14
- [37] P. Kumar, S. Mishra A. Malik and S. Satya. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Industrial Crops and Products* (2011) 34: 802-817.
- [38] S. Lee, C.J. Peterson and J.R. Coats. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* (2002) 39: 349-355.
- [39] M.D. López and M.J. Pascual-Villalobos Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Industrial Crops and Products* (2010) 31: 284-288.
- [40] D.N. Price and M.S. Berry. Comparison of effects octopamine and insecticidal essential oils on activity in the nerve cord, foregut, and dorsal unpaired median neurons of cockroaches. *Journal of Insect Physiology* (2006) 52: 309-319.

La variabilité morphométrique et méristique des populations de sole pole (*pegusa lascaris*) de la zone Centrale Atlantique du Maroc

[The morphometric and meristic variability of populations of sole pole (*pegusa lascaris*) of the Atlantic Central zone of Morocco]

Aziz CHAKOUR and Hassan EL OUIZGANI

Lab. Océanographie & Halieutique, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This biometric study was made on four Moroccan populations of sand sole obtained from the main fishing ports of the Atlantic central area (Safi, Essaouira, Agadir and Ifni). A total of 252 individuals were taken from commercial captures. Seven meristics characters were counted and fourteen morphometrics parameters were measured to reveal possible geographical variations of this species. The test of Kruskal-Wallis shows a significant difference at 5 % for the four meristics values in whole sites. The morphometric treatment of variables by PCA shows a strong percentage of variance expressed by the first of three components. All the variables are correlated to the first main component, except the pre-orbital distance (LPO) and the pre-dorsal distance (LPD). The ascending linear discriminating analysis, confirms 90 % of classification of the individuals of the four stations, 9 of 14 characters morphometrics analyzed are discriminating. The morphometrics result in our Study area presents geographical variations of the population of sole pole.

KEYWORDS: Sand sole, *Pegusa lascaris*, meristics characters, morphometrics variability, population, Atlantic central zone, Morocco.

RESUME: Cette étude biométrique a été effectuée sur quatre populations Marocaines de sole pole de provenances des principaux ports de pêche de la zone Centrale Atlantique (Safi, Essaouira, Agadir, Ifni). Un total de 252 individus ont été prélevés à partir des captures commerciales. Sept caractères méristiques ont été comptés et quatorze paramètres morphométriques ont été mesurés afin de déceler d'éventuelles variations géographiques de l'espèce. Le test de Kruskal-Wallis indique une différence significative de 5% pour quatre valeurs méristique dans les quatre localités. Le traitement des variables morphométriques par ACP montre un fort pourcentage de variance expliqué par les trois premières composantes. Toutes les variables sont corrélées avec la première composante principale, sauf la distance pré-orbitale (LPO) et la distance pré-dorsale (LPD). L'analyse discriminante linéaire ascendante, confirme 90% de classification des individus des quatre stations, 9 des 14 caractères morphométriques analysés sont discriminants. Les résultats obtenus montrent que les caractères morphométriques dans la zone étudiée présentent des variations géographiques de la population de sole pole.

MOTS-CLEFS: Sole pole, *Pegusa lascaris*, caractères méristiques, variabilité morphométrique, population, La zone Centrale Atlantique, Maroc.

1 INTRODUCTION

Les soléidés occupent une place cruciale dans les captures des poissons plats débarqués par la pêche côtière et artisanale au Maroc. Sa valeur en poids a enregistré en moins d'une décennie une chute de 4107t en 2009 à 680t en 2015. (Statistique de pêche, Rapport 2009,2015, ONP).

À part l'espèce *dicologlossa cuneata* qui est représentée séparément par le nom commun «*la langue*» dans les statistiques de pêche Marocaines avec un tonnage très important (statistique de pêche, rapport 2001 à 2015, ONP), la sole pole *pegusa lascaris*, Risso 1810 est l'espèce de soléidés la plus représentée dans les débarquements de la pêche côtière et artisanale au Maroc. Elle est parmi les sept espèces de soléidés observés dans l'Océan Nord-Est Atlantique [1]. Son aire de répartition s'étend de l'Ecosse à l'Afrique du Sud et elle habite des fonds sableux et sablo-vaseux à des profondeurs de 5 à 300m [2],[3],[4].

Dans la zone Atlantique centrale la sole pole est principalement ciblée par la pêche artisanale. Dans cette zone représentée par quatre principaux ports du Maroc, la flotte artisanale est répartie comme suit : le port de SAFI avec 1180, ESSAOUIRA : 732, AGADIR : 1177 et IFNI avec 494 (les statistiques de la flottes actives MPM, Maroc, 2013).

Les principaux engins utilisés par la pêche artisanale pour capturer la sole pole est les trémails et les filets maillants.

Malgré sa valeur commerciale et son exploitation importante, les études réalisées concernant cette espèce au niveau des côtes Atlantiques Marocaines restent très restreintes. Cependant des études de taxonomie, régime alimentaire et biométrie ont été réalisées sur cet espèce dans les côtes Méditerranéennes, Espagnoles, et Portugaises [5],[6],[7],[8],[9],[10]

L'objectif de cette étude est la détermination de la variabilité morphométrique et méristique de quatre populations de sole pole issues des principaux ports de la zone Atlantique Centrale Marocaine.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 LA ZONE D'ETUDE

Vue l'étendue de son littoral (3500 Km de côtes), sa zone économique exclusive de plus de 1,1 million de Km² et la diversité de ses ressources marines, le Maroc possède un véritable potentiel de production halieutique qui fait du secteur de la pêche un élément essentiel dans l'économie marocaine.

Les eaux marines de la cote centre Atlantique marocain sont essentiellement caractérisés par deux phénomènes hydrologiques. D'une part l'existence d'une forte activité bénéfique du courant des Canaries. Ce dernier est engendré par le tourbillon anticyclonique des eaux nord atlantique dans la direction sud-ouest, avec une vitesse moyenne de 0,4 à 0,6 nœuds [11]. D'autre part, le courant Upwelling dont l'activité se manifeste principalement en été au niveau de la zone étudiée [12].

La zone d'étude située dans le Centre Atlantique Marocain entre 28°26' et 32°17' est caractérisée par un plateau continental qui varie d'un endroit à l'autre, sa largeur est de 15 à 25 milles avec une profondeur qui peut atteindre les 200 m [13]. La nature de fond du plateau continental selon [14], est subdivisée en zones sablonneuses, zones à coquillages fins, zones à sédiments fins, zones vaseuses et zones rocheuses près des caps.

La zone Centre Atlantique Marocain est représentée par les principaux ports du Maroc (Safi, Essaouira, Agadir et Ifni) (figure 1) est fondamentalement ciblée par la pêche côtière au Maroc.

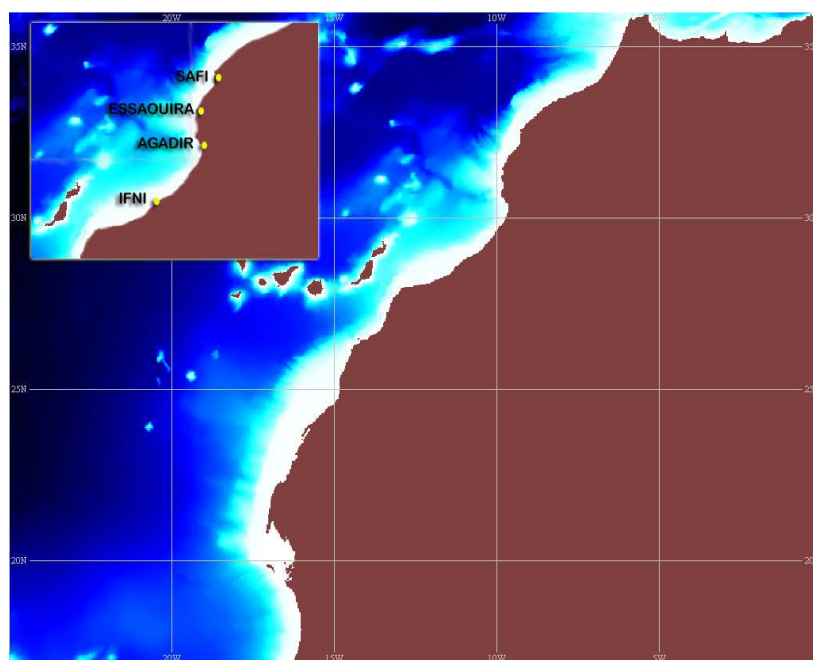


Fig.1. Carte des stations d'échantillonnages (port de Safi, port d'Essaouira, port d'Agadir et port d'Ifni)

2.2 L'ECHANTILLONNAGE

Durant l'automne 2015, des opérations d'échantillonnage biologiques, des prises commerciales des barques artisanales sont menées dans les quatre stations à savoir le port de Safi, le port d'Essaouira, le port d'Agadir et le port d'Ifni. Un total de 252 individus de poisson sole pole, avec des tailles comprises entre 18 et 30 cm, ont été prélevés à partir des pêches commerciales (figure2). Dans cette pêche les engins utilisés sont les filets maillants et les trémails de 200m de longueur et de 2.5m de largeur en moyenne pour pêcher ce poisson.

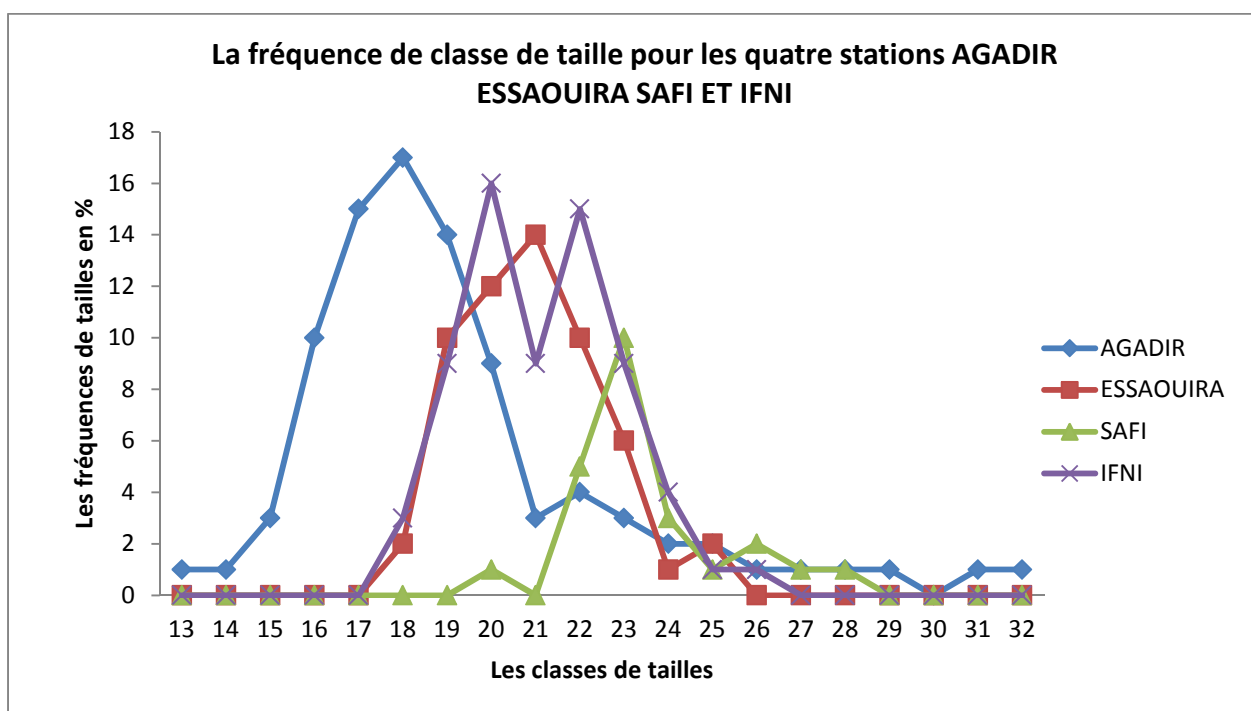


Fig.2. La distribution des fréquences des tailles pour les échantillons des quatre stations (Agadir, Essaouira, Safi et Ifni).

2.3 L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE

2.3.1 ETUDE MERISTIQUE

Pour 252 individus de sole pole le comptage des rayons de chaque nageoire a été réalisé aussitôt après l'échantillonnage. En effet les comptages méristiques réalisés sont en nombre de sept à savoir le Nombre des rayons de la nageoire anale (**N.R.ANA**), Nombre des rayons de la nageoire dorsale (**N.R.DOR**), Nombre des rayons de la nageoire caudale (**N.R.CAU**), Nombre des rayons de la nageoire pectorale face occulée (**N.R.PEC.FO**), Nombre des rayons de la nageoire pectorale face non occulée (**N.R.PEC.FNO**), Nombre des rayons de la nageoire pelvienne face occulée (**N.R.PEL.FO**), Nombre des rayons de la nageoire pelvienne face non occulée (**N.R.PEL.FNO**).

La révélation de l'existence de l'effet de la répartition géographique sur les caractéristiques méristiques est examinée à travers le test de Kruskal-Wallis.

2.3.2 MORPHOMETRIE

Toutes les mensurations métriques ont été réalisées dans les mêmes conditions de lecture à 1 mm près. Pour 168 individus de la sole pole nous avons réalisé 14 mensurations morphométriques à savoir: La longueur totale (**LTOT**), la longueur standard (**LSTD**), la longueur céphalique (**LCEPH**), la longueur dorsale (**LDOR**), la longueur anale (**LANA**), la longueur pectorale (**LPEC**), la hauteur maximale (**HMAX**), la hauteur minimale (**HMIN**), Diamètre orbitale (**DIAO**), la longueur pré-anale (**LPAN**), la longueur pré-dorsale (**LPDO**), la longueur pré-pectorale (**LPPEC**), la longueur pré-pelvienne (**LPPELV**), la longueur pré-orbitale (**LPOR**).

Seule la longueur Totale a été mesurée à l'aide d'un ichtyomètre, les autres mensurations ont été prises par l'intermédiaire du traitement de l'image de chaque individu par le logiciel image j 1.50b [15][16].

Afin de justifier la corrélation entre les caractères morphométriques et la longueur totale, nous avons exprimé chaque caractère en fonction de LT. Le coefficient de corrélation, r^2 , est évalué pour chaque paire de variable pour mesurer la force de la constante de corrélation selon la méthode de Pearson.

L'ACP est utilisé pour déterminer l'existence des différences significatives des caractères morphométriques dans les différentes stations. L'analyse discriminante linéaire a été réalisée pour les variables morphométriques dans le but d'individualiser les caractères qui séparent les quatre populations.

L'analyse de nos données a été réalisée par le logiciel R [17].

Le traitement par le R est fait à travers les principaux packages (ade4, MASS, KLaR) [18],[19],[20].

3 RESULTAT

3.1 ETUDE MERISTIQUE

L'analyse des principales caractéristiques statistiques des échantillons des quatre stations révèle une similarité des médianes de tous les caractères méristiques sauf pour les rayons dorsaux et anaux par rapport aux quatre stations. On observe aussi que les valeurs max et min pour la station d'Ifni sont plus extrêmes par rapport aux autres stations.

En effet le test de Kruskal-walis à un seuil de 5% montre qu'il n'existe pas une différence significative par rapport aux quatre stations pour le nombre des rayons de la nageoire anale, dorsale et pectorale face non occulée, par contre pour le nombre des rayons de la nageoire caudale, pectorale face occulée, pelvienne face occulée et non occulée, le test montre qu'il existe une différence significative par rapport aux quatre stations (Tableau1).

Tableau 1 : Test de Kruskal Wallis des caractères méristiques pour les quatre stations (Agadir, Essaouira, Safi, Ifni), $P=0.05$, $ddl=3$

Comptages méristiques	Khi-2	L'hypothèse
N.R.ANA	6.664	H0
N.R.DOR	3.878	H0
N.R.CAU	108.37	H1
N.R.PEC.FO	8.317	H1
N.R.PEC.FNO	2.751	H0
N.R.PEL.FO	49.758	H1
N.R.PEL.FNO	9.774	H1

3.2 MORPHOMETRIE

La matrice de corrélation de Pearson montre une forte corrélation de la longueur totale par rapport aux autres variables métrique, sauf pour la longueur pré-dorsale et le diamètre-orbital avec des valeurs de 0,0527 et 0,461 respectivement (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultat de la corrélation de Pearson de la longueur totale par rapport aux caractères morphométrique.

Les caractères morphométriques	Corrélation de Pearson
LTOT	1.000
LSTD	0.994
LCEPH	0.919
LDOR	0.993
LANA	0.985
LPEC	0.777
HMAX	0.967
HMIN	0.923
DIAO	0.461
LPAN	0.693
LPDO	0.0527
LPPEC	0.893
LPPELV	0.697
LPOR	0.714

L'analyse en composante principale exprime un pourcentage de variance par rapport à la première composante, et elle est de l'ordre de 72,25%. En effet toutes ces variables expriment une forte corrélation positive par rapport à la première composante sauf pour la longueur pré-dorsale et le diamètre-orbital avec des valeurs de 0,027 et 0,512 respectivement (figure 3).

La première composante est la moyenne des mensurations métriques de la sole pour les quatre localités. En effet la première composante peut être représentée selon l'équation suivante :

$$PC1 = LTOT(0.98) + LSTD(0.97) + LCEPH(0.96) + LDOR(0.97) + LANA(0.95) + LPEC(0.79) + HMAX(0.96) + HMIN(0.93) + DIAO(0.52) + LPAN(0.79) + LPDO(0.03) + LPPEC(0.95) + LPPELV(0.80) + LPOR(0.80)$$

L'analyse discriminante linéaire nous a permis de dégager 12% de taux erreur associé, soit 20 individus mal classés sur 168 traités (Tableau 3). En effet elle fournit 88% des classifications issues de l'ACP.

Le reclassement fournit par l'analyse discriminante linéaire ascendante pas à pas, confirme 90% de classification des individus des quatre stations, dans ce reclassement les variables prise en compte sont : (LPDO + HMIN + DIAO + HMAX + LPPEC + LPEC + LTOT + LSTD + LDOR).

La figure5 représente la distribution des variables discriminantes par population dont la structure montre une individualisation des populations par rapport à celle donnée par L' ACP (figure4). L'ellipse qui représente la population d'Agadir, en fonction du premier axe, se distingue nettement des autres populations. Les trois populations restant se chevauche, et en peut les individualiser par rapport au deuxième axe

Les deux premiers axes discriminants du reclassement présentent respectivement des valeurs de LD1 : 0.79, LD2 : 0,15. Et en effet l'équation du premier axe discriminant peut s'écrire comme suite :

$$LD1 = -1.49(LPDO) + 0.57(HMIN) - 0.37(DIAO) - 0.03(HMAX) + 0.15(LPPEC) + 0.08(LPEC) - 0.19(LTOT) + 0.07(LSTD) + 0.13(LDOR)$$

Tableau 3 : Matrice de classification de la sole pole dans les quatre populations.

	%Correct	AGADIR 0.274	ESSAOUIRA 0.274	IFNI 0.262	SAFI 0.19	TOTAL
AGADIR	91	42	04	00	00	46
ESSAOUIRA	91	00	42	01	03	46
IFNI	86	00	03	38	03	44
SAFI	81	00	03	03	26	32
TOTALE	88	42	52	42	32	168

ACP des variables morphométrique

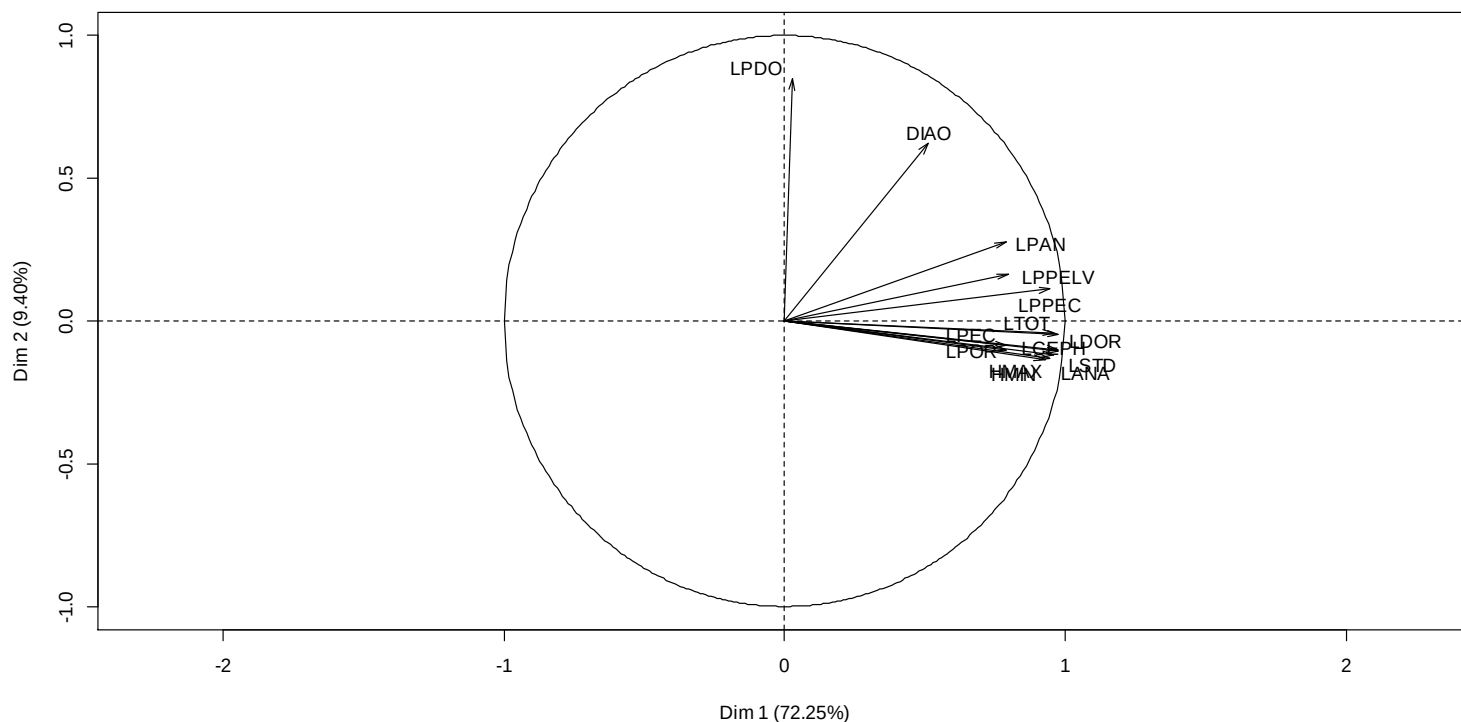


Fig.3. L'analyse en composante principale des variables morphométrique pour les quatre localités (AGADIR, SAFI, ESSAOUIRA, IFNI)

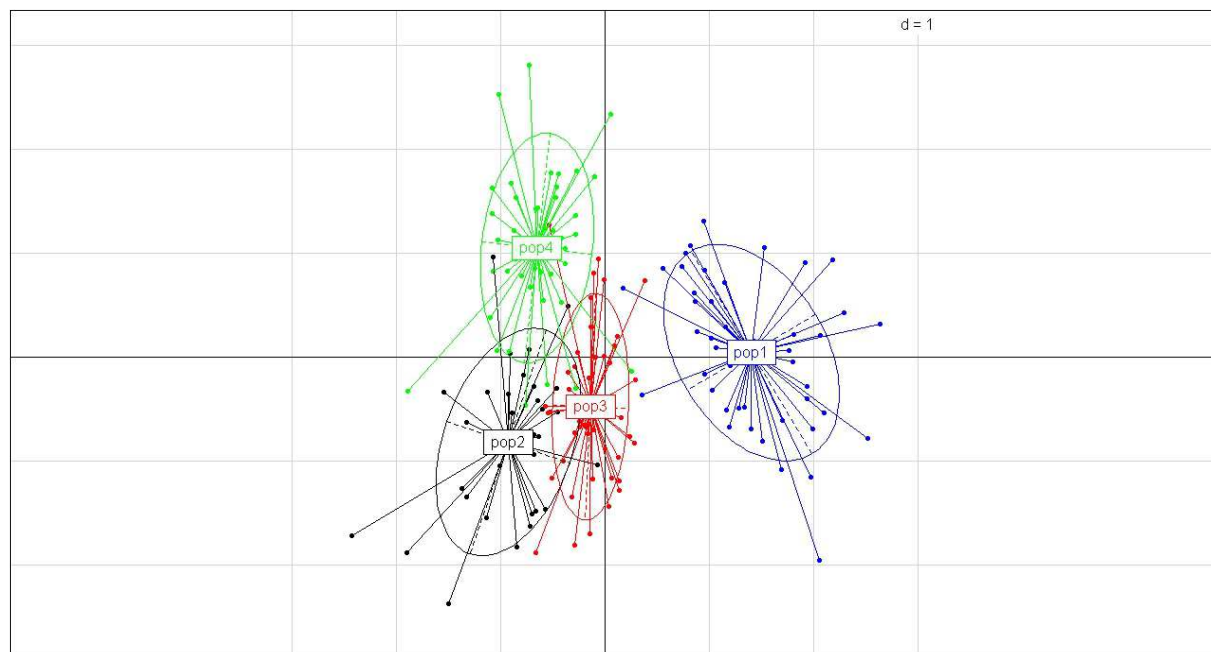


Fig.4. L'analyse en composante principale des variables morphométrique pour les quatre localités (AGADIR, SAFI, ESSAOUIRA, IFNI)

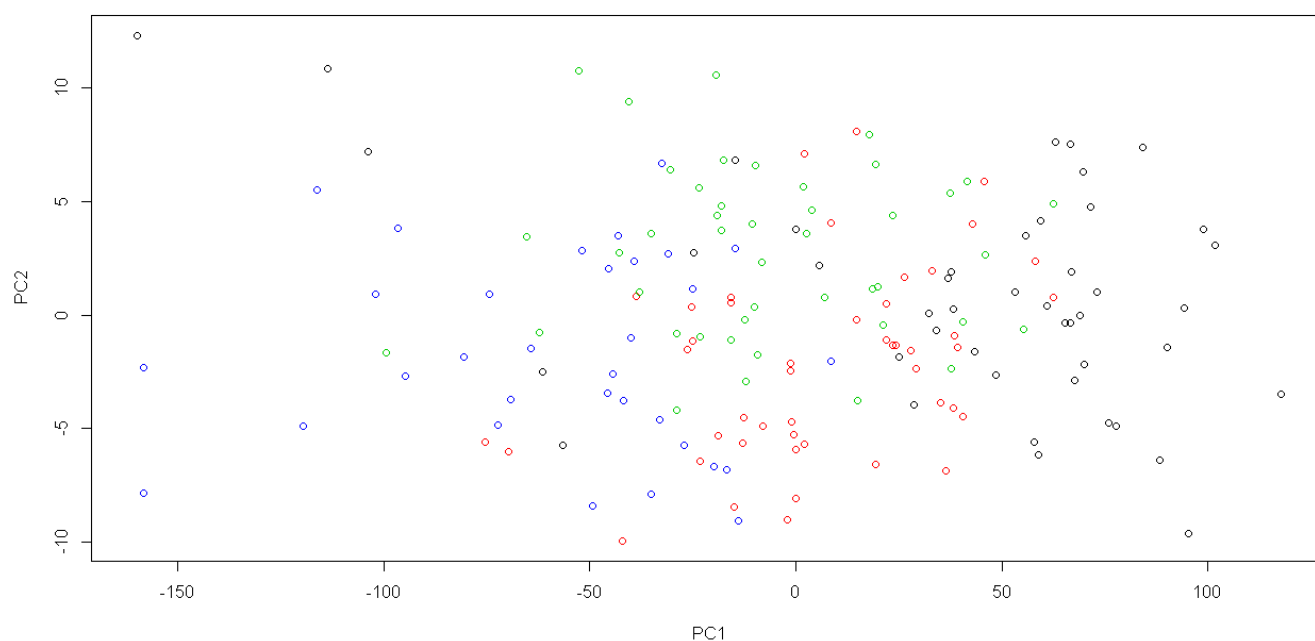


Fig.5. Analyse discriminante linéaire des caractères morphométrique pour les quatre stations (Safi, Essaouira, Agadir et Ifni) de la zone Centrale Atlantique Marocain. (pop1=Agadir, pop2=Safi, pop3=Essaouira, pop4= Ifni).

4 DISCUSSION

L'étude de la morphologie dont le but de déterminer les différences inter et intra spécifiques est depuis longtemps utilisée par les biologistes, cette méthode est utilisée afin de déceler les sous-populations de poissons plats [5],[6],[7],[8],[21] la plus part des auteurs complètent les études de la morphométrie avec d'autres aspects tel que les études moléculaires, génétiques et de parasitologie afin de déterminer les sous population et mieux définir les stocks.

La sole pole présente une grande variabilité morphologique intra spécifique dans différentes localités géographiques [5],[9]. Cette variabilité morphologique ainsi observé dans la zone Centre Atlantique Marocain est clairement visible à l'intérieur d'une même population cela est peut-être dû aux facteurs environnementaux tel que la température, la salinité, et la période de ponte. Ces facteurs influencent les caractères morphologiques de l'espèce, surtout durant ses stades juvéniles [22], [23], [24].

L'analyse de l'étude méristique montre qu'il existe généralement une différence significative entre les quatre stations à un seuil de 5%. Selon les études réalisées par [5],[6],[8] les caractères méristique présente une grande variabilité d'une région à l'autre, cela peut être associé à l'effet de la température qui varie d'un endroit à l'autre [26]. [28], [27] ont cité qu'il existe une relation étroite entre la distribution latitudinales des poissons et la variabilité méristique. En effet ces auteurs ont noté que le nombre des éléments méristique (rayons des nageoires par exemple) progresse en allant vers le nord. Cependant dans cette étude la distribution géographique des quatre populations présente une différenciation significative par rapport aux quatre stations avec des nombres de rayons dorsale de 78-88, rayons anale de 61-69 et rayons pectorale 8-9 dans la région d'Agadir (Tableau 4). Tandis que pour les deux régions de Safi et Essaouira, on note que le nombre des rayons sont généralement presque similaires avec le nombre de rayon anale, dorsale et pectorale sont respectivement, 59-71,76-90 et 7-9 pour Safi et 60-73,76-89 et 7-9 pour Essaouira. La population d'Ifni quand a elle est plus proche de celle de Safi et Essaouira que celle d'Agadir, avec 62-79 pour les rayons anale, 73-88 pour les rayons dorsale et 8-10 pour les rayons pectorale. Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet du gradient latitudinale si on compare la population d'Agadir qui est au sud avec celle de Safi et Essaouira. Mais pour la population d'Ifni qui est au sud d'Agadir cette explication s'avère fautive car le nombre des éléments méristique pour la sole pole d'Ifni est plus grande par rapport à celle d'Agadir ce qui laisse la probabilité d'existence d'un milieu avec des conditions spécifique à Ifni [29]. Cette comparaison de variabilité méristique reste approximative car le test de Kruskal Wallis démontre qu'il n'existe pas une différence significative entre les quatre localités pour les trois caractères méristique (nombre de rayons dorsale, anale et pectorale face oculée) cité dans la comparaison.

Les résultats publiés pour le nombre des rayons pour la sole pole selon [8],[5],[6],[30] (Tableau 4) reste approximativement supérieur par rapport aux résultats trouvés dans cette étude pour les quatre localités. Cela peut être expliqué par l'effet du gradient latitudinale et par conséquent celui de la température qui varie significativement entre le nord et le sud. La référence [22] suggère que l'effet de la lumière sur les œufs des poissons est un facteur majeur qui influence le nombre des caractères méristiques plus que la température. Dans cette étude réalisée sur le Centre Atlantique Marocain il est probable que la température est un facteur déterminant pour isoler la population Safi-Essaouira des autres, car cette région littorale est bien caractérisée par une température froide dans la zone entre Safi et Essaouira [31].

Tableau 4 : le comptage méristique pour *pegusa lascaris* à différentes régions

L'auteur	La source	Rayons	nombre	Range
Afonso D 2002	Algarve	Anal	100	60-76
		Dorsal	100	73-92
		Pectoral	99	6-10
	Cadiz	Anal	104	62-81
		Dorsal	105	72-93
		Pectoral	105	7-9
	Porto	Anal	101	58-81
		Dorsal	100	75-92
		Pectoral	101	6-12
Gaertner D 1982	Douarnenez	Anale	147	58-74
		Dorsale	147	72-91
Marinaro, J.-Y 1988	Méditerranée	Anale	----	67-75
		Dorsale	----	83-90
Chabanaud 1929	Méditerrané	Anale	61	53-71
		Dorsale	61	65-87
	L'est de l'Atlantique	Anale	60	58-75
		Dorsale	60	75-90
NOS RESULTATS	Agadir	Anal	53	61-69
		Dorsal	53	78-88
		Pectoral F.O	53	8-9
	Essaouira	Anal	57	60-73
		Dorsal	57	76-89
		Pectoral F.O	57	7-9
	Safi	Anal	32	59-71
		Dorsal	32	76-90
		Pectoral F.O	32	7-9
	Ifni	Anal	64	62-79
		Dorsal	64	73-88
		Pectoral F.O	64	8-10

La sole pole présente une grande variabilité morphologique. Cette variabilité a été bien observée dans cette étude, soit à l'intérieur d'un échantillon, soit par rapport à différents échantillons. Le phénotype est lié aux facteurs génétiques et environnementaux. Les paramètres environnementaux influencent les caractères morphologiques surtout dans les stades précoces de développements [25]. Dans cette étude l'analyse multivariée par l'ACP montre qu'il existe une différence significative par rapport aux localités étudiée à un seuil de 5%.

L'étude de l'analyse discriminante linéaire confirme les résultats de l'ACP. On peut déduire l'existence probable de trois sous-populations qui cohabitent dans les quatre localités. La population d'Agadir, la population d'Ifni, Safi et Essaouira représente une seule population ensemble. Ces résultats s'accordent avec les résultats trouvés dans l'étude méristique.

Les caractères discriminants pour la population d'Agadir sont principalement la LPDO et le DIAO qui séparent significativement (0.01) cette population des autres avec des moyens plus élevées. Les caractères tel que la HMAX, HMIN, LPEC et LDOR contribue significativement (0.01) à la séparation des deux populations de Safi et Essaouira a la fois des autres populations. La population d'Ifni quand a elle se sépare généralement des autres populations par des moyens de DIAO plus bas et de HMIN avec une moyenne plus élevée. Par ailleurs pour chaque population l'ensemble des caractères morphométriques tel que (LPDO, HMIN, DIAO, HMAX, LPPEC, LPEC, LTOT, LSTD, LDOR) contribue à la fois à la séparation des trois sous population.

La ressemblance morphométrique entre les deux populations de Safi et Essaouira peut être dû à l'effet de l'environnement spécifique de la région littorale Safi et Essaouira qui se caractérise par des températures basses et une activité planctonique très riche ce qui induit un environnement spécifique et similaire pour les deux localités. Selon [27]. [26] l'environnement affecte la forme du poisson par son effet sur le taux d'accélération de la croissance. L'influence des facteurs génétiques qui ne sont pas négligeables contribue aussi à caractériser la forme d'un poisson [28]. Cependant dans cette étude il est bien visible que les facteurs environnementales tel que la température, la salinité, l'oxygène dissous et l'abondance de l'activité planctonique influencent fortement la variabilité morphométrique de la sole pole dans la zone.

5 CONCLUSION

Selon l'étude réalisée sur la variabilité des caractères morphométriques et méristiques, la sole pole présente une grande variabilité dans les quatre localités Agadir, Essaouira Safi et Ifni. Celle-ci est observée à l'intérieur d'une population qu'entre population sauf pour le cas des deux régions Safi-Essaouira qui constituent probablement un habitat pour une seule population de la sole pole.

Les résultats de l'étude biométrique montre que la population d'Agadir présente des caractères morphologiques distincts des autres populations par contre les deux populations de Safi et Essaouira présentent presque les mêmes caractères morphologiques. Pour la population d'Ifni elle s'avère plus proche de celle de Safi-Essaouira que d'Agadir malgré l'éloignement géographique entre ces deux populations.

La grande variabilité observée est due principalement aux facteurs d'ordre environnemental et d'ordre génétique. En effet cette espèce est probablement représentée par trois sous-populations qui cohabitent ensemble dans la zone Atlantique Centrale du Maroc. De ce fait la probabilité de présence de trois stock écologique discret de point de vu morphologique doit être vérifié par l'application des méthodes de marquage moléculaires et génétiques tel que les microsatellites et la mtADN, ces technique ont prouvé une grande capacité de détection des différenciations au niveau des populations des poissons [32],[33].

Vue l'énorme pression de pêche appliquée sur cette espèce et la demande accrue de sa chair appréciée par les consommateurs nationaux et internationaux. Les études de la biologie, de l'écologie, de la dynamique de population et de la gestion de stock de cette espèce s'avère indispensable.

REFERENCES

- [1] Quéro J.C. M. Desoutter and F. Lagardère. Soleidae. p. 1308-1324. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.) Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vol. 3, 1986.
- [2] Quero J. C. et Vayne J. J. Clé de détermination des poissons marins de l'Atlantique du Nord-Est, entre le 80° et le 30° parallèle Nord. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, La Rochelle, Ed., France, 41 pp. 1979.
- [3] Collignon J. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc*, 1969, (20)23 p.1972.
- [4] Deniel C. Les poissons plats en baie de Douarnenez. Reproduction, croissance et migration des Bothidae, Scophthalmidae, Pleuronectidae et Soleidae. PhD thesis. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France. 1981.
- [5] GAERTNER D., Analyse biométrique de *Solea lascaris* (Risso, 1810) en baie de Douarnenez (Finistère). *Cybum*, 36(1): 1533. 1982.
- [6] Marinaro, J.-Y. La sole de sable commune en Méditerranée: *Solea (Pegusa) theophilus* (Risso, 1810). *Cybum* 12, 139-144. 1988.
- [7] BEN-TUVIA A., A taxonomic reappraisal of the Atlanto-Mediterranean soles *Solea solea*, *S. senegalensis* and *S. lascaris*. *J. Fish Biol.*, 36: 947-960. 1990.
- [8] Afonso-Dias, I., Reis, C., Andrade, J.P., Geographic variation in biometric characters of *Pegusa lascaris* (Soleidae) from Iberian waters. *Cybum* 26, 5–10. 2002.
- [9] Pinheiro Ana, Célia M. Teixeira, Ana Luisa Rego, Joana F. Marques, Henrique N. Cabral. Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso, 1810) along the Portuguese coast, *Fisheries Research* 73, 67–78. 2005.
- [10] Célia M. Teixeira, Ana Pinheiro, Henrique N. Cabral, Feeding ecology, growth and sexual cycle of the sand sole, *Solea lascaris*, along the Portuguese coast *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(3), 621–627. 2009.
- [11] Allain Ch. Les conditions hydrologiques sur la bordure atlantique de l'Afrique du Nord-Ouest. (Rapport sur les travaux antérieurs au symposium) – Rapport & Procès – Verbaux Conseil Int. Explor. Mer, Inst. Sci. Techn. Pêches Marit., Paris, Vol. 159, 1970.
- [12] Hilmi et al. Les principales caractéristiques océanographiques de la côte atlantique marocaine par « Atlantiro » p 24, 1998.
- [13] Bernikov R. Synthèse des travaux de recherches océanographiques réalisés le long de la côte atlantique marocaine par "Atlantiro" p24, 1991.
- [14] Orbi A. Hydrologie et dynamique des côtes marocaines : Milieux paraliques et zones côtières ; Expo'98-Lisbonne. Pp : 68, 1998.
- [15] Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". *Nature Methods* 9, 671-675, 2012.

- [16] Abramoff, M.D., Magalhaes, P.J., Ram, S.J. "Image Processing with ImageJ". Biophotonics International, volume 11, issue 7, pp. 36-42, 2004.
- [17] R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- [18] Chessel, D. and Dufour, A.B. and Thioulouse, J. The ade4 package. One-table methods. R News. 4: 5-10. 2004.
- [19] Venables, W. N. & Ripley, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.
- [20] Weihs, C., Ligges, U., Luebke, K. and Raabe, N. klaR Analyzing German Business Cycles. In Baier, D., Decker, R. and Schmidt-Thieme, L. (eds.). Data Analysis and Decision Support, 335-343, Springer-Verlag, Berlin. 2005.
- [21] Marques, J.F. Celia M. Differentiation of commercially important flatfish populations along the Portuguese coast: Evidence from morphology and parasitology. Fisheries Research 81 293–305, 2006.
- [22] LINDSEY, C.C. Temperature controlled meristic variation in the paradise fish *Macropodus opercularis* (L.). Canadian Jour. Zool., 30:87-98. 1954
- [23] Fage, L. Croissance, races, migrations. Traite de zoologie de p.p. Grasse, Paris, Masson et Cie. Edit. 73, 1835-1849. 1958.
- [24] BARLOW, G. W. Geographic variation in the morphology and physiology of the gobiid fishes of the genus *Gillichthys*. Doctoral Dissertation, University of California, Los Angeles, 219 pp. 1958.
- [25] Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., Utter, F.M. Can. J. Fish Aquat. Sci. 38, (1981) 1838–1855.
- [26] Hubbs, The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. C.L. Amer. Naturalist, 1926. 60:57-81.
- [27] VLADYKOV, V. D. 1934. Environmental and taxonomic characters of fishes. Trans. Roy. Canadian Inst., 20:99-140.
- [28] Hubbs, C.L. The relation of hydrological conditions to speciation in fishes. A symposium on Hydrobiology. Univ. Wisconsin 1941 Press: 182-195.
- [29] JENSEN, AD. S. 1944. On specific constancy and segregation into races in sea fishes. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Biol. Medd., 19:1-19.
- [30] Chabanaud, P. (1929). Observations sur la taxonomie, la morphologie et la bionomie des soleides du genre *Pegusa*. Annls Inst. Océanogr. 7(6), 21 5-261.
- [31] Furnestin J., Hydrologie du Maroc atlantique, Rev. Trav. Inst. Pêches Mar. 23 () 5–78, 1959.
- [32] Graves, J.E., 1998. Molecular insights into the population structures of cosmopolitan marine fishes. J. Hered. 89, 427–437.
- [33] Turan, C., Carvalho, G.R., Mork, J., 1998. Molecular genetic analysis of Atlanto-Scandian herring (*Clupea harengus*) populations using allozymes and mitochondrial DNA Markers. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 78, 269–283.

Impact des effluents de déchets miniers sur la résistance au cisaillement des sols latéritiques compactés utilisés dans les digues de confinement des rejets (RD Congo)

[Impact of mining waste effluents on the shear strength of compacted lateritic soils used in waste containment dikes (DR Congo)]

G. MUKOKO KALENDA^{1,2}, Y. KIYUKENO KITWANYOKA¹, G. LILE AMISI¹, G. MUKENA MWABA¹, D. VERASTEGUI², and K. GUERRIER³

¹Université de Lubumbashi, Département de Génie Civil, 1825 Lubumbashi, RD Congo

²Université Catholique de Louvain, Pôle Génie-Civil et Environnemental (GCE), 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

³ Université d'Etat d'Haïti, Unité de Recherche en Géotechnique (URGéo), Port-au-Prince, Haïti

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In most cases of failure of dikes, hydraulic fracturing is the evoked main cause. Several authors analyzed the properties of soils under mechanic and hydric solicitation. However, these analyses do not take into account the chemical influence of the liquid percolating the matrix of soil. This article analyzes the impact of the liquid effluents emanating from ore concentrators on the behavior of compacted lateritic soils in waste containment dikes. It emphasizes the shear strength parameters of the compacted laterites and percolated by liquid effluents with different chemical nature. Demineralized water was taken as prototype. The tests include the shear strength measures consolidated drained and undrained when the specimens were imbibed with the different fluids. The results show that acid and basic liquid effluents affect the shear strength parameters and the strain modules are appreciably modified. The effect of the initial suctions and the density before the imbibition was also investigated, what reveals that the fall of shear strength parameters of lateritic soils, on wetting path (during the passage of the state partially saturated in the saturated state), is all the rougher as the moisture content of implementation during compaction is widely lower than the optimum water content. However, structural changes caused by initial saturation and density of specimens seem to be more important for explaining the volumetric and deviator behavior than chemical interaction

KEYWORDS: mining waste effluents, lateritic soil, chemical interaction.

RESUME: Dans la plupart des cas de rupture des digues, le craquage hydraulique est la principale cause évoquée. Plusieurs auteurs ont analysé les propriétés des sols sous sollicitation mécanique et hydrique. Cependant, ces analyses ne tiennent pas compte de l'influence chimique du liquide percolant la matrice de sol chimisorbé. Cet article analyse l'impact des effluents liquides issus de concentrateurs de minerai sur le comportement des sols latéritiques compactés dans les digues de retenue des rejets miniers. Il met l'accent sur les paramètres de résistance au cisaillement des latérites compactés et percolé par les effluents liquides de nature chimique différente. L'eau déminéralisée a été prise comme prototype. Les tests comprennent les mesures de résistance au cisaillement consolidées drainées et non drainées lorsque les éprouvettes ont été saturées avec les différents liquides. Les résultats montrent que les effluents liquides acides et basiques influent sur les paramètres de résistance au cisaillement et les modules de déformation sont sensiblement modifiés. L'effet des succion et densité initiales avant l'imbibition a également été étudié, ce qui révèle que la chute des paramètres de résistance au cisaillement des sols latéritiques, sur chemin de mouillage (lors du passage de l'état partiellement saturé à l'état saturé), est d'autant plus importante que la teneur en humidité de la mise en œuvre au cours du compactage est largement inférieure à la teneur en

eau optimale. Cependant, les changements structuraux causés par la saturation initiale et la densité des éprouvettes semblent être plus importants pour expliquer le comportement déviatorique que l'interaction chimique

MOTS-CLEFS: effluents de déchets miniers, sol latéritique, interaction chimique.

1 INTRODUCTION

Les effets chimiques de percolation des effluents liquides de rejets miniers sur les paramètres de résistance au cisaillement et le module de déformation des sols latéritiques compactés, utilisés dans la construction des digues de retenue des rejets miniers au Katanga (RD Congo), sont étudiés dans cet article. Les paramètres de résistance au cisaillement consolidés drainés et non drainés ont été mesurés en utilisant de l'eau distillée, des effluents liquides basique et acide émanant des concentrateurs à minerais. Le comportement déviatorique a été analysé par des essais de cisaillement triaxial consolidé drainé (CD), consolidé non drainé (CU) et non consolidé-non drainé (UU). La succion initiale avant imbibition a été analysée au travers des essais UU et a révélé avoir un impact significatif sur le comportement observé.

L'interaction de la fraction d'argile contenue dans le sol latéritique avec des ions contenus dans les effluents liquides percolant la matrice de sol est un aspect lié à la succion osmotique [1], difficile à interpréter dans les tests classiques de sol saturé. Cette interaction explique le changement du comportement déviatorique observé en remplaçant l'eau distillée par les effluents liquides acide ou basique.

2 EQUIPEMENTS ET MATERIAUX UTILISES DANS CETTE ÉTUDE

2.1 EQUIPEMENTS ET MÉTHODES UTILISÉES

Pour la caractérisation physique, nous avons effectué une analyse granulométrique par voie sèche et par voie humide selon la norme CME 01.01. La teneur en eau a été déterminée par la méthode d'étuvage selon les normes NF P94-050 et NBN 589-203. La détermination de la masse volumique absolue s'est faite au pycnomètre selon la procédure: N03-09. Les limites d'Atterberg ont été obtenues selon la norme NF P94-051 et la limite de retrait suivant la procédure Peltier 108. Le poids volumique maximal sec ainsi que la teneur en eau optimum ont été obtenus par un essai Proctor Normal selon la norme NF P 94-093. Les matériels utilisés sont des appareils classiques de laboratoire qui ne nécessitent aucune description particulière.

2.2 LES MATERIAUX UTILISES DANS CETTE ETUDE: LATÉRITES ET EFFLUENTS LIQUIDES

Le sol étudié est la latérite utilisée dans la construction des remblais routiers et des digues de retenue des rejets miniers par les entreprises minières et de génie civil de l'ex Katanga en R.D. Congo. La densité moyenne de particules solides est de $G_s = 2,77$. Les échantillons ont été prélevés à Kakanda sur la grande digue de Kakanda, à Kipushi sur la digue de Kipushi et dans des carrières où les matériaux de remblais routiers sont extraits.

Les proportions pondérales sur le sol brut (figure 1-a) et sur la fraction inférieure à 2 mm (figure 1-b) nous confèrent environ 31 et 19 % ; 71 et 41 % d'argiles respectivement pour les latérites de Kakanda et Kipushi.

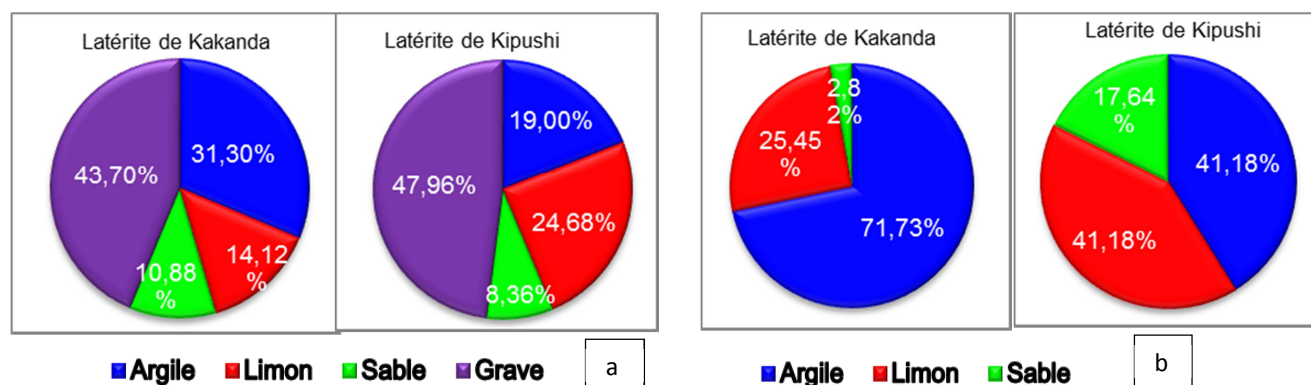


Figure 1: Fractions granulométriques de latérite sur l'échantillon brut (gauche a) et sur le tamisât au 2 mm (droite b)

Les effluents liquides utilisés proviennent des bassins de rétention des digues de Kakanda et de Kipushi. Ils ont un pH faiblement basique se situant entre 7,5 et 8,7 pour Kakanda et faiblement acide pour Kipushi avec des valeurs comprises entre 5,9 et 6,5 [2]. Ces effluents liquides ont été échantillonnés dans les différents bassins de rétention dans l'intervalle de 3 ans sur différentes périodes de l'année. La figure 2 présente les variations de pH durant ces trois ans.

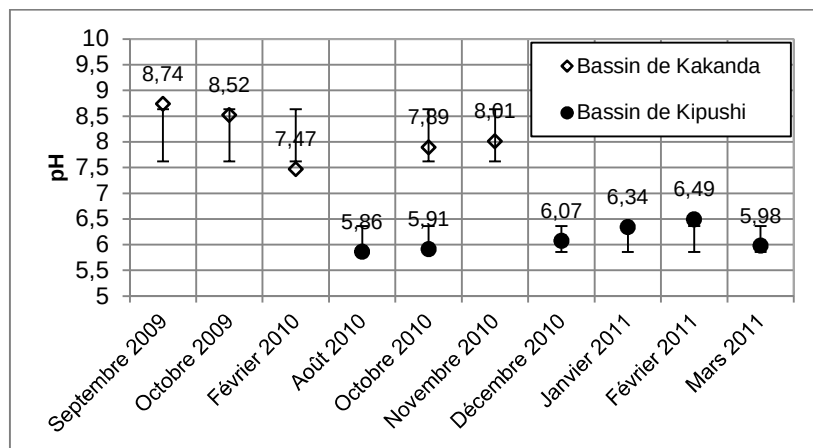


Figure 2: Variation de pH au fil du temps

La composition chimique des effluents liquides utilisés dans cette étude est présentée dans le tableau 1. Le dosage des éléments chimiques (chimie totale) a été fait par fusion au métaborate et tétraborate de Lithium suivie d'une mise en solution et une analyse des éléments par spectrométrie d'émission atomique ICP AES (Inductively Coupled Plasma Absorption Emission Spectral), modèle ICAP 2500. Les valeurs des mesures présentées dans le tableau 1 et sur la figure 2 sont des moyennes sur une trentaine de mesures faites pour le pH et une dizaine pour la composition chimique.

Tableau 1 : Composition chimiques des effluents liquides

	Éléments chimiques [ppm]													
Soil	Al	Ca	K	Mg	Mn	Na	P	S	Fe	Co	Cu	Zn	Ni	Pb
Kakanda	3	11,9	68	58	0,313	274	2,4	290	65,4	6,87	5,9	0,09	0,03	0,02
Kipushi	200	328	22	1058	130	405	1,6	2693	70	81	350	35	1	<0,01

Le tableau 1 montre la concentration en éléments polluants, ces éléments qui polluent l'eau des bassins des digues ne sont tout de même pas en quantité faible au regard de la législation en vigueur en RDC (annexe XI du code minier de la RDC) [3]. Ces ions contenus dans les effluents liquides ont une influence sur les propriétés de la fraction argileuse de la latérite.

La classification usuelle des polluants comprend: les polluants chimiques solubles; les métaux lourds; et les composés hydrocarbonés dérivés du pétrole brut parmi les polluants, on distingue trois catégories à savoir: métalliques (métaux lourds), minéraux (Ca, Mg, Na, K, Fe, Si, Sr, Ti, Al, N, Cl, F, P, S et cyanures) et organiques (comprenant entre autres les hydrocarbures, les alcools, les phénols, les esters, les sulfures, les pesticides...) [04].

Les minéraux cristallins ont été identifiés par diffraction de rayons X (DRX). L'appareillage utilisé comprend le diffractomètre D8 Advance de Brüker (cuka, $\lambda = 0,15418$ nm, 40 kV, 30 mA et $2\theta = 1/2$ min), muni d'une anticathode en cuivre et une baie de mesure (Philips PW 1710) pilotée via un ordinateur par le logiciel PC-APD.

Les minéraux argileux ont été identifiés sur la fraction < 2 microns. L'argile a été respectivement saturée par les ions K et Mg. L'argile traitée au potassium a été soumise au chauffage à 105, 300 et 550°C, celle traitée au magnésium a suivi le traitement à la solvatation à l'éthylène glycol (Mg eg). Les spectres ont été obtenus sur les échantillons orientés, leurs interprétations montrent que les minéraux argileux sont principalement de la kaolinite et de l'illite présents dans tous nos échantillons. La Capacité d'Echange Cationique (CEC) mesurée par la méthode à l'acétate d'ammonium à pH 7 confirme la présence des minéraux argileux non gonflants et donc moins actives.

• *Composition minéralogique des échantillons des latérites*

En se basant sur les formules chimiques des minéraux secondaires néoformés lors de processus de latérisation, les résultats des analyses chimiques élémentaires (chimie totale, DCB) et minéralogiques (DRX, MEB), nous avons pu déterminer par calcul les quantités approximatives des minéraux majeurs contenus dans nos échantillons. L'approche consiste à considérer le bilan de masse entre les compositions chimiques mesurées exprimées en oxydes d'éléments chimiques contenus dans le sol et les compositions chimiques classiques des minéraux monophasiques, en principe, de même nature que ceux identifiés par la DRX dans les échantillons analysés [5]. Le Tableau 2 présente la composition minéralogique (en % massique).

Tableau 2. Composition minéralogique des échantillons de latérite et oxydes contenus dans le sol

Minéraux	Kakanda	Kipushi	Oxydes	Kakanda	Kipushi
Quartz [%]	32,90	45,70	SiO ₂ [%]	56,27	66,34
Kaolinite et Halloysite [%]	34,87	19,77	TiO ₂ [%]	1,10	1,06
Illite [%]	11,64	16,24	Al ₂ O ₃ [%]	16,31	15,62
Muscovite ou feldspath	2,23	4,93	Fe ₂ O ₃ [%]	15,29	8,78
Hématite [%]	-	8,78	MgO [%]	0,38	0,53
Goëthite [%]	17,02	-	MnO [%]	0,02	0,01
Corindon [%]	-	3,02	CaO [%]	0,08	0,06
Anatase [%]	1,10	1,06	K ₂ O [%]	1,15	1,82
Calcite [%]	0,18	0,14	Na ₂ O [%]	0,29	0,59
Pyrolusite [%]	0,02	0,01	PF* [%]	8,83	5,01
Total[%]	99,96	99,65	Total [%]	99,72	99,82

3 IMPACTS DES INFLUENTS LIQUIDES SUR LES PARAMETRES DE RESISTANCE AU CISAILLEMENT DE LATERITES COMPACTEES

Dans le but d'analyser le comportement déviatorique du sol en présence d'un milieu favorable à l'échange ionique, les éprouvettes ont été confectionnées avec les mêmes paramètres initiaux et saturées à l'eau polluée issue des bassins de rétentions ou à l'eau distillée.

L'appareil triaxial de révolution utilisé lors de nos travaux est constitué d'une cellule triaxiale de type Bishop et Wesley [6] et d'un système de chargement. Le tout est relié à un système d'acquisition. L'éprouvette de forme cylindrique est placée dans une enceinte étanche, qui est reliée aux différents systèmes de mise en pression et de mesure. La cellule est remplie du liquide (de l'eau déminéralisée ou des effluents liquides), ce qui permet d'appliquer à l'éprouvette un champ de contrainte isotrope lors de la consolidation et anisotrope lors de l'écrasement (cisaillement). Les contrôleurs de pression volume (de marque GDS) sont utilisés pour appliquer les sollicitations sur l'éprouvette. Les sollicitations dépendent du type d'essai, qui peut être soit un essai drainé ou non drainé, soit un essai avec ou sans phase de saturation, de consolidation (isotrope ou anisotrope), suivie par une phase de cisaillement (drainé ou non drainé). Ces essais triaxiaux ont été pilotés en vitesse de déformation constante (0,2062. [mm/min]), sous des pressions de confinement σ_3 de 100, 150, 200 et 300 kPa.

L'effet des suctions et densités initiales avant l'imbibition a été aussi examiné en préparant certaines éprouvettes plus ou moins sèches avec une teneur en eau très faible et en les soumettant à des essais non consolidé – non drainé. En effet, lorsqu'on prélève un échantillon, il a une humidité initiale et donc une succion initiale que l'on peut déduire de la courbe de rétention. De même, lorsqu'on reconstitue des échantillons, on les soumet à une certaine succion et en les cisailant directement, on peut avoir une idée de l'effet de la succion initiale sur les caractéristiques de résistance du sol. Mais un inconvénient est que l'état de l'échantillon n'est ni sur le chemin de séchage, ni sur le chemin de mouillage de la courbe de rétention.

3.1 INFLUENCE SUR L'ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE ET LA COHESION NON DRAINEE DE LATERITE COMPACTEE

3.1.1 EFFET DE L'EFFLUENT LIQUIDE ACIDE OU BASIQUE DES BASSINS DE RETENTION SUR LES PARAMETRES DE CISAILEMENT

L'influence de la pollution sur la réponse des sols latéritiques au chargement triaxial monotone non drainé est décrite dans les figures qui suivent. Sous même état initial ($\gamma_d = 17,31 \text{ kN/m}^3$ et $w = 14,95\%$), la figure 3 présente les enveloppes de rupture de Mohr-Coulomb et les paramètres de cisaillement γ afférents. Il ressort que la pollution acide diminue la cohésion, avec une légère augmentation du frottement interne. Ce constat est fait sur une quinzaine d'essais dont la répétabilité semble uniforme comme le montre les figures 4 et 5.

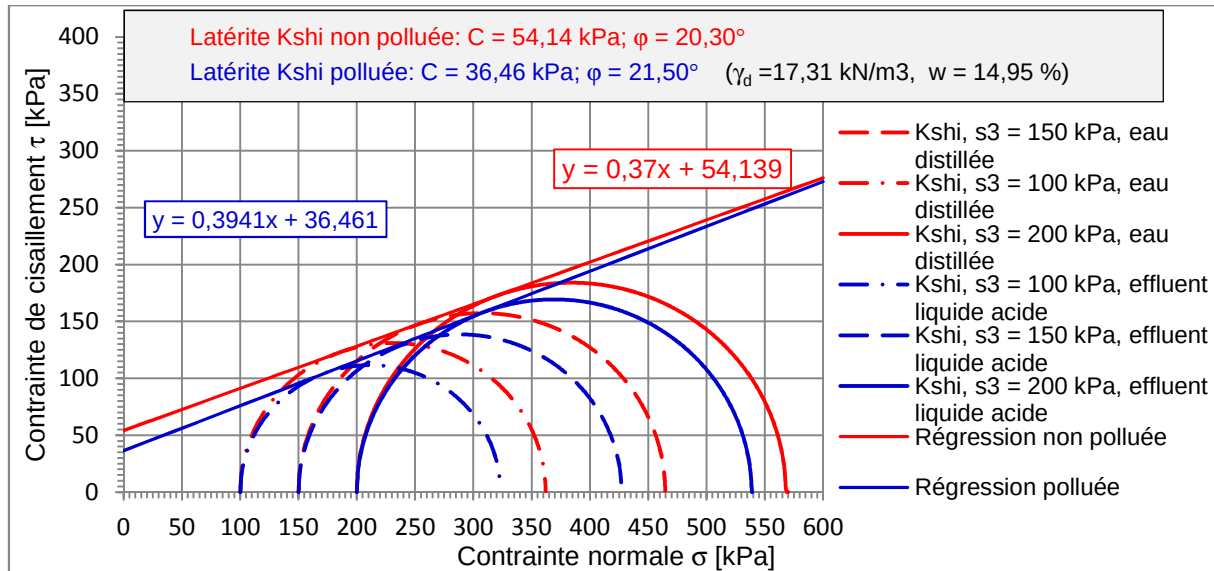


Figure3: Cercle de Mohr et droite intrinsèque pour le sol de Kipushi

Par contre, il y a une augmentation de plus ou moins 42% de la cohésion effective et une diminution de l'angle de friction en conséquence de la contamination par l'effluent liquide basique pour les éprouvettes testées à 90% de la densité sèche OPN pour le sol de Kakanda (figure 4). Cette augmentation de la cohésion pourrait être attribuée à l'apport des cations échangeables par l'effluent liquide basique dans les ligands du sol latéritique après interaction avec l'effluent.

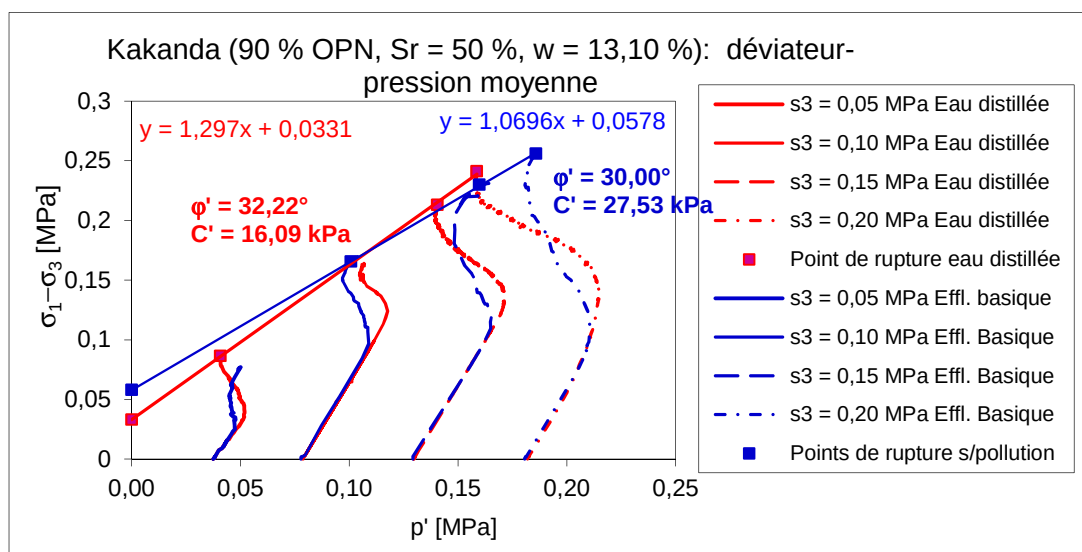


Figure 4: Chemin de contraintes effectives et lignes d'état critique pour le sol de Kakanda

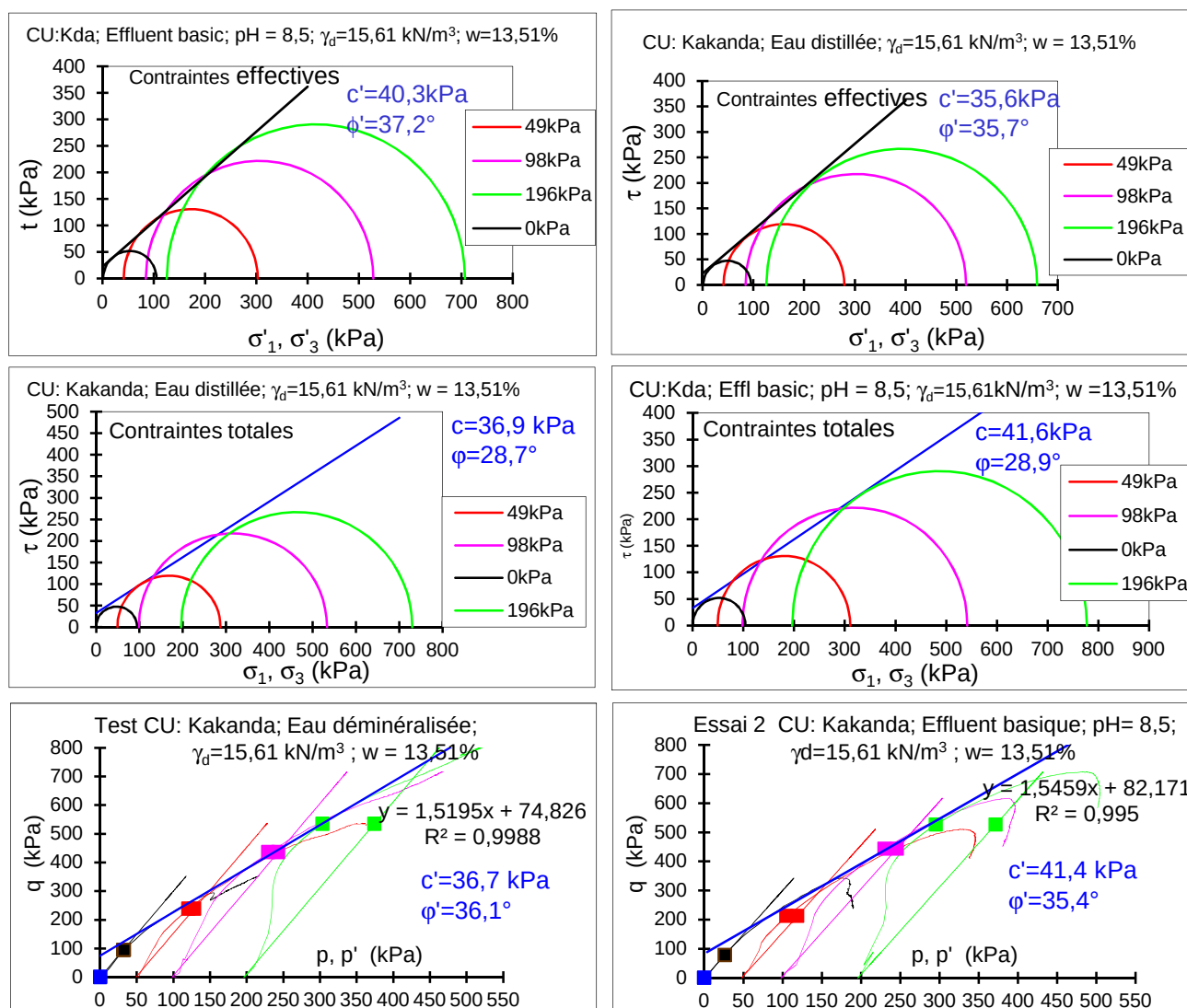


Figure 5: Cercle de Mohr, droite intrinsèque, et lignes d'état critique pour le sol de Kakanda

Sur les figures 6 et 7 nous comparons les variations du déviateur et de la pression interstitielle en fonction de la déformation axiale (en CU) respectivement dans le cas des sols de Kakanda (a) et de Kipushi (b) non contaminés et pollués aux effluents liquides des bassins. Nous n'observons aucune influence de la pollution des sols dans le domaine élastique où les courbes sont confondues. Par contre dans le domaine plastique, le déviateur pour le sol saturé en effluent liquide basique est légèrement supérieur à son équivalent saturé en eau déminéralisée, tandis qu'il est largement inférieur pour le sol saturé en effluent liquide acide par rapport au sol saturé en eau distillée.

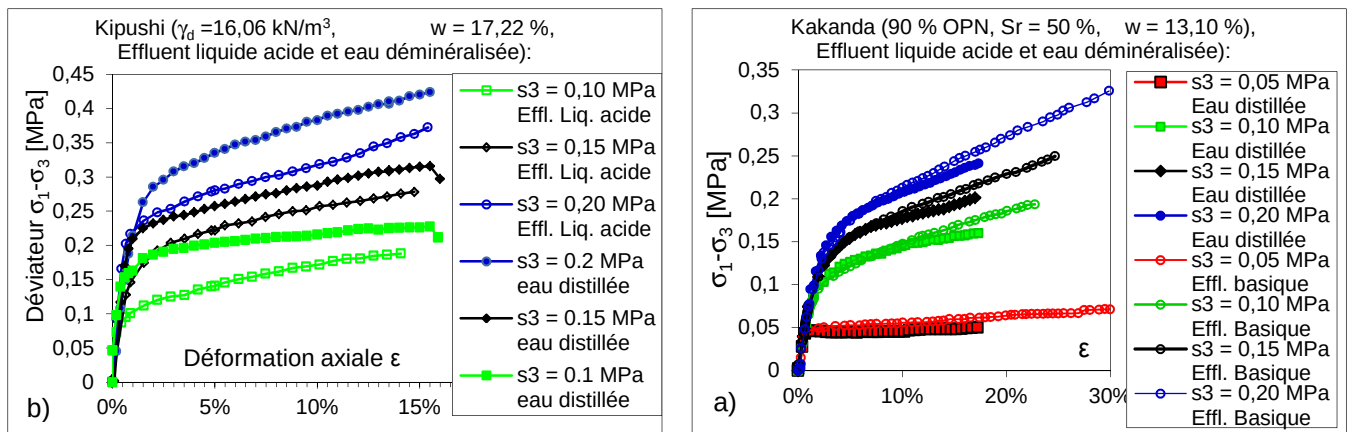


Figure 6: Diagramme Déviateur – déformation axiale en CU

Quant à la surpression interstitielle, le comportement est tout à fait inverse, la forte augmentation de la pression interstitielle dans le cas du sol saturé à l'effluent liquide acide (figure 7-b) va de pair avec la conductivité hydraulique élevée sous pollution acide [7]. Des résultats disponibles dans la littérature [8,9] attribuent ce comportement à la diminution du pH en milieu acide.

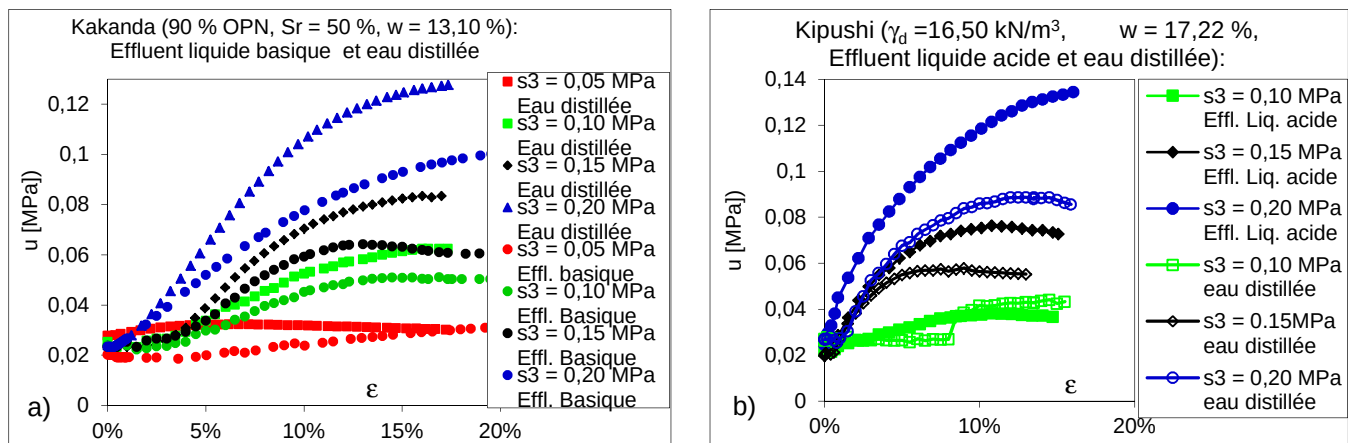


Figure 7: Diagramme Pression interstitielle – Déformation axiale

Les figures 8 et 9 présentent quelques résultats des essais UU et montrent l'impact de la suction initiale des éprouvettes sur le déviateur à la rupture. Sur la figure 8 nous comparons les résultats en non consolidé et non drainé. Le comportement reste le même c'est-à-dire une diminution du déviateur sous contamination acide (figure 8-a) et une légère augmentation en milieu basique (figure 8-b).

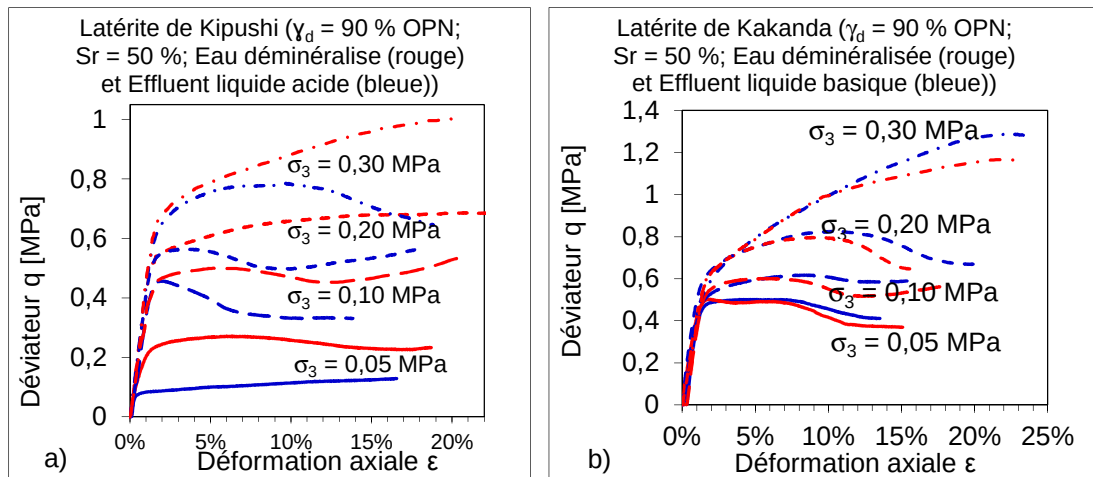


Figure 8 : Diagramme Déviateur – déformation axiale en UU

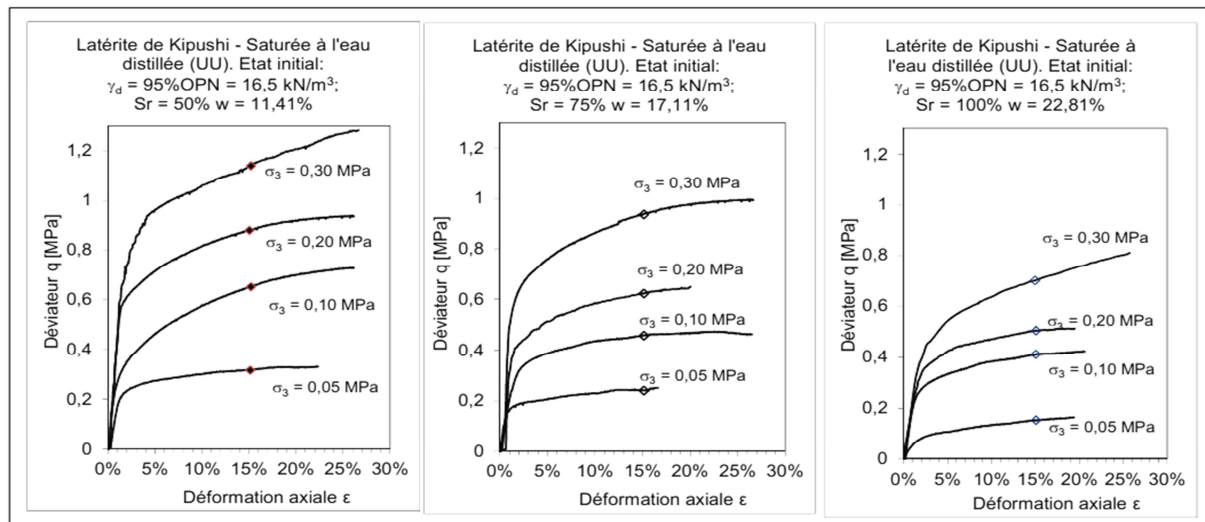


Figure 9: Influence de l'état de saturation initiale des éprouvettes sur le déviateur à la rupture (UU)

Nous remarquons aussi, contrairement aux résultats de la figure 9 où les éprouvettes compactées à 95 % de l'OPN sont durcissantes, que le matériau partiellement sec ($S_r = 50\%$) et faiblement compacté à 90 % OPN présente un comportement radoucissant sous faible confinement pour le sol sain (figure 8-a), comme pour le sol pollué en milieux acide et basique (figure 8-a-b).

3.1.2 EFFET DE L'EFFLUENT LIQUIDE ACIDE OU BASIQUE DES BASSINS DE RETENTION SUR LE MODULE DE DEFORMATION

Les études expérimentales de laboratoire sur différents sols ont montré que le module de déformation dépend de nombreux facteurs, notamment de la granulométrie des sols, de la densité, du niveau de confinement, de l'histoire de chargement, du mode de préparation des éprouvettes et du remaniement [10].

Ces différents facteurs sont connus et ont été étudiés il y a longtemps. Si l'on tient compte de l'influence de la granulométrie et du type de sol, de l'indice des vides (ou compacité) et de la pression de confinement, le module de déformation peut s'écrire sous la forme:

- Module = A (matériau) x B (compacité) x C (pression)

avec:

- A (matériau) : un paramètre qui traduit l'influence de la nature du matériau,
- B (compacité): une fonction qui prend en compte la compacité du sol,
- C (pression) : une fonction qui rend compte de l'influence de la pression moyenne ou de confinement.

La figure 10 montre la variation du module de déformation en fonction de la pression de confinement et indique la chute de ce module en milieu acide.

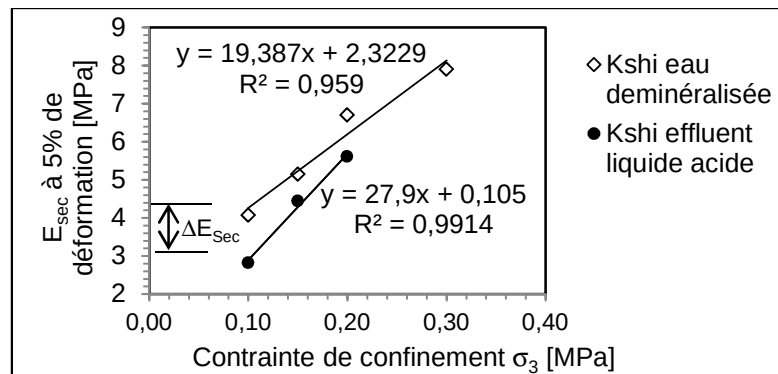


Figure 10: Variation du module de rigidité sécant en fonction de σ latérale

Pour les sols utilisés dans les digues de retenue des rejets miniers, l'influence de la pollution (par les effluents liquides acides ou basiques) n'est pas négligeable, le module de déformation diminue pour les effluents liquides acides et augmente pour ceux basiques, du moins pour les sols latéritiques analysés.

Dans ce cas, le module de déformation peut s'écrire :

- **Module = A (matériau) x B (compacité) x C (pression) x D (chimisme du fluide percolant)**

Avec: D (fluide percolant) : un paramètre qui traduit l'influence du pH du liquide percolant la matrice de sol chimisorbé.

3.1.3 INFLUENCE DE LA SATURATION INITIALE DES EPROUVETTES SUR LE DEVIATEUR ET LE MODULE DE RIGIDITE SECANT

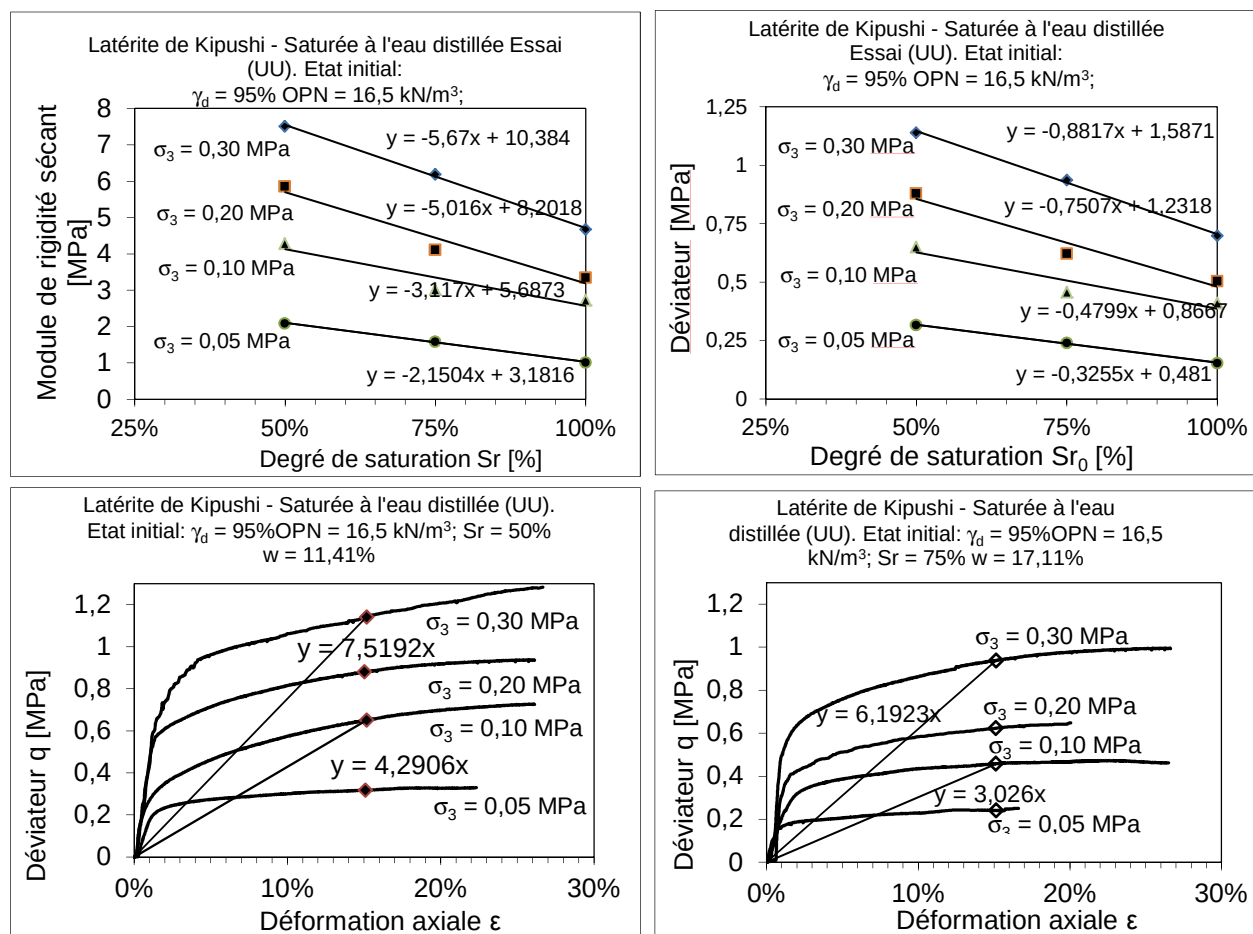


Figure 12 : Influence de la saturation initiale des éprouvettes sur le déviateur et le module de rigidité sécant

Le déviateur à la rupture décroît sensiblement du sol partiellement saturé (forte succion) au sol saturé (faible succion) sous même compacité. Quand au module de rigidité sécant à 15 % de déformation, présenté sur la figure 12 ci-dessus, il augmente avec la pression de confinement et décroît avec la saturation.

4 CONCLUSION

L'objectif de cette étude consistait, à l'analyse des paramètres de résistance au cisaillement des sols latéritiques compactés sous influence de la pollution par les effluents liquides qui émanent des concentrateurs.

Il apparaît que la pollution acide diminue les paramètres de résistance des latérites en augmentant sa déformabilité, alors qu'en pollution basique, c'est-à-dire en saturant les éprouvettes en effluent liquide basique, une tendance à s'opposer à la déformation du sol est observée. Ceci devrait inciter l'exploitant à vérifier chaque fois le pH des effluents liquides qu'il envoie dans le bassin, en veillant à ce que celui-ci soit toujours basique, en y ajoutant la chaux par exemple si le pH est acide.

La littérature renseigne que le module de déformation est une fonction de la forme:

$$\text{Module} = A (\text{matériau}) \times B (\text{compacité}) \times C (\text{pression})$$

où: A (matériau) est un paramètre qui traduit l'influence de la nature du matériau telle que sa granularité, B (compacité) est une fonction qui prend en compte la compacité du sol telle que sa porosité et C (pression) est une fonction qui rend compte de l'influence de la pression moyenne ou de confinement, bref, le module dépend de paramètres de nature (ex. granularité), d'état (ex. compacité) et l'état de chargement (pression).

Dans le cas des sols utilisés dans les corps des digues de retenue des rejets miniers, ce module de déformation diminue indépendamment des paramètres A, B et C sous l'influence des effluents liquides acides et croît pour les effluents basiques, du moins pour les sols latéritiques. Dans ce cas, ce module de déformation doit intégrer aussi un paramètre qui traduit l'influence du pH du liquide percolant la matrice de sol chimisorbé, de sorte qu'il puisse s'exprimer par: **Module = A (matériau) x B (compacité) x C (pression) x D (chimisme du fluide percolant)**, ceci nous paraît innovant et donc une contribution.

REFERENCES

- [1] Cardoso R., Barbedo D., Ribeiro D., (2012). *Hydro-Mechanical Behavior of Compacted Kaolin Considering Percolating Fluids with Different Chemical Nature*. Dans *Unsaturated soil: Research and application*, volume 2 Springer, ISBN 978-3-642-31342-4 e-ISBN 978-3-642-31343-1, DOI 10.1007/978-3-642-31343-1, p439-446.
- [2] Baize D., Girard M-C., (2008). *Référentiel Pédologique*, Collection savoir-faire, Afes, Edition Quae, ISBN : 978-2-7592-0186-0.
- [3] Cabinet du Président de la RDC, (2003). *Décret n°038/2003 du 26 mars 2003 portant règlement minier*. Journal officiel de la RDC. Numéro Spécial, 44ème Année.
- [4] Bouazza A., Delage P., Wojnarowicz M., (2005). *Nature et reconnaissance de la pollution des sols*. Dans *Géomécanique environnementale sols pollués et déchets*. Chap. 1, p 17- 45. Sous la direction de Delage P., Schrefler B., Ed. Hermès-Science Publication, Lavoisier, Paris.
- [5] Pialy P., (2009). *Étude de quelques matériaux argileux du site de Lembo (Cameroun): minéralogie, comportement au frittage et analyse des propriétés d'élasticité*. Thèse, Université de Limoges
- [6] Mukoko G. (2014). *Comportement des sols latéritiques compactés dans les remblais et digues de retenue des rejets miniers du Katanga (R.D.C)*, Thèse de doctorat, Presse universitaire de Louvain, Dépôt légal D/2014/9964/30, ISBN 978-287558-314-7, Diffusion universitaire Ciaco, www.i6doc.com, Belgique.
- [7] Mukoko G., Thimus J.F.; Ngoie D., (2015). *Interaction lateritic soil –concentrators' discharges: what impact(s)?* In *Proceedings of the 16 African Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Innovative geotechnics for africa tunisia 27-30 april, 2015 © ISBN: 978-9938-12-936-6, p 587 – 594.
- [8] Spagnoli, G., Fernandez-Steege, T.M., Arnhardt, C., Stanjek, H., Azzam, R, Feinendegen, M., (2010). *Relevance of pore fluid composition for the drained strength of clays*, In *General Assembly of the European Geosciences Union 2010*, Vienna (Austria). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12 (EGU2010-8535-1).
- [9] Spagnoli, G., Rubinos, D., Stanjek, H., Fernandez-Steege, T.M., Feinendegen, M., Azzam, R. (2011). *Undrained shear strength of clays as modified by pH variations*, In *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, DOI: 10.1007/s10064-011-0372-9.
- [10] Nguyen Pham Ph Th., (2008). *Etude en place et au laboratoire du comportement en petites déformations des sols argileux naturels*, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Potentiel de fertilité chimique des vergers de cacaoyer *Theobroma cacao* L. (Malvacea) en Côte d'Ivoire

[Chemical fertility potential of orchards of cacao *Theobroma cacao* L. (Malvacea) in Ivory Coast]

N'guessan Kouamé Jean-Claude¹, Akotto Odi Faustin¹, Snoeck Didier², Camara Mameri³, and Yao - Kouamé Albert¹

¹Département des Sciences du sol, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, Abidjan, Côte d'Ivoire

²UR Performance des systèmes de culture des plantes pérennes, CIRAD, Montpellier, France

³CNRA, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study was realized to evaluate the soil fertility potential in cocoa in Côte d'Ivoire. A total of 140 farmers' plots from 14 producing regions were randomly selected for soil sampling in the 0-20 cm horizon. Soil samples for chemical analyses were performed on the following parameters: pH-water, total organic C, total N, available P and exchangeable cations. Both organic C and total N were low. Although, available P was rated high Low. Cation exchange capacity (CEC) was an indication that the soils have low potential for plant nutrients retention. A guided fertilizer usage should be recommended to cocoa farmers to boost the productivity of the cash crop.

KEYWORDS: Cacao, Côte d'Ivoire, Plant nutrition, Productivity, Soil Fertility.

RÉSUMÉ: L'étude a été réalisée dans le but d'évaluer le potentiel de fertilité des sols sous cacaoyers en Côte d'Ivoire. Un total de 140 parcelles d'agriculteurs de 14 régions productrices de cacao a été choisi pour l'échantillonnage du sol dans l'horizon 0-20 cm. Les analyses chimiques des échantillons de sols au laboratoire ont été réalisées sur les paramètres suivants: pH eau, C total, N total, P assimilable, le K, Ca, Mg, le B, Fe, Al, Zn, Cu, Mn et CEC. Les analyses ont montré que, dans tous les sols, le C organique et le N total étaient faibles, que 14 % des sols des cacaoyères prospectées avaient un potentiel de fertilité bas et 79 %, un potentiel de fertilité moyen pour la cacaoculture. Seulement, 7 % des sols ont un potentiel de fertilité élevé pour la cacaoculture.

MOTS-CLEFS: Cacaoyer, Côte d'Ivoire, Fertilité des sols, Nutrition des plantes, Productivité.

1 INTRODUCTION

La majeure partie du cacao produit en Côte d'Ivoire, a longtemps assuré l'offre mondiale à presque 45% [1]. La production, majoritairement assurée par les petits exploitants, a considérablement chuté suite à de nombreuses contraintes ? Ces dernières ayant trait principalement à la détérioration de la qualité des sols qui affecte différents facteurs de la croissance végétale, notamment, l'ensemble des éléments chimiques nécessaires à la plante. Cet état réduit la productivité des plantations et leur rendement [2].

La relance de la filière cacao en déclin et la reconquête de son essor d'antan, nécessitent de se pencher sur la fertilité chimique des sols [3].

Si la littérature rapporte que la mise en valeur d'un sol en cacaoculture en Côte d'Ivoire dépend surtout des caractères morphopédologiques (éléments grossiers, induration et le mauvais drainage interne) [4], il n'en est pas de même pour le potentiel de fertilité chimique des sols sous cacaoyères et dans les conditions pédoclimatiques locales [5]. L'évaluation et la maîtrise de ce facteur s'avèrent donc indispensables.

La prise en compte conjointe des contraintes physiques et chimiques des sols participe de la gestion de la nutrition végétale [6]. Aussi, la présente étude s'est-elle intéressée aux principaux indicateurs de suivi de la fertilité chimique des vergers de cacaoyer : *Theobroma cacao* L. (Malvacea) en Côte d'Ivoire, à savoir : le statut acido-basique, le statut organique et le statut en éléments nutritifs des sols.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans 14 localités de culture et de production de cacaoyers en Côte d'Ivoire, à savoir : Abengourou, Aboisso, Agnibilékro, Akoupé, Bouaflé, Divo, Gnamienkro, Grand- Béreby, Guéyo, Guiglo, Kragui, Oumé, Sarakagui, et Touih (**Figure 1**). La zone de culture du cacaoyer en Côte d'Ivoire est caractérisée par un climat subéquatorial, à régime bimodal, avec des précipitations moyennes oscillant entre 1200 et 1700 mm par an [1]. La durée d'insolation est supérieure à 1 800 heures par an [7]. Les températures moyennes annuelles varient de 24 à 32 °C [8]. La végétation naturelle était la forêt dense humide et couvrait près de 16 millions d'hectares dans les années 1960. Elle a été surexploitée et il n'en reste plus que des reliques estimées à moins de 3 millions d'hectares [9]. La majorité des sols sont des Ferralsols, Acrisols, Arenosols et Cambisols (ISSS, ISRIC et FAO, 1998). Les caractéristiques pédologiques sont consignées dans le **tableau I**.

2.2 TRAVAUX SUR LE TERRAIN

2.2.1 CHOIX DES PARCELLES

Dans l'optique de couvrir au maximum les diverses conditions agro-écologiques de la cacaoculture des différents sites, 10 parcelles en production, d'âges variant entre 5 et 45 ans, ont été choisies par localité. Ce choix a tenu compte de l'âge moyen des cacaoyers en Côte d'Ivoire qui était de 20 ans en 2001 [1]. Le dispositif a également tenu compte des 4 orientations cardinales (Nord, Sud, Est, Ouest). Les parcelles généralement non fertilisées ou fertilisées 3 ans avant la présente étude, ont été retenues pour l'étude.

2.2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET METHODE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOLS

L'échantillonnage des sols a été effectué selon un dispositif en randomisation totale dans les horizons 0-20 cm, intensément influencés par la matière organique et reconnus comme source de 70-80 % de l'apport nutritionnel du cacaoyer [10], [11]. Les échantillons de sols trouvés ont été prélevés en 2014, à la tarière. Dans chaque cacaoyère, 30 échantillons (prises) élémentaires de sols par hectare, soit 300 au total par localité ont été prélevés.

Afin d'obtenir des résultats plus représentatifs de la réalité du sol dans chaque localité, 10 échantillons composites ont été constitués à partir d'un mélange des 30 prises élémentaires équipondérales, soit au total 140 échantillons de sols pour l'étude. Le conditionnement des échantillons du sol après le prélèvement sur le terrain a été effectué à la station du CNRA de Divo. Il a consisté d'abord en un séchage, un émottage, un tamisage au tamis de 2 mm (la terre fine) et un ensachage des échantillons de sols. Ensuite, ces échantillons ont été emmenés au laboratoire de la Société Alascienne Développement Étude Fe (SADEF) à Pôle d'Apach en France, où ils ont été de nouveau conditionnés en deux parties. La première partie a été broyée mécaniquement pour l'obtention de la terre fine destinée à la détermination du carbone organique et de l'azote organique totaux, puis, la seconde partie, non broyée, consacrée à la mesure et au dosage des autres propriétés chimiques des sols.

3 ANALYSE EN LABORATOIRE

Les analyses chimiques réalisées selon les méthodes standards [12], ont concerné la (15) variables quantitatives : pH eau, Carbone (C), azote (N), Phosphore assimilable (P_{ass}), K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , B^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^+ , capacité d'échange

cationique (CEC), taux de saturation en bases (V). Le carbone déterminé a été multiplié par 1,724 pour estimer la matière organique. Les données chimiques ont été interprétées sur la base des travaux de [11]. L'échelle des mesures de la fertilité chimique du sol est basée sur [13] dont le détail figure dans le tableau II.

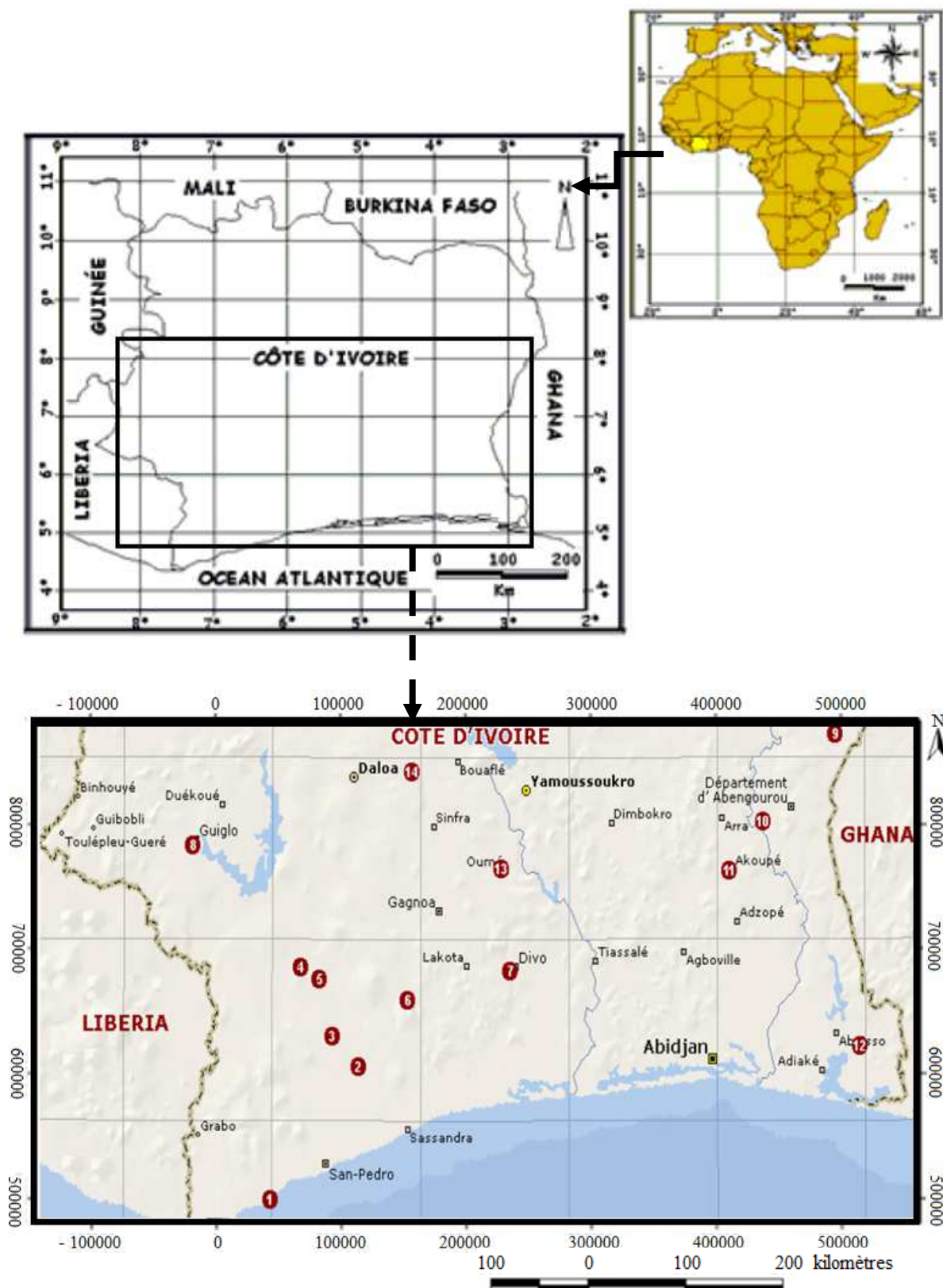


Fig. 1. Localisation des différents sites d'étude

Tableau I. Principales caractéristiques des sites dans les 14 localités sous cacaoyères

N°	Localités	Types de sols (ISSS, ISRIC et FAO, 1998)	Caractères généraux des sols (Gerold, 1996).
1 12	Ferralsols Touih (Sassandra) (Tou) Aboisso (Abo)	Xanthic Ferralsols (Frxa) Xanthic Ferralsols (Frxa)	Sols rouges, gravillonnaires, acides, argileux de type 1:1 et riches en sesquioxydes, forte proportion d'oxydes de fer et d'oxydes d'aluminium
2 3 4 5 7 8 9 10 11	Acrisols Gnamienkro (Gna) Guéyo (Gué) Sarakagui (Sar) Kragui (Kra) Divo (Div) Guiglo (Gui) Agnibilékro (Agn) Abengourou (Abe) Akoupé (Ako)	Haplic Acrisols (Acha) Ferric Acrisols (Acfr) Haplic Acrisols (Acha) Haplic Acrisols (Acha) Ferric Acrisols (Acfr) Ferric Acrisols (Acfr) Plinthic Acrisols (Acpl) Plinthic Acrisols (Acpl) Haplic Acrisols (Acha)	Sol extrêmement érodé, propriétés chimiques pauvres, peu de nutriments pour les plantes, une teneur élevée en aluminium, une grande sensibilité à l'érosion et une faible capacité d'échange de cations
6	Arenosols Grand – Béreby (Gra)	Ferralic Arenosols (Arfl)	Sol beige ocre sableux à argilo-sabloneux, à hydromorphie de profondeur
13 14	Cambisols Oumé (Oum) Bouaflé (Bfl)	Ferralic Cambisols (Cmfl) Ferralic Cambisols (Cmfl)	sol ocre à rouge argilo-sableux à argileux, gravillonnaire dès la surface ou plus en profondeur

Tableau II. Taux de matière organique et de ses différents constituants (Euroconsult, 1989)

Taux de fertilité	MO (mg g ⁻¹)	C (mg g ⁻¹)	N (mg g ⁻¹)	C/N
Très bas	<10	<6	<0,5	<8
Bas	10-20	6-10,25	0,5-1,25	8-10
Moyen	20,1-40,2	10,26-20,5	1,26-2,25	11-15
Élevé	40,3-60	20,51-30,5	2,26-3	16-25
Très élevé	>60	>30,5	>3	>25

4 ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance avec le logiciel XLSTAT (2007), où les comparaisons des moyennes ont été réalisées aux seuils de signification de 0,05 ; 0,001 et 0,0001. Le logiciel Tanagra a également été utilisé pour l'analyse de corrélation (coefficient de corrélation de Pearson) entre les différents paramètres mesurés.

5 RESULTATS

5.1 STATUTS ORGANIQUE ET ACIDO-BASIQUE DES SOLS SOUS CACAOYERES

Le **tableau III** résume les statuts organiques et acido-basiques des 140 cacaoyères échantillonnées. Les deux variables C et N présentent les mêmes évolutions dans toutes les zones. Les teneurs élevées en C et N sont observées à Gnamienkro ($2,59 \pm 0,13 \text{ gkg}^{-1}$ et $0,20 \pm 0,11 \text{ gkg}^{-1}$) et les faibles teneurs à Touih ($1,164 \pm 0,26 \text{ gkg}^{-1}$ et $0,08 \pm 0,02 \text{ gkg}^{-1}$) (**Tableau III**).

Concernant les types de sols, les variables C et N ne diffèrent pas significativement ($P = 0,747$ et $P = 0,485$, respectivement) (**Figure 2**).

Les sols étudiés ont des réactions qui varient de très acides ($\text{pH} < 5,8$), acides ($5,8 < \text{pH} \leq 6$), peu acides ($6 < \text{pH} \leq 6,5$) et neutres ($6,5 < \text{pH} \leq 7$). La localité d'Agnibilékro a fourni la valeur de pH la plus élevée ($6,61 \pm 0,61$), quoique statiquement identique à celles de Abengourou ($6,58 \pm 0,65$), Akoupé ($6,68 \pm 0,44$), Bouaflé ($6,55 \pm 0,47$) et Divo ($6,40 \pm 0,77$). Les valeurs les plus acides ont été observées sur les sites de Touih ($5,16 \pm 0,31$), Sarakagui ($5,44 \pm 0,30$), Aboisso ($5,49 \pm 0,77$), Gnamienkro ($5,52 \pm 0,65$) et Guéyo ($5,52 \pm 0,3$) qui sont statiquement identiques (**Tableau III**).

5.2 STATUT NUTRITIF SELON LES BASES ECHANGEABLES ET LE PHOSPHORE ASSIMILABLE

Le statut nutritif, évalué par la mesure des concentrations en éléments biodisponibles dans les sols : cations (Ca, Mg et K) et phosphore, est consigné dans le **tableau IV**. Au niveau des bases échangeables, les sols étudiés sont appauvres en Ca^{2+} ($1,56 \pm 0,6$ et $8,78 \pm 9,4$ cmol kg^{-1}) et Mg^{2+} ($0,56 \pm 0,27$ et $2,04 \pm 0,75$ cmol kg^{-1}) et K^+ ($0,14 \pm 0,06$ et $0,53 \pm 0,52$ cmol kg^{-1}).

Tableau III. Statuts organique, acido-basique des sols des 14 sites étudiés

	(g kg^{-1})				Acidité échangeable	Acidité actuelle
VSM	26	28,8	0,3	12,5	0,8	6,05
Sites	C	MO	N	C/N	Al^{3+}	pH eau
Abe	$2,1 \pm 0,63^{ab}$	$3,6 \pm 1,09$	$0,18 \pm 0,05^{ab}$	$11,17 \pm 0,76^{cd}$	0 ± 0^b	$6,58 \pm 0,65^{abc}$
Abo	$2,31 \pm 0,59^{ab}$	$3,97 \pm 1,02$	$0,19 \pm 0,05^{ab}$	$12,14 \pm 0,80^{bc}$	$0,22 \pm 0,25^a$	$5,49 \pm 0,77^{ef}$
Agn	$1,523 \pm 0,4^{ab}$	$2,61 \pm 0,70$	$0,13 \pm 0,04^{abc}$	$11,33 \pm 0,73^{cd}$	0 ± 0^b	$6,61 \pm 0,61^{ab}$
Akp	$1,841 \pm 0,3^{ab}$	$3,16 \pm 0,61$	$0,17 \pm 0,03^{abc}$	$10,69 \pm 0,71^d$	0 ± 0^b	$6,68 \pm 0,44^a$
Bfl	$1,192 \pm 0,47^b$	$2,05 \pm 0,80$	$0,10 \pm 0,05^{bc}$	$12,06 \pm 1,44^{bcd}$	$0,006 \pm 0,02^b$	$6,55 \pm 0,47^{abc}$
Div	$1,4035 \pm 0,4^{ab}$	$2,41 \pm 0,68$	$0,12 \pm 0,03^{abc}$	$11,05 \pm 0,91^{cd}$	$0,011 \pm 0,02^b$	$6,40 \pm 0,77^{abcd}$
Gna	$2,59 \pm 0,13^a$	$4,45 \pm 2,35$	$0,20 \pm 0,11^a$	$12,90 \pm 0,92^{ab}$	$0,19 \pm 0,25^a$	$5,52 \pm 0,65^{ef}$
Gra	$1,693 \pm 0,51^{ab}$	$2,91 \pm 0,88$	$0,14 \pm 0,04^{abc}$	$11,84 \pm 0,65^{bcd}$	0 ± 0^b	$5,95 \pm 0,28^{cde}$
Gué	$1,743 \pm 0,54^{ab}$	$2,99 \pm 0,93$	$0,13 \pm 0,04^{abc}$	$12,79 \pm 1,24^{ab}$	$0,02 \pm 0,04^b$	$5,52 \pm 0,30^{ef}$
Gui	$1,969 \pm 0,42^{ab}$	$3,38 \pm 0,73$	$0,17 \pm 0,05^{abc}$	$11,52 \pm 1,22^{bcd}$	0 ± 0^b	$6,09 \pm 0,42^{bcd}$
Kra	$1,409 \pm 0,5^{ab}$	$2,42 \pm 0,87$	$0,12 \pm 0,04^{abc}$	$11,58 \pm 0,86^{bcd}$	0 ± 0^b	$5,82 \pm 0,36^{def}$
Oum	$2,239 \pm 1,82^{ab}$	$3,85 \pm 3,1$	$0,16 \pm 0,12^{abc}$	$12,83 \pm 1,32^{ab}$	$0,03 \pm 0,10^b$	$6 \pm 0,59^{bcd}$
Sar	$2,125 \pm 1,06^{ab}$	$3,65 \pm 1,83$	$0,17 \pm 0,07^{abc}$	$12,21 \pm 0,85^{bc}$	$0,06 \pm 0,09^b$	$5,44 \pm 0,30^{ef}$
Tou	$1,164 \pm 0,26^b$	$2 \pm 0,46$	$0,08 \pm 0,02^c$	$13,69 \pm 1,68^a$	$0,14 \pm 0,016^{ab}$	$5,16 \pm 0,31^f$
Fcal	3,007 **	3,007**	3,017**	6,370***	4,71***	11,01***
Pcalc	0,000712	0,000712	0,000685	0	0,000001	0
Pth	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,0001$	$\leq 0,0001$	$\leq 0,0001$

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Student - Newman - Keuls (SNK). * = significative ** = hautement significative et *** = très hautement significative ; V = taux de saturation ; VSM = Valeur seuil moyenne selon Snoeck et al., (2015) ; Fcal = valeur de Fisher calculée ; Pcalc = probabilité calculée ; Pth = probabilité théorique ; Abe : Abengourou ; Abo : Aboisso ; Agn : Agnibilékro ; Akp : Akoupé ; Bfl : Bouaflé ; Gna : Gnamienkro ; Gra : Grand-Béréby ; Gué : Guéyo ; Gui : Guiglo ; Kra : Kragui ; Oum : Oumé ; Sar : Sarakagui ; Tou : Touih.

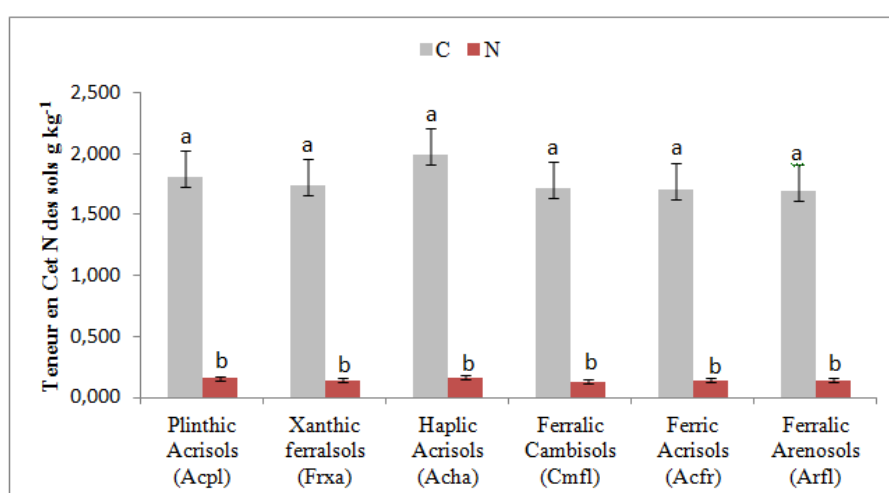


Figure 2. : Distribution des sols en fonction des caractéristiques de la matière organique

C = carbone ; N = azote

Les sols d'Agnibilékro présentent les meilleurs taux en Ca^{2+} ($8,78 \pm 9,4 \text{ cmol kg}^{-1}$) qui sont statiquement identiques aux concentrations des autres sols, à l'exception des sites de Guéyo et de Touih qui ont eu des concentrations plus faibles et statiquement identiques : $2,83 \pm 1,33$ et $1,56 \pm 0,6 \text{ cmol kg}^{-1}$, respectivement. Quant à K^+ et Mg^{2+} , les meilleures concentrations ont été obtenues à Aboisso ($0,53 \pm 0,52$) et Abengourou ($2,04 \pm 0,75$). Ces teneurs sont statiquement identiques à celles des autres sites, excepté Touih, avec K^+ ($0,14 \pm 0,06$) et Mg^{2+} ($0,56 \pm 0,27$) (**Tableau IV**). Au niveau des types des sols, seul Ca^{2+} présente des concentrations hautement significatives ($F = 4,222$; $\text{Pr} < 0,001$). Le calcium est l'élément le plus dominant et représente 70 à 80 p.c. des cations échangeables dans tous les sols (**Figure 3**). Les Plinthic Acrisols présentent les concentrations élevées en Ca^{2+} ; ces dernières sont statistiquement identiques à celles des Ferralic Cambisols. Mg^{2+} et K^+ ne présentent aucune différence significative au niveau des types de sols (**Figure 3**). Les valeurs de la CEC les plus élevées sont obtenues à Abengourou ($10,96 \pm 2,87$) et à Gnamienkro ($11,06 \pm 5,76$). Ces teneurs sont statiquement identiques à celles des autres sites (excepté Touih : $4,70 \pm 1,24 \text{ cmol kg}^{-1}$) (**Tableau III**). Hormis Touih, le taux de saturation moyen (V) est dans l'ensemble supérieur à 60 %. Le phosphore (P_{ass} : $10,15 \pm 3,8 - 63,56 \pm 51,51 \text{ mg kg}^{-1}$) y apparaît comme l'un des excédentaires (**Tableau IV**).

5.3 STATUT NUTRITIF EVALUE SELON LES CAS DES EQUILIBRES CHIMIQUES

La proportion de K, par rapport à la somme des bases échangeables ($\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}$) ou $\text{SBE} > 4 \text{ p.c.}$. Dans tous les sols, l'équilibre bases échangeables-azote ($\text{SBE} + 6,15/\text{N}$) est supérieur à 8,9 ; indiquant un équilibre entre les bases échangeables et N.

Tableau IV. Statut nutritif des sols des 14 zones étudiées

	Base échangeables et capacité d'échange cationique (cmol kg^{-1})				(mg kg^{-1})	
VSM	11	0,7	2,45	21	11,5	V (%)
Sites	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	CEC	P_2O_5	
Abe	$6,75 \pm 2,38^{ab}$	$0,46 \pm 0,14^{ab}$	$2,04 \pm 0,75^a$	$10,96 \pm 2,87^a$	$16,13 \pm 9,42^b$	84,6
Abo	$3,23 \pm 1,75^{ab}$	$0,53 \pm 0,52^a$	$1,38 \pm 1,17^{ab}$	$9,06 \pm 2,69^{ab}$	$15,61 \pm 9,43^b$	53,29
Agn	$8,78 \pm 9,40^a$	$0,33 \pm 0,12^{ab}$	$1,48 \pm 0,67^{ab}$	$7,99 \pm 2,91^{ab}$	$18,31 \pm 22,27^b$	122,55
Akp	$6,21 \pm 2,06^{ab}$	$0,48 \pm 0,16^{ab}$	$1,71 \pm 0,38^{ab}$	$9,06 \pm 2,12^{ab}$	$12,86 \pm 353^b$	92,49
Bfl	$5,43 \pm 4,35^{ab}$	$0,28 \pm 0,13^{ab}$	$1,46 \pm 1,83^{ab}$	$7,87 \pm 6,57^{ab}$	$11,29 \pm 9,71^b$	87,09
Div	$5,62 \pm 4,56^{ab}$	$0,31 \pm 0,08^{ab}$	$1,21 \pm 0,48^{ab}$	$7,26 \pm 2,67^{ab}$	$16,61 \pm 25,66^b$	89,71
Gna	$5,05 \pm 3,45^{ab}$	$0,45 \pm 0,53^{ab}$	$1,79 \pm 1,28^{ab}$	$11,06 \pm 5,76^a$	$18,09 \pm 23,24^b$	61,36
Gra	$4,13 \pm 2,20^{ab}$	$0,27 \pm 0,15^{ab}$	$1,45 \pm 0,54^{ab}$	$8,11 \pm 2,29^{ab}$	$10,50 \pm 8,91^b$	71,21
Gué	$2,83 \pm 1,33^b$	$0,22 \pm 0,09^{ab}$	$1,44 \pm 0,73^{ab}$	$6,88 \pm 2,58^{ab}$	$16,87 \pm 17,20^b$	63,56
Gui	$4,79 \pm 2,11^{ab}$	$0,28 \pm 0,14^{ab}$	$1,52 \pm 0,56^{ab}$	$8,99 \pm 2,95^{ab}$	$23,23 \pm 31,51^b$	74,35
Kra	$3,29 \pm 1,72^{ab}$	$0,18 \pm 0,15^{ab}$	$0,95 \pm 0,45^{ab}$	$6,34 \pm 2,73^{ab}$	$20,66 \pm 32,71^b$	69,63
Oum	$5,57 \pm 6,11^{ab}$	$0,42 \pm 0,27^{ab}$	$1,60 \pm 0,99^{ab}$	$10,02 \pm 7,56^{ab}$	$63,56 \pm 51,51^a$	73,65
Sar	$3,42 \pm 1,20^{ab}$	$0,25 \pm 0,17^{ab}$	$1,12 \pm 0,33^{ab}$	$8,59 \pm 4,30^{ab}$	$10,15 \pm 3,80^b$	59,47
Tou	$1,56 \pm 0,60^b$	$0,14 \pm 0,06^b$	$0,56 \pm 0,27^b$	$4,70 \pm 1,24^b$	$15,91 \pm 9,94^b$	48,34
Fcal	2,33**	2,37**	1,83*	1,9*	3,43***	4,873***
Pcalc	0,007968	0,006938	0,044998	0,034955	0,000147	0,0001
Pth	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,0001$	$\leq 0,0001$

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Student - Newman - Keuls (SNK). * = significative ** = hautement significative et *** = très hautement significative ; V = taux de saturation ; VSM = Valeur seuil moyenne selon Snoeck et al., (2015) ; Fcal = valeur de Fisher calculée ; Pcalc = probabilité calculée ; Pth = probabilité théorique ; Abe : Abengourou ; Abo : Aboisso ; Agn : Agnibilékro ; Akp : Akoupé ; Bfl : Bouaflé ; Gna : Gnamienkro ; Gra : Grand-Béréby ; Gué : Guéyo ; Gui : Guiglo ; Kra : Kragui ; Oum : Oumé ; Sar : Sarakagui ; Tou : Touih.

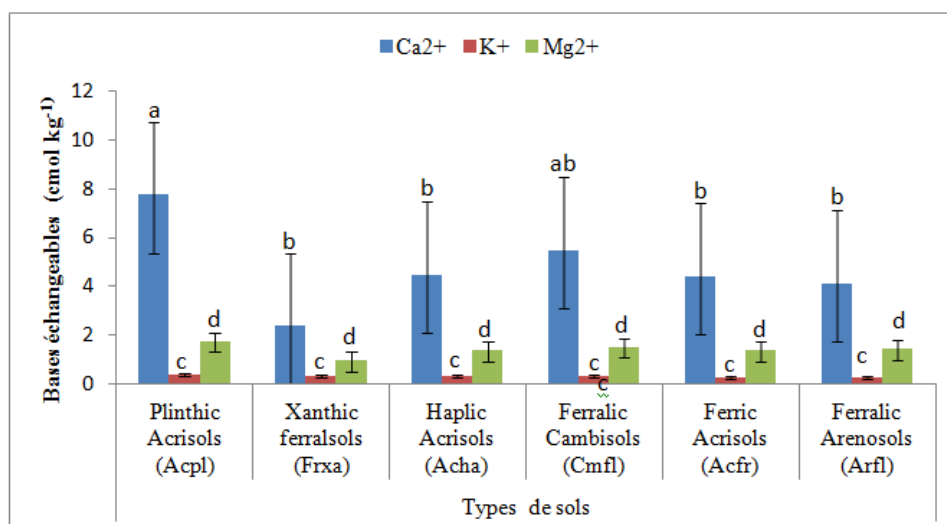


Figure 3. : Distribution des sols en fonction de leur teneur en bases échangeables

Ca^{2+} = ion calcium ; Mg^{2+} = Ion magnésium et K^{+} = ion potassium

Les sols sont excédentaires en P assimilable (**Tableau V**) et N/P_2O_5 total est généralement faible ($10,15 \pm 3,80$ et $63,56 \pm 51,51$) car inférieur à l'optimum de 1,5 (excepté Divo, Grand-béréby, Sarakagui et Gnamienkro dont $N/P_2O_5 > 1,5$). Le rapport Ca/Mg a varié sans inconvénient entre $2 \pm 0,35$ et $5,21 \pm 2,94$. Hormis Guéyo, les moyennes obtenues correspondent à celles requises dans la cacaoculture, qui est de 2,8 (**Tableau V**). Le rapport Mg/K, est de l'ordre de $2,77 \pm 1,27$ et $6,52 \pm 2,62$ est dans l'ensemble des cacaoyères prospectées. Les moyennes du rapport Ca + Mg/ K ($10,5 \pm 1,53$ et $28,4 \pm 4,8$), sont généralement supérieures à la moyenne normale (11,5), sauf celle d'Aboisso ($10,5 \pm 1,53$) (**Tableau V**).

5.4 STATUT NUTRITIF EVALUE SELON LES CAS DES OLIGO-ELEMENTS (Fe, Zn, B, Cu ET Mn)

La richesse en oligo-éléments a été faite grâce à la mesure des teneurs en fer (Fe), zinc (Zn), bore (B), cuivre (Cu), et manganèse (Mn) (**Tableau VI**). Du point de vue des zones, à l'exception de Touih où le taux du Cu $< 1,1 \text{ mgkg}^{-1}$, les teneurs moyennes en : Fe ($46,67 \pm 11,12$ à $196,19 \pm 95,24 \text{ mgkg}^{-1}$), Zn ($1,90 \pm 1,14$ à $12,62 \pm 12,87 \text{ mgkg}^{-1}$), Cu ($0,96 \pm 0,65$ à $4,79 \pm 3,48 \text{ mgkg}^{-1}$) et Mn ($29,51 \pm 45,76$ à $168,74 \pm 128,88 \text{ mgkg}^{-1}$), sont supérieures aux seuils (27 ; $1,4$; $1,1$; $7,5 \text{ mgkg}^{-1}$), respectivement. Le site ayant la plus forte concentration en Fe^{2+} est situé à Gnamienkro, avec $196,19 \pm 95,24 \text{ mgkg}^{-1}$. Ces teneurs sont statistiquement identiques à celles d'Aboisso.

Tableau V. Caractéristiques des équilibres chimiques des sols des 14 zones étudiés

VSM	1,5	2,8	3	11,5
Sites	N/P ₂ O ₅	Ca/Mg	Mg/K	Ca +Mg/K
Abe	1,46±0,78 ^{abc}	3,42±0,96 ^{bc}	4,58±1,25 ^{ab}	19,72±1,43 ^{ab}
Abo	1,44±0,50 ^{abc}	2,76±1,06 ^{bc}	2,77±1,27 ^b	10,5±1,53 ^b
Agni	1,25±0,61 ^{abc}	5,21±2,94 ^a	4,40±1,46 ^{ab}	27,2±4,64 ^a
Akp	1,41±0,39 ^{abc}	3,63±0,91 ^{abc}	3,67±0,77 ^{ab}	17,02±1,68 ^{ab}
Bfl	1,05±0,29 ^{abc}	4,50±1,06 ^{ab}	4,66±2,87 ^{ab}	22,62±2,73 ^{ab}
Div	1,88±1,34 ^a	4,18±1,98 ^{ab}	3,88±1,33 ^{ab}	21,6±5,2 ^{ab}
Gna	2,08±1,23 ^a	2,87±1,04 ^{bc}	4,99±2,47 ^{ab}	19,56±3,5 ^{ab}
Gra	1,72±0,60 ^{ab}	2,75±0,53 ^{bc}	6,38±2,86 ^a	23,35±2,9 ^{ab}
Gué	1,36±0,74 ^{abc}	2,00±0,35 ^c	6,52±2,62 ^a	19,68±2,5 ^{ab}
Gui	1,45±0,77 ^{abc}	3,33±1,45 ^{bc}	6,04±2,62 ^a	26,3±4,8 ^{ab}
Kra	1,10±0,62 ^{abc}	3,61±1,15 ^{abc}	6,15±2,77 ^a	28,4±4,8 ^a
Oum	0,60±0,76 ^c	3,10±1,19 ^{bc}	4,26±2,33 ^{ab}	17,53±3,3 ^{ab}
Sar	1,75±0,58 ^a	3,03±0,36 ^{bc}	4,95±1,44 ^{ab}	20,25±2,26 ^{ab}
Tou	0,66±0,28 ^{bc}	3,03±0,36 ^{bc}	3,90±1,33 ^{ab}	15,37±1,77 ^{ab}
Fcal	3,28***	3,87***	2,90**	2,12523*
Pcal	0,000259	0,000029	0,001032	0,016783
Pth	≤0,0001	≤0,0001	≤0,001	≤0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Student - Newman - Keuls (SNK). * = significative ** = hautement significative et *** = très hautement significative ; VSM = Valeur seuil moyenne selon Snoeck et al., (2015) ; Fcal = valeur de Fisher calculée ; Pcalc = probabilité calculée ; Pth = probabilité théorique ; Abe : Abengourou ; Abo : Aboisso ; Agn : Agnibilékro ; Akp : Akoupé ; Bfl : Bouaflé ; Gna : Gnamienkro ; Gra : Grand-Béréby ; Gué : Guéyo ; Gui : Guiglo ; Kra : Kragui ; Oum : Oumé ; Sar : Sarakagui ; Tou : Touih

Tableau VI. Caractéristiques des oligo-éléments des sols des 14 sites étudiés

VSM	27	1,4	0,53	1.1	7,5	¹ Fertilité
Sites	Fe ²⁺	Zn ²⁺	B ⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	
Abe	60,88±15,02 ^{de}	4,27±2,86b	0,51±0,13 ^a	3,01±0,88ab	110,76±45,29abcd	Moyen
Abo	179,96±60,33 ^{ab}	4,72±3,93b	0,32±0,13 ^a	2,20±1,49ab	54,02±43,87cd	Moyen
Agni	52,44±20,59 ^{de}	4,05±3,51b	0,40±0,15 ^a	3,08±1,76ab	77,9±46,13bcd	Moyen
Akp	66,68±13,84 ^{de}	7,64±7,31ab	0,47±0,06 ^a	2,45±0,89ab	110,85±34,31abcd	Moyen
Bfl	46,67±11,12 ^e	1,50±0,80b	0,28±0,08 ^a	2,26±0,87ab	135,6±51,84abc	Bas
Div	53,29±15,27 ^{de}	2,99±1,95b	0,32±0,12 ^a	3,23±2,55ab	150,60±107,60ab	Moyen
Gna	196,19±95,24 ^a	5,79±6,02ab	0,42±0,19 ^a	3,08±2,26ab	41,19±43,66d	Élevé
Gra	72,65±14,69 ^{de}	4,54±3,54b	0,36±0,12 ^a	3,03±1,31ab	81,85±63,91bcd	Moyen
Gué	105,52±41,35 ^{cd}	4,68±3,21b	0,42±0,11 ^a	1,47±0,58b	31,87±13,08d	Moyen
Gui	75,64±16,53 ^{de}	4,22±2,80b	0,31±0,22 ^a	4,79±3,48a	168,74±128,88a	Moyen
Kra	71,09±15,03 ^{de}	7,18±12,06ab	0,34±0,41 ^a	3,38±3,60ab	119,28±73,47abcd	Moyen
Oum	91,76±66,30 ^{de}	12,62±12,87a	0,50±0,16 ^a	2,98±2,20ab	66,69±34,49bcd	Moyen
Sar	145,89±63,69 ^{bc}	3,33±2,82b	0,37±0,09 ^a	1,87±0,85b	38,46±23,42d	Moyen
Tou	112,69±30,37 ^{cd}	1,90±1,14b	0,29±0,09 ^a	0,96±0,65b	29,51±45,76d	Bas
Fcal	12,47**	2,26*	1,93*	2,43**	5,55***	
Pcal	0	0,010252	0,032111	0,0057	0	
Pth	≤0,01	≤0,01	≤0,01	≤0,01	≤0,0001	

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Student - Newman - Keuls (SNK). * = significative ** = hautement significative et *** = très hautement significative ; VSM = Valeur seuil moyenne selon Snoeck et al., (2015) ; Fcal = valeur de Fisher calculée ; Pcalc = probabilité calculée ; Pth = probabilité théorique ; Abe : Abengourou ; Abo : Aboisso ; Agn : Agnibilékro ; Akp : Akoupé ; Bfl : Bouaflé ; Gna : Gnamienkro ; Gra : Grand-Béréby ; Gué : Guéyo ; Gui : Guiglo ; Kra : Kragui ; Oum : Oumé ; Sar : Sarakagui ; Tou : Touih

Les taux en Fe les plus faibles sont observés à Bouaflé ($46,67 \pm 11,12 \text{ mgkg}^{-1}$). Ils sont statistiquement identiques à ceux d'Abengourou ($60,88 \pm 15,02 \text{ mgkg}^{-1}$), Agnibilékro ($52,44 \pm 20,59 \text{ mgkg}^{-1}$), Akoupé ($66,68 \pm 13,84 \text{ mgkg}^{-1}$), Divo ($53,29 \pm 15,27 \text{ mgkg}^{-1}$), Grand-Bereby ($72,65 \pm 14,69 \text{ mgkg}^{-1}$), Guiglo ($75,64 \pm 16,53 \text{ mgkg}^{-1}$), Kragui ($71,09 \pm 15,03 \text{ mgkg}^{-1}$) et Oumé ($91,76 \pm 66,30 \text{ mgkg}^{-1}$). Les teneurs en Zn^{2+} sont plus fortes à Oumé ($12,62 \pm 12,87 \text{ mgkg}^{-1}$). Ces taux sont statistiquement identiques à ceux d'Akoupé, Gnamienkro et Kragui. Les 10 sites restants ont fourni des valeurs plus faibles (de $1,90 \pm 1,14$ à $4,27 \pm 2,86 \text{ mgkg}^{-1}$). Quant aux Cu^{2+} et Mn^{2+} , les deux variables ont eu leurs concentrations les plus élevées à Guiglo, avec respectivement $4,79 \pm 3,48$ et $168,74 \pm 128,88 \text{ mgkg}^{-1}$. Les concentrations les plus faibles en Cu^{2+} sont observées à Touih, Guéyo et Sarakagui dont les teneurs sont statistiquement identiques. Le B^+ y est déficient, avec des concentrations ($0,29 \pm 0,09$ à $0,51 \pm 0,13 \text{ mgkg}^{-1}$) statistiquement identiques sur tous les sites. Tous ces résultats aboutissent à des potentiels de fertilité bas (Bouflé et Touih), élevé (Gnamienkro), en passant par moyen pour les autres sites restants (**Tableau VI**).

Au niveau de types de sols, les teneurs en Cu^{2+} ($F = 1,68$; $\text{Pr} > F = 0,143$), Zn^{2+} ($F = 1,2$; $\text{Pr} > F = 0,313$) et B^+ ($F = 1,681$; $\text{Pr} > F = 0,143$) n'ont pas présenté de différences significatives. Mais en revanche, des différences très hautement significatives existent entre les teneurs en Fe^{2+} des six types de sols ($F = 9,07$; $\text{Pr} < 0,0001$). Les valeurs les plus fortes sont les Xanthic Ferralsols et les Haplic Acrisols, avec des moyennes statistiquement identiques de $146,325$ et $119,96 \text{ mgkg}^{-1}$, respectivement. Les quatre types restants, avec des taux en Fe^{2+} statistiquement identiques, varient entre $56,66 \text{ mgkg}^{-1}$ (Plinthic Acrisols) et $78,15 \text{ mgkg}^{-1}$ (Ferric Acrisols) (**Tableau VI**).

La teneur en Mn^{2+} ($F = 3,02$; $\text{Pr} < 0,05$) est significativement plus élevée sur les Ferric Acrisols, avec $117,073$; ce qui est statistiquement identique à celles des Ferralic Cambisols ($101,145$), des Plinthic Acrisols ($94,33$), des Ferralic Arenosols ($85,31$) et des Haplic Acrisols ($77,445 \text{ mgkg}^{-1}$). Les Xanthic Ferralsols présentent les plus faibles concentrations, avec $41,765 \text{ mgkg}^{-1}$ (**Figure 4**). Les sols peu favorables représentent 93 p.c. de la couverture pédologique étudiée; il s'agit des sols observés dans tous les périmètres d'étude. Les sols favorables, présents à Gnamienkro, ont un niveau de fertilité chimique relativement élevé (**Tableau VI**). Cependant, ces sols renferment de fortes concentrations de fer facilement disponible ($\text{Fe} > 27 \text{ mgkg}^{-1}$).

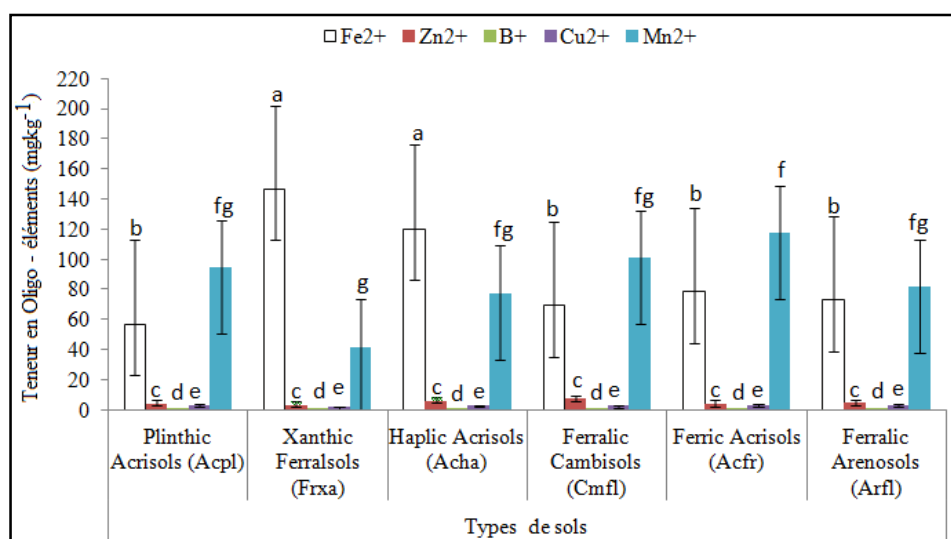


Figure 4. : Distribution des sols en fonction de leur teneur en oligo - éléments

Fe^{2+} = ion fer ; Zn^{2+} = ion zinc ; B^+ = ion bore ; Cu^{2+} = ion cuivre et Mn^{2+} = ion manganèse.

5.5 CORRELATIONS DE PEARSON ENTRE LES ELEMENTS CHIMIQUES DES SOLS DES 14 SITES

Les coefficients de corrélation (r^2) obtenus à partir des régressions linéaires réalisées sont une expression des proportions dans lesquelles les variables dépendantes sont expliquées par les modèles. Ainsi, la série de corrélations, entre, d'une part, les matières organiques (MO) et les autres variables du sol, et, d'autre part, entre les pH et le phosphore assimilable (P_2O_5) de ces mêmes variables, a mis en exergue l'influence des matières organiques, du pH et du phosphore assimilable sur la qualité des sols étudiés. Les corrélations de Pearson sont rapportées dans le **Tableau VII**. La comparaison entre les teneurs moyennes montre une diminution dans une même proportion du carbone et de l'azote et, en conséquence, une stabilité du

rapport C/N (**Tableau III**). Parallèlement, la diminution de la CEC est nettement corrélée à celle du taux de matière organique ($r > 0,80$). Ainsi la contribution de la matière organique à la CEC totale a diminué, ce qui explique en grande partie la hausse significative du taux de saturation (**Tableau IV**). La CEC de ces sols est directement subordonnée à l'influence stimulatrice de MO : la contribution des MO à l'augmentation de la CEC est estimée à plus de 70 p.c. ($r^2 = 0,70$). Quant à celle du P_2O_5 , la hausse des oligo – éléments a été de 66,7 p.c. ($R^2 = 0,667$). Les résultats obtenus montrent que la CEC de tous les sols étudiés sont corrélées positivement avec la teneur en matière organique. Le pH des sols étudiés est acide à légèrement acide. Les résultats rapportés ici permettent de mettre en évidence l'existence des corrélations entre ce facteur Ca. En outre ce facteur est positivement corrélé avec tous les oligo-éléments des différents sols. D'autre part, les analyses de corrélation linéaire de Pearson n'ont pas montré de contribution significative du pH sur la CEC (excepté Akoupé et Agnibilékro).

Tableau VII. Corrélations entre matière organique, pHeau et quelques variables chimiques des sols échantillonnés

	Couples	r	r ²	t	Pr(> t)		Couples	r	r ²	t	Pr(> t)
Abe	MO-CEC	0,91	0,83	6,27	0,0002	Gra	MO-CEC	0,95	0,9	8,38	0
	pH-Ca	0,69	0,48	2,72	0,0265		pH-Mg	0,78	0,6	3,49	0,0082
Abo	MO-CEC	0,87	0,76	5,08	0,001		pH-V	0,76	0,57	3,28	0,0112
	pH-Ca	0,92	0,84	6,46	0,0002		pH-K	0,73	0,54	3,06	0,0157
	pH-Fe	-0,91	0,82	-6,08	0,0003		pH-Ca	0,72	0,52	2,96	0,0182
	pH-Mn	0,8	0,64	3,75	0,0056	Gui	MO-CEC	0,96	0,93	10,39	0
Agn	MO-CEC	0,99	0,97	17,61	0		pH-Ca	0,83	0,69	4,25	0,0028
	pH-K	0,84	0,71	4,46	0,0021	Kra	MO-CEC	0,98	0,96	13,61	0
	pH-Ca	0,83	0,68	4,16	0,0032		pH-Ca	0,86	0,74	4,78	0,0014
	pH-Mg	0,78	0,6	3,48	0,0083		pH-Fe	-0,7	0,5	-2,8	0,0231
	pH-N	0,7	0,49	2,75	0,025	Tou	MO-CEC	0,96	0,92	9,6	0
	pH-C	0,67	0,45	2,54	0,0346		pH-Mn	0,91	0,83	6,31	0,0002
Akp	MO-CEC	0,84	0,71	4,41	0,0022		pH-Cu	0,77	0,6	3,44	0,0088
	pH-Ca	0,78	0,61	3,52	0,0078		pH-Ca	0,73	0,53	3	0,017
Bfl	MO-CEC	0,98	0,96	14,35	0		pH-Zn	0,73	0,53	2,99	0,0174
	MO-CEC	0,95	0,91	8,79	0		pH-Fe	-0,73	0,53	-2,98	0,0176
	pH-Ca	0,89	0,79	5,55	0,0005	Gué	MO-CEC	0,91	0,83	6,36	0,0002
	pH-N	0,87	0,77	5,1	0,0009		pH-Ca	0,66	0,44	2,51	0,0366
	pH-Mg	0,87	0,76	5	0,0011	Sar	MO-CEC	0,97	0,95	12,3	0
	pH-Cu	0,81	0,66	3,98	0,0041		pH-Al	-0,79	0,63	-3,69	0,0061
	pH-C	0,81	0,66	3,92	0,0044		pH-Fe	-0,72	0,52	-2,93	0,0191
	pH-Zn	0,79	0,63	3,7	0,006	Gna	MO-CEC	0,99	0,98	18,52	0
	pH-Fe	-0,74	0,55	-3,13	0,0141		pH-Al	-0,79	0,62	-3,6	0,007
	pH-Al	-0,64	0,41	-2,36	0,0463		pH-Fe	-0,66	0,44	-2,5	0,0369
Oum	MO-CEC	0,9803	0,9609	14,0273	0		pH-Ca	0,66	0,43	2,48	0,0381
	pH-K	0,6946	0,4824	2,7308	0,0258		pH-Mn	0,63	0,4	2,32	0,0492

Abe : Abengourou ; Abo : Aboisso ; Agn : Agnibilékro ; Akp : Akoupé ; Bfl : Bouaflé ; Gna : Gnamienkro ; Gra : Grand-Béréby ; Gué : Guéyo ; Gui : Guiglo ; Kra : Kragui ; Oum : Oumé ; Sar : Sarakagui ; Tou : Touih.

6 DISCUSSION

La matière organique participe à l'amélioration de la fertilité des sols; c'est pourquoi, la corrélation entre la CEC et la matière organique est apparue très hautement significative pour des raisons qui seraient liées à une forte intensité de l'activité microbienne dans le sol ou à l'argilisation de la partie supérieure du profil pédologique, qui fixerait également une bonne partie des matières organiques disponibles. Par ailleurs, la corrélation positive hautement significative entre les matières organiques et l'azote ($p < 0,0001$), sont relatives à des informations d'ordre général concernant le sol. La CEC, qui représente la capacité d'échange cationique des sols est faible. Des différences hautement significatives ont été obtenues entre les sites prospectés. Elles sont probablement dues à la variation de la vitesse de minéralisation des matières organiques dans les sols [14], combinée aux effets des pratiques agricoles (surexploitation des sols, amendements organiques ou chimiques insuffisants). Au total, le niveau global légèrement faible de la CEC des sols étudiés, n'est pas sans conséquence

sur la nutrition minérale du cacaoyer, qui pourrait connaître des problèmes de toxicité, plus précisément, la toxicité ferreuse. Vu donc leurs teneurs très élevées en fer échangeable, à partir desquelles de grandes quantités de Fe^{2+} pourraient être mobilisées, les sols étudiés présentent des risques réels de toxicité ferreuse.

Par ailleurs, Fe est moins corrélé à la CEC et Fe^{2+} à 6% ($p < 0,01$), traduit la prédominance du fer sur les divers autres cations du complexe adsorbant. Dans ce cas, les teneurs en fer des sols échantillonnés pourraient jouer un rôle nutritionnel prépondérant ; ce qui entrainerait la perturbation de la nutrition minérale des cacaoyers. La toxicité ferreuse serait une des sols étudiés. Les teneurs moyennes en N et C obtenues sont généralement supérieures à celles obtenues sous les cacaoyères ivoiriennes non dégradées par [5]. Ces comparaisons incitent à la prudence dans l'affirmation de la dégradation des sols échantillonnés, à l'exception de Touih.

Le pH du sol détermine le type d'activité (acide ou basique) existante ou prédominante. Ce fait fut démontré par [15]; [16], pour la sensibilité des cacaoyers à l'acidité. Selon l'échelle d'interprétation du pH-eau [17], les sols étudiés ont, dans leurs couches 0 – 20 cm, des réactions très acides ($\text{pH} < 5,8$), acides ($5,8 < \text{pH} \leq 6$), peu acides ($6 < \text{pH} \leq 6,5$) et neutres ($6,5 < \text{pH} \leq 7$). Des valeurs moins élevées du pH (pH acides), fréquemment corrélatives de facilités d'assimilabilité par les cacaoyers de certains éléments qui leur sont indispensables (phosphore, zinc, manganèse, cuivre et fer) [18] ; [19] ont été rencontrées partout. Il en est de même pour les pH très acides qui sont, très souvent, responsables des carences en oligo-éléments à Touih [20]. [21] a indiqué un optimum pour la cacaoculture variant entre pH 6 – 7,5. Les résultats exposés montrent une forte capacité à neutraliser les acides issus des apports atmosphériques ou générés par le cycle de l'azote, mise en exergue par l'existence de corrélations significatives et positives du couple pH-Ca, rejoignant en cela [22]. Le pH particulièrement faible nécessite un chaulage [23]; [16]. Conformément aux normes existantes [11], les taux de matières organiques des sols sont globalement faibles. Le niveau de décomposition des matières organiques, donné par le rapport C/N, est, quant à lui, favorable dans l'ensemble des sols prospectés [5] ; [24] : l'hypothèse émise plus haut, selon laquelle, la corrélation significative entre la CEC et les matières organiques proviendrait d'une forte activité microbienne est donc à accepter. Les taux de phosphore assimilable sont forts ou très forts, dans la quasi-totalité des sols prospectés. La situation des teneurs de potassium échangeable, par comparaison aux normes adoptées [11], est différente de celle du phosphore assimilable.

Hormis Oumé, Divo et Kragui, le zinc est corrélé à la matière organique ; ces résultats montrent que le principal mode de rétention de cet élément dans les 11 autres sols, se fait par des échanges ioniques, rejoignant ainsi les travaux de [25].

L'augmentation du cuivre serait due au pH qui a dissout la matière organique [26]. Le rapport Ca/Mg, compris entre 1,5 et 5 est satisfaisant pour la cacaoculture. Ces résultats corroborent ceux de [27] qui a indiqué que les valeurs ci – dessus sont favorables à la plupart des cultures tropicales. La somme des bases échangeables (K^+ , Ca^{2+} , $\text{Mg}^{2+} + 6,15/\text{N}$) est supérieur à 8,9, indiquant un équilibre entre les bases échangeables et N. Cela est conforme à la diminution des niveaux des bases échangeables. Le taux de saturation (V) des sols est supérieur à 50 p.c. Selon [28] ont rapporté que les sols avec $V > 50\%$ sont des sols fertiles. Sur cette base, les sols des stations qui abritent les cacaoyers seraient fertiles. En outre, le rapport $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$ est généralement inférieur à l'optimum ($\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5 = 1,5$). Ces résultats indiquent qu'une fertilisation minérale, en relation avec les systèmes de production doit être adoptée.

7 CONCLUSION

Les analyses chimiques des sols sous cacaoyers de Côte d'Ivoire ont mis en évidence des statuts acido-basique, organique et nutritifs caractéristiques à chaque localité et chaque sol. De façon générale, les sols appauvris en éléments chimiques et en matière organique (moins de 3 p.c.). Les statuts acido-basique sont peu favorables pour la cacaoculture. Par rapport aux besoins des cacaoyers, le taux de saturation du complexe adsorbant, est un bon indicateur pédologique et agronomique des sols échantillonnés. En effet, hormis Touih qui a présenté un sol oligo-saturé, les autres ont présenté des seuils variant de méso-saturé à saturé. Ainsi, seuls 14 p.c. des sols des cacaoyères prospectées avaient un potentiel de fertilité bas et 79 p.c., un potentiel de fertilité moyen pour la cacaoculture et 7 p.c. de ces sols ont eu un potentiel de fertilité élevé pour la cacaoculture. Les sols sont caractérisés par un équilibre cationique (K, Ca et Mg) et N. Ce travail a montré que pour chaque localité et chaque sol, les interprétations des résultats font appel à nos jugements et expériences. C'est pourquoi, le choix des fertilisants devra tenir compte des analyses des cacaoyers, diagnostic foliaire, qui sont des compléments indispensables pour parvenir à un résultat précis.

REFERENCES

- [1] BCEAO, Étude monographique sur la filière cacao dans l'UEMOA Direction Générale de l'Economie et de la Monnaie Direction des Etudes et de la Recherche, 30 p, 2014.

- [2] Assiri AA, Yoro GR, Deheuvels O, Kébé Bi, Keli ZJ, Adiko A, Assa A. Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Journal of Animal & Plant Sciences. 2 (1): 55- 66, 2009.
- [3] Chaussod R., La qualité biologique des sols : Evaluation et implications. Etude et Gestion des sols, 3(4) : 261-278,1996.
- [4] Koko L. K., G. Yoro, K. NGoran, A. A. Assiri et A. Assa. Identification des caractères morpho-pédologiques liés à la dégradation précoce des cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. In : 15e Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, San José, Costa-Rica. 10 p, 2006.
- [5] Koko, K. L., Yoro R. G., N'Goran K. & Assa A. Évaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine 20 (1) : 81 – 95, 2008.
- [6] Troeh F. R. and Thompson LM, Soils and soil fertility. 6th ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing. 156 p. Walkley A. et Black IA, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37 : 29-38, 2005.
- [7] Brou YT : Climat, mutations socio- économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 212 p, 2005.
- [9] FAO : Évaluation des ressources forestières mondiales 2000 (FRA 2000). Rapport principal, FAO Forestry paper 140. <http://www.fao.org/forestry/fra2000report/fr/>, consulté en 2015, 2000.
- [10] Mathieu C. & Pieltain F., Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Édition Technique et Documentation, Paris. 41 p, 2003.
- [11] Snoeck D., Koko L., Joffre J., Bastide P., Jagoret P. Cacao Nutrition and Fertilisation. In: Sustainable Agriculture Reviews, Vol. 19, Chapter 4. E. Lichtfouse (Ed.). Cham, Springer International Publishing: 155-202, 2016
- [12] FAO : Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux, Bulletin pédologique de FAO N° 10 Rome, 280 p, 1984.
- [13] Euroconsult: Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 740 p, 1989.
- [14] Ciesielski H., Sterckeman T., Baliteau J.-Y., Caria G., Goutiers V. & Willery J.-P. : Évolution du pH et de la CEC des sols du Nord de la France en fonction des doses de chaulage: influence du carbone organique. Étude et Gestion des Sols, 15 (3) : 161-170, 2008.
- [15] V. C. Baligar,¹ N. K. Fageria,² A. Q. Paiva,³ A. Silveira,³ A. W. V. Pomella,⁴ and R. C. R. Machado. Light Intensity Effects on Growth and Micronutrient Uptake by Tropical Legume Cover Crops, Journal of Plant Nutrition, 29: 1959–1974, 2006.
- [16] Shamshuddin, J., Muhrizal, S., Fauziah, I. & Husni, M. :Effects of adding organic materials to an acid sulfate soil on the growth of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *Science of the total environment*, 323: 33-45, 2004.
- [17] Lano : Analyses des terres. <http://www.lano.asso.fr/web/analyses.html> [Consulté en 2015], , 2008,
- [18] Bensaadi A.,. Contribution à l'étude de l'état nutritionnel des vergers de pommier dans la région d'Ychemoul, Thèse ing, Agro, Univ. Batna, 188 p, 2004.
- [19] El Zahaby, M. :Contribution à la définition d'une norme des sites pollués. Elaboration d'une méthodologie pour l'évaluation de la contamination d'un sol par éléments traces. Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine, 210 p, 1998.
- [20] FAO : Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 4^e édition, Éd. FAO, IFA (Paris, France) et IMPHOS (Casablanca, Maroc), 84 p, 2003.
- [21] Wood G.A.R. Environment. In Cocoa., Eds G.A.R. Wood and R.A. Lass. Oxford, UK: Blackwell Science pp. 38–79 ,1985
- [22] Lefèvre Y. Essai de mise en évidence d'une évolution récente du pH et de la teneur en cations " basiques " de quelques sols forestiers des Vosges (nord-est de la France). Annales des sciences forestières. 54 (5) : 483-492, 1997.
- [23] Delhaize E. et Ryan P.R. Aluminum Toxicity and Tolerance in Plants.Plant physiol.107(2) 315-321, 1995
- [24] Genot V., Colinet G.), Brahy V., Bock (L.):L'État de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre4— sol 1 de « L'État de l'Environnement wallon 2006-2007 »). — Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, vol. 13 (1) 121-138, 2009.
- [25] Hatira A., Gallali T., Rouiller J., Guillet B. :Stabilité et solubilité des complexes formés entre le cuivre, le plomb, le zinc et les acides fulviques. Science du Sol., 28 : 125-135, 1990.
- [26] Koko LK, Kassin KE, Assiri AA, Yoro G, N'goran K, Snoeck D Fertilisation minérale du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire: Acquis vulgarisables et perspectives de recherche. Agronomie Africaine 23 (3): 217-225, 2011.
- [27] Boyer.J. :Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides. Cahier ORSTOM, paris. 173 p, 1982.
- [28] Sharu, M.B., Yakubu, M., Noma S.S. et Tsafe A.I.: Characterization and Classification of Soils on an Agricultural landscape in Dingyadi District, Sokoto State, Nigeria. Nigeria Journal of Basic and Applied Science, 21(2): 137-147, 2013.

Generating Blurred Dataset with Different Blurriness Degree Variances

Nada Jasim Habeeb

Technical College of Management, Middle Technical University, Iraq

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Many researchers in image and video processing field test the effectiveness of the proposed or existing methods depended on the assumption that the brightness or illumination in scene is static among all sequenced images or frames. So they used synthetic dataset with frames contain approximately static blurriness degrees. This is not practical in the real world. In this paper, a method of generating synthetic blurred video dataset with frames containing different blur variances to solve this problem. The result showed that the proposed algorithm has ability to produce useful blurred dataset with having different blurriness values.

KEYWORDS: Blur, synthetic dataset, random number generator, averaging filter.

1 INTRODUCTION

In real-time application such as video surveillance especially, atmospheric changes are natural phenomenon which causes degradation of the quality of images or videos. The results of degradation are blurry or noisy videos. When surveillance camera captures video sequence for a certain area under different illumination conditions, the contrast and color of video frames are altered or degraded and the visual quality score will be different among all frames in the sequence.

General blurs and noise are the most common artifacts in images or video sequence recorded by a camera. Image blurs caused by many sources, such as camera shake, moving objects, and illumination variation in a scene [1]. Some time, possibly some frames are exposed to blur or noise.

The availability of data is very important for testing and evaluating algorithms [2]. In some situations, the data is difficult to obtain, synthetic data is alternative to simulate the real one. Recently, there are many synthetic realistic image and video generation techniques for testing the proposed or existing approaches have been proposed in many different fields. Although in each field the requirement of generating synthetic data are different.

Rodrigues et al. proposed a method to evaluate data fusion based on realistic synthetic satellite images that were generated using Gaussian filter and averaging techniques [3]. Al-Musawi and Hasson proposed a method to generate synthetic video streams for video summarization. The proposed method generates synthetic distorted video stream using Gaussian noise generator for dynamic scenes [4]. Vougioukas et al. presented a method for restoring the blurry video underwater recordings obtained from surveillance cameras. They proposed to use of good quality frames from the beginning of the video sequence that do not yet contain the blurs in order to restore the next frames back to their original quality. A few good quality frames corrupted using a Gaussian blur was used to improve the proposed method [5]. Rezaatofghi et al. presented a framework which uses simulation of the image formation process and accurate measurement for generating realistic synthetic sequences of total internal reflection luminescence microscope with different quality [6]. Baheti et al. Proposed method for virtual focus and object depth estimation from defocused video. This defocused video was blurred by a simulated Gaussian blur [7]. Zhang and Jianchao presented a method to produce synthetic blurry video using changing motion parameter of a sharp image. In addition, Gaussian noise with standard derivation of 2 was added to each video frame. The generated blurry videos were used to improve the performance of video deblurring method [8]. Mokhayer et al. proposed a method to generate multiple synthetic face images from each single original face image to deal with illumination variations in order to improve recognition performance [13].

Most of the video processing methods for a single static camera or multi-camera video do not take into account to illumination changes which are occurred in some of video frames in a randomly manner. They depended on the assumption that blur or illumination values are static along video frames. In this paper, the proposed blur algorithm is presented in order to generate synthetic blurred video sequence containing frames with different blur variances.

2 BLURRING-LINEAR FILTER

Blurring or smoothing technique transforms an image to smoothed image by reducing the rapid variation between pixels in gray levels. The blurring process is achieved by computing the average of the pixels of the filter mask and then replacing every pixel value from the image by the average value. The output image is a new image with smoothed edges [11].

Averaging filter is used as a kernel convolved with all pixels of image. This filter was considered as low-pass filter eliminating edges and regions that have sudden grey-level change. For more smoothing, larger masks are used. Fig. 1 (a) shows standard average kernel for a (3×3) neighborhood region, and (b) shows a general $(n \times n)$ kernel or mask [9].

$$\begin{array}{cc} \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \frac{1}{n^2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \\ \text{(a)} & \text{(b)} \end{array}$$

Fig. 1 (a and b) Standard and general average mask.

The averaging kernel mask can be represented as:

$$Average = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 f_i \quad (1)$$

The *Average* is the average of the gray levels of the pixels in the (3×3) neighborhood. This kernel is called a box filter when its coefficients are equal.

Convolution operation is a method of multiplying two array of pixels that are different sizes and the same two dimension. The result of this operation is an array of pixel of the same dimension. One of the input array is 2D image array of size $M \times N$ pixels and the second input array is a kernel (K) of size $m \times n$ pixels. The output image (*OIM*) has a size equals $(M - m + 1, N - n + 1)$ pixels. The convolution operation can be defined as [10]:

$$OIM(i, j) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n K(k, l) * IM(i + k - 1, j + l - 1), \quad (2)$$

Where $OIM(i, j)$ is the output image at location (i, j) and IM is the original image.

3 PROPOSED METHOD

The nature of environmental conditions are variant in time, the blurring values are also variant in time. Therefore, in order to simulate the real blurred video sequence with dynamic blurring model among all frames in video sequence, a dynamic blurring generation algorithm has been proposed. The suggested blurring equation in Eq. (3) is computed by dividing the selected filter mask (box filter) on the random number generator function ($Randn(1)$). The final proposed mask is defined in Eq. (4) which is used in the convolution operation with the original data. The formulation of the proposed blur mask can be defined as follows:

$$Mask = \frac{\frac{1}{9}}{Randn(1)} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$Mask = \frac{1}{(9)(Randn(1))} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

The final equation is obtained by convolution between the proposed mask and the original frame pixel $f(x, y)$ in video sequence:

$$f_{blurr}(x, y) = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c Mask(k, l) * f(x - k, y - l) \quad (5)$$

Where, f_{blurr} is a blurred frame pixel, $(r \times c)$ is the size of the Mask window. The bigger in the size of the rectangular neighborhood window, the result will be more blurring. For example, for window of the size (3×3) , the result is slightly blurred, while window of the size (5×5) , the result will be more blurring. The algorithm (1) illustrates this operation.

Algorithm (1): blurring modeling

Input: *Vid*: the original video sequence

n : the number of frames in *Vid*.

Output: video containing with blurring frames

Steps:

1. Given the input video sequence.
2. for $i = 1$ to n
3. Read the current frame f_i from *Vid*
4. Compute $Mask = \frac{1}{(9)(Rand(1))} [1,1,1; 1,1,1; 1,1,1]$
5. $f_{blurr} = conv2(f_i, Mask)$
6. store f_{blurr} in video file
7. end

The output of this algorithm is a blurred video sequence with different blur variants. In other words, each frame in the video has a different score variants.

$randn()$ is MATLAB function for generating random numbers with a Gaussian normal distribution. The output of $X = randn(d)$ is $d \times d$ matrix of normally distributed random numbers. In this paper, $d = 1$ is used in order to obtain one random number at each iteration in the loop of reading sequenced frames.

4 SIMULATION RESULTS

The performance of the proposed algorithm is tested on video sequence captured by a digital surveillance camera in the metro London scene. The sequence were captured in a frame rate of 25 fps and with a resolution of 320×240 . The output of the algorithm is blurred video containing frames with non-linear or dynamic blur components. The blur metric which is used to measure the degree of blueness of each frame in the sequence is called no-reference perceptual blur metric presented in [12]. The result of this metric is in $[0, 1]$. The values that are ranged to 0 means sharp, while the values that are ranged to 1 means blur. As shown in Table (1) and Fig. 2 and 3 the degree of blueness of the original video, the blur video generated by the traditional method, and the blur video generated by the proposed method are compared.

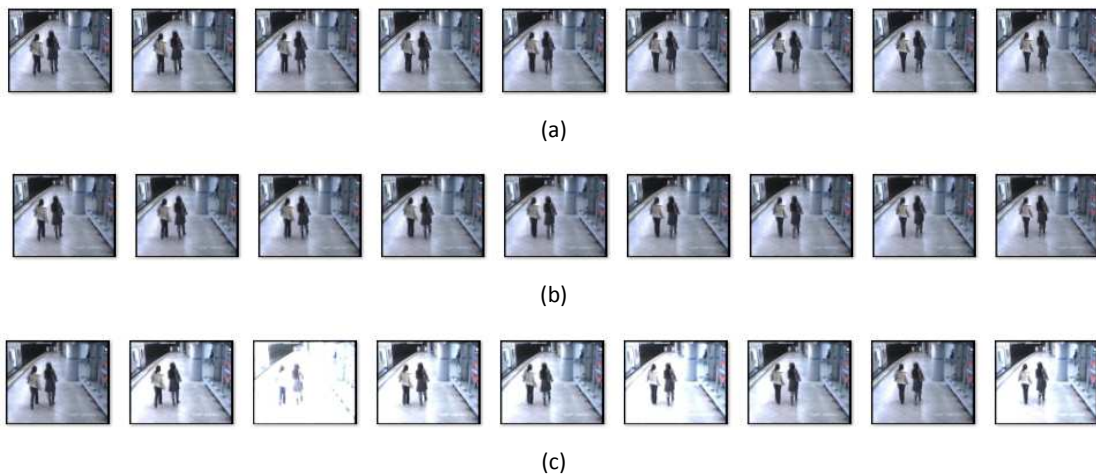
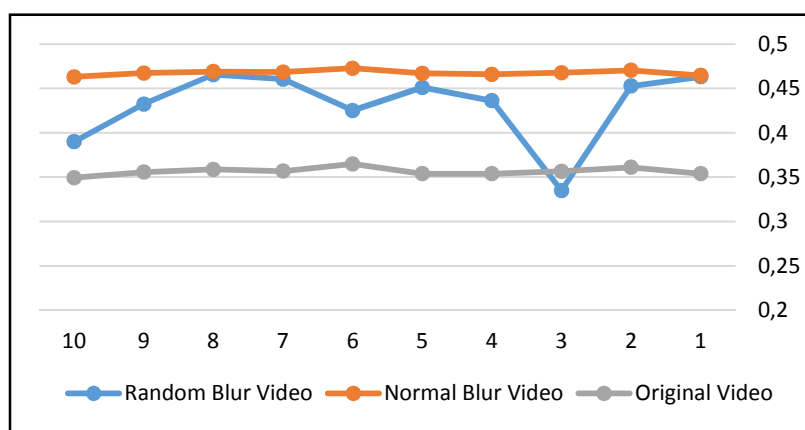


Fig.2: The visual results of the traditional and the proposed blur methods, (a) is the original video, (b) traditional blurred video, and (c) is the proposed blurred video

Table 1: Comparison between of the classical synthetic blurred data and the proposed synthetic blurred data

Original Video	Normal Blur Video	Proposed Blur Video
0.3539	0.4646	0.4632
0.3611	0.4704	0.4527
0.3565	0.4677	0.3348
0.3538	0.4658	0.4361
0.3539	0.467	0.4511
0.3649	0.4728	0.4251
0.3568	0.4684	0.4604
0.3588	0.4689	0.4655
0.3556	0.4674	0.4323
0.3493	0.4629	0.39

**Fig.3 Graph of comparison between of the classical synthetic blurred data and the proposed synthetic blurred data.**

From the table and the figure above, notice that the degree of blueness of the proposed synthetic blurred video have non-linear model, while the degree of blueness of the traditional synthetic blurred video has approximately linear model and almost looks like the original model. The benefit of the proposed algorithm is to generate synthetic blurred dataset to be available for the researcher in order to test their proposed algorithms instead using blurred dataset with static degree of blueness.

5 CONCLUSION

Many approaches in image or video processing test their methods on datasets that are approximately static or linear values of blurriness degree. In real world, the captured images or video sequences by digital camera have different blueness degree among frames. The proposed algorithm generate a video sequence containing frames have different blur variances. The proposed synthetic dataset could be beneficially employed in future works.

REFERENCES

- [1] Hyun Kim, Tae, and Kyoung Mu Lee. "Generalized video deblurring for dynamic scenes." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015.
- [2] Pei, Yaling, and Osmar Zaiane. "A synthetic data generator for clustering and outlier analysis." Department of Computing science, University of Alberta, edmonton, AB, Canada (2006).
- [3] Rodrigues AS, Marçal AR, Cunha M. "Evaluation of data fusion methods for agricultural monitoring based on synthetic images." Remote Sensing for a Changing Europe: Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, Istanbul, Turkey, 2-5 June 2008. IOS Press, 2009.

- [4] Al-Musawi, Nada Jasim and Hasson, Saad Hasson. "Improving Video Streams Summarization Using Synthetic Noisy Video Data", (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 6, No. 12, 2015.
- [5] Vougioukas, Konstantinos, Bastiaan J. Boom, and Robert B. Fisher. "Adaptive deblurring of surveillance video sequences that deteriorate over time." Image Processing (ICIP), 2013 20th IEEE International Conference on. IEEE, 2013.
- [6] Rezatofighi SH, Pitkeathly WT, Gould S, Hartley R, Mele K, Hughes WE, Burchfield JG. A framework for generating realistic synthetic sequences of total internal reflection fluorescence microscopy images. In Biomedical Imaging (ISBI), 2013 IEEE 10th International Symposium on 2013 Apr 7 (pp. 157-160). IEEE.
- [7] Baheti MP, Kasat NN, Kasturiwala S. 3D Scene Recovery from Defocused Video Sequence. parameters. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 1, Issue 3, 2012.
- [8] Zhang, Haichao, and Jianchao Yang. "Intra-Frame Deblurring by Leveraging Inter-Frame Camera Motion." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015.
- [9] Gonzalez, Rafael C., and Richard E. Woods. "Digital image processing." Prentice Hall (2002): 299-300.
- [10] Sangwine, Stephen J., and Robin EN Horne, eds. The colour image processing handbook. Springer Science & Business Media, 2012.
- [11] McAndrew, Alasdair. "An introduction to digital image processing with matlab notes for scm2511 image processing." School of Computer Science and Mathematics, Victoria University of Technology (2004): 1-264.
- [12] Crété-Roffet, Frédérique, Thierry Dolmiere, Patricia Ladret, and Marina Nicolas. "The blur effect: Perception and estimation with a new no-reference perceptual blur metric." In SPIE Electronic Imaging Symposium Conf Human Vision and Electronic Imaging, vol. 12, pp. EI-6492. 2007.
- [13] Mokhayeri, Fania, Eric Granger, and Guillaume-Alexandre Bilodeau. "Synthetic face generation under various operational conditions in video surveillance." Image Processing (ICIP), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015.

Analysis of the Chari Baguirmi piezometric depression setting up (East of lake Chad) using a coupled sedimentology - geochemistry approach

Hamit ABDERAMANE^{1,2}, Moumtaz RAZACK¹, and Claude FONTAINE¹

¹Department of Hydrogeologie UMR 7185, University of Poitiers, France

²Departement of Geology, Faculty of Exact and Applied Sciences, University of N'djamena, Chad

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Chari-Baguirmi aquifer, located East of Lake Chad, is the main source of water in this region. The groundwater piezometry is marked by a large depression. The work presented here aims to understand the development of this depression. The approach is based on a sedimentological study coupled to a hydrogeochemical study of the groundwater. The sedimentological analysis revealed the grain size heterogeneity of the different layers. Clay mineralogy showed that the deposition of sediments takes place from the periphery to the center of the depression. This sedimentation mode suggests the existence of a morphological cuvette to which sediments are driven by the transport agent. We deduced the existence of a "structural" depression unlike the common assumption of an origin due to accentuated evaporation of the groundwater over the depression area.

The combined study of chloride and oxygen-18 has shown that the area between Lake Chad and the piezometric depression is a special evaporation zone. This means that the process of evaporation of groundwater does not occur mainly in the center of the depression.

The first results of this work provide new insights into the functioning of this important aquifer system and the establishment of the large Chari Baguirmi piezometric depression.

KEYWORDS: Lake Chad, Chari Baguirmi aquifer, piezometric depression, structural depression, hydrochemistry, isotopes.

1 INTRODUCTION

This work focuses on the study of the Chari Baguirmi groundwater, located East of Lake Chad (Figure 1). The piezometry of this groundwater is marked by a large depression. This kind of depressions in the Sahel region in Africa has been known since the fifties. Several hypotheses have been advanced to attempt to explain the existence of these depressions. The most widely accepted hypothesis suggests the effect of high evaporation of the groundwater at the point of depression (Aranyossy and Ndiaye, 1993).

The study area covers an area of 70,000 km². This work aims to understand the processes that contributed to the establishment of the piezometric depression of Chari Baguirmi (Figure 2), implementing a sedimentological study of the different layers of rocks through the soil surface to the groundwater allowing for a better understanding of the processes of sedimentation, coupled with geochemical and isotopic study of water sampled in the area to understand the processes of mineralization of water and the potential effect of evaporation.

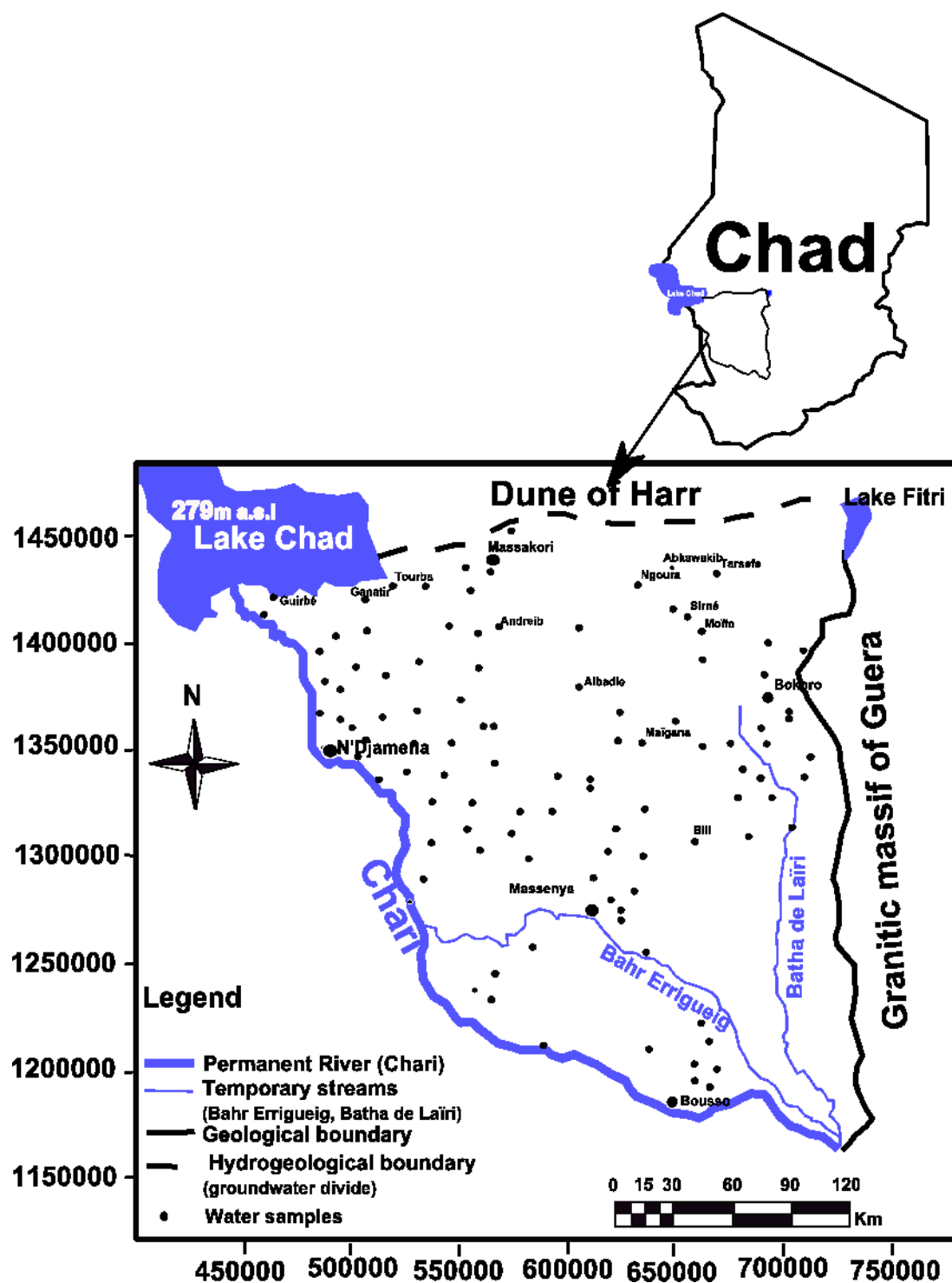


Figure 1. Location of the study area with water sampled points

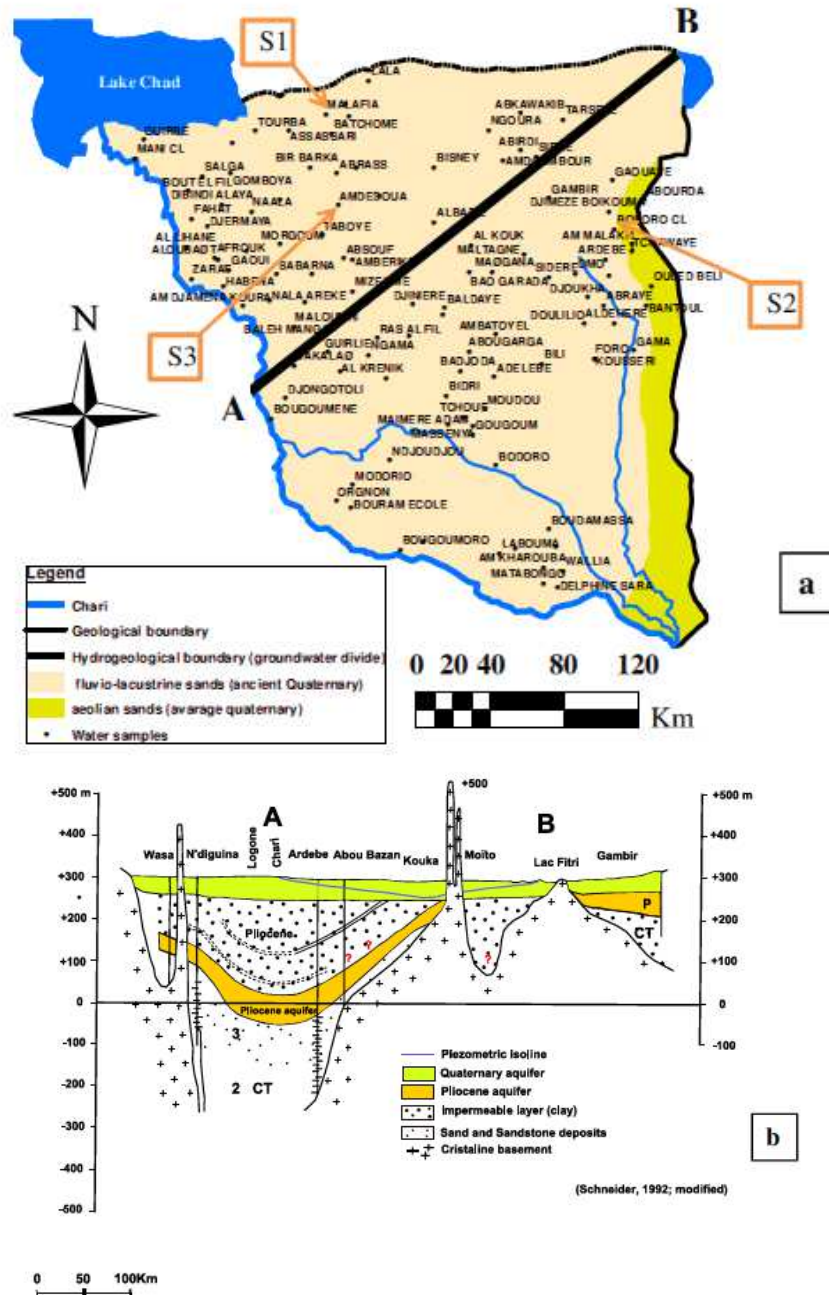


Figure 2. a) Geological map of the study area. b) Geological section along the line AB

2 GEOLOGICAL SETTING

The Chari- Baguirmi aquifer system, in the center of the Republic of Chad, is located in the geological basin of Lake Chad (Figure 1), the UTM-33N coordinates are between 450,000 and 750,000 m East longitude and between 1,150,000 and 1,450,000 m North latitude. This area is bounded on the East by the mountains of Guera, on the North by the dunes of Harr, on the West by the Chari River, on the South by the formations of the Continental Terminal and on the Northwest by Lake Chad.

The study area is located in the Sudano-Sahelian zone and receives between 1000 and 400 mm/year precipitation. The average annual rainfall is estimated at 700mm/year. The average monthly temperature is 29.5 ° with maxima between 34° and 43°C and minimum between 17 °C and 23 °C.

The geology of this area has been the subject of several studies due to oil exploration and water drillings carried out in the region. One distinguishes in this area, located on the border of the paleo-chadian basin, three sets with various geological formations that make up the basin and its basement (Genik 1992; Kusnir and Moutaye 1998; Schneider and Wolf , 1992 and Moussa, 2010) .

- To the Northeast and Northwest, formations of the crystalline basement outcrop in the form of inselbergs at Ngoura , Moïto and Dandi (Figure 3). In general, these are monzogranites , alkali granites and microgranites (Kusnir , 1995);
- To the center, Pliocene deposits of the paleo-chadian cuvette, cover almost all of the study area. These deposits are represented on the one hand, by a detrital series with predominantly sandy clay intercalations and secondly by a very thick lake sedimentation containing sandy intercalations with gypsiferous clays containing diatomites (Servant - Vildary, 1978).
- Finally Quaternary deposits cover the area by hiding the underlying formations. These Quaternary formations are composed of sandy clastic and clayey sediments, fluvial, lacustrine and deltaic and eolian, that show rapid lateral and vertical facies variations. In the area of Lake Chad (polders of Lake Chad), Carmouze (1975) revealed in the diatomic clayey sediments, the presence of evaporite salts such as gypsum, thenardite , trona, nahcolite etc.

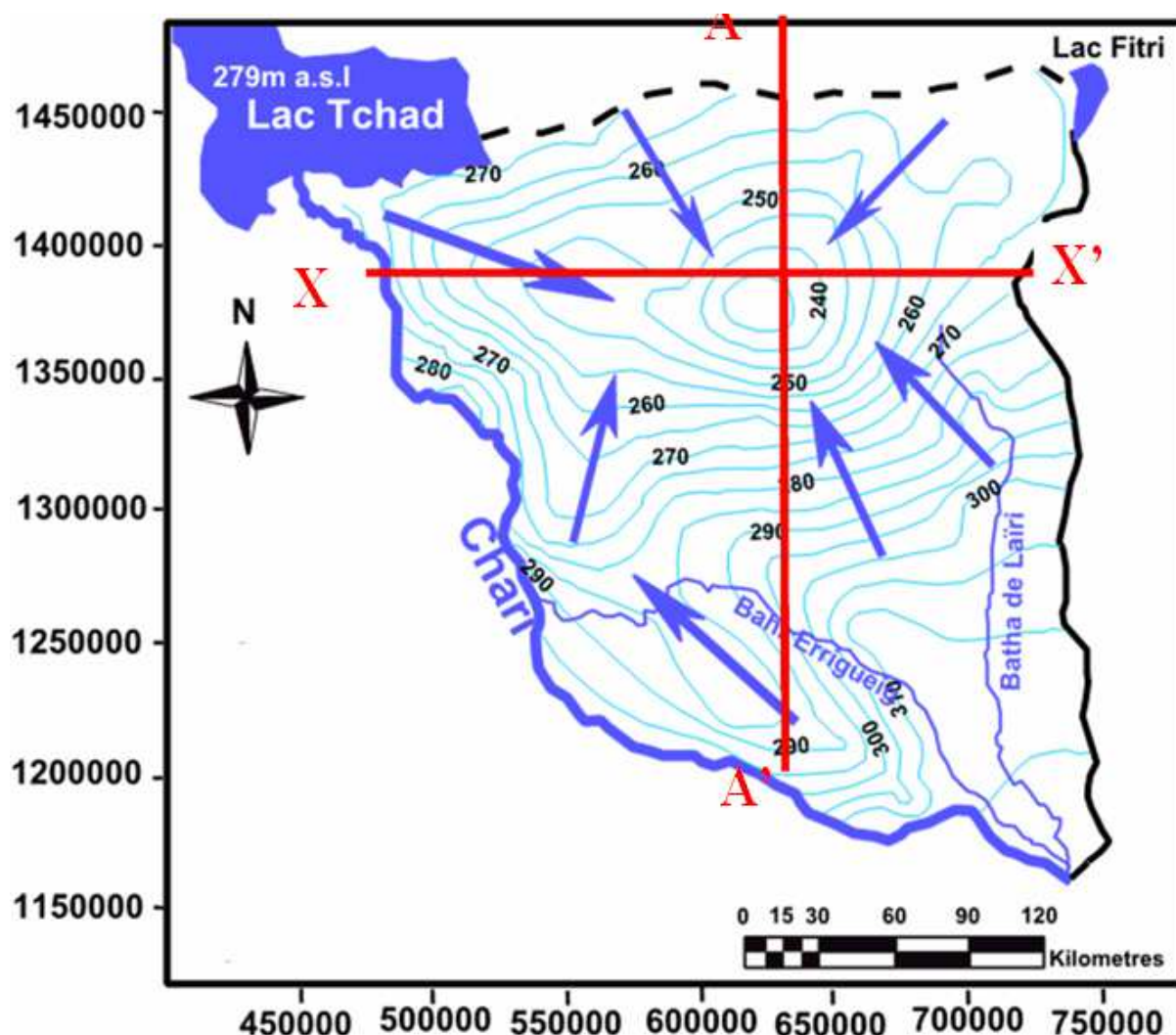


Figure 3. Map showing the piezometric depression and the profiles along which the study of the groundwater mineralization was made

3 METHODOLOGY

For the sedimentological study (grain size and mineralogy), a sampling of sediments in three wells located respectively to the Northwest, to the East and at the center of the depression was performed (sites S1, S2, S3 - Figure 4). In total 62 samples were collected.

For the grain size analysis, the device is a laser particle sizer of MALVERN Mastersize IP100 brand. It consists of a red laser beam monochromique, an analysis cell containing the slurry and a sensing interferometer. This particle sizer allows obtaining a particle size distribution of the sample.

For the mineralogical analysis, the device is a Xpert PANalytical diffractometer. The semi-quantitative mineralogical analysis using diffraction is based on the proportionality relationship existing between the weight percentage of a phase in a material and the intensity of its major reflection. Among the methods developed, the RIR (Reference Intensity Ratio) is the fastest to implement (Brindley and Brown, 1980). In this work, a campaign of piezometric measurements and sampling of groundwater in the Quaternary aquifer were performed on the entire study area (Figure 1). The physico-chemical parameters such as pH, temperature and electrical conductivity were measured *in situ* with a multi-parameters device of WTW Multi 350i brand. Major anions and cations and trace elements were determined by ion chromatography (IC) and emission spectrometry with inductively coupled plasma ICP-OES in the laboratory of BGR (Hannover). Bicarbonates were measured by standard titration methods. The average ion balance for all samples equals 1.55 %. Isotope analyzes of Oxygen-18 and deuterium was carried out at the Laboratory of Applied Geophysics at Leibniz (Hannover, Germany). All samples were measured at least in duplicate and the reported value is the average value. All values are given in standard notation delta per thousand (‰) vs. VSMOW :

$$\delta\text{‰} = (R_{\text{sample}} / R_{\text{reference}} - 1) \times 1000$$

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 GRAIN SIZE STUDY

Three sites were sampled for the grain size study: Malafi well (site S1), Bokoro well (site S2), Amededoua well (site S3). The sediments were collected every meter from the ground surface. A detailed analysis is given below for the well Malafi on site 1, to the West of the depression.

At site 1 (S1) located to the West of the piezometric depression, from 1m to 4m, the sediments consist of sand and silt. One observes (Fig. 4) a layer of silty sand (89% sand, 8% silt) sandwiched between two layers of sandy silt with sand content between 58% and 69% and silt contents ranging from 22 and 30%. After 4m depth, silt content decreases and the sand content reaches about 97%. This layer of sand lies on a 1m thick layer of silty sand (5m to 6m depth) consisting of approximately 82% sand and 12% silt.

From 6m to 10m depth, sand content ranges between 93% and 96%. Then, the sand content falls between 10m and 11 m deep to 58%. Between 11 m and 12m, sand content drops to 18% with a relatively small increase in clay content from 10 % to 13%. This forms a layer of fine silt. Between 12m and 14m deep, there is an increase in sand content reaching 54% and 68%. Between 14m and 15m depth, sand content increases (84%) to form a layer of silty sand. Finally, beyond this depth till the watertable which is at a depth of 17m, there is a gradual increase in sand content up to 96%.

On sites no.2 and 3, we find this alternating sediments of different size (sand, silt,...) with varying thicknesses.

The above demonstrates the existence of a layer transition which results on the profile by an oscillation of the vertical permeability from the surface to the depth indicating a noticeable vertical permeability heterogeneity.

Depth (m)	% Sands	% Clay	% Silts	Lithology	Description
1	69	9	22		Sandy silts
2	89	3	8		Silty sands
3	58	13	29		Sandy silts
4	97	1	2		Sands
5	82	6	12		Silty sands
6	94	2	4		Sands
7	94	2	4		
8	95	1	4		
9	95	2	3		
10	96	1	3		
11	58	10	32		Silty sands
12	18	13	69		Silts
13	68	5	27		Sandy silts
14	54	10	36		Silty sands
15	84	3	13		Silty sands
16	95	1	4		Sands
17	96	1	3		

Figure 4. Granulometric and geological cross-sections of the site S1 (depths from 1m to 17m)

4.2 MINERALOGICAL STUDY

A first set of analyzes focused on the entire sediment prepared by grinding in agate mortar. For almost all materials, the essential component is quartz (Fig. 5). It follows that the other components are often poorly or not detected. Consequently, for reasons of better mineralogical information, our attention was focused on the silty clay fraction (<50microns) to better understand the deposition conditions and evolution of these materials.

Within this fraction (<50 microns), the particle size of fine silt (20-2 microns) is still dominant (55 to 57% in average). However, the clay fraction (<2 microns) can sometimes be also abundant.

The class of coarse silt (50 - 20µm) is still a minority (on average 15 to 16% in series 1 and 2, but only 10% in the series 3). It is best shown in series 1 and at the top of the series 2. It is very low in the lower part of the series 3. However, the observation of the evolution of this class shows some cyclicity along the log of the series 3 with maximum respectively located at 8, 14, 21, 25, 34 and 40 m.

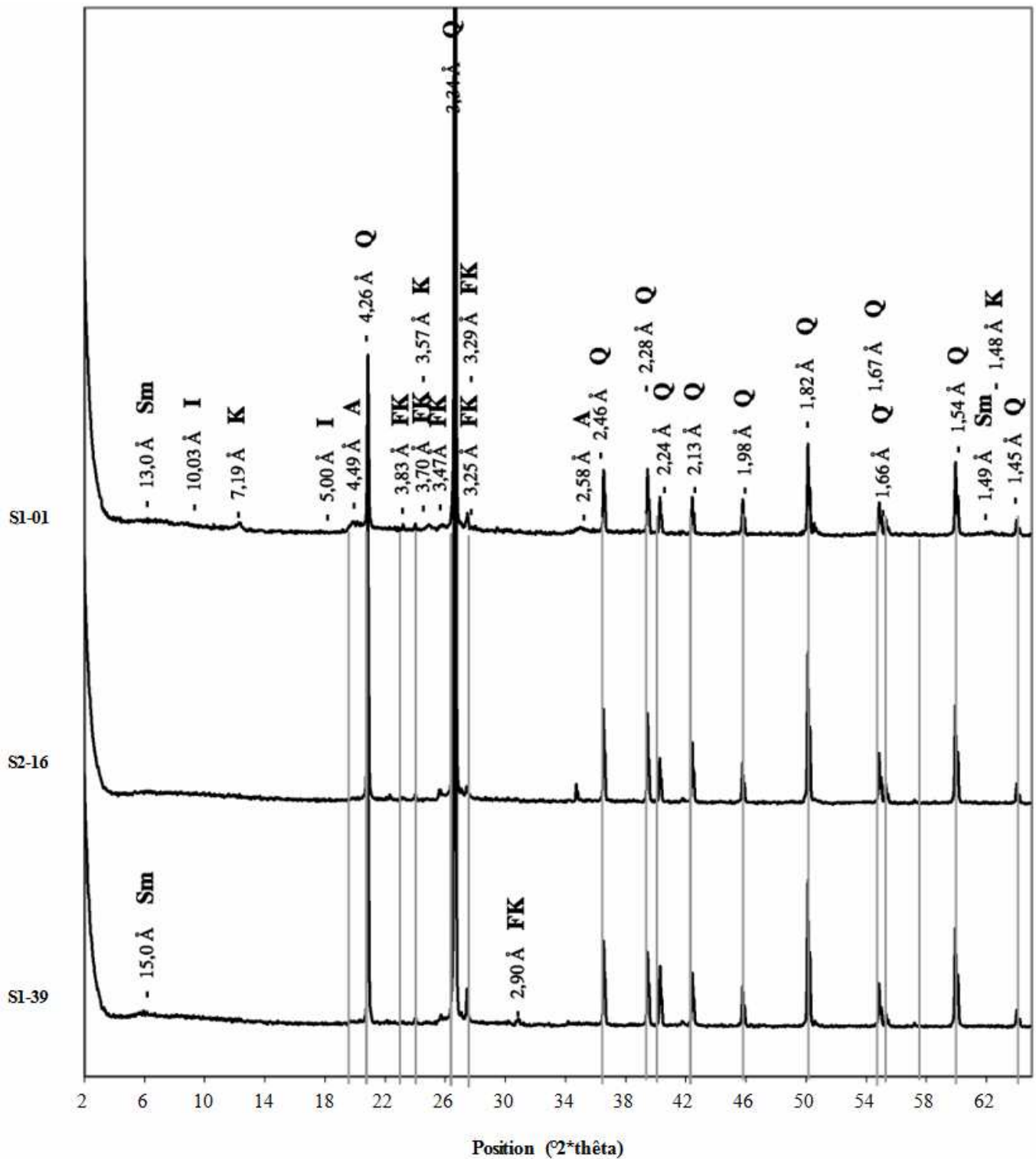


Figure 5. Examples of diffractograms of the whole sediment sample: S1-01, S2- 16 and S3-39. Clays (A), smectite (Sm), illite (I), kaolinite (K), quartz (Q), K feldspar (FK).

A) MINERALOGY OF THE TOTAL FRACTION <50 MICRONS

Although this fraction of <50 microns represents sometimes relatively small proportions of the sediment, it has the advantage of showing more varied mineralogical species (Fig. 6), which allows a greater number of mineralogical information.

Indeed, one detects a detrital procession composed mainly of quartz, usually associated with small amounts of potassium feldspar (orthoclase or microcline) and, more rarely, plagioclase, and an assemblage of clay minerals composed of smectite, kaolinite and illite. With the exception of plagioclase, these minerals are found in all sedimentary levels. Other minerals, such as calcite, goethite, and gypsum appear more punctually.

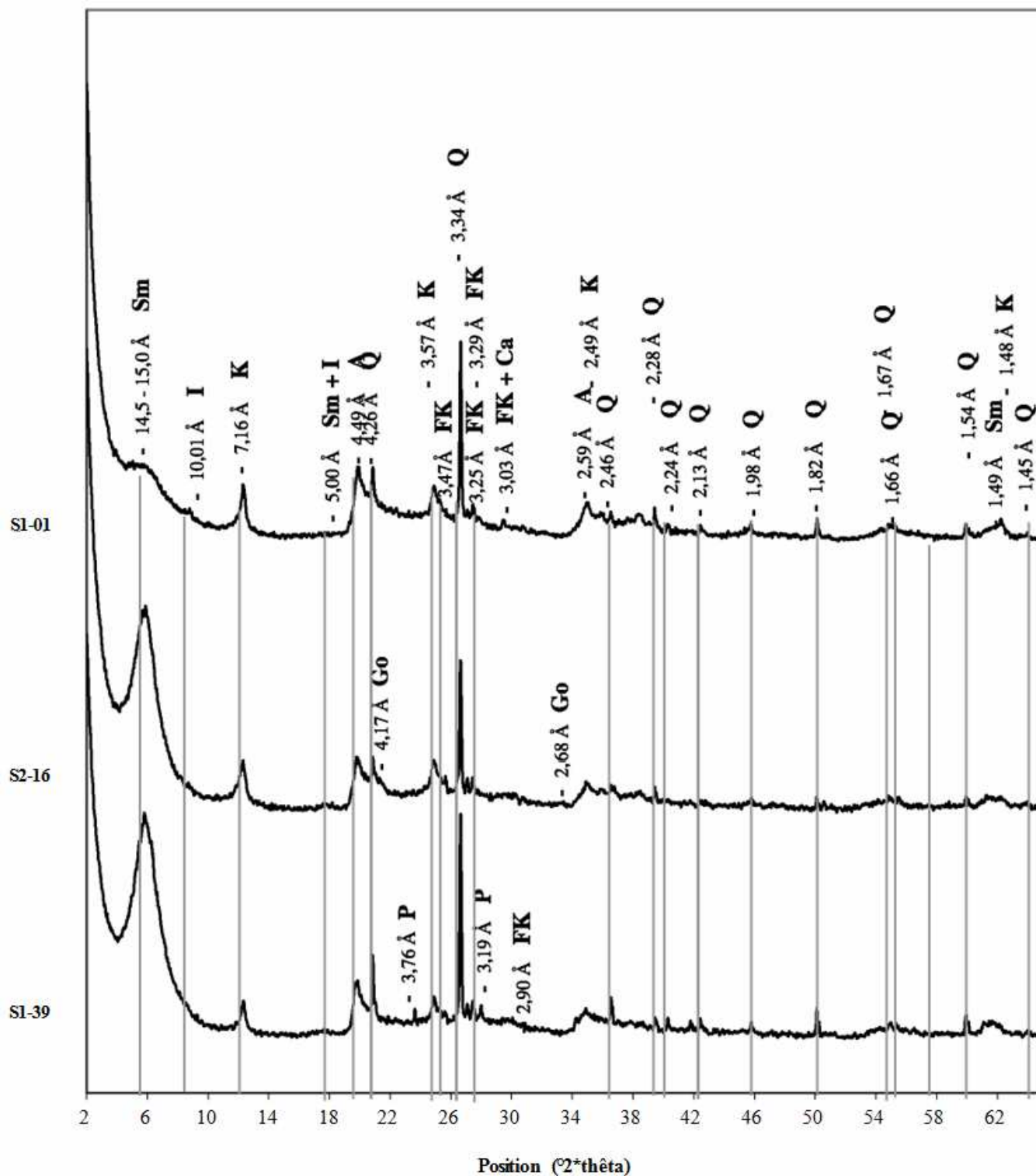


Figure 6. Example of diffractograms of the fraction <50 microns: samples S1- 01, S2-16 and S3-39. Plagioclase (P), Goethite (GB), Calcite (Ca).

B) MINERALOGY OF THE CLAY FRACTION <50 MICRONS

The clay minerals were determined from the diffraction patterns of oriented preparations first air-dried and glycol by the spray method (Fig. 7). Only three clay phases have been identified: smectite, kaolinite and illite. A further study by deconvolution of diffractograms of powder of the fraction <50 microns shows that, overall, the smectites belong to the montmorillonite-beidellite family of series of dioctahedral smectites.

The deconvolution method applied to the diffractograms of oriented glycol preparations has also identified crystallographic criteria related to the crystalline organization of the clay minerals. For each clay species, the number of sheets in the stack base was calculated. Regarding the smectites, the analysis was completed by calculating the index of Biscay (IB) (Biscay 1965).

Of all the samples studied, smectites have a number of sheets in the stack extremely constant, between 16 and 17. The distribution of the IB of the smectites of series 1 (Fig8) clearly shows the existence of two populations: one (A) between 0.0 and 0.3 and the other (B) between 0.4 and 0.6. The population A is close to 65% of the smectites found in the levels studied in this series.

In series 2, however the population B ($0.4 < IB < 0.6$) is largely dominant and A population represents only 12.5% of total smectites. In the three series (Fig. 9), smectites show a moderate ($IB = 0.4$ to 0.6) to well crystallized (0.6 to 0.8) population. This increase in crystallinity is particularly clear if we consider on the one hand the series S1 and on the other hand the series S2 and S3. In addition, a population of low crystallinity ($IB = 0.1$ to 0.3) has been identified in the only series S1. Holders of this population of low crystallinity alternate with those of the population of higher crystallinity, without showing a crystallinity gradient with depth. Illite crystallinity is determined based on the number of sheets in the stack (Fig.10). If the distribution is quite spread in the S1 series, it is narrower and symmetrical for S2 and S3 series. For this reason, the median is the most characteristic statistics of illite populations. From S1 to S3 series (Fig. 11), there is a marked decrease in the number of sheets in the stack, with a decrease of almost one third.

The crystallinity of kaolinite was also followed by observing the changes in size of the coherent domain. It appears (Fig.12), that the distribution of the number of sheets in the stack is reduced in the vicinity of 140 in Series 2, but more spread out for series 1 and 3. If there is a slight difference in the number of sheets stacked between these three series (Fig.13), there is no clear trend to a gradual decline from series 1 to series 3, as was highlighted for illite.

The reverse evolution of the size of the coherent domain of illite and smectite could be explained by different modes of formation, such as detrital contribution, neof ormation in more or less humid soil profiles, crystallization in lacustrine or fluvio-lacustrine environment in semi-arid climate.

In the case of kaolinite, its contents appear generally slightly larger ($> 10\%$) in the upper part of the three series. But there is no distinct change in its crystallinity, to the north or south of the study area.

The semi-quantitative analysis of the total fraction < 50 microns shows that this fraction is essentially constituted by a procession of clay minerals associated with quartz. These two components generally account for two three quarter of this fraction with an average of 43 to 45% for one and 34 to 36 % for the other respectively. Feldspars associated with quartz are microcline (KAISi3O8) and plagioclase (albite NaAISi3O8 essentially).

The carbonates are found mainly in the S1 series. They are usually calcite (CaCO_3), sometimes accompanied by dolomite ($[\text{Ca}, \text{Mg}] [\text{CO}_3]_2$). In other series (S2 and S3), carbonates are minor or trace, and appear only very occasionally.

An iron oxide, goethite (FeOOH) was specifically detected in the sequences of the northern study area (series S1 and S2). It appears in small amounts (a few percent) in the lower horizons of the series, where its presence marks phenomena of ferruginisation. No iron oxide was identified in the S3 series.

Finally, gypsum ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) was identified at 3 m deep in the S1 series. This is the only sulfate clue encountered in all samples studied. The procession of clay minerals is thus formed in the following order, smectite, kaolinite and illite. From series S1 to S3, the content ratio evolves as follows: $42:5:3 \rightarrow 44:4:2 \rightarrow 45:3:1$. If the smectite phase is still dominant, its participation becomes even more important when moving from north to south, and that as well at the expense of illite than kaolinite. This is also very noticeable relationship with depth. Indeed, the levels of the upper part of each of the three series are systematically richer in illite and kaolinite than the lower levels. Should we see a change in the conditions of implementation of these minerals from more wetlands to more arid environments in recent times? These changes are, however, sufficiently moderate as smectites are still of dioctahedral type. This is in contrast to what is happening in the South of the depression of Lake Chad, in the drainage area of the Logo and Chari rivers, where the newly formed trioctahedral smectites of stevensite type and saponite has been demonstrated (Carmouze et al, 1975).

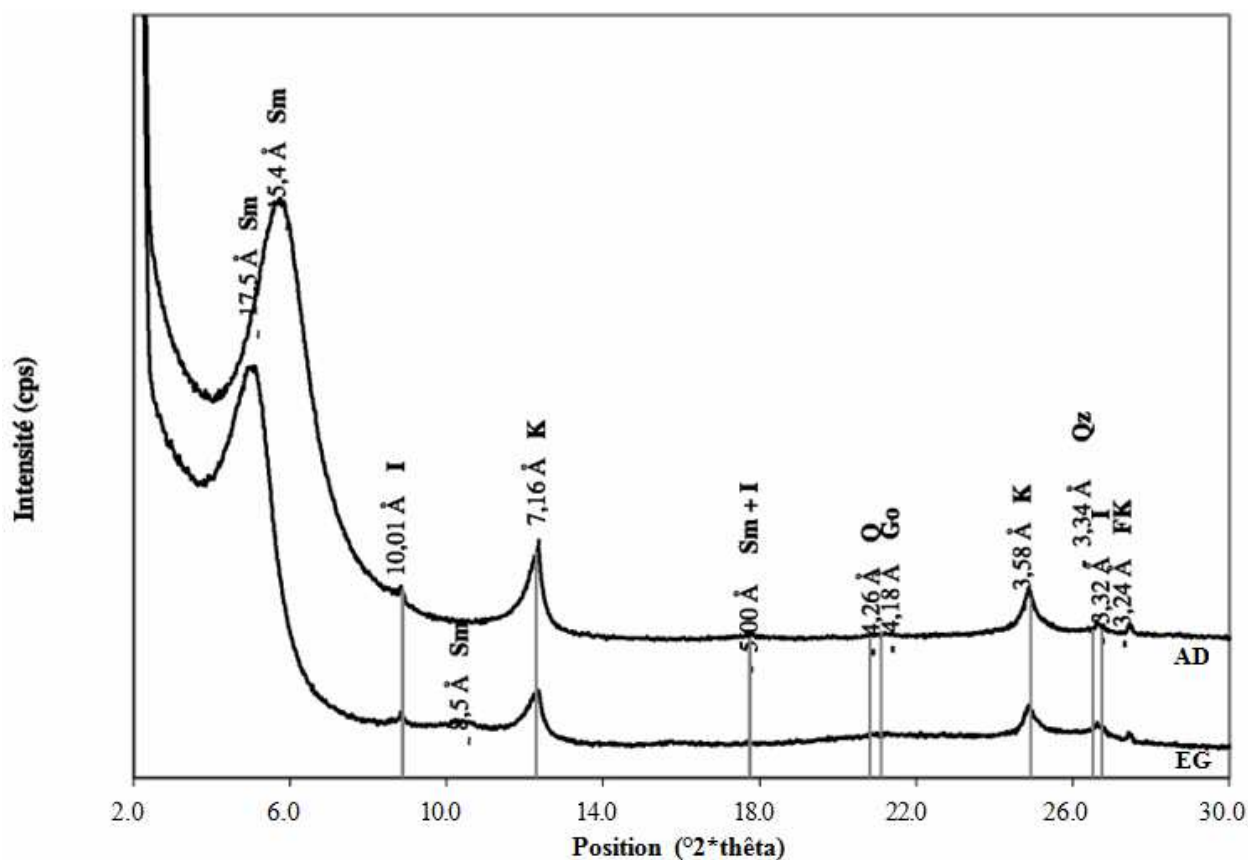


Figure 7. Behavior of clay minerals in the fraction <50 microns of sample S2-16 after drying (AD) and glycolage (EG). (Smectite Sm; Illite: I; Kaolinite: K; Quartz: Qz; Feldspar K: FK; Goethite: GB).

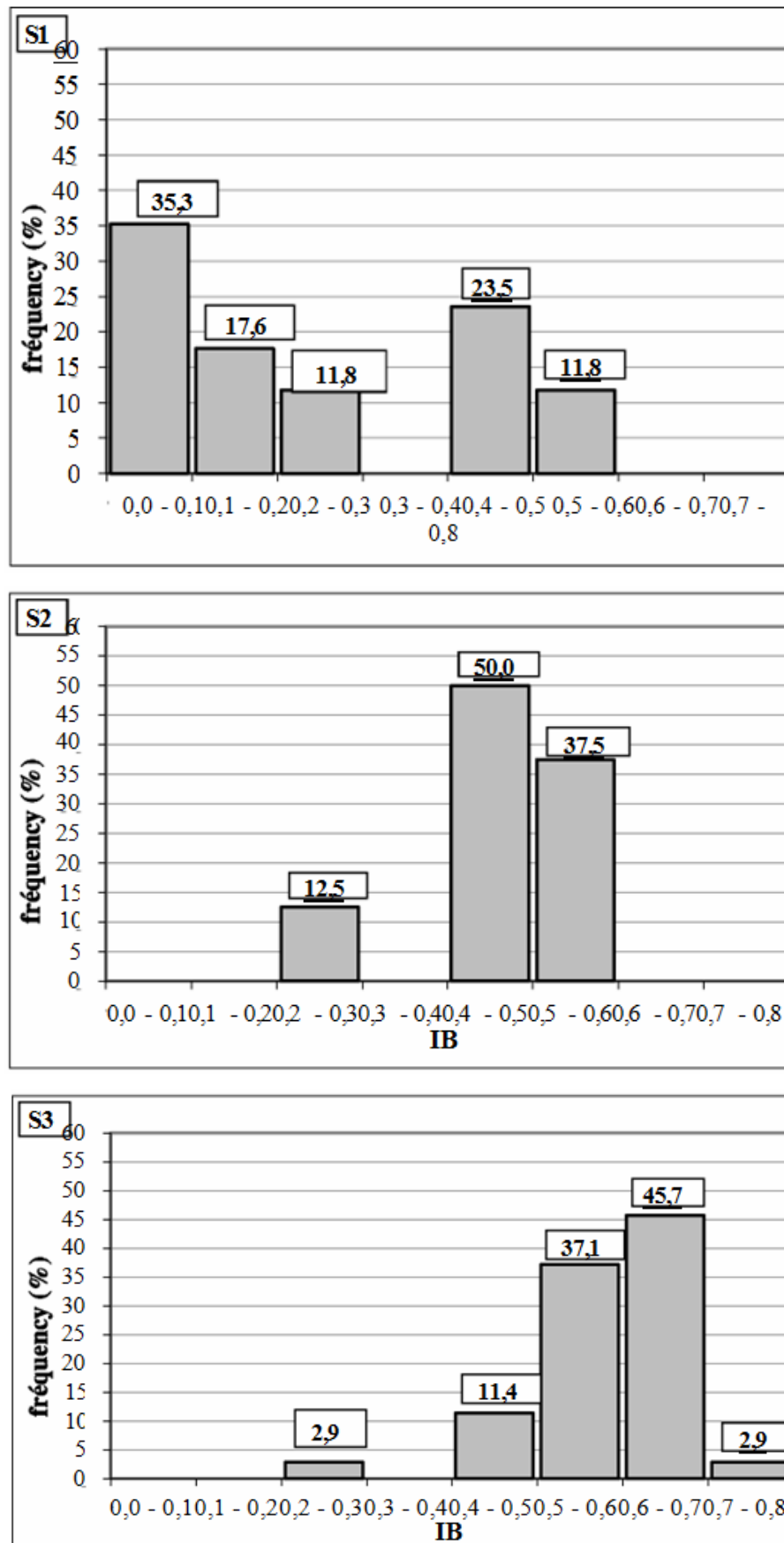


Figure 8. Index of Biscaye (IB) distribution of smectites in the sedimentary series at sites S1, S2 and S3.

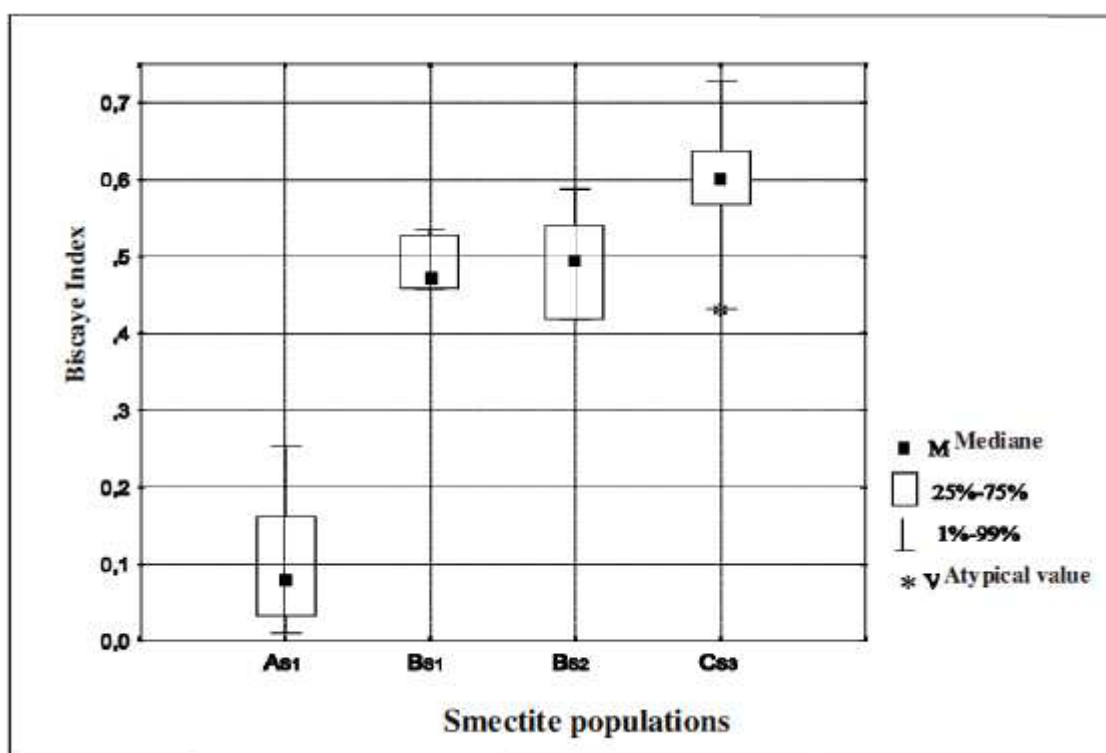


Figure 9. Statistical characteristics of the populations of smectite (A, B and C) identified in the sedimentary sequences S1, S2 and S3 from Biscaye index distributions.

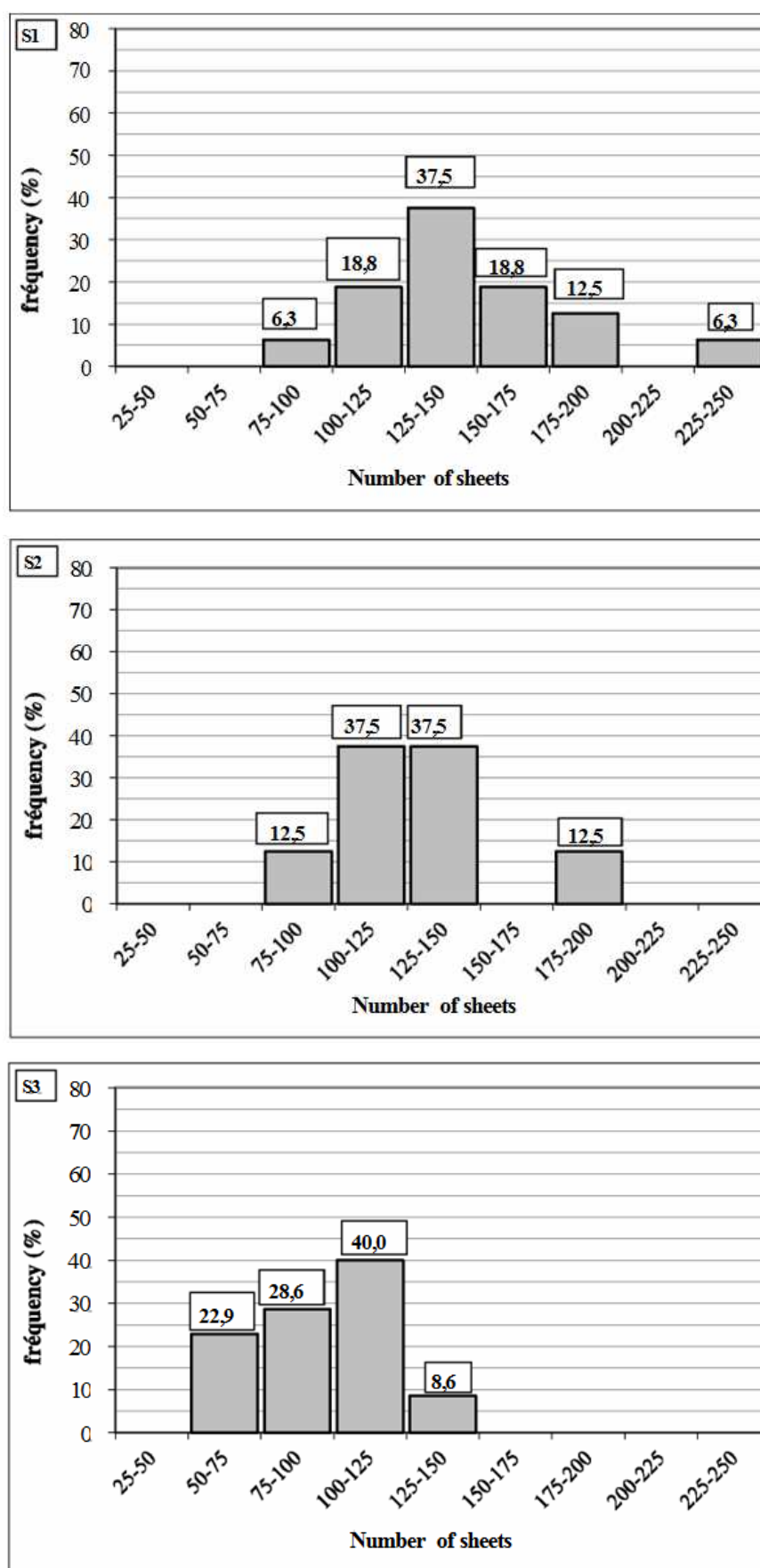


Figure 10. Distribution of the Illite number of sheets in the sedimentary series at sites S1, S2 and S3

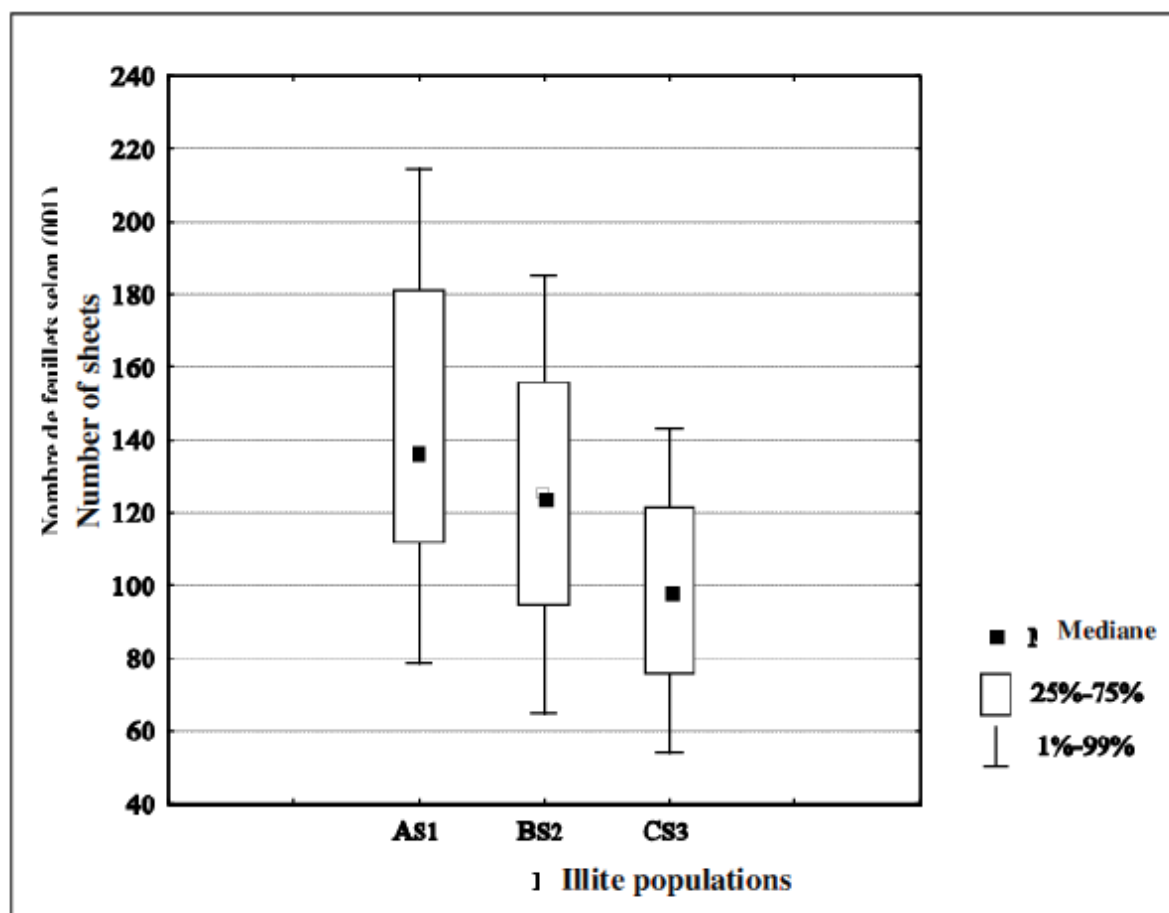


Figure 11. Statistical characteristics of the illites populations (A, B and C) identified in the sedimentary sequences S1, S2 and S3 based on the distributions of the number of sheets in the stack

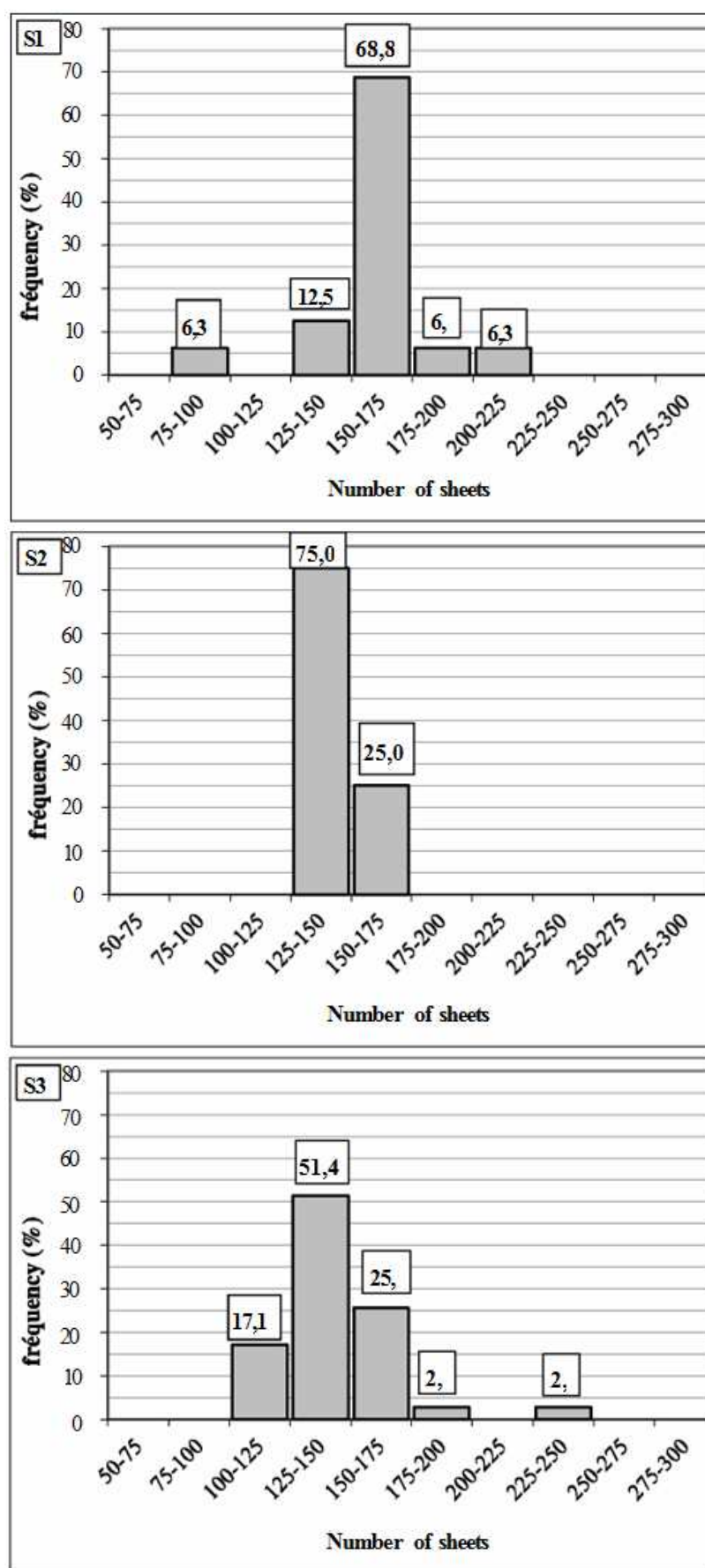


Figure 12. Distribution of the Kaolinite number of sheets in the sedimentary series at sites S1, S2 and S3

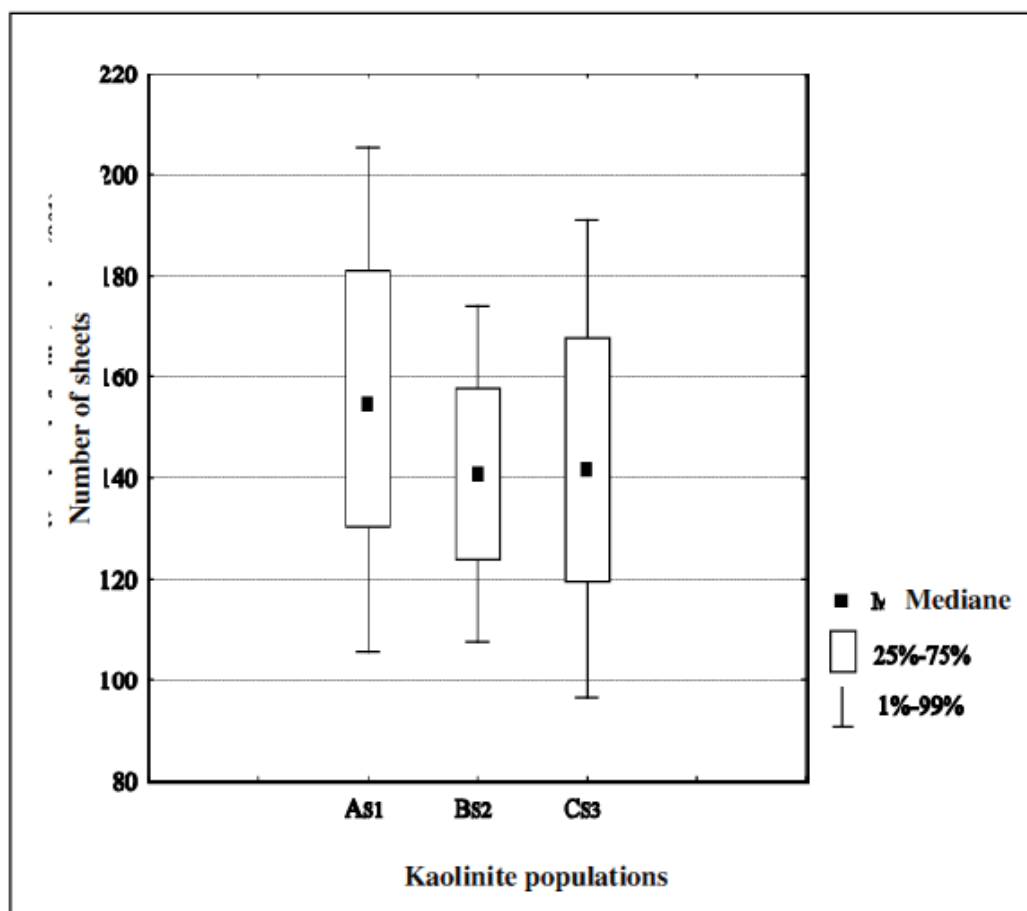


Figure 13. Statistical characteristics of the kaolinite populations (A, B and C) identified in the sedimentary sequences S1, S2 and S3 based on the distributions of the number of sheets in the stack.

STUDY OF THE GROUNDWATER MINERALIZATION FROM NORTH TO SOUTH ALONG THE PROFILE AA'

The majority of samples along the profile have a conductivity less than 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The highest measured value is 2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The lowest conductivities are observed South of the depression and the highest in the North of the depression. The values are low in the South as the ETP (Potential EvapoTranspiration) is also low in this part of the study area as seen above. They are high in the North, given the ETP is about 2000mm/year. Indeed, evaporation increases the content of dissolved salts by reducing the volume of water to saturation vis-à-vis a given mineral.

If we consider the oxygen-18 isotope and Cl^- ion as a conservative element (Fontes et al, 1969) to study the acquisition of groundwater salinity, the content of Cl^- in rainwaters compared to the groundwater gives an estimate of the concentration factor by evaporation. This, provided no source of chlorides other than meteoric input is considered.

The study of the salinity distribution along the profile AA' (Fig. 14) shows that the acquisition of salinity does not obey the centripetal gradient in accordance with what one would expect from an internal drainage. The mode of acquisition of groundwater salinity is governed by the dissolution of evaporite formations (gypsum, thenardite etc.) around Lake Chad, associated in the downstream part, with evaporation from the border of the lake to the center of the depression. The graph of $\delta^{18}\text{O}$ vs. Cl following the profile AA' shows that the water can be divided into three groups: (1) a set of water collected on the border of Lake Chad, enriched and not evaporated, (2) a set of water taken between the border of Lake Chad and the center of the depression un-enriched and evaporated and (3) a homogeneous mass of water from the mixing of these waters with waters collected South of the depression marked by a process of base exchange.

The evolution of the groundwater hydrochemical properties from North to South and partly from West to East, towards the depression, is characterized firstly by dissolution of gypsiferous formations associated with evaporation, and secondly, by base exchange process. Isotopic properties identify evaporation as a process of concentration of ions.

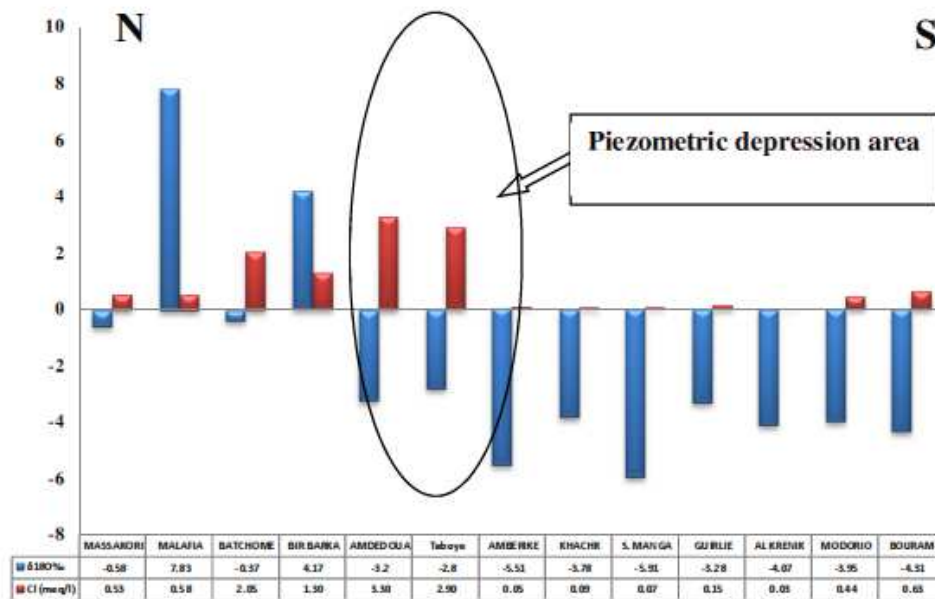


Figure 14. Relationship between the chlorides contents and 618O of Chari Baguirmi groundwater. Evolution from North and from South to the center of the depression.

STUDY OF THE GROUNDWATER MINERALIZATION FROM WEST TO EAST ALONG THE PROFILE XX'

The study of the mineralization of the waters along the profile XX' (Fig. 15) shows that the acquisition of the salinity obeys the centripetal gradient , in accordance with what one would expect from a internal drainage. Indeed, as the depression is the outlet, the mode of acquisition of groundwater salinity is governed by the mixing of waters in the center of the depression.

The graph representation of $\delta^{18}\text{O}$ vs. Cl following the profile XX' shows that the water can be divided into two groups: (1) a group of water collected either South or West of the depression, with an evaporated and not enriched characteristics (2) a group of water taken in the depression consisting of a mixture of water.

The salt content is mainly due to the dissolution of gypsiferous formations and concentration by evaporation of solutions, highlighted by the study of ^{18}O and chloride contents. The study of the mineralization along these two profiles shows that the process of evaporation of groundwater does not occur at the center of the depression but rather to the West of the depression in an area between Lake Chad and the depression.

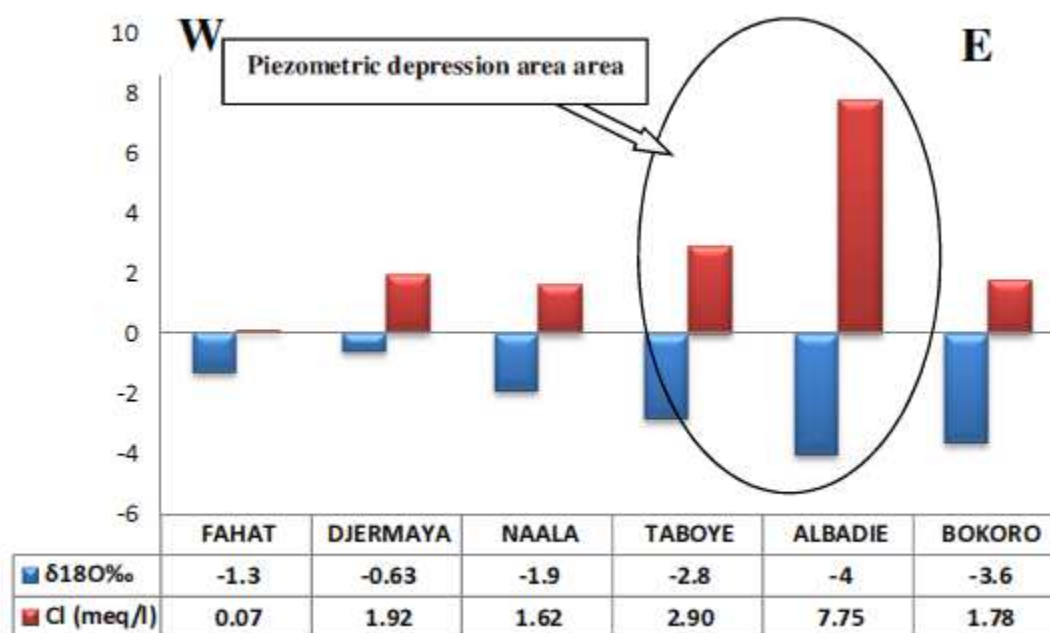


Figure 15. Relationship between the chlorides contents and 618O of Chari Baguirmi groundwater. Evolution from West and from East to the center of the depression

5 CONCLUSION

The sedimentological analysis of the different layers of rock encountered up and down in the wells, allowed to highlight the grain size heterogeneity of the different layers. The analysis of clay mineralogy has shown that the deposition of different sediments occurred from the periphery to the center of the depression. This mode of sedimentation suggests the existence of a structural cuvette (depression) to which sediments are driven by the transport agent.

The existence of a "structural" depression contradicts the usual hypothesis of formation of these depressions due to high evaporation. In addition, the presence of a thick clay layer observed in the depression does not support the hypothesis of high evaporation of the groundwater. The hydrochemical and isotope study based on the relationship Cl versus $\delta^{18}\text{O}$ showed that the initial isotopic composition has been modified by the evaporation of rainwater during infiltration. This led to a mixture of water of different isotopic signatures. It shows that the mineralization process and the origin of the salinity in the center of the depression are related on one hand to the lithology, on the other hand, to climate phenomena causing evaporation of water from the aquifer. This work thus provides new insights into the functioning of this important aquifer system and the establishment of the piezometric depression of Chari Baguirmi.

REFERENCES

- [1] Aranyossy, J. F. et Ndiaye, B., 1993. Étude et modélisation de la formation des dépressions piézométriques en Afrique sahélienne. Analysis and modeling of the piezometric depressions in Sahelian Africa. In French. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 6, n° 1, 1993, p. 81-96.
- [2] Biscaye, P.E., 1965. Mineralogy and sedimentation of Recent deep-sea clay in Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geological Society of America Bulletin, 76, 803-831.
- [3] Brindley G.W., and Brown G. 1980. Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification. Mineralogical Society, Monograph n°5, London, 495 p.
- [4] Brindley G.W., and Udagawa S., 1960. High-temperature reactions of clay mineral mixtures and their ceramic properties. Journal of American Ceramic Society, 43, 59-65.
- [5] Carmouze, J.P., Cheverry, C., Gac, J.Y., Maglione, G., et Roche, M.A., 1975. Aspects sédimentologiques actuels d'un bassin continental endoréique : le bassin tchadien. Current sedimentological aspects of continental endorheic basin: the Chad basin. In French. . 9th International Congress of Sedimentology, Nice France). 9 p

- [6] **Fontes, J.C., Moglione, G., et Roche, M.A., 1969.** Données isotopiques préliminaires sur les rapports du lac Tchad avec les nappes de la bordure Nord-Est. Preliminary data on isotopic ratios of Lake Chad with the groundwater of the North-East border. In French. Cahier de l'ORSTOM série hydrologie, 6(1) : pp.17-34.
 - [7] **Genik, G.J., 1992.** Régional framework structural and petroleum aspects of rift basins in Niger, Chad and Central Africa Republic (C.A.R). Tectonophysics, 213: 169-185.
 - [8] **Klug, H.P. et Alexander, L.E., 1974.** X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials. 2nd editio, Wiley (New York), xxv, 966 p.
 - [9] **Kusnir, I., 1995.** Géologie, ressources minérales et ressources en eau du Tchad. Geology, mineral resources and water resources in Chad. In French. Travaux et documents scientifiques du Tchad. Connaissance du Tchad I., 100p.
 - [10] **Kusnir, I., et Moutaye, H.A., 1998.** Mineral Resources Chad: a review. Journal of African Earth Sciences, 24(4):549-562.
 - [11] **Moussa, A., 2010.** Les séries sédimentaires fluviatiles, lacustres et éoliennes du bassin du Tchad depuis le Miocène terminal. Sedimentary fluvial, lacustrine and eolian series of the Chad Basin since the Miocene. In French. PhD thesis. Univ.of Strasbourg.
 - [12] **Schneider, J.L., and Wolf, J.P., 1992.** Carte géologique et carte hydrogéologique au 1/1500000 de la république du Tchad. Geological and hydrogeological map at 1/1500000 of the Republic of Chad. Ed. BRGM. Orléans, France.
- Servant-Vildary S., 1978.** Etude des diatomés et paléoclimatologie du bassin tchadien au Cénozoïque supérieur. Study of diatoms and paleoclimatology of Chad Basin during Upper Cenozoic. In French. Travaux et documents O.R.S.T.O.M. N° 84. 346p.

ASPECTS RADIOGRAPHIQUES ET ECHOGRAPHIQUES D'UNE MIGRATION TUBAIRE D'UN DISPOSITIF INTRA UTERIN

[RADIOGRAPHIC AND ULTRASONOGRAPHICS ASPECTS OF AN INTRA UTERINE DEVICE TUBAL MIGRATION]

Nina-Astrid Nde-Ouédraogo¹, Bénilde Marie Ange TIEMTORE-KAMBOU¹, B. Ouattara², Ousséini Diallo², and Rabiou Cissé²

¹Service de Radiologie, Hôpital de District de Bogodogo, Ouagadougou, Burkina Faso

²Service de Radiologie, Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo, Burkina Faso

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Migration of device intrauterine (IUD) are exceptional, particularly within the fallopian tube. The authors report a case of complicated pelvic inflammatory disease, tubal migration, one month after the insertion of an IUD. They recall the interest of radiographic and ultrasound scans in the diagnosis of this complication. Removal of the IUD was conducted by a mini laparotomy.

KEYWORDS: Tubal migration, IUD, radiography, hysterosalpingography; ultrasound.

RESUME: *Introduction:* Les migrations de dispositif intra utérin (DIU) sont exceptionnelles, particulièrement au sein de la trompe utérine.

Méthodes: Les auteurs rapportent un cas de migration tubaire, compliquée de salpingite, un mois après l'insertion d'un DIU.

Résultats: Ils rappellent l'intérêt des explorations radiographiques et échographiques dans le diagnostic de cette complication. L'ablation du DIU a été réalisée par une mini laparotomie.

Conclusion: Les migrations par perforation utérine sont exceptionnelles. Les examens d'imagerie médicale permettent de mettre en évidence cette complication et de localiser le DIU.

MOTS-CLEFS: migration tubaire, DIU, radiographie, hystérosalpingographie, échographie.

1 INTRODUCTION

Le dispositif intra tubaire (DIU) est une méthode contraceptive efficace. L'index de Perls est estimé à moins de 1/100 années femmes pour cette méthode (1).

Cependant, certaines complications peuvent être rencontrées après la pose d'un DIU, telles que les saignements, les douleurs, les infections, les expulsions et les perforations.

Les perforations sont exceptionnelles mais peuvent avoir des conséquences graves. Il a été rapporté des migrations de DIU après perforation utérine, dans l'épiploon, le recto-sigmoïde, le péritoine, la vessie, l'appendice, le grêle et la veine iliaque(3). Les migrations intra tubaires sont encore plus rares.

L'imagerie médicale est utile au diagnostic de ces perforations (2). Nous exposons dans ce cas les aspects radiographiques et échographiques d'une migration tubaire d'un stérilet en T au cuivre (TCU 380 A).

2 OBSERVATION

Mme L.J, 34 ans, 2^{ème} geste, 2^{ème} pare, avec deux enfants vivants, avait comme antécédents particuliers une césarienne en 2013. Dans le post partum, une contraception par implant sous cutané a été mis en place, remplacée plus tard par un stérilet le 23 mars 2016. Il s'agissait d'un DIU au cuivre de type TCU 380, posé sans difficulté par un médecin gynécologue, sans incident per ou post procédure immédiate.

La patiente consultait dix jours après l'insertion du DIU pour des douleurs pelviennes et des leucorrhées traitées par des antibiotiques et des anti-inflammatoires (ofloxacine, tinidazole, ibuprofène et paracétamol). Devant la persistance des douleurs pelviennes, un mois après l'insertion du DIU, la patiente consultait à nouveau. L'examen clinique mettait en évidence une douleur annexielle gauche mais ne permettait pas d'objectiver le fil de rappel du DIU lors de l'exploration au spéculum.

Une radiographie de l'abdomen sans préparation (ASP), une échographie pelvienne et une hystérosalpingographie (HSG) furent réalisées.

Le cliché sans préparation centré sur le pelvis mettait en évidence l'opacité métallique en T du DIU en projection de la fosse iliaque gauche, éliminant l'hypothèse d'une expulsion du stérilet (figure 1).

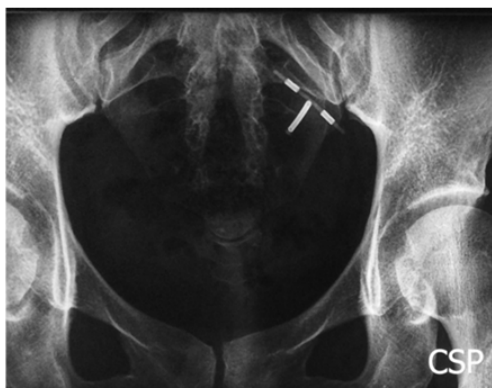


Figure 1: Cliché du pelvis sans préparation.
Le DIU est projeté dans la fosse iliaque gauche.

L'échographie pelvienne a été réalisée par voie sus pubienne et endo vaginale. La branche verticale du DIU n'était pas visualisée dans la cavité utérine, mais en position latéro-utérine gauche (figure 2). L'endomètre était homogène. Une branche horizontale du DIU était visualisée en projection de la corne utérine gauche. Il existait un épanchement liquidien modéré dans le douglas. Les ovaires étaient sans anomalie significative.

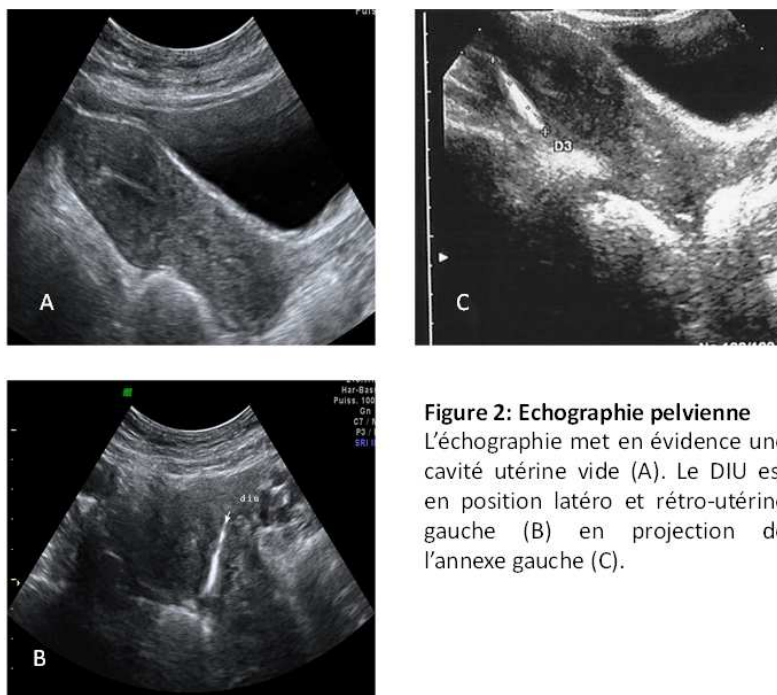


Figure 2: Echographie pelvienne

L'échographie met en évidence une cavité utérine vide (A). Le DIU est en position latéro et rétro-utérine gauche (B) en projection de l'annexe gauche (C).

L'hystérosalpingographie (HSG) a été réalisée sous antibiothérapie. Elle confirmait la position extra cavitaire utérine du DIU et sa projection en regard de la région latéro-utérine gauche. On ne notait pas d'opacification des trompes, probablement par spasme tubaire (figure 3).



Figure 3: Hyst rosalpingographie. le DIU est projet  dans la fosse iliaque gauche. il est situé hors de la cavité utérine et apparait en projection de l'annexe gauche. Pas d' opacification tubaire notable (probable spasme de la trompe).

Une mini laparotomie fut réalisée et confirma la localisation tubaire gauche du DIU. Elle retrouva également une perforation non hémorragique de l'isthme. L'extraction du DIU fut réalisée et la trompe lésée, conservée.

3 DISCUSSION

La contraception par stérilet ou dispositif intra utérin est une procédure mécanique à action locale. Les perforations utérines par le DIU sont rares ; leur incidence est estimée à 1.3 pour 1000 femmes (1). Ces perforations peuvent être précoces, dès l'insertion du DIU ou tardives (5), partielles ou totales. La perforation est partielle quand seulement une partie du DIU se retrouve hors de la cavité utérine et totale lors que le DIU traverse complètement le muscle utérin. En cas de perforation totale, les migrations peuvent se faire vers des structures loco-régionales : épiploon, recto-sigmoïde, péritoine, vessie, appendice, grêle, veine iliaque. (3).

Les facteurs favorisant retrouvés lors des perforations utérines par le DIU sont le post abortum, le post partum, la multiparité, l'utérus cicatriciel, les malpositions de l'utérus, l'inexpérience ou la maladresse de l'opérateur (4). Dans notre cas, l'opérateur était expérimenté et la pose du DIU s'est faite sans difficulté. Nous n'avons retrouvé comme facteur favorisant que les antécédents de césarienne chez notre patiente. De plus, l'absence d'échographie pelvienne réalisée après la pose du DIU ne permet pas de savoir si la migration s'est faite d'emblée ou secondairement. Cependant, une publication récente propose d'expliquer la migration secondaire d'un DIU initialement bien placé par une asymétrie des forces exercées par le muscle utérin sur celui-ci. Ainsi le vecteur des forces musculaires résultantes s'exercerait postérieurement ou latéralement avec une puissance suffisante pour conduire le DIU en dehors de la cavité utérine (9 ;10).

La perforation utérine peut être asymptomatique ou révélée dans certains cas par une douleur pelvienne exquise survenant après le geste. Dans notre cas, l'hypothèse d'une infection génitale avait été évoquée.

L'absence de visualisation des fils à la clinique ne peut présager de la localisation exacte du DIU comme chez notre patiente. La réalisation d'une exploration radiologique est alors indispensable.

La radiographie de l'abdomen sans préparation met en évidence l'opacité métallique du DIU sur le cliché mais ne peut juger de la position intra ou extra utérine de ce dernier. Il convient de réaliser une échographie pelvienne.

La réalisation systématique d'une échographie après la pose de DIU permet de vérifier son positionnement. La voie endo vaginale sera idéalement réalisée en complément de la voie sus pubienne.

D'autres moyens d'imagerie médicale telles que la tomodensitométrie et l'imagerie par résonnance magnétique peuvent permettre de localiser avec précision un DIU migré en cas d'insuffisance de la radiographie et de l'échographie notamment en cas de déplacement secondaire dans les structures digestives ou épiploïques (9).

En cas de difficulté à l'extraction du DIU, le recours à la laparotomie peut être indiqué (7 ; 8). Dans notre cas, une mini laparotomie a été réalisée et a permis d'extraire le DIU de la trompe gauche, qui a été conservée.

4 CONCLUSION

Le stérilet ou DIU est une méthode contraceptive efficace. Les complications telles que les migrations par perforations sont exceptionnelles. Dépister cette complication qui peut avoir des conséquences redoutables, passe par une surveillance non seulement clinique mais aussi radiologique. L'échographie permet de vérifier le positionnement correct du DIU et la radiographie de l'abdomen sans préparation, de préciser la projection du DIU dans la cavité pelvienne.

REFERENCES

- [1] Treiman K, Laurie Liskin SC M, Adrienne Kols et al. Les DIU : état récent des informations. Population Reports (Series B). 1995 Dec; (6): 1-35...
- [2] W.IBGHIR, M.BATT A BOUGAIN, S DECLEMY, A PROTON, R HASSAN KODHJ AP.LEBAS, J.Y GILLET. J. GYNECO ; Obst ; Reprod 1995, 24, 273-275.
- [3] KASSAB B, AUDRA P. the migrating intrauterine devices. Case report and review of literature. Contracept Fertil Sex 1999;27:696-700
- [4] Nouri M, Fassi M, Koutani A, Ibn Attya A, Hachimi M, Lakrissa A. Migration intravesical d'un dispositif intrauterin. J Gynecol Obstet Biol Reprod. 1999; 28(2):162-4.
- [5] Boudineau M, Multon O, Lopes P. Contraception par dispositif intra-utérin. Encycl MédChir- Gynécologie. 2001; 738-A-09,7 p.
- [6] Echographie en pratique gynécologique, par Y. ARDAENS, B. GUERIN DU MASGENET, Ph. COQUEL. Collection d'imagerie médicale. Diagnostic, 2007. 4ème édition.

- [7] BALCI O, CAPAR M, MAHMOUD AS et al. Removal of intra abdominal mislocated intra uterine device by laparoscopy. J Obstet Gynaecol 2011; 31:650-2
- [8] MIRANDA L, SETTEMBRE A, CAPASSO P et al. Laparoscopic removal of an intraperitoneal translocated intrauterine contraceptive device. Eur J Contracept Reprod Health Care 2003; 8:122-5.
- [9] P. FAUCHER, D. HASSOUN Morbidité des dispositifs intra-utérins. Mises à jour en gynécologie médicale. - Trente-huitièmes Journées nationales du CNGOF, Paris, 2014, 621-37.
- [10] Goldstuck ND, Wildemeersch D. Role of uterine forces in intrauterine device embedment, perforation, and expulsion. Int J Womens Health 2014 Aug 7; 6:735-44.

PROBLEM-SOLVING EFFECTS IN TEACHING AND LEARNING MATHEMATICS

Raja Mohammad Latif

Department of Mathematics and Natural Sciences,
Prince Mohammad Bin Fahd University,
P.O. Box 1664, Al Khobar 31952,
Kingdom of Saudi Arabia

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Students' performance in the area of mathematics is a topic of concern in the whole world, with several reports documenting the need of effective instruction to boost students' achievement. However, what type of math instruction will most effectively raise students' achievement remains a matter of debate. Problem-based learning is a promising methodology for engaging and motivating students' learning while increasing their math concepts and skills. Problem solving is central to mathematics. Problem solving should be the site in which all of the strands of mathematics proficiency converge. It should provide opportunities for students to weave together the strands of proficiency and for teachers to assess students' performance on all of the strands. Problem solving approach guides students through complex problems and it must remain part of day-to-day instruction because solving problems is central to doing and learning mathematics. We have provided and discussed effective teaching and learning methods from the literature as well as making suggestions and recommendations to use problem-solving methods during instruction in the classroom.

KEYWORDS: Classroom, Critical, Instruction, Knowledge, Practice, Representation, Student, Teacher.

1 INTRODUCTION

This study is aimed to present the effects of an instructional intervention (i.e., teaching mathematics through problem-solving contexts) on adolescents' problem-solving performance and representation use when solving word problems. Students' performance on a test of word problems as well as their use of different representations will be examined and compared to peers experiencing their everyday instruction from their classroom teacher. Instruction in the intervention classroom emphasizes student-to-student discourse. The intervention's intent is to enhance mathematics learning by examining, solving, and reflecting on word problems. Students need frequent opportunities to engage in problem solving so that they can become mathematically proficient. Mathematical proficiency characterizes learning mathematics successfully in such a way that one develops (a) conceptual understanding, (b) procedural fluency, (c) strategic competence, (d) adaptive reasoning, (e) and a productive disposition toward mathematics. Mathematically proficient students exhibit problem-solving behaviors such as reading problems carefully and understanding them, creating models, and making conjectures about strategies and solutions. On the other hand, students lacking mathematical proficiency demonstrate ineffective mathematical behaviors such as attempting to solve problems without making sense of the problem's context. Moreover, they are less likely to use their knowledge of mathematics content while problem solving. Mathematics practice supports mathematics learning and problem-solving performance by engaging students in daily mathematics instruction that integrates problem-solving performance by engaging students in daily mathematics instruction that integrates problem-solving features. Problem-solving goes beyond the typical thinking and reasoning students employ while solving exercises. It means thinking deeply about concepts, their associated representations, viable solution procedures, related context or cultural knowledge, and creating problem models. The literature suggests that effective problem solvers go through six stages of problem solving. A brief outline of these stages follows. First, individuals read the problem and work to understand the text. Understanding leads to a situation model, which adequately characterizes the mathematical and nonmathematical

elements of the problem. It supports individuals to generate an appropriate representation of the problem, which facilitates mathematical analysis. This analysis is the same notion as implementing a set of procedures. After employing procedures, problem solvers arrive at a result, termed the derivation. Individuals interpret this derivation in light of their situation model to generate an interpreted result that might become part of the final answer and is later reported as the final answer, which completes the process. An incorrect situation model that does not reflect the problem may lead problem solvers to believe that the result is correct. Hence, creating an accurate situation model is critically important. If the interpreted result does not match the expectation of the situation model, an effective problem solver revisits the situation model and begins the process again. Many problem solvers tend to skip steps throughout this process, which often leads to incorrect results. Superficial problem solving is characterized by four steps: (1) reading the problem's text, (2) creating a mathematical model, (3) implementing a representation and set of procedures, and (4) reporting results and many students solve problems in this fashion. Problem solving as viewed from a mathematics education perspective is the process of interpreting a situation mathematically, which usually involves several iterative cycles of expressing, testing and revising mathematical interpretations and of sorting out, integrating, modifying, revising, or refining clusters of mathematical concepts from various topics within and beyond mathematics. It is a complex activity that requires individuals to maintain focus and both rationally and effectively proceed through the problem. Students' ineffective problem-solving behaviors and disengagement in the process is accelerated by teacher-directed instruction that frequently uses too many exercises and not enough problems. One way to foster students' success in the problem-solving process is to provide them with frequent opportunities to engage in problem solving in a student-centered environment that scaffolds students to successfully complete each stage of the process. Multiple studies have demonstrated that when daily mathematics instruction is integrated or supplemented with problem-solving activity, it enhances students' problem-solving capabilities. Moreover, there is some evidence that students' learning in classroom environments where problem solving is a regular part of mathematics instruction outperform their peers in traditional learning environments on mathematics achievement tests. Success on problem-solving and achievement measures is also influenced by the degree to which students are supported to gain facility with representations and procedures. Strategy (i.e., representation and procedure) use is a critical component of problem solving. Effective problem solvers actively monitor their actions while implementing a strategy. They consider a variety of procedures and representations that are suitable for completing a task and monitor their progress while completing the procedures. Instruction that allows students to consider a variety of representations and procedures to complete a task and share them has been shown to have positive effects on students' achievement. Creating an instructional context that stimulates mathematical discussions among problem solvers enhances their ability to solve problems and use a variety of representations and procedures. The teacher is the critical factor in making such a learning environment. The teacher is an important person in the classroom because this individual makes instructional decisions such as their choice of materials and instruction that influence students' mathematics learning and problem-solving performance. Teachers decide whether to enact teacher-directed instruction or foster student-centered instruction. Teacher-directed instruction is characterized by lecture stemming from the teacher's knowledge and a lack of discussion about mathematics. Students are expected to watch passively, listen to their teacher, and later practice what the teacher showed them. Discourse in teacher-directed classrooms tends to follow a three-turn interaction termed Initiate-Respond-Evaluate, which includes a teacher's inquiry students' response, and teacher's evaluative statement. Students in these teacher-centered classrooms tend to think that doing mathematics means following the rules laid down by the teacher; knowing mathematics means remembering and applying the correct rule when the teacher asks a question, and mathematical truth is determined when the answer is ratified by the teacher. On the other hand, student-centered instruction involves attending to students' knowledge and building on these ideas in a meaningful way that promotes learning about concepts and procedures. The teacher works to orchestrate the content, representations of the content, and the people in the classroom in relation to one another. Students' ways of being, their forms of participation, and their learning emerge out of these mutually constitutive relationships. The teacher in the student-centered classroom plays the role of learning facilitator and guide during mathematics instruction. Students discuss mathematics, make conjectures, and construct mathematical arguments and proofs in student-centered classrooms. Generally it [student-centered instruction] implies an approach in which learners are given opportunities to offer their own ideas and to become actively involved in their learning. During an observation of a student-centered classroom, one might notice students in small groups trading ideas and making sense of a problem, a teacher and students collaborating to solve a problem, and there are likely established social and socio mathematical norms for doing mathematics in the problem-solving oriented, student-centered mathematics classroom. Studies published in the previous two decades provide a good foundation for implementing effective mathematics instruction. It has been shown that (a) practicing procedures over and over does not develop students' mathematical understanding (b) less time spent practicing procedures does not hinder students' ability to solve routine problems and (c) spending more time on one problem in conjunction with meaningful mathematical discourse creates an opportunity for reflection and analytical thinking that facilitates students' mathematical proficiency. With this in mind, mathematics education researchers seek to support students to become effective problem solvers by implementing instructional interventions. A variety of research designs have been implemented to explore how

students solve problems and to enhance their problem-solving performance and representation use. Mathematics educators suggest that conducting problem-solving research in the classroom, with students from a variety of levels, and focusing on instruction is needed to enhance researchers and practitioners' understanding of problem solving. The researchers aim to determine whether students receiving the intervention had better problem-solving performance and achievement, and whether they developed more effective problem-solving behaviors compared to their peers experiencing their typical instruction. These studies characterize supplementing mathematics instruction with problem-solving components, but their conclusions do not shed light on effects of teaching mathematics through problem-solving contexts on a daily basis. Moreover, these studies do not characterize daily mathematics instruction that teaches mathematics at high quality standards through problem-solving contexts. Prior investigations provide a foundation for examining teaching mathematics associated with the Standards through problem-solving contexts on students' problem-solving performance and representation use. Research is necessary to determine whether students' outcomes from this type of instruction differ from prior problem-solving interventions or every day instruction. One way to begin such investigations is for a researcher to become an instructor in the classroom. Some investigators set out with a goal of better understanding the teaching and learning process and they also expected to improve students' problem-solving performance and problem-solving behaviors. One group of students learned one representation and procedure at a time and completed exercises to improve their efficiency. A similar group of students experienced instruction that encouraged them to generate multiple representations and procedures to solve problems, and the teacher presented the class with more than one representation to solve these problems. Together, these studies provide a foundation for examining the effects of teaching mathematics through problem-based contexts in a student-centered, discourse-rich classroom on university students' problem-solving success and students' use of representations. The present study aims to bridge the areas of problem-solving and representation use.

2 PURPOSE OF THE STUDY

The purpose of this study was to investigate the effects of student-centered, discourse-rich mathematics instruction (i.e., instructional intervention) on students' problem-solving performance as well as their representation use when solving word problems. Creating a supportive instructional context that used word problems as the focal activity was intended to support students' opportunities for learning mathematics content and procedures. A fundamental desired outcome of the instructional intervention was to assist university students in becoming more effective and efficient problem solvers within the context of mastering mathematics content and demonstrating effective mathematical practices. A secondary desired outcome was to demonstrate that teaching mathematics from the University Standards through problem-solving contexts was possible in the midst of this critical time with new standards for mathematics content and practice.

3 STATEMENT OF THE PROBLEM

The mathematics education research and teaching community is making positive steps in helping students become better problem solvers. The Trends in Mathematics and Science Study during the last decade is promising, but there is more that can be done to support students through problem solvers' mathematical development. Although students are improving, they tend to have difficulty completing solutions of problems and little is known about problem solver's success on problems drawing on students' knowledge of out-of-classroom contexts. A problem is a task such that a path to the solution is not readily apparent to a problem solver. Most word problems in textbooks are verbal translations of symbolic exercises that are transparent and easily solved without much struggle which make them routine translation problems. Textbooks are a significant factor influencing how teachers conduct their instruction, yet teachers may not have the resources to support students' work on complex problems if there are few problems within the textbook. The Standards for Mathematical Practice, Standards for mathematical content include learning outcomes related to problem solving. Students are expected to solve real-world problems, which are more complex than exercises. Recently adopted standards place a larger emphasis on problem solving in mathematics standards and instructors are not provided with resources indicating how to blend problem solving and mathematics into daily instruction so that students are prepared to solve realistic and complex problems drawing on current situations. Ideas for instruction stemming from research conducted in classrooms may support mathematics teachers to assist students to become effective problem solvers who solve complex problems as part of their day-to-day instruction. Students are expected to understand the approaches of others to solving complex problems. Thus, learning about alternate representations and procedures is critical to their success. Students learn several ways to solve problems over an academic year but it is not always clear whether a previously learned approach could be applied in a new situation or when one is more efficient than another. Developing productive problem-solving behaviors during classroom mathematics instruction includes promoting the idea that problems can be solved in multiple ways, often times using previously learned methods. Representation use is a critically important element of solving problems. Algorithms have been

and continue to be a focus in many mathematics classrooms. They are important tools for solving mathematics problems and should be part of mathematics instruction but focusing mathematics instruction on learning algorithms does not orient students to determine the essential parts of a problem's situation or enhance their problem-solving performance. Instruction that allows students to manipulate tasks into more manageable or useful representations and employ a variety of representations and procedures facilitates students' development of mathematical proficiency. There is typically more than one way to solve a word problem. Implementing pictorial, tabular, or verbal representations to solve problems can often be more efficient while being just as effective as symbolic approaches. Much of the literature on students' representation use focuses on school level students. University students are capable of learning various ways to solve problems. They are able to recognize the limitations and benefits of mathematical representations and can develop strategic competence that makes them more efficient problem solvers. Unfortunately many findings from prior research that show improvements in students' representation use as a result of an intervention are not linked to learning required objectives from university standards. Hence, there is a need for research that characterizes mathematics instruction that supports students' use of a variety of representations within the context of these university mandated standards. Finally, prior investigations of problem-solving interventions have shown inconsistent effects on students' achievement. It has been widely found that university students who experienced one lesson each week that supported mathematics learning through problem-solving contexts had slightly better scores on an achievement than their peers experiencing traditional instruction. Conversely, incorporating problem solving into daily instruction resulted in negative or non-significant effects on some students' achievement. That is, the instructional intervention may influence the depth of students' understanding related to specific content areas. This study provides insight on students' knowledge of mathematics procedures and concepts related to different areas of mathematics by examining how an intervention group performs on a unit test and compares their outcomes to peers in a comparison group. In conclusion, research must continue to explore students' outcomes from teaching mathematics through problem-solving contexts. Results from studies examining problem solving, representation use, and achievement may provide insight into ways to support students' to become mathematically proficient problem solvers.

4 PURPOSE OF THE STUDY

The purpose of this study is to investigate the effects of student-centered, discourse-rich mathematics instruction (i.e., instructional intervention) on students' problem-solving performance as well as their representation use when solving word problems. Creating a supportive instructional context that used word problems as the focal activity was intended to support students' opportunities for learning mathematics content and procedures. A fundamental desired outcome of the instructional intervention was to assist university students in becoming more effective and efficient problem solvers within the context of mastering mathematics content and demonstrating effective mathematical practices. A secondary desired outcome is to demonstrate that teaching mathematics from the University Standards through problem-solving contexts is possible in the midst of this critical time with new standards for mathematics content and practice. Instruction in the intervention classroom encouraged individual work, small-group collaboration, and whole-class discussions of mathematics content and procedures within the context of problem solving. Participants in both groups should complete a word problem pretest and posttest as well as a unit test. The pre-and posttest should be scored for accuracy and students' solution methods should be marked based on the representation employed. The unit test measures students' understanding of content taught during the specific time period and is also scored for accuracy. Within-group and between-group differences should be examined as well as whether there is an association between nonsymbolic representation use on the posttest and membership in the intervention condition.

5 PROBLEM-SOLVING PROCESS

The pathways individuals use to solve problems have been investigated extensively and various models of the problem-solving process have been proposed. Some mathematicians create a model of the problem-solving process that builds upon prior frameworks and identifies both appropriate and superficial pathways for solving problems. The pathways individuals use to solve problems have been investigated extensively and various models of the problem-solving process have been proposed. We create a model of the problem-solving process that builds upon prior frameworks and identifies both appropriate and superficial pathways for solving problems. The problem-solving process begins with an individual reading and understanding a problem's text. The text indicates the task and provides the reader with information about the problem. At times, the task is unclear from an initial reading of the problem so an individual rereads the problem. This requires being systematically active about his understanding so he can maintain engagement in the task. Understanding includes decoding the text into more manageable chunks in order to create a situation model. This situation model is the second stage in the problem-solving process. It is typically an internal representation encompassing mathematical, contextual, and other non-

essential aspects of the problem, but some problem solvers create external representations of their models. This model is an intermediate model that links the problem's text and mathematical analysis phase of problem solving. As students discuss the problem, they form relational representations connecting internal and external representations. An example might clarify how situation models may be internal, external, or relational. Imagine a circumstance where an individual is given a text with an embedded problem. This person understands the text and creates a representation in his mind. In order for this individual to share situational model with another, the internal representation must be transformed into an external representation, which requires a relational representation. Regardless of whether an individual uses an internal, relational, and/or external representation to model the situation, effective problem solvers subsequently develop a more mathematically-focused model called a mathematical model and move to the third problem-solving stage. The mathematical model contains only mathematical aspects that can be acted on using mathematical analysis techniques. Some examples of mathematical models include graphs and pictures, symbolic expressions, tables, and verbal statements. Representation use during problem solving is crucially important if a student expects to find the correct solution. Effective problem solvers recognize that some representations are more appropriate or lead to the solution quicker than others, depending on the task. Furthermore, factors that might impact the mathematical model are more obvious to problem solvers who fully engage in the problem-solving process. Those who take the necessary time and energy to understand the text and develop a situation model are likely to solve the problem but that does not guarantee success. The present study examines students' representation use (i.e., mathematical modeling) within the context of the problem-solving process. Mathematical modeling is a critical step in the process because it leads to the mathematical analysis technique (i.e., procedures) used to answer the problem. The analysis procedures are dependent upon the mathematical model's representation. After implementing an analysis technique, the individual arrives at the fourth stage, derivations from analysis. This is not the final answer, but rather the outcome from carrying out a set of procedures on a mathematical representation. The derivation is just a number or another representation that has not had meaning ascribed to it by the problem solver. The result is important yet it needs to be interpreted within the problem's context. For example, word problems and real-life problems require units in order to make sense of the result. Effective problem solvers evaluate their result with the situation model, judge their alignment, and the outcome is the interpreted result. This evaluation requires a learner to self-monitor his mathematical thinking, being careful to consider whether the result aligns with the situation model and if not, to return to the appropriate problem-solving stage and reevaluate his work. Interpreting a problem's result is the fifth problem-solving stage. Problem solvers who externalize their situation models have something visible to verify their interpreted result whereas others have to revisit their working memory for the situation model. If the result aligns with the situation model then the problem solver communicates the answer. Reporting a solution is the sixth and final problem-solving stage. It occurs when a student effectively answers the questions such as by writing a summary statement or sharing the final solution with a peer. There are many steps to solving a mathematics problem and each stage is critically important to the learner's success. Successful problem solvers typically go through all six stages of the problem-solving process whereas unsuccessful problem solvers typically take at least one shortcut. Shortcuts are more likely to lead to inappropriate mathematical models, incorrect use of procedures, and reporting the wrong answer to the problem. Some of the common missteps are discussed here. At the first stage of the superficial problem-solving process, students read the text and create a mathematical model. This leap in the problem-solving process does not facilitate adequately understanding the text or determining the key aspects of the problem. At the third problem-solving stage, some learners employ mathematical representations that are inappropriate for a problem's context. For example, one may notice that some students often try using symbolic representations and algorithms to solve complex word problems. They are frequently unsuccessful and therefore we are justified to argue that if they had better facility with multiple representations then they might have shown better problem-solving performance. The role of mathematical representations is critically important for problem solver's success and it is a focus of this study. During mathematical analysis, learners often combine numbers inappropriately because they do not consider alternate representations or their situation model is inaccurate. Another common mistake is that problem solvers employ a representation, conduct procedures, and report the result as the problem's solution without interpreting it. For example, an individual might indicate 19 as a word problem's solution; however, the correct response requires meaningful units such as dollars, blocks, or people, etc. This expedited problem-solving process takes less time but it also leads to far more incorrect answers. A common error that can be made at any stage of the problem-solving process is not devoting the necessary cognitive energy to each stage of the process. One error made by many students is not taking time and cognitive energy to sufficiently understand a problem's text.

6 UNDERSTANDING TEXT

Actively reading a problem supports individuals to make sense of it; however, the depth and quality of students' decoding and subsequent understanding of the text impacts their success. To solve a word problem, individuals must manage both the text and the mathematics encoded within the text. One's reading ability influences how likely an individual will solve a word

problem and similarly, one's knowledge of mathematics influences how well an individual deciphers mathematics texts. Consequentially a subset of one's mathematical knowledge is one's ability to make sense of mathematics text. The depth and quality of understanding the text are two factors influencing how problem solvers approach a word problem. It is essential to sufficiently decode a problem's text into meaningful representations so that the task's elements are clear. Text difficulty can also impact how efficiently an individual solves a word problem. More difficult texts require more cognitive energy to decode, which may influence students' problem-solving behaviors. Prior studies have examined the influence of a problem's language on students' problem-solving behaviors and performance and provide evidence of students' troubles with word problems. It has been observed that most of the students prefer to use a direct translation approach, which includes (1) reading the problem, (2) executing a strategy, and (3) reporting the result. This approach does not foster success among participants with multistep and inconsistent language problems, but some will be able to solve straightforward consistent language problems in this fashion. This approach may suffice for simple word problems or translation tasks (e.g., symbolic expressions written as verbal statements) but it is insufficient for solving non routine or multi-step word problems. When tasks contain unfamiliar terminology or more words than typically seen in translation problems, students using this strategy may not adequately read and make sense of the problem. Reading and understanding a text influences which schemata are activated to solve the problem; hence this initial step in the problem-solving process is important results describe students' struggle with solving word problems, regardless of the problem's language and the representation and procedure employed. They often used ineffective approaches, which includes insufficiently reading and understanding a problem's text. Mathematics instruction should teach students to completely understand the problem before moving forward in the problem-solving process. The study provides an essential piece of the foundation for investigating students' problem-solving behaviors. There are other factors that contribute to problem-solving ability such as familiarity with mathematical terminology. Students with a sufficient understanding of conventional mathematics terminology are apt to solve problems because they understand the meaning of the words they read. Mathematics is a language that relies on symbols but it also includes graphs, charts, and texts to decode. Actually reading completely depends on being able to understand the structures of texts; to interpret authors' ideas; and to visualize, evaluate, and infer meanings to interpret authors' ideas. Recently evidence has begun to quantify the relationship between students' reading comprehension and problem-solving performance. The study has investigated the relationship between achievement on a test of word problems and reading comprehension. As a result the fairly strong positive correlations have suggested that students' success on each type of word problem (i.e., compare, change, combine, and focus) were associated with most aspects of reading comprehension as well as students' technical reading ability. Individuals with good reading comprehension skills are more likely to solve word problems than poor readers. Clearly, reading comprehension and mathematics knowledge are woven together, but further explorations with word problems that are not translation tasks are necessary. Such investigations verify whether students' reading comprehension impacts their ability to read and interpret word problems that do not follow word problems. If reading comprehension influences students' ability to solve simplified problems then it likely might impact students' ability to solve word problems. Investigations and analyses are necessary to confirm this hypothesis. Successfully solving a word problem depends on a problem solver's ability to initially read a problem's text and understand the task. If problem solvers effectively read and understand the text, which is the first problem-solving stage, then they are more likely to move to the second problem-solving stage, which involves creating an effective situation model.

7 SITUATION MODELING

The situation model is a representation of the text that characterizes the problem in a way that makes sense to the problem solver. It contains the mathematical and nonmathematical elements in a manageable representation that facilitate creating the mathematical model and clarifies the task. Adequate models support efficient and appropriate mathematical thinking leading towards a solution. These models are often internal representations, but sometimes learners formulate external representations such as drawing a picture of the situation or reconstructing the text using simpler words. Problem solvers need these representations to solve word problems because they clarify the task and necessary elements of the problem. Effective problem solvers often reread texts and make and revise their situation models before settling on one. Critical thinking skills supports individuals make decisions about the text and decode it into useful representations. More specifically, it is reasonable and reflective thinking that is focused on deciding what to believe or do, and is an important part of problem solving. Critical thinking requires students to reflect on how well they understand information and act on the information to create a model of the situation. Active online cognitive monitoring of task completion helps students make strategic adjustments toward reaching a desirable goal. Self-monitoring is also important while students create and refine their situation models. Students are apt to skip creating a situation model when they perceive it as unnecessary, especially for routine problems. Non routine word problems typically do not follow the typical language and structure associated with textbook word problems. They require students to read the text carefully and decode it into an adequate situation model. Instruction should encourage model creation regardless of the question's simplicity. Students may need assistance

deciphering the text and determining what parts of the problem are important as well as what representations might be appropriate. The objective of instruction in this article is intended to benefit problem solvers by encouraging them to create adequate representations of the situation so that they could generate appropriate mathematical models. Representations are absolutely necessary for any mathematical activity to occur because mathematics typically uses sequences of symbolic characters that convey shared meanings among individuals. They provide means to link two or more configurations of an idea or concept. In the context of word problems, students create representations that (a) reproduce the action of a story problem; (b) strip away the context, attending only to numerical aspects of the problem; or (c) combine some of both approaches. Furthermore, as individuals or groups work on problems, they may make drawings, write notes, or construct tables or equations. These representations help them keep track of ideas and inferences they have made and also serve to organize their continuing work. They are one of the initial steps taken by problem solvers to proceed toward a solution. After carrying out the second problem-solving stage, effective problem solvers arrive at the third stage (i.e., mathematical modeling) and the subsequent fourth stage (i.e., derivations from analysis).

8 MATHEMATICAL MODELING, ANALYSIS, AND DERIVATIONS

This and next section combine two stages and an important process because the representation of the mathematical model influences what procedure is employed, which in turn impacts the derivation from analysis. A strategy includes the mathematical model (i.e., representation) and computational steps (i.e., procedures) hence it is necessary to characterize these stages and process together. Our study explicitly focuses on students' use of representations to solve word problems. Students' mathematical modeling has been studied extensively for decades. Solving word problems requires thinking about possible mathematical models, selecting an appropriate representation for the situation, and determining the mathematical elements. Individuals with well-developed mathematical proficiency often consider multiple mathematical models before proceeding with one. Adequately describing problems in precise terms using mathematical models may take several iterations and practice but the payoff is worth the effort. Careful reexamination of previous mathematical models leads to more efficient problem solving on future tasks. Students' beliefs about doing mathematical activity influence their representation use. At times these beliefs and students' dispositions hinder their success or efficiency. Generating a mathematical model relies on several factors including an individual's comfort with different ways to represent the mathematical elements of a problem.

9 REPRESENTATIONS

Representations include (a) experience-based scripts, (b) manipulative models, (c) pictures and diagrams, (d) graphs (e) verbal or spoken language, (f) written symbols, and (g) tables. Learners should be able to transform each type of representation into another one that is similar in representation but unique in other ways. Problem solvers can also translate a representation into another one (e.g., symbolic expression into verbal statement). Teachers can support problem solvers working on word problems by scaffolding students during the translation process. While many teachers use representations to help students learn mathematics, it is important that these instructor-generated representations are developed mentally appropriate. Overly complex representations beyond a learner's developmental grasp are likely to be confusing or inhibit future growth hence a teacher's scaffolding is critical to facilitating an individual's cognitive growth. Students who simply produce mathematical models and use representations without reflecting often misinterpret a task's goal or create insufficient mathematical models that fail to account for the key components of the problem. From an earlier, students can develop the misconception that solving mathematics problems should occur quickly and without having to reexamine the task or their models. Effective problem solvers select a representation and implement procedures based on their appropriateness for the context and efficiency. Allowing students to choose their own representation to solve a complex word problem provides a context for the entire class to examine ways of solving problems by using different mathematical models. Students are creative problem solvers, and when given rich tasks they are able to generate approaches that answer the question. Instruction should support students to learn nonsymbolic representations and require them to give a mathematically appropriate rationale for using a specific representation to mathematically model a situation. Many students think that representations are useful for a specific problem-type and rarely consider employing one representation to another problem-type. Furthermore, many students learn representation but do not necessarily know which one to implement unless cues or clues make it obvious. Students need to learn when to employ a representation, set of procedures, and gain strategic competence, to become effective and efficient problem solvers. Strategic competence is critical to a problem solver's success. Students need to know representations, suitable procedures for each representation, as well as when to use the representation. Specifically, it is the ability to formulate mathematical problems, represent them, and solve them. Problem solving helps to develop an individual's strategic competence because non routine or authentic tasks require

a learner to consider multiple perspectives of the problem, select a viable representation, and perform the necessary steps to sufficiently carry out the procedures. Knowing multiple ways of solving a set of problems leads to individuals becoming more efficient and effective problem solvers. An individual who has developed strategic competence typically has a flexible approach for solving word problems. Students with well-developed knowledge of representations, procedures, and a conceptual understanding are likely to know how to solve problems using more than one representation, which includes employing the same mathematical model but using a different and perhaps more efficient set of procedures.

10 MULTIPLE REPRESENTATIONS

Students who know more than one way to solve a word problem are more likely to give the correct answer to a word problem. One needs to be cautious that this knowledge of multiple approaches is useful only if individuals recognize the limitations of each method and have an understanding of when a representation and set of procedures are appropriate. To that end, one must develop strategic competence in order to efficiently solve problems. Many students are unsure how to proceed when presented with word problems. It has been noticed that some participants do not spend much time trying to understand the problem's text and typically use a symbolic representation. After quickly scanning the text, they immediately create a symbolic-oriented mathematical model without considering alternative representations. It has also been observed that some participants, they seem to employ direct translation approach fairly often. They lack adequate facility with multiple representations and struggle to produce more than one symbolic approach. More often participants allude to an inability to solve a problem because they cannot remember the necessary algorithm or formula. Participants indicate nonsymbolic as well as other symbolic approaches which might exist but are reticent to explore this possibility. Implementing a strategy requires knowledge about procedures and representations. Many students need opportunities to learn about alternatives to algorithms and formulas, the rationale for using various representations, and their associated limitations. An investigation such as the present study could help the teachers to foster effective problem-solving behaviors among students, including developing knowledge related to mathematical models, and improving students' problem-solving performance.

11 INTERPRETING AND REPORTING THE RESULTS

Interpreting results implies examining the outcome from an implemented strategy, thinking about what it means, and reflecting on the result's reasonableness given the problem's context, yet many ineffective problem solvers offer the outcome from a completed strategy as the final solution without interpreting it or reflecting on its appropriateness. Effective problem solvers are systematically active throughout the problem-solving process and typically decide whether the situation model and interpreted result align before completing the solution. Active cognitive self-monitoring helps learners make these judgments and successfully answer problems. Common errors such as reporting an incorrect response that is impossible given the context of the problem could be remedied by attention to this near final stage. Reporting the solution links both nonmathematical and typical mathematical language and facilitates the development of mathematically proficient students. It is the sixth and final problem-solving stage.

12 SUMMARY OF THE PROBLEM-SOLVING PROCESS

The present study is guided by a cognitive problem-solving framework. It characterizes the effective pathway for solving a problem as well as the superficial approach typically used by students. During the problem-solving process, individuals must also continue to be systematically active and pay attention to each stage of the process. The first phase of work toward solving a nonroutine word problem is reading and understanding the text. This stage means more than merely reading the text and moving to the next phase. It includes making sense of the problem's text and understanding the task. This leads to developing a situation model, which contains the mathematical and nonmathematical elements of the problem in more manageable problem representations such as pictures, diagrams, or verbal texts. After reflecting on the situation model and task, effective problem solvers construct and subsequently refine their mathematical models. This model captures the essential mathematical elements needed to solve the problem and facilitates working towards a solution. These models may appear in a variety of representations including symbolic, verbal, pictorial, graphical, and tabular and are the initial steps of implementing a strategy. Effective problem solvers construct and reflect on their mathematical models, which facilitate efficiently working toward the solution, and eventually a result. Moreover, they choose efficient representations that facilitate the development of situation and mathematical models during problem solving. Others rely on algorithms, heavy-handed approaches that may require significant cognitive effort, or know only one way to solve a problem. Interpreting the result requires reexamining the situation model and determining the solution's reasonableness given the problem's context.

If the solution seems appropriate, then the result should be reported in a clear statement that responds to the question. Research has shown that students have difficulty at many of these stages and often perform poorly on word problems. There is evidence that students can learn to develop productive problem-solving behaviors through instructional interventions, thus improving their problem-solving performance. Problem-solving instruction provides support to students so that they develop appropriate problem-solving behaviors, solve more exercises and word problems correctly, and consider a wide range of possible representations to use during the mathematical analysis phase. Tasks are a critical element of effective problem-solving instruction. Model Eliciting Activities (MEAs) have the potential to help students develop appropriate mathematical models and collaborate while solving open, complex, and realistic problems. The next section describes evidence from studies that implemented instruction aimed at improving students' problem-solving performance and representation use, which was the aim of the present study.

13 PROBLEM-SOLVING INSTRUCTION

Effectively engaging in the problem-solving process requires individuals to maintain their focus on a number of factors and work through each stage. Mathematics instruction that contains problem-solving elements can support students to engage in each stage of the process. Teachers often model the process or pathways to solve problems during instruction. Students generate valuable intuitive idealistic processes for solving problems. Effective teachers push their students to try alternative mathematical models while problem solving, and discuss successful and unsuccessful representations and procedures. Instruction should encourage students to understand the problem, create models, and consider multiple ways to solve problems. It should build upon students' prior knowledge and experiences and facilitate creating a network of mathematical topics, skills, and strategies. Problem-solving practice during mathematics instruction enhances students' mathematical understanding and in turn, well-developed mathematical understanding supports individuals to become more efficient and effective problem solvers. The next section characterizes how instruction can enhance students' problem-solving performance as well as their representation use during problem solving. Discussion of problem-solving instruction begins with investigations that supplemented everyday instruction with problem solving and transition to studies that blended problem solving and mathematics instruction to positively impact students' representation-use and problem-solving performance and behaviors.

14 SUPPLEMENTING DAILY MATHEMATICS INSTRUCTION WITH PROBLEM SOLVING

A number of instructional interventions supplement mathematics instruction with problem-solving elements in order to give students an opportunity to practice applying their mathematics knowledge to problems; hence word problems are called application problems at times. A typical lesson may begin with the teacher giving a problem and orchestrating a discussion focused on understanding the problem followed by students sharing possible ways to solve the problem. Next, students work independently or in small groups and finally, they share their representations, procedures, and solutions with the class. Participants give each other feedback, reflect on the problem-solving process, and share these reflections during the whole-class discussion. Skill activities and simple translation problems are completed individually whereas problem-solving activities are typically done in small-group interactions. Students may complete a pretest and posttest a few weeks later. Intermediate tests may be given to the intervention classrooms after a few weeks of problem-solving instruction. The tests may consist of problems and complex translation tasks. The teacher may score students' work on three dimensions using a three-point rubric: understanding of the problem, planning, and performance. Pretest scores may be used as a covariate in the analyses and each class is the unit of analysis. Some teachers say they like having the problem-solving process posted in the classroom and daily problem-solving activities. Some instructors comment that students are more frequently drawing a picture while problem solving, working backwards, creating a list of known information, and discussing problems with a peer during problem solving. This study provides evidence that problem-solving instruction enhances students' problem-solving behaviors and performance. It is the foundation for feasibility and other efficacy studies that examines students' outcomes from supplementing typical mathematics instruction with problem-solving components. Algorithmic teaching is an attempt to articulate traditional, textbook teaching prevalent in course. It deemphasizes the rationale behind procedures and representations unlike the other two instructional methods: meaning and problem-process. Meaning teaching emphasizes that students need to fully understand concepts and procedures and instruction attempts to facilitate students' cognitive connections between these two areas. Participants learn representations and procedures, but there are many more mathematically relevant student-to-teacher and student-to-student discussions in the meaning teaching classrooms than the algorithmic group. In the earlier study, students' performance in the meaning teaching group has been vastly higher than their peers experiencing algorithmic teaching. The third approach used is termed the problem-process approach. It incorporates a few minutes of daily problem-solving work into meaning teaching. The purpose of the later study is to

determine whether there are any improvements in students' outcomes after supplementing meaning teaching. The three features of the problem-process instructional approach are (1) simple, content-related problems, (2) interactive discussions of solutions, and (3) a focus on the processes used to solve the problem. Students are frequently encouraged, to create models, craft explanations of their results, and provide multiple solution ways of problem solving. Students in both meaning-teaching and problem-process groups outperform peers in the algorithmic-process group on the achievement test. Average-achieving students in the problem-process and meaning-teaching group perform similarly. Low-achieving students in the problem-process group may have a few percent increase in their achievement over the algorithmic-practice teaching group whereas similar students in the meaning-teaching group make only a very little percent increase. These results inform the present study as well as others with ways to implement problem-solving instructional interventions as well as areas for improvement. These explorations may provide a substantial foundation for problem-solving research intending to use an instructional intervention, but several unanswered questions and gaps remain. One aspect that supports the present study is the lesson plan format implemented with participants. It includes use of small group discussions to foster mathematical thinking, scoring scheme, and analysis techniques for the study. One of the unanswered questions; however, is whether students' background characteristics or prior knowledge impacted their problem-solving performance. A second question stems from the idea of maintaining only a few minutes of problem-solving instruction. This surely limits the adequacy of influencing students' problem-solving behaviors and performance. The previous investigations offer evidence of participants' performance as measured by achievement tests and simple word problems, yet students' performance on open, complex, and realistic word problems is uncertain. Again, the research provides information about critical aspects for designing instructional interventions that focus on improving problem-solving performance and more insight about such interventions is provided in the discussion of further study. The researchers believe they might influence students' development of effective problem-solving behaviors by supplementing current instruction with problem-solving lessons. The purpose of the intervention is to make students (a) more aware of the different phases of the problem-solving process, (b) develop an ability to monitor and evaluate oneself during problem solving, and (c) master eight ways to solve problems. These problem-solving approaches are (1) draw a picture, (2) make a list or table, (3) distinguish necessary information from irrelevant material, (4) use real-word knowledge, (5) make a flowchart, (6) guess and check, (7) look for a pattern, and (8) simplify the numbers. Researchers designed two dozen lessons that were implemented over a one semester period. Lessons were guided by three pillars to construct a successful mathematics learning environment. The first pillar was that problem-solving instruction should use realistic, complex, and open problems. Problems related to students' real-life experiences so that solving these problems might feel meaningful. Complex problems facilitated engagement in the problem-solving process. Open problems permitted a variety of problem-solving approaches including multiple representations. For example, a simple translation task does not satisfy the first pillar. The second pillar was the use of a variety of instructional techniques including (a) short, whole-class introductions to the problem, (b) small-group collaborative problem solving, (c) individually completed independent work, and (d) concluding whole-class discussions to wrap up instruction and reflect on the concepts and skills learned that day. The final pillar was establishing a classroom culture with social and socio-mathematical norms for teaching and learning mathematics and problem solving. The authors describe the classroom culture as one that used (a) stimulating activities, (b) holding discussions with students about what counts as a good mathematics problem and response, as well as (c) appropriate mathematical procedures. Another feature of this culture was repositioning the role of teacher and students so that the teacher was not perceived as the holder of knowledge but rather a guide and mentor. The teacher was the driving force in developing these classroom norms for mathematics teaching and learning but the students were involved in making decisions as well. A before-during-after format study was employed. The teacher activated students' prior knowledge, engaged them in a problem-solving activity, and ended with an opportunity for reflection and synthesis. Researchers administered reliable versions of a pretest, posttest, and retention test composed of a dozen word problems that had similar problems across all three measures. The word problems were designed to be open, complex, and realistic. A few raters scored each test; responses were denoted as correct, incorrect, technical error, or no answer. A technical error meant that a student conducted the appropriate steps but made a mistake in procedures during problem solving. Because the aim of the study was students' engagement in the problem-solving process, technical error responses were considered to be correct. Students also completed an achievement test. Finally, a sample of a few lessons from intervention classrooms was selected to determine treatment fidelity. Students in both groups improved their problem-solving performance but the intervention group made greater gains. The intervention group also outperformed the control group on the achievement test. The addition of two dozen problem-solving lessons enhanced students' mathematics learning and problem-solving behaviors. Problem-solving investigators offer advice for researchers who plan to conduct problem-solving research in classrooms. Presumably, the results would have been better if we could have integrated the learning environment better within the regular mathematics lessons. That is, more consistent exposure to problem solving might have improved students' outcomes on the problem-solving measures. Students frequently encounter complex real-world problems, and solving exercises as well as problems will prepare them for these challenges. A concern with separating problem-solving instruction from everyday instruction as it had been done in the previous studies is the connotation that it presents to students: problem solving is

distinct from mathematics. This issue informs the decision to integrate problem-solving instruction into typical daily mathematics instruction

15 INTEGRATING PROBLEM SOLVING INTO DAILY MATHEMATICS INSTRUCTION

The previous studies supplement typical mathematics instruction with components of problem-solving instruction. Results are fairly positive. Evidence did not indicate students' outcomes as a result of continuous mathematics instruction delivered through problem-solving contexts. To more fully integrate problem-solving instruction within typical mathematics teaching, the teacher aimed to determine the value of teaching mathematics in problem-solving contexts during a few weeks of investigation. In an earlier study, a few teachers immersed themselves in the classroom to better understand the teaching and learning process. They integrated components of problem solving into their daily mathematics instruction. Their study provided a foundation for becoming the instructor during an investigation as well as ideas for implementing effective mathematics and problem-solving instruction on daily basis. The teachers examined whether students might develop positive dispositions towards mathematical modeling as a result of experiencing mathematics instruction through problem-solving contexts. They encouraged students to think about problem solving as a multistage process and used word problems during instruction. The instructional intervention lasted approximately a few hours each day over a few continuous weeks at a university. One classroom was the intervention group while two similarly sized classrooms were the comparison group. The student-centered instruction typically incorporated discussion during its multiple phases. There was a central role of interactive and cooperative learning through small-group work and whole-class discussions. In phase one, students worked on a few problems in mixed-ability groups of a few students and then responded to some reflection questions. In phase two, the teacher and the students discussed the problem-solving process and the result from working on the problem. Students' misconceptions and ideas were explored so that the students could learn from each other. Students returned to their original groups and worked on approximately a few similar problems during phase three and then engaged in another whole-class discussion during phase four. During phase five, students solved some nonroutine word problems for homework that encouraged them to engage in the problem-solving process. A final whole-class discussion allowed students to share their reactions to the assignment and reflections completed the instructional process. With so many discussions, the teacher had to establish new social and socio-mathematical norms in the classroom if they were going to be effective. Norms are critically important for mathematical discourse to be productive. Relevant mathematical discourse among participants makes group activities during instruction worthwhile. It allows individuals to convey mathematical ideas and helps them to make sense of mathematical notions. Mathematically relevant communication helps build meaning and permanence for ideas and makes them public. Norms for discourse that encourage and perpetuate meaningful mathematics discussions must be established before it can have a lasting and meaningful impact on students' learning. Teachers influence students' use and type of communication based on the classroom norms and their behavior. Those who behave as the holder of knowledge or fail to allow students to justify solutions contribute to a learning environment where students are not responsible for their own learning. The teachers explain to students that their role and actions in the classroom might appear different than they had previously experienced, such as becoming a co-problem solver during lessons. They enacted norms that they believed might facilitate productive mathematical behaviors and dispositions. These socio-mathematical norms included determining what counts as (a) a good mathematical word problem, (b) a reasonable solution way to solve a problem, (c) an appropriate response, and (d) a satisfactory explanation. It is expected that students would show dramatic improvement in their problem-solving performance after learning in this environment. A pretest with a few word problems and a very few simpler translation tasks were administered, and participants completed a similarly constructed posttest. Participants in the intervention and comparison groups also completed a retention test a few weeks following the study. Students' responses were classified as realistic, nonrealistic, technical error, no answer, or other answer. A realistic response indicated a correct answer whereas no answer was an incorrect response, likely attributable to using the problem's information in an inappropriate manner. A technical error indicated that students answered the problem correctly except for a slight error. The other answer category was applied when a student's response could not be classified. To complement the data from the measures, one video recording of each classroom was made yet the tapes were not analyzed. Participants from the intervention group responded with realistic responses fewest number of times on the pretest but the most often on the posttest. Students in the intervention group improved but the higher performing students experienced the greatest benefits. Those who experienced these novel lessons continued to outperform their peers on the retention test a few weeks following the intervention. Students in the intervention group also developed positive dispositions towards nonroutine word problems whereas the control groups did not. This study provides evidence that students can learn to solve word problems, effectively engage in the problem-solving process, and develop positive dispositions towards word problems after a brief intervention. The research indicates that students quickly learn to adapt to a potentially novel learning environment and experience positive benefits from engaging in daily problem-solving instruction. This investigation also demonstrates that students can behave like mathematicians who regularly engage in problem solving. Feasibility studies provide a context for mathematics

education researchers to better understand the teaching-learning process. Some teachers chose problems that encouraged students to think carefully and investigate multiple representations of a mathematical model and frequently reflect on the accuracy and appropriateness of the result from mathematical analysis. Students were encouraged to write their solutions on the board and the class was asked whether anyone wanted to question so-and-so's hypothesis. Solutions were hypotheses until they had been mathematically justified using mathematical language. The teachers, interactions with students were intended to promote that the teachers were a model of what it means to think like a mathematician. The teachers co-explored problems with students, engaged in mathematical discourse, and encouraged them to challenge their ideas and asked for justification. They used several instructional methods and often implemented a think-pair-share type of instruction. They posed a problem and took time to make certain each student understood the task and its text. Next, they observed students working independently and then listened to their peer-to-peer discourse about the problems. Finally, they initiated a whole-class discussion that clarified terms, symbols, and definitions for students, followed by collaborative problem exploration. They examined teaching episodes individually and then looked for patterns of change in students' outcomes. As a result of their instructions, students developed effective problem-solving behaviors, indicated more positive feelings about doing mathematics, and learned to work collaboratively to solve challenging problems. Their study provides clarity on a number of issues relating to the teaching and learning of mathematics. First, students are able to think and behave like mathematicians when given the opportunity. To attain this goal, the teacher must choose rich problems that require concentrated thinking and revising of ideas, and encourage collaboration and discourse that focuses on mathematics topics. Second, focusing on a few concepts provides a foundation for examining multiple ways to solve problems. When students master a few concepts during an academic year, they have opportunities to learn a wide variety of representations and procedures that likely will benefit their achievement and problem-solving performance in the long term. The teachers described students' thinking about the viability of multiple ways to solve problems as a result of their instructions. Their study delineates a rationale for making rich problems a focus of instruction as well as utilizing discourse to promote mathematics learning and effective problem-solving behaviors.

16 MODEL-ELICITING ACTIVITIES

Model-eliciting activities (MEAs) are related to the types of activities used in our study. These tasks are ill-structured, open-ended, complex, realistic tasks. They are typically small-group activities meant to support students' mathematical modeling for the present and future problems. An MEA differs from a traditional word problem in three ways: (1) the process and product are both important elements instead of the product only, (2) problem solvers can judge the adequacy of their mathematical model and solution by its relevancy and appropriateness for a problem's context whereas it may not be feasible with a word problem, and (3) the mathematical model is usually employed for other similarly structured problems whereas problem solvers might use the mathematical model for a word problems once. MEAs also precede formal mathematics instruction. Investigations have drawn on MEAs as a means to explore their effect on students' higher order thinking skills and metacognition. Furthermore, MEAs often connect students' knowledge of mathematics, other disciplines, and outside of school investigated students' outcomes as a result of implementing an MEA with one class of students. The activity's purpose was to support students to extend, explore, and refine ideas gained while solving previous modeling problems. Students were presented with a situation about a summer reading program for university students as well as a data set, asked to determine an appropriate solution, and finally explained and justified their response in a verbal statement. Problem solvers worked in groups of a few students over one week of class periods. Participants created pictorial models, which helped them develop symbolically-oriented mathematical models. They also showed an ability to quantify elements of a context in order to solve the problem. The problem's aspects included the length of a text and the text's readability level. Students solved the open, complex, and realistic problem and the lesson provided evidence that it is possible to weave problem solving, mathematics, and other subject areas. The study advocates that MEAs and other similar problem-solving activities should not be viewed as additional activities that add further load to an already crowded curriculum and overburdened teacher. They should be used to introduce, develop, consolidate, and enrich core concepts and processes. The present study heeded this message and participants experienced MEA-type activities as part of their daily mathematics instruction rather than as a supplement.

17 SUMMARY OF PROBLEM-SOLVING INSTRUCTION

Several studies have shown that supplementing mathematics instruction with problem-solving aspects enhanced students' problem-solving performance and assisted with developing productive problem-solving behaviors. Supplementing mathematics instruction looks slightly different across studies. The intervention group teachers devoted partial time of instruction to problem solving. A subsequent study indicated that dedicating partial instructional time was also sufficient for

improving students' problem-solving performance. Results from this study also indicated that outcomes are not necessarily positive for all students. More specifically, average-achieving and above average-achieving participants from the problem-process group had lower achievement scores than their peers in the other groups. Finally, another group of students provided more correct responses to word problems after experiencing several problem-solving lessons over the course of an academic year than their peers in comparison classrooms. Furthermore, the intervention participants had better achievement scores than their peers, contrary to earlier findings. These studies provide evidence that problem-solving interventions generally produce positive problem-solving outcomes but achievement-related effects are more uncertain. There is also some evidence that integrating problem solving into daily mathematics instruction positively influences adolescents' problem-solving performance. Another group of teachers encouraged their students to discuss and critique each other's ideas about solving complex problems. Moreover, they incorporated problems into daily instruction so that students had rich problems that could be solved in multiple ways. Similarly, another group of teachers employed complex, open, and realistic problems as part of their mathematics instruction. Both investigations provide evidence that teaching mathematics through problem-solving contexts on a regular basis supports students' problem-solving performance. Several researchers have explored students' experiences with MEAs. MEAs provide experience working with open, complex, and realistic problems and support students' problem-solving development indicates that MEAs can be used as the central component of mathematics instruction, precede formal explicit instruction, and are not intended to supplement typical mathematics instruction. These rich activities when implemented in the context of discourse-rich, student-centered mathematics instruction lead to improving students' problem solving, engagement in mathematical modeling, and a number of other positive outcomes. Detailed analyses are necessary to convey to the research and teaching communities what changes occurred in students, possible explanations for the changes, and any differential effects of these changes. As indicated in the introduction, changes in students' representation use were examined in the present study. Detailed analyses are necessary to convey to the research and teaching communities what changes occurred in students, possible explanations for the changes, and any differential effects of these changes. Students' representation use is an indicator of whether students are engaging in effective problem-solving behaviors and thinking. None of the studies described thus far aimed to improve the number and types of representations used by students. The next section discusses the limited research conducted in university classrooms within the area of instruction promoting multiple ways to solve problems.

18 INSTRUCTION FOCUSING ON MULTIPLE REPRESENTATIONS

Students who are able to implement more than one representation to solve a word problem are more likely to solve it than peers who know only one way. Knowing multiple ways to solve a class of problems also indicates that a learner has developed strategic competence in an area. Two instructional programs were created around the empty number line representation, implemented them in matched classrooms, and examined student-related outcomes. One instructional program called the Realistic Program Design (RPD) was created so that students were encouraged to share their ideas and investigate multiple representations and procedures. Participants learned about the strengths and weaknesses of these representations in a discourse-rich, student-centered instructional environment. Word problems used during instruction drew on contexts relevant to students. The RPD program featured whole-class instruction and discussion about representations and procedures to solve word problems during approximately one third of the instructional period. In the other instructional program, Gradual Program Design (GPD), the teacher taught students how to use one representation and procedure at a time. There was less discussion in the GPD classroom and students spent more time completing exercises than problems. Word problems were a part of the GPD program but were treated as opportunities to practice applying a known representation and set of procedures. It was hypothesized that the GPD program might benefit the entire class' achievement more whereas the RPD program might improve low-ability students' achievement. The programs were implemented in several classrooms at different comparable universities. Classes were matched based on their prior achievement and randomly assigned to GPD and RPD conditions. A few mathematics test composed of several tasks were administered on different occasions several weeks apart. Students were asked to solve each problem on each test and show their work. Paired t-tests were used to determine whether there were any differences between students' outcomes on the tests. The interventions did not necessarily result in differential performance but there were differences in students' problem-solving behaviors. Students in the RPD program changed their use of procedures according to the characteristics of the problem whereas participants in the GPD group tended to use the taught representation and procedure, indicating that RPD participants developed greater strategic competence as a result of the instruction. There were almost no differences in procedural competence between the two groups of pupils. When significant differences were found, they were mostly in favor of RPD's pupils. At the end of the academic year, students in the GPD program still lagged far behind the RPD pupils in [strategic] flexibility and the RPD pupils attained and sustained a higher level of flexible problem solving than did the GPD pupils. This investigation provides evidence that instruction encouraging multiple ways to solve tasks leads to university students' development of effective problem-solving behaviors.

19 SUMMARY OF THE PROBLEM-SOLVING LITERATURE

Problem-solving instruction can enhance students' problem-solving performance and encourage developing and effective problem-solving behaviors. This instruction is best characterized by (a) problems that encourage critical thinking and reflection, (b) small-group and class-wide mathematical discussions, (c) opportunities for students to try different representations and talk about possible methods of analysis, (d) a teacher who behaves more like a facilitator and co-problem solver than someone who disseminates mathematical ideas and (e) students frequently justifying their ideas to one another rather than waiting for the teacher's confirmation. Many of these studies described establishing socio-mathematical norms in the classroom, which are crucially important to educators who expect their students to discuss mathematics and make sense of new ideas from this peer-to-peer discourse. Discussions about the tasks and possible representations involved in working towards a solution supported students' use of multiple representations, improved participants' mathematics achievement, and enhanced ability how students solve problems. These studies provide evidence that it is feasible to implement instruction that teaches mathematics content and problem solving while also supporting learners to develop strategic competence and become comfortable with using multiple representations to solve word problems. A necessary step forward for this type of research is conducting this type of instruction and drawing on the Standards. Students in classrooms where instruction encouraged multiple representation use were more efficient problem solvers, and at times more effective than their peers experiencing traditional instruction. The review of relevant literature informs the present study that aims to improve university students' problem-solving performance and representation use.

20 CONNECTIONS

This section will address the connections between prior literature and the present study, gaps and limitations of problem-solving research, and ways the present research managed these issues. Investigations into problem solving often draw on several aspects of the problem-solving process. An examination includes several steps of the problem-solving process and so this research greatly informs the research and teaching community about how students read and understand a problem's text. Reading and understanding text is important. A strong correlation between reading comprehension and problem-solving performance justifies including reading comprehension as a covariate in future problem-solving performance analyses. The classrooms should be selected so that differences between the intervention and comparison group are minimized. As a result of their work, several covariates should be included in the regression analyses. The focus of the present investigation is to implement an instructional intervention to enhance university students' problem-solving performance and representation use. The literature informs ways to maintain high quality research as well as areas for improvement. First, prior research suggests that approximately two dozens of lessons are sufficient to improve students' problem-solving performance and behaviors. The present study demonstrates ways to align mathematics standards and mathematics instruction with a problem-solving focus. There are positive outcomes after two dozens of lessons that were periodically delivered to students over a period of one semester. University students improved their problem-solving behaviors fairly quickly as well, even when problem-solving instruction was limited to a short time each day and separated from everyday instruction. As a result, there is some evidence that even brief and limited interventions support students' problem-solving performance. The resources indicating how to blend problem solving and mathematics into daily instruction so that students are prepared to solve realistic and complex problems draw on current situations. Ideas for instruction stemming from research conducted in classrooms may support mathematics teachers to assist students to become effective problem solvers who solve complex problems as part of their day-to-day instruction. Students are expected to understand the approaches of others to solving complex problems. Thus, learning about alternate representations and procedures is critical to their success. Students learn several ways to solve problems over an academic year but it is not always clear whether a previously learned approach could be applied in a new situation or when one is more efficient than another. Developing productive problem-solving behaviors during classroom mathematics instruction includes promoting the idea that problems can be solved by using multiple ways and often times using previously learned methods. Representation use is a critically important element of solving problems. Algorithms have been and continue to be a focus in many mathematics classrooms. They are important tools for solving mathematics problems and should be part of mathematics instruction, but focusing mathematics instruction on learning algorithms does not orient students to determine the essential parts of a problem's situation or enhance their problem-solving performance. Instruction that allows students to manipulate tasks into more manageable or useful representations and employ a variety of representations and procedures facilitates students' development of mathematical proficiency. There is typically more than one way to solve a word problem. Implementing pictorial, tabular, or verbal (i.e., non-symbolic) representations to solve problems can often be efficient and just as effective as symbolic approaches. University students are capable of learning various ways to solve problems. They are able to recognize the limitations and benefits of mathematical representations and can develop strategic competence that makes

them more efficient problem solvers. Unfortunately many findings from prior research that show improvements in students' representation use as a result of an intervention are not linked to learning objectives from university standards. Hence, there is a need for research that characterizes mathematics instruction that supports students' use of a variety of representations within the context of university standards. Finally, prior investigations of problem-solving interventions have shown inconsistent effects on students' achievement. It has been found that university students who experienced two to four lessons each week that supported mathematics learning through problem-solving contexts had obtained slightly better scores on an achievement test than their peers experiencing traditional instruction. Conversely, incorporating problems solving into daily instruction resulted in negative or non-significant effects on some students' achievement. That is, the instructional intervention may influence the depth of students' understanding related to specific content areas. This study provides insight on students' knowledge of mathematics procedures and concepts related to mathematical analysis by examining the question how an intervention group performs tests and compares their outcomes to peers in a comparison group. In conclusion, research must continue to explore students' outcomes from teaching mathematics through problem-solving contexts. Results from studies on examining problem solving, representation use, and achievement may provide insight into ways to support students' to become mathematically proficient problem solvers.

ACKNOWLEDGMENT

The author is highly and greatly indebted to Prince Mohammad Bin Fahd University Saudi Arabia for providing all necessary research excellent facilities during the preparation of this research paper.

REFERENCES

- [1] Anthony, G. (1996). When mathematics students fail to use appropriate learning strategies. *Mathematics Education Research Journal*, 8, 23-37.
- [2] Ball, D., & Bass, H. (2003). Making mathematics reasoning in school. In J. Kilpatrick, W. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 27-44). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [3] Ball, D., Ferrini-Mundy, J., Kilpatrick, J., Milgram, J., Schmid, W., & Schaar, R. (2005). Reaching for common ground in K-12 mathematics education. *American Mathematical Society*, 52, 1055-1058.
- [4] Bell, M., Bell, J., Bretzlauf, J., Dillard, A., Hartfield, R., Isaacs, A., Saecker, P. (2004). *Everyday Mathematics*. Chicago: SRA/McGraw-Hill.
- [5] Boaler, J. (1998). Open and closed mathematics: Student experiences and understandings. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 41-62.
- [6] Boaler, J. (2002). Learning from teaching: Exploring the relationship between reform curriculum and equity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33, 239-258.230
- [7] Boaler, J. (2008). When politics took the place of inquiry: A response to the National Mathematics Advisory Panel's report of instructional practices. *Educational Researcher*, 3, 588-594.
- [8] Boaler, J., & Staples, M. (2008). Creating mathematics futures through an equitable teaching approach: The case of Railside school. *Teachers College Record*, 110, 608-645.
- [9] Bostic, J., & Jacobbe, T. (2010). Promote problem-solving discourse. *Teaching Children Mathematics*, 17, 32-37.
- [10] Bostic, J., & Pape, S. (2010). Examining Students' Perceptions of Two Graphing Technologies and Their Impact on Problem Solving. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 29, 139-154.
- [11] Carpenter, T., Ansell, E., Franke, M., Fennema, E., & Weisbeck, L. (1993). Models of problem solving: A study of kindergarten children's problem-solving processes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24, 428-441.
- [12] Chamberlin, S., & Moon, S. (2008). How does problem based learning approach compare to the model-eliciting activity approach in mathematics? *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*. Retrieved from <http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/default.htm>
- [13] Charles, R., & Lester, Jr., F. (1984). An evaluation of a process-oriented instructional program in mathematical problem solving in grades 5 and 7. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, 15-34.
- [14] Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23(7), 13-20.
- [15] Cobb, P., Wood, T., Yackel, E., Nicholls, J., Wheatley, G., Trigatti, B., & Perlwitz, M. (1991). Assessment of a problem-centered second-grade mathematics project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 3-9.

- [16] Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. (1992). A constructivist alternative to the representational view of mind in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23, 2-33.
- [17] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum. Cooke, B., & Buchholz, D. (2005). Mathematical communication in the classroom: A teacher makes a difference. *Early Childhood Education Journal*, 32, 365-269.
- [18] Cummins, D., Kintsch, W., Reusser, K., & Weimer, R. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, 20, 405-438.
- [19] De Corte, E., Verschaffel, L., & Op't Eynde, P. (2000). Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education. In M. Boekaerts, M. Zeidner, & P. Pintrich (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 687-726). San Diego, CA: Academic Press.
- [20] Donovan, M., & Bransford, J. (2005). Introduction. In M. Donovan & J. Bransford (Eds.), *How students learn: History, Mathematics, and Science in the classroom* (pp.1-28). Washington, DC: National Academies Press.
- [21] Doyle, W. (1985). Classroom organization and management. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 392-431). New York: Macmillan.
- [22] Dufour-Janiver, B., Bednarz, N., Belanger, M. (1987). In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 109-122). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [23] English, L. (2009). Promoting interdisciplinarity through mathematical modeling. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 41, 161-181.232
- [24] English, L. & Halford, G. (1995). *Mathematics education: Models and processes*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [25] English, L., & Sriraman, B. (2010) Problem solving for the 21st century. In. L. English & B. Sriraman (Eds.) *Theories of mathematics education: Seeking new frontiers* (pp. 263-290). Berlin, Germany: Springer
- [26] Ennis, R., & Norris, S. (1990). Critical thinking assessment: Status, issues, and needs. In S. Legg & J. Algina (Eds.), *Cognitive assessment of language and math outcomes* (pp. 1 – 42). Norwood, NJ: Ablex.
- [27] Fernandez, C., & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [28] Franke, M., Kazemi, E., & Battey, D. (2007). Mathematics teaching and classroom practice. In F. Lester, Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 225-256). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- [29] Gall, M., Gall, J., & Borg, W. (2007). *Educational research: An introduction* (8th ed.). Boston: Pearson. Gee, J. (2011). *An introduction to discourse analysis: Theory and method* (3rd ed.). New York: Routledge.
- [30] Goldin, G. (2002). Representation in mathematical learning and problem solving. In L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 197-218). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [31] Good, T., & Grouws, D. (2003). The Missouri mathematics effectiveness project: An experimental study in fourth-grade classrooms. In T. Carpenter, J. Dossey, & J. Koehler (Eds.), *Classics in mathematics education research* (pp 17-24). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. (Original work published in 1977)233
- [32] Gonzales, P., Williams, T., Jocelyn, L., Roey, S., Kastberg, D., & Brenwald, S. (2008). Highlights From TIMSS 2007: Mathematics and science achievement of U.S. fourth- and eighth-grade students in an international context (National Center for Education Statistics Publication No. 2009-001Revised). Retrieved from National Center for Educational Statistics website: <http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2009001>
- [33] Gravemeijer, K., & van Galen, F. (2003). Facts and algorithms as products of students' own mathematical activity. In J. Kilpatrick, W. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 114-122). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [34] Greer, B. (1993). The mathematical modeling perspective on wor(l)d problems. *Mathematical Thinking and Learning*, 12, 239-250.
- [35] Harel, G. (1998). Two dual assertions: The first on learning and the second on teaching (or vice versa). *The American Mathematical Monthly*, 105, 497-507.
- [36] Hiebert, J. (2003). Signposts for teaching mathematics through problem solving. In F. Lester, Jr. & R. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving: Prekindergarten-grade 6* (pp. 51-61). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [37] Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Givvin, K., Hollingsworth, H., Jacobs, J., Stigler, J. (2003). *Teaching mathematics in seven countries: Results from the TIMSS 1999 video study*. National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- [38] Hiebert, J., Stigler, J., Jacobs, J., Givvin, K., Garnier, H., Smith, M.,...Gallimore, R. (2005). Mathematics teaching in the United States today (and tomorrow): Results from the TIMSS 1999 video study. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 27, 111-132.234
- [39] Hiebert, J., & Wearne, D. (1992). Links between teaching and learning place value with understanding in first grade. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23, 98-122.

- [40] Huang, J., Normandia, B., & Greer, S. (2005). Communicating mathematically: Comparison of knowledge structures in teacher and student discourse in a secondary math classroom. *Communication Education*, 54, 34-51.
- [41] Kantowski, M. (1977). Processes involved in mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 8, 169-180.
- [42] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [43] Kaput, J. (1985). Representation and problem solving: Issues related to modeling. In E. A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives* (pp. 381-398). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [44] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [45] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [46] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [47] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [48] Kaput, J., & Educational Technology Center. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 167-194). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [49] Kilpatrick, J. (1987). Problem formulating: Where do good problems come from? In A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 123-148). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [50] Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- [51] Klein, A., Beishuizen, M., & Treffers, A. (1998) The empty number line in Dutch second grades: Realistic versus gradual program design. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 443-464.
- [52] Lambdin, D. (2003). Benefits of teaching through problem solving. In F. Lester, Jr., & R. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving: Prekindergarten – grade 6* (pp. 3-13). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [53] Lampert, M. (1990). When the problem is not the question and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27, 29-63.
- [54] Lampert, M., & Cobb, P. (2003). Communication and language. In J. Kilpatrick, W. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 237-249). Reston, VA: 2003.
- [55] Larson, R., & Boswell, L. (2010). *Big ideas: Math 6*. Erie, PA: Big Ideas Learning.
- [56] Latif, Raja M. "Effective Mathematics Instruction", *Journal of Research in Social Sciences – JRSS* January 2014. Vol: 1 Number 1 Article 1. ISSN: (E) 2306 – 112X. pp. 13 – 18.
- [57] Latif, Raja M. "Mathematics Teaching Strategies at University". " *Journal of Social Sciences and Humanities*" (ISSN: Online Version: 2310-0249 Print Version: 2224-2341). (Accepted)
- [58] Latif, Raja M. "Mathematics Education for University Students". " *Journal of Social Sciences and Humanities*" (ISSN: Online Version: 2310-0249 Print Version: 2224-2341). (Accepted)
- [59] Latif, Raja M. "Qualities of Mathematics and Science Teachers. (Submitted).
- [60] Lesh, R., & Doerr, H. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [61] Lesh, R., & Harel, G. (2003). Problem solving, modeling, and local conceptual development. *Mathematical Thinking and Learning*, 5, 157-189.
- [62] Lesh, R., Lester, F., Hjalmarson, M. (2003). A models and modeling perspective on metacognitive functioning in everyday situations where mathematical constructs need to be developed. In R. Lesh & H. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 383-404). Mahwah, NJ: Erlbaum.236

- [63] Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representation in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-41). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [64] Lesh, R., & Zawojewski, J. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester, Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763-804). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- [65] Lester, Jr., F. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 660-675.
- [66] Lewis, A., & Mayer, R. (1987). Training students to represent arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81, 521-531.
- [67] Lo, J.-J., & Wheatley, G. (1994). Learning opportunities and negotiating social norms in mathematics class discussions. *Educational Studies in Mathematics*, 27, 145-164.
- [68] Lubinski, S. (2000). Problem solving as a means towards mathematics for all: An exploratory look through the class lens. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31, 454-482.
- [69] Mayer, R. (1992). *Thinking, problem solving, and cognition* (2nd ed.). New York: Freeman.
- [70] Packer, A. (2003). (pp. 171-173). Making mathematics meaningful. In B. Madison & L. Steen (Eds.), *Quantitative literacy: Why numeracy matters for schools and colleges*. Princeton, NJ: National Council on Education and the Disciplines.
- [71] Pape, S. (1998). *Components of a reading comprehension model of mathematical problem-solving and their relation to problem-solving success*. ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9830750).
- [72] Pape, S., Bell, C., Owens, S., Bostic, J., Irving, K., Owens, D., Abrahamson, L., & Silver, D. (2010). *Examining verbal interactions within connected mathematics classrooms*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Denver, CO.
- [73] Pittman, M. (2006). *Multiple solution strategies in the middle school mathematics classroom: The role of the teacher*. ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3219047)
- [74] Russell, S., Eston, R., Rook, J., Scott, M., & Sweeney, L. (2003). How to focus mathematics curriculum on solving problems. In F. Lester, Jr., & R. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving: Prekindergarten – grade 6* (pp. 85-100). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [75] Santos-Trigo, M. (1996). An exploration of strategies used by students to solve problems with multiple ways of solution. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 263-284.
- [76] Sawada, D., Piburn, M., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., & Bloom, I. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. *School Science and Mathematics Journal*, 102, 245-253.
- [77] Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.
- [78] Schoenfeld, A. (1989). Teaching mathematical thinking and problem solving. In L. B. Resnick & B.L. Klopfer (Eds.), *Toward the thinking curriculum: Current cognitive research* (pp. 83-103). (1989 Yearbook of the American Society for Curriculum Development). Washington, DC: ASCD
- [79] Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New York: MacMillan.
- [80] Klein, A., Beishuizen, M., & Treffers, A. (1998) The empty number line in Dutch second grades: Realistic versus gradual program design. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 443-464.
- [81] Sigurdson, S., & Olson, A. (1992). Teaching mathematics with meaning. *Journal of Mathematical Behavior*, 11, 37-57.
- [82] Sigurdson, S., Olson, A., & Mason, R. (1994). Problem solving and mathematics learning. *Journal of Mathematical Behavior*, 13, 361-388.
- [83] Sloane, F. (2008). Randomized trials in mathematics education: Recalibrating the proposed high watermark. *Educational Researcher*, 37, 624-630.
- [84] Smith, S. (2003). Representation in school mathematics: Children's representations of problems. In J. Kilpatrick, W. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 263-274). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- [85] Stauters, M. (2006). A universal design for learning mathematics: Reducing barriers to solving word problems. ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3233292)
- [86] Stigler, J., & Hiebert, J. (2009). *The Teaching Gap: Best Ideas from the World's Teachers for Improving Education in the Classroom*. New York: Free Press. (Original work published in 1999)
- [87] Thompson, P. (2008). On professional judgment and the National Mathematics Advisory Panel report: Curricular content. *Educational Researcher*, 37 582-587.

- [88] Thompson, A. (1985). Teachers' conceptions of mathematics and the teaching of problem solving. In E. A. Silver, Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives (pp. 281-294) . Hillsdale, NJ: Erlbaum. Thorndike
- [89] Verschaffel, L., & De Corte, E. (1997). Teaching realistic mathematical modeling in the elementary school: A teaching experiment with fifth graders. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 577-601.240
- [90] Verschaffel, L., De Corte, E., Lasure, S., Van Vaerenbergh, G., Bogaerts, H., & Ratinckx, E. (1999). Learning to solve mathematical application problems: A design experiment with fifth graders. *Mathematical Thinking and Learning*, 1, 195-229.
- [91] Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, Netherlands: Swets & Zeitlinger.
- [92] Vilenius-Tuohimaa, P., Aunola, K., & Nurmi, J. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology*, 28, 409-426.
- [93] Webb, N. (1979). Conceptual knowledge, and mathematical problem-solving ability. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10, 83-93.
- [94] Williams, S., & Baxter, J. (1996). Dilemmas of discourse-oriented teaching in one middle school mathematics classroom. *The Elementary School Journal*, 97, 21-38.
- [95] Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics*, 27, 458-477.
- [96] Zusho, A., & Pintrich, P. (2002). Motivation in the second decade of life: The Role of multiple developmental trajectories. In T. Urdan & F. Pajares (Eds.), *Adolescence and education: General issues in the education of adolescents* (pp. 163-199) Greenwich, CT: Information Age.

Origines du fer dans les eaux souterraines de la région de Katiola

[Origins of iron in groundwater in Katiola area]

Franck Maxime Gnamba¹, Bernard Adiaffi², Yeï Marie Solange Oga², Kpan Oulaï Gauthier², and Tanina Soro²

¹Département de Géosciences, UFR des Sciences Biologiques,
Université Peleforo Gon Coulibaly,
BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

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

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The most of groundwater in Katiola area present high relatively proportions of iron. Previous works indicate that over 67% of collected water have iron proportions above the WHO guideline value which is 0.3 mg L⁻¹. If iron and manganese do not pose serious health risks, their presence may indicate that groundwater is of poor quality and may be indicative of an existence of other problems that could cause adverse health effects. Therefore, this study aims to determine the origin of iron in groundwater of the area study and give answers to high iron contents. To achieve this goal, we applied multivariate analysis (CNPA and CAH) on the results of physico chemical analysis and overlay maps of iron distribution with geological map. The results of the ACPN indicate that; solubility of iron and manganese increases in anoxic conditions. The overlay map of iron concentration distribution of with geological map shows that, high iron levels are found in greater proportion in the biotite's granites; suggesting their origin related to the geology of the area study.

KEYWORDS: groundwaters, physico-chemical analysis, iron proportions, Katiola, Ivory Coast.

RESUME: La majorité des eaux souterraines de la région de Katiola ont des teneurs relativement élevées en fer. Les travaux antérieurs montrent que plus de 67% des eaux prélevées ont des concentrations en fer supérieures à la valeur guide OMS qui est de 0,3 mg.L⁻¹. Si le fer et le manganèse ne posent pas de risques sérieux pour la santé, leur présence peut indiquer que l'eau souterraine est de mauvaise qualité et peut être révélateur de l'existence d'autres problèmes susceptibles d'avoir des effets nocifs sur la santé. La présente étude a donc pour objectif de déterminer l'origine du fer afin d'apporter des éléments de réponse aux concentrations élevées dans les eaux souterraines de la région d'étude. Pour atteindre cet objectif, nous appliquons les analyses multivariées (ACPN et CAH) sur les résultats d'analyses physico-chimiques et superposons la carte de répartition des teneurs en fer avec la carte géologique. Les résultats de l'ACPN indiquent que la solubilité du fer et du manganèse augmente dans des conditions anoxiques et que l'oxydoréduction serait le mécanisme de mise en solution des ions. La superposition des cartes (répartition des teneurs en fer et géologie) montre que les fortes teneurs en fer s'observent en grande proportion dans les granites à biotite ce qui leur suggère une origine, liée à la géologie de la région d'étude.

MOTS-CLEFS: eaux souterraines, analyse physico-chimique, teneurs en fer, Katiola, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le fer et le manganèse, abondants à l'état naturel dans tout type de roches se retrouvent à l'état dissous dans bon nombre d'eaux souterraines [1]. Dans les eaux bien aérées, leurs concentrations sont rarement importantes. En revanche, dans les eaux peu aérées (en particulier dans les eaux souterraines), on peut en observer de fortes teneurs quand les conditions de solubilisation sont réunies. Les sources les plus fréquentes de fer et de manganèse dans l'eau souterraine sont naturelles. Il s'agit par exemple de l'altération météorique des minéraux et des roches qui en contiennent (les amphiboles, les micas ferromagnésiennes, les sulfures de fer, les magnétites, les oxydes, les carbonates etc.). Toutefois, Les effluents industriels, les eaux d'exhaure acide, les eaux usées ainsi que les lixiviats provenant des sites d'enfouissement des déchets peuvent également contribuer à la présence de fer et de manganèse dans les nappes phréatiques. Dans la région de Katiola située au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire, les analyses chimiques sur des échantillons d'eau souterraines révèlent des concentrations anormalement élevées en fer dans la majorité des forages d'eau [2]. En effet, 67% des eaux souterraines ont des teneurs en fer au dessus de la recommandation OMS de 0.3 mg.L^{-1} pour une eau de consommation [3]. Le fer et le manganèse sont indispensables en petites quantités, à tous les organismes vivants. Cependant, à des concentrations supérieures aux recommandations pour l'eau potable, le fer et le manganèse peuvent modifier le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau. L'eau possédant des concentrations élevées de fer et manganèse peut entraîner la formation de taches sur les raccords de plomberie ou sur le linge. Le fer peut également s'accumuler et bloquer les tuyaux ou les raccords de plomberie et entraîner la présence de flocons de rouille dans l'eau. Il peut favoriser la croissance de bactéries indésirables qui forment une couche visqueuse à l'intérieur des tuyaux. En outre, Des taux plus élevés de fer, pourraient augmenter les risques de maladies cardiovasculaires et de cancers [4]. Le fer, en trop grande quantité, est également impliqué dans plusieurs maladies neurodégénératives comme Alzheimer et la Chorée de Huntington [5]. Les eaux de forage présentant de fortes teneurs en fer dans la zone d'étude sont parfois abandonnées par les populations à cause du mauvais goût ou de la forte coloration au profit des eaux de source (Photo 1). Une étude pour comprendre l'origine de ces fortes concentrations en fer dans les eaux est donc nécessaire. C'est dans cette perspective que la présente étude a été initiée. Elle a pour objectif de déterminer l'origine du fer dans les eaux souterraines de la région de Katiola.



Photo. 1. Approvisionnement à partir d'une source à Pehekaha (Katiola, source [2])

2 CADRE D'ÉTUDE ET CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La région de Katiola est située à 434 km d'Abidjan au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. Elle est comprise entre les longitudes $4^{\circ}75'$ et $5^{\circ}75'$ Ouest et les latitudes $7^{\circ}95'$ et $9^{\circ}45'$ Nord (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Elle s'étend sur une superficie de 9452 km^2 soit environ 3% de la superficie totale du territoire, avec une population estimée à 165652 habitants [6]. Le contexte climatique de la région dérive de l'interface entre climat soudanien et guinéen. La région est drainée par

deux principaux fleuves et leurs affluents qui constituent des limites naturelles du département, le Bandama à l'Ouest et le N'Zi à l'Est.

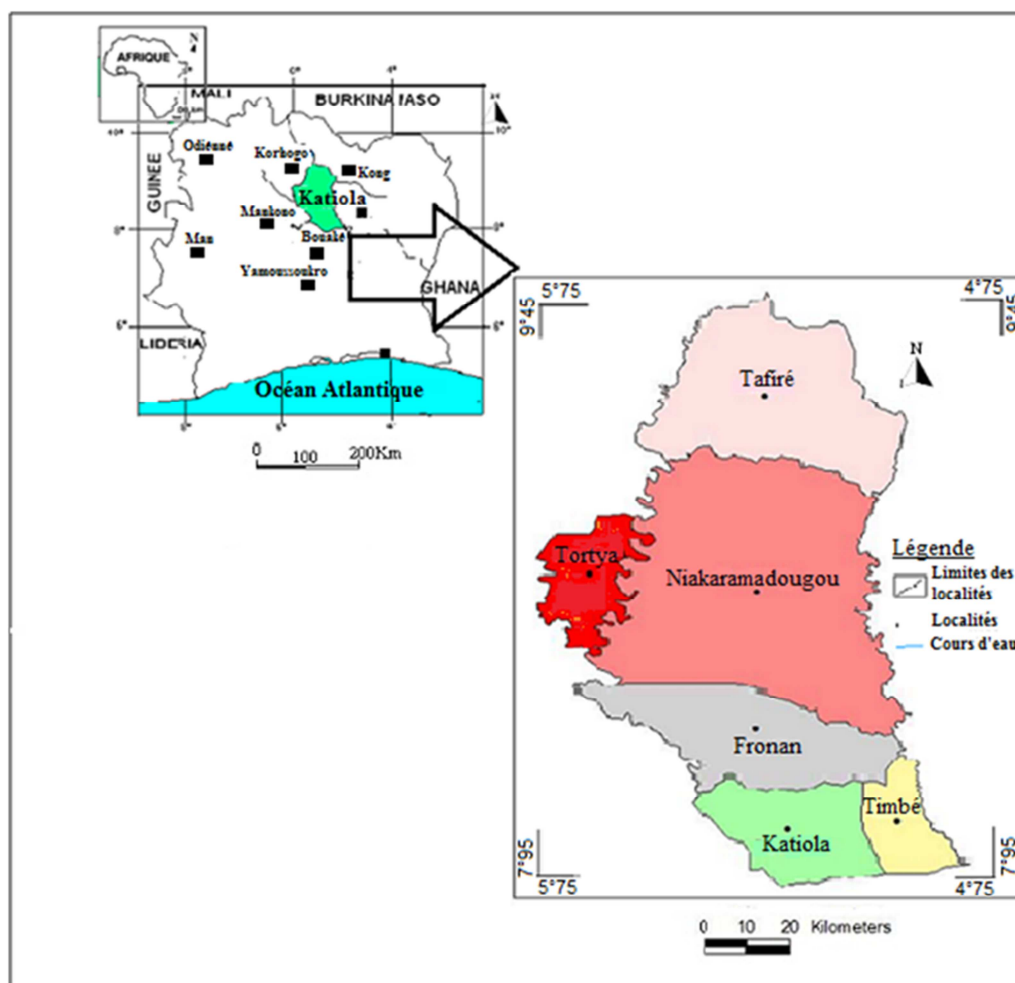


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Au plan géologique, la région se situe dans le domaine Baoulé-Mossi et est constituée d'une diversité de formation birimienues dont les principales sont : des granitoïdes calco-alcalins et alumino-potassiques (granites à deux micas), des métavulcanites, des roches vertes, et des métasédiments [7]. Les formations cristallines se composent essentiellement de migmatites et granites indifférenciés, de gneiss ainsi que de granites syntardi-tectoniques recoupant des séquences volcano-sédimentaires dans la majeure partie du département de Katiola (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Du point de vue hydrogéologique, ces différentes formations, à l'état sain, présentent une porosité et une perméabilité très faibles. Cependant, les phénomènes tectoniques et physico-chimiques qui affectent ces roches induisent une porosité et une perméabilité dites secondaires, permettant à ces formations de devenir des aquifères souvent de grande productivité. On note la présence de trois types d'aquifères ; les aquifères d'altérites, les aquifères de fissures, et les aquifères de fractures.

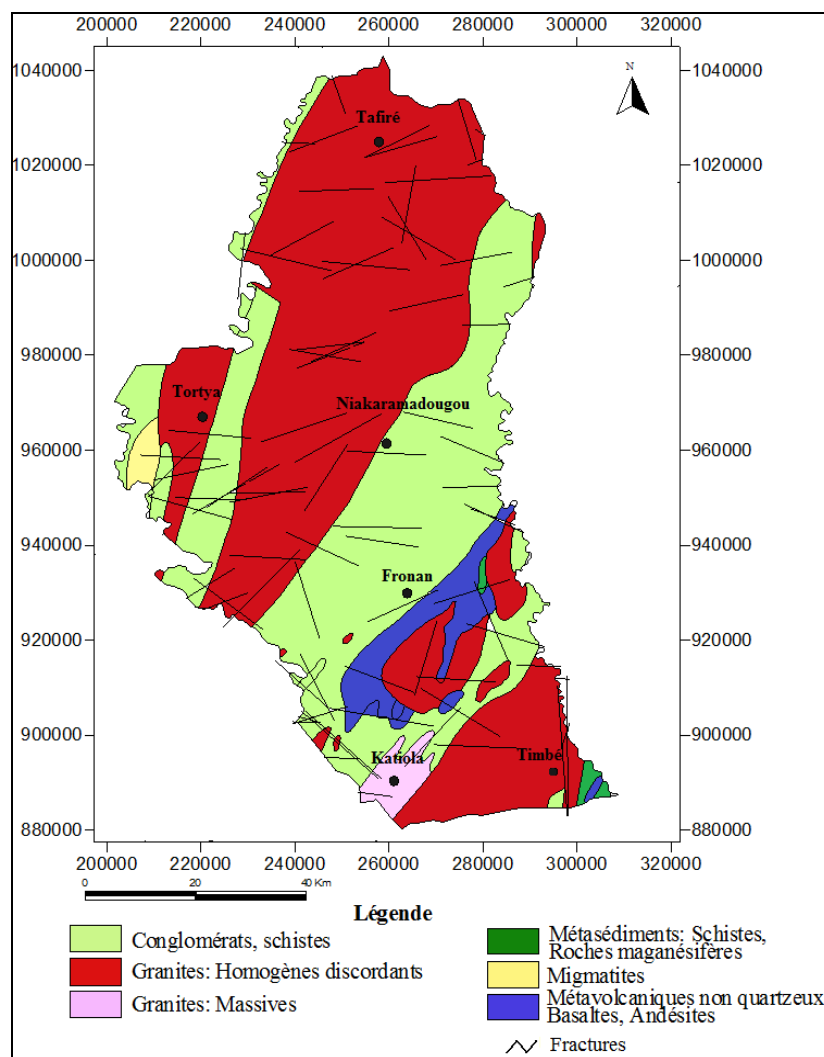


Fig. 2. Carte géologique de la région de Katiola

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 DONNEES

Pour les besoins de cette étude, 82 points d'eau (forages) repartis sur l'ensemble de la région ont été inventoriés. Ces eaux ont été sélectionnées pour constituer le réseau d'échantillonnage. Ces données sont issues d'un Programme "d'urgence de réhabilitation post crise de forages" des régions nord de la Côte d'Ivoire, notamment de la région de Katiola. Il s'agit du projet dénommé "FED 9 ACP IVC 003 IVC/030/000" financé par l'Union Européenne et dont le maître d'œuvre est l'ex CREPA-CI. La campagne de prélèvement des échantillons d'eau a eu lieu dans la période du 09/02/2005 au 06/04/2006. La caractérisation physico-chimique a porté sur des mesures *in situ*, (température, pH, salinité, conductivité électrique) et le dosage au laboratoire des composants majeurs et des éléments traces métalliques (chlorure Cl^- , sulfate SO_4^{2-} , hydrogénocarbonates HCO_3^- , nitrate NO_3^- , calcium Ca^{2+} , magnésium Mg^{2+} , sodium Na^+ , potassium K^+ , fer Fe^{2+} , manganèse Mg^{2+} , etc.).

3.2 MÉTHODES

L'utilisation combinée de l'Analyse en Composante Principale (ACP) et de la classification Ascendante Hiérarchique (CAH), est un puissant outil pour analyser des paramètres physico-chimiques des eaux et établir des modèles géochimiques [8]. L'analyse des données a porté sur 17 paramètres ou variables : T°C , CE, pH, OD, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Mn^{2+} et Fe_{tot} , PCO_2 . L'ACPN n'est valable que lorsque les plans factoriels étudiés donnent plus de 70 %

d'informations. La corrélation entre deux éléments est bonne si elle est proche de 1. On considère ainsi les coefficients de corrélation supérieur à 0,7 comme significatifs, tandis que ceux qui sont compris entre 0,5 et 0,7 moins significatifs [9]. Dans le cas de la CAH, la distance euclidienne a été employée comme une mesure de similarité/dissimilarité, tandis que la méthode d'agrégation de Ward a été employée pour lier les faisceaux. Une combinaison de la distance euclidienne comme mesure de similitude et de la méthode de Ward comme méthode d'agrégation a été observée comme la meilleure combinaison débouchant sur des résultats optimaux dans la CAH ([10], [11]).

Le fondement mathématique de la méthode tel que proposé par [12] est basée sur le calcul de la distance euclidienne entre les individus ou observations dans un espace à n -dimensions. Premièrement, les données doivent être normalisées par le calcul de leurs moyennes à l'aide la formule (31) :

$$K_{ij} = \frac{(X_{ij} - X)}{S_{ic}} \quad \text{Éq. 1}$$

où K_{ij} est la valeur normale de X_{ij} pour la $i^{\text{ème}}$ variable du $j^{\text{ème}}$ individu, X est la moyenne de la $i^{\text{ème}}$ variable et S_{ic} l'écart type.

La procédure adoptée donne un poids égal à chaque variable. Ainsi, la mesure de similarité est tout simplement la distance définie dans un espace euclidien [12].

La distance entre deux individus (j, k) est donnée par la relation suivante :

$$d_{ij} = \left[\sum_{i=1}^N (K_{ij} - K_{ik}) \right] \quad \text{Éq. 2}$$

Où K_{ik} représente la $K_{i\text{ème}}$ variable mesurée sur l'objet i , et K_{jk} la $K_{j\text{ème}}$ variable mesurée sur l'objet j . Le résultat est donné sous forme d'un dendrogramme horizontal ou vertical qui classe les observations ou variables par groupes ou sous-groupes ayant le même poids ou les mêmes caractéristiques.

4 RÉSULTATS

4.1 ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE NORMEE (ACPN)

Les résultats de l'ACPN ont été exploités par analyse de la matrice de corrélation et projection des variables dans les plans factoriels F1-F2 et F1-F3.

4.1.1 ANALYSE DE LA MATRICE DE CORRELATION

Tableau 1. Matrice de corrélation entre paramètres dans les eaux souterraines

	T°C	pH	CE	OD	HCO ₃	Cl	NO ₃	SO ₄	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	NH ₄	PO ₄ ³	pCO ₂
T°C	1,00																
pH	0,23	1,00															
CE	-0,13	-0,05	1,00														
OD	-0,25	-0,04	-0,01	1,00													
HCO ₃	-0,18	-0,07	0,95	0,03	1,00												
Cl	-0,21	-0,01	0,86	0,04	0,91	1,00											
NO ₃	-0,06	-0,05	0,89	-0,04	0,84	0,77	1,00										
SO ₄	-0,04	-0,06	0,89	-0,02	0,83	0,74	0,87	1,00									
Ca	-0,07	-0,04	0,95	-0,01	0,95	0,86	0,86	0,86	1,00								
Mg	-0,21	-0,14	0,81	0,14	0,84	0,90	0,70	0,72	0,79	1,00							
K	-0,22	-0,05	0,80	0,06	0,83	0,77	0,80	0,68	0,84	0,71	1,00						
Na	-0,04	0,03	0,85	0,01	0,90	0,86	0,81	0,77	0,89	0,73	0,81	1,00					
Fe	0,37	0,10	-0,08	-0,78	-0,14	-0,15	0,02	0,00	-0,06	-0,14	-0,13	-0,10	1,00				
Mn	0,30	-0,12	0,03	-0,68	-0,02	-0,12	0,04	0,07	0,06	-0,04	-0,08	-0,06	0,72	1,00			
NH ₄	-0,19	-0,02	0,51	-0,04	0,49	0,36	0,60	0,49	0,41	0,22	0,47	0,44	-0,03	-0,11	1,00		
PO ₄ ³	0,07	-0,15	0,69	0,11	0,72	0,70	0,68	0,56	0,73	0,57	0,58	0,71	-0,13	-0,02	0,36	1,00	
pCO ₂	-0,19	-0,67	0,58	-0,04	0,61	0,49	0,53	0,49	0,61	0,56	0,54	0,51	0,06	0,13	0,18	0,49	1,00

L'examen de la matrice de corrélation fait clairement ressortir que le fer et le manganèse ont des corrélations négatives significatives avec l'oxygène dissout, respectivement (-0,78) et (-0,68). Cette corrélation suggère une évolution inversement proportionnelle du fer et du manganèse avec l'oxygène dissout et indique que dans les eaux privées d'oxygène, les concentrations de Fe et Mn augmentent de manière significative. La matrice révèle également une bonne corrélation (0,72) entre ces deux éléments traces métalliques, ce qui leur suggère une origine commune dans les eaux de la région. Tout ceci devrait être confirmé par l'analyse de la projection dans l'espace des variables.

4.1.2 ANALYSE DANS L'ESPACE DES VARIABLES

Plan factoriel F1-F2

L'espace des variables dans ce plan indique que le facteur 1 est bien corrélé dans sa partie négative avec les paramètres tels que, HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Na^+ , NO_3^- et dans une moindre mesure avec SO_4^{2-} , K^+ , et Mg^{2+} (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Tous ces éléments n'apparaissent dans l'eau qu'après un long temps de contact des eaux avec l'encaissant. Le facteur 1 représente principalement le processus de minéralisation des eaux souterraine par hydrolyse des silicates sous l'action des eaux chargées en CO_2 . Il exprime donc le temps de séjour des eaux dans l'aquifère. L'axe factoriel 2 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) est principalement représenté par la relation entre le fer (Fe) et le manganèse (Mn) en opposition avec l'oxygène dissout. La relative opposition entre l'oxygène dissout et le couple (Fe ; Mn) sur cet axe illustre bien le sens opposé de leurs variations dans l'eau et indique que la solubilité du fer et du manganèse augmente dans les conditions anoxiques. Le facteur 2 peut être considéré comme un mécanisme d'oxydo-réduction à proximité ou dans la zone de confinement de la nappe.

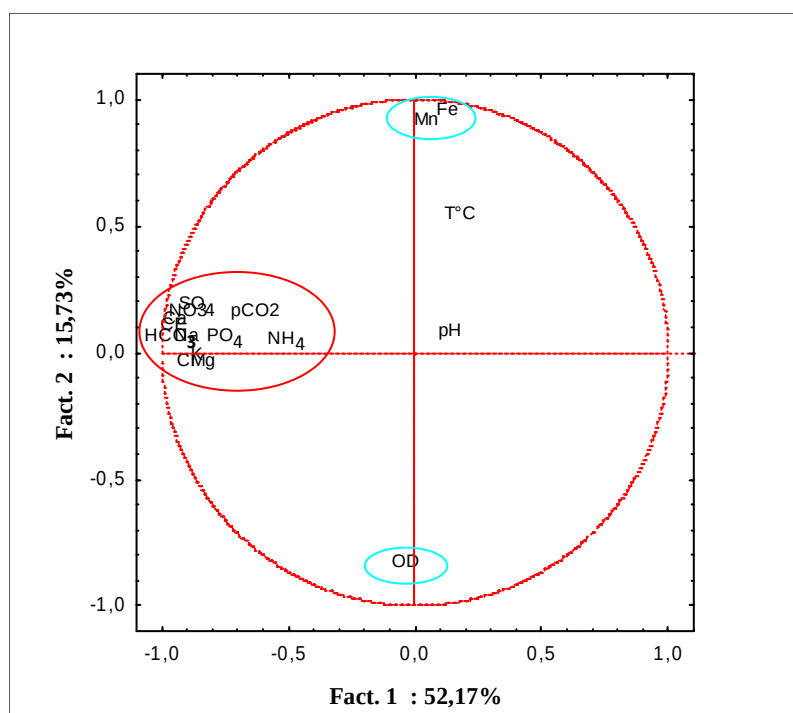


Fig. 3. Analyse dans l'espace des variables dans le plan F1-F2

Plan factoriel F1-F2

Dans la structure du plan F1-F3 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), le facteur 1 est toujours corrélé avec les mêmes éléments que dans le plan F1-F2. Le facteur 3 est déterminé par l'opposition relative entre la pCO_2 et le pH et est un indicateur des apports superficiels. La position des paramètres tels que, Fe et Mn à l'origine des axes indique que l'information contenue au niveau de ces éléments n'est pas accessible aux deux facteurs. Ce qui veut dire qu'ils sont issus d'un même mécanisme de contrôle, mais différents de ceux exprimés par les facteurs 1 et 3.

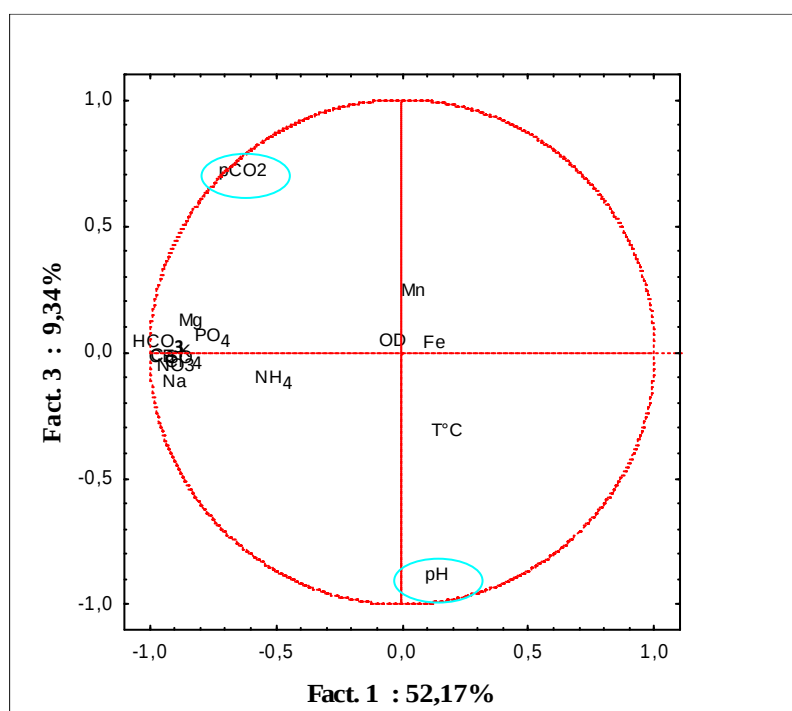


Fig. 4. Analyse dans l'espace des variables dans le plan F1-F3

4.2 CLASSIFICATION ASCENDANTE HIÉRARCHIQUE (CAH)

Le résultat de la classification ascendante hiérarchique sur les variables est présenté à la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Sur la base des distances et de leur position sur le dendrogramme, des classes et des sous-classes distinctes de variables se dégagent sur la figure. La sous-classe définie par les éléments tels que Fe, Mn, Na et K indique qu'ils sont associés dans les eaux avec une origine commune. L'abondance du fer et du manganèse dans les eaux serait liée à la présence dans la matrice rocheuse de l'aquifère de minéraux ferromagnésiens riche en sodium et en potassium. Ceci devrait être confirmé ou infirmé par l'étude de la superposition de la carte géologique avec la carte de répartition des fortes teneurs dans les eaux.

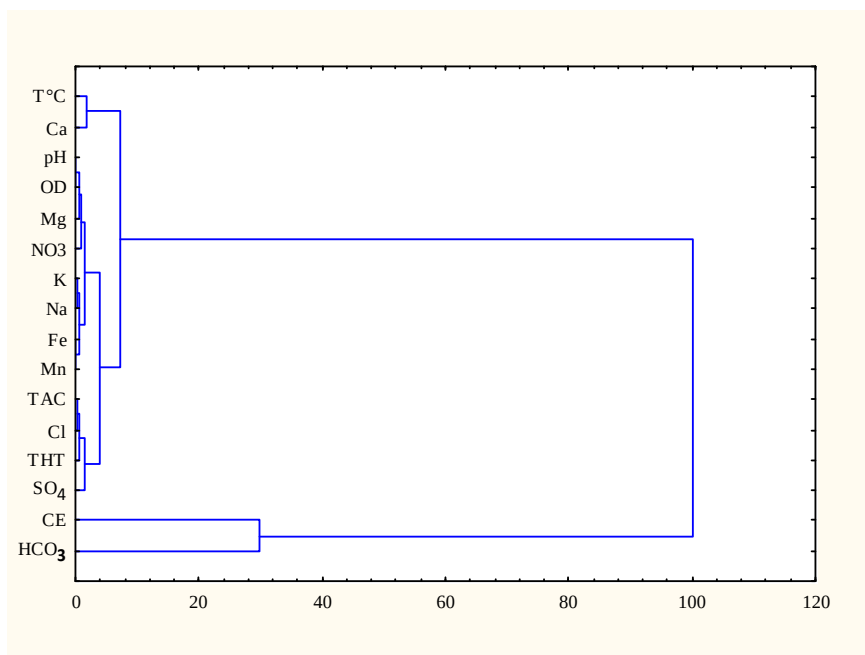


Fig. 5. Dendrogramme des variables dans les eaux souterraines de Katiola

4.3 CARTE DE REPARTITION DES FORTES TENEURS COUPLEES AVEC LA GEOLOGIE

La carte de répartition des teneurs en fer couplée avec les formations géologiques représentée à la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** permet de comprendre l'origine des fortes concentrations. En effet, l'examen de la carte montre que les fortes teneurs en fer (représentées par les points verts sur la carte) s'observent en grande proportion dans les granites à biotite. La biotite caractéristique de ces roches est très riche en fer. On observe également des valeurs élevées dans les schistes du birimien (qui correspondent dans la région à des schistes métamorphisées riches en biotite et en grénat) avec des teneurs très élevées en fer. Ce résultat indique que la distribution des fortes concentrations en fer dans les eaux souterraines est également liée à la nature pétrographique des roches de la région.

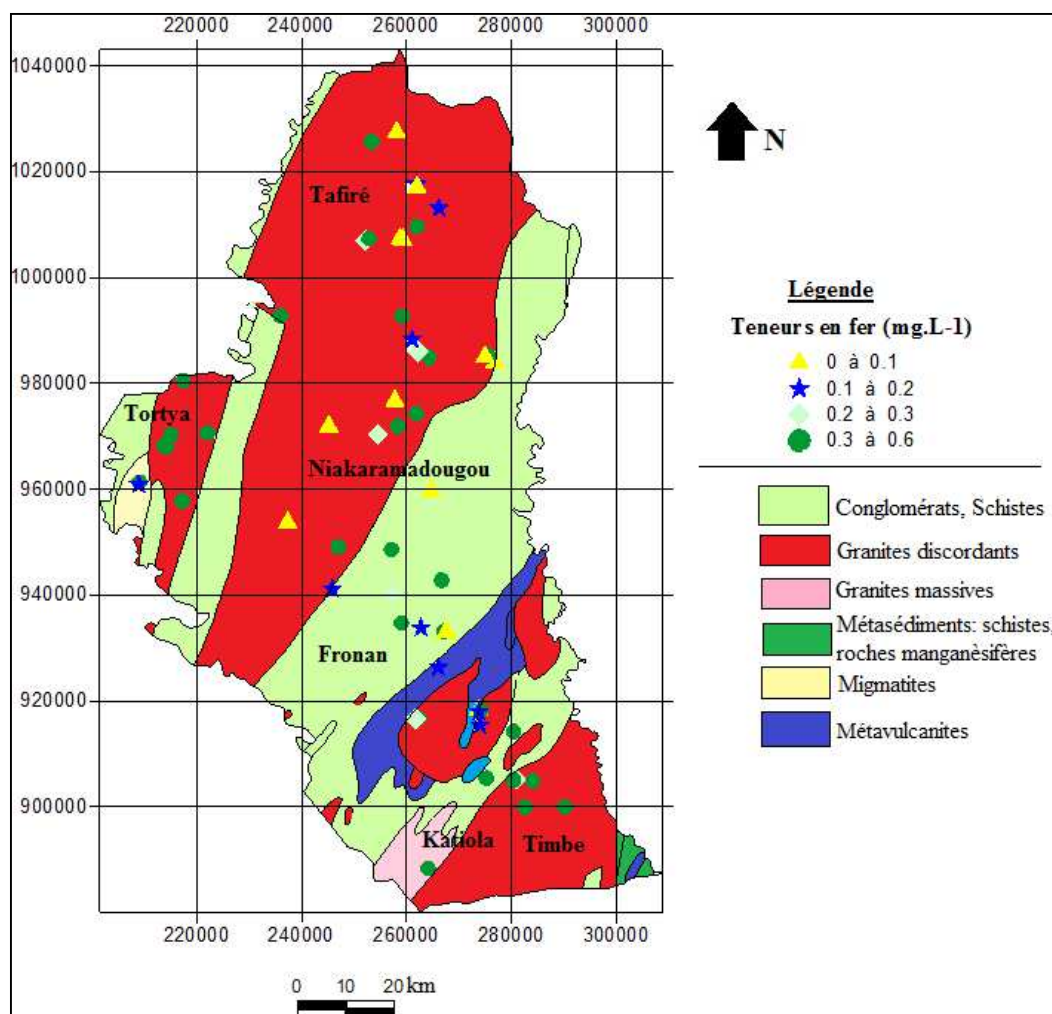


Fig. 6. Carte couplée de la répartition spatiale des teneurs en fer avec la géologie

5 DISCUSSION

L'Analyse en Composante Principale Normée (ACPN) a permis en première approche d'identifier l'oxydo-réduction dans la zone de confinement de la nappe comme mécanisme majeur favorisant la mise en solution des ions Fe^{2+} et Mn^{2+} . En effet selon [13], la bonne corrélation entre Fe et Mn confirme la thèse d'une réduction de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ et $\text{Mn}(\text{OH})_3$ comme source des deux éléments. En outre [14] évoquent une co-précipitation de Mn^{2+} avec $\text{Fe}(\text{OH})_3$ pour expliquer l'absence de Mn en milieu oxydant. Les états du fer et du manganèse à faible valence Fe [II], Mn [II] sont donc stables dans un environnement réducteur. Ils sont plus solubles que les formes hydroxydes Fe [III] et Mn [III-IV] qui se dissolvent et deviennent mobiles sous forme réduite [15]. La diminution du potentiel d'oxydo-réduction est liée à une réduction de O_2 et est accompagnée par une réduction de $\text{Mn}(\text{III})\text{OH}$ en Mn^{2+} , de $\text{Fe}(\text{III})\text{OH}$ en Fe^{2+} ainsi que d'une réduction de NO_3^- et NO_2^- en NH_4^+ ou N_2 [13]. La présence des ions NH_4^+ dans les eaux moins oxygénées de la région confirme cette hypothèse. La zone captive de la nappe, proche de la limite de confinement où se produit la chute du potentiel d'oxydo-réduction est appelée "redox barrier" [16]. Il est possible d'établir une séquence type de réactions se succédant dans l'aquifère dans le sens de l'écoulement, en fonction du temps de résidence, à condition qu'il existe une microfaune capable de les catalyser [17]. La superposition de la carte de répartition des teneurs en fer avec la géologie montre que les fortes concentrations se rencontrent dans les granitoïdes calco-alcalins (granite à biotite) et les schistes du birrimien (schistes métamorphisées riches en biotite et en grenat). La biotite et le grenat caractéristiques de ces roches dans la région d'étude sont très riches en fer [7]. L'altération météorique de ce minéral peut donc être à l'origine de l'abondance du fer dans les eaux souterraines de la région. La présence dans la région des granitoïdes calco-alcalins et des granitoïdes aluminopotassiques (granites à deux micas) est probablement une source non négligeable d'abondance du fer dans les eaux de la région. En effet, Les sources les plus fréquentes de fer et de manganèse dans l'eau souterraine sont naturelles. Il s'agit par exemple de l'altération météorique des minéraux et des roches qui en contiennent (les amphiboles, les micas ferromagnésiennes, les sulfures de fer, les magnétites, les oxydes, les

carbonates etc.) [18]. Les fortes concentrations en fer ne sont spécifique à la zone d'étude, des travaux au Burkina Faso [19] et en Côte d'Ivoire, dans la région des Savanes [20] et au Sud à Tiassalé [21] ont relevé de fortes concentrations en fer dans les eaux souterraines. Le fer est un oligoélément indispensable à l'état de trace pour le corps humain, mais une surcharge de l'organisme humain en fer peut entraîner une hémochromatose primitive (mauvaise régulation de l'absorption du fer par l'intestin) et même une cancérisation hépatique (risque de cancer du foie). Ces troubles interviennent généralement lorsque les concentrations en fer sont supérieures à 10 mg.L⁻¹ [22]. L'oxydation chimique et biologique, le traitement associé à une décarbonatation sont des techniques envisageables pour l'élimination du fer dans les eaux souterraines de la région [18].

6 CONCLUSION

Cette étude a permis de comprendre et de déterminer l'origine et l'abondance du fer dans les eaux souterraines de la région de Katiola. L'analyse en composante principale normée a permis de mettre en évidence la forte corrélation entre le fer et le manganèse, ce qui leur confère une origine commune dans les eaux de la région. L'analyse des plans factoriels indique que la solubilité de ces deux éléments augmente dans les conditions anoxiques. Le mécanisme dominant de mise en solution du fer et du manganèse dans les eaux serait l'oxydo-réduction dans la zone de confinement de la nappe. La classification ascendante hiérarchique et la carte de répartition des teneurs en fer couplée à la géologie montrent que l'abondance du fer dans les eaux est également liée à la nature pétrographique des formations géologiques. En effet, La présence dans la région de granitoïdes calco-alcalins (granite à biotite) et de granitoïdes alumino-potassiques (granites à deux micas) très riches en fer est probablement une source d'abondance du fer dans les eaux souterraines de la région.

RÉFÉRENCES

- [1] BRGM, Le traitement du fer et du manganèse dans les eaux thermales, Note technique DNEMT N°14, 18 p, 1999.
- [2] Gnamba, F.M., Hydrodynamisme et hydrochimie des aquifères de fissure du socle paléoprotérozoïque de la région de Katiola (Centre Nord de la Côte d'Ivoire), Thèse Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, 200 p, 2014.
- [3] OMS, Guidelines for drinking water quality, vol.1, Recommendations (4nd edn.), Geneva, WHO, 1993, 130 p, 2011.
- [4] E. K. Lund, S. G. Wharf, S. J. Fairweather-Tait, and I. T. Johnson, Oral ferrous sulfate supplements increase the free radical-generating capacity of feces from healthy volunteers, *American Journal of Clinical Nutrition* vol. 69, no. 2, pp. 250-255, 1999.
- [5] G. Bartzokis, T. A. Tishler, MRI evaluation of basal ganglia ferritin iron and neurotoxicity in Alzheimer's and Huntington's disease, *Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-grand) Jun*, vol. 46, no. 4, pp. 821-823, 2000.
- [6] INS, Recensement général de la population et de l'Habitat (RGPH) 1998, Données socio-demographiques et économiques, Région des Savanes, 2001.
- [7] Doumbia, S., Géochimie, géochronologie et géologie structurale des formations birimiennes de la région de Katiola-Marabadiassa (Centre Nord de La Côte-d'Ivoire). Evolution magmatique et contexte géodynamique du Paléoprotérozoïque, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France, 202 p, 1997.
- [8] S. M. Yidana, D. Ophori, and B. Banoeng-Yakubo, A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data—The Ankobra Basin, Ghana. *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2006.11.023, 8p, 2007.
- [9] S. Adams, R. Titus, K. Pietersen, G. Tredoux, and C. Harris, Hydrochemical characteristics of aquifers near Sutherland in the Western Karoo South Africa. *Journal of Hydrology*, Vol. 241, No. 1-2, pp. 91-103, 2001.
- [10] C. Güler, G. Thyne, J.E. McCray, and A. K. Turner, Evaluation and graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data, *Hydrogeology*, vol. 10, pp. 455-474, 2002.
- [11] V. Cloutier, R. Lefebvre, R. Therrien, and M. M. Savard, Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydrogeochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system, *Journal of Hydrology*, vol. 353, pp. 294-313, 2008.
- [12] M. T. Hussein, Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin, eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques, *Hydrogeology Journal*, Vol. 12, pp. 144-158, 2004.
- [13] W. Klopman, L. Dever, et W. M. Edmunds, Zone d'oxydo-réduction dans l'aquifère de la craie des bassins de Paris et de l'Allemagne du Nord, *Hydrological Sciences-Journal des Sciences hydrologiques*, vol. 41, no. 3, pp. 311-326, 1996.
- [14] W. M. Edmunds, R. L. F. Kay, and MC R. A. Cartney, Origin of saline groundwaters in the Carnmenellis granite (Cornwall, England), Natural processes and réaction during hot dry rock reservoir circulation, *Chemical geology*, Vol. 49, pp. 287-301, 1985.
- [15] A. Mariotti, La dénitrification dans les eaux souterraines principes et méthodes de son identification : une revue, *Journal of Hydrology*, pp. 1-23, 1986.

- [16] W. M. Edmunds, Trace element variation across an oxidation-réduction barrier in a limestone aquifer. In: Proc.Symp. Hydrogeochemistry and Biogeochemistry (Tokyo, 1970) ed. E. Ingerson,. Clarke Co., Washington DC, USA, pp. 115-147, 1973.
- [17] Stumm, W., and Morgan, J. J., Aquatic Chemistry. Wiley, New York, USA; 1981.
- [18] GLS, L'élimination du fer et du manganèse dans l'eau destinée à la consommation humaine, Memotec no. 16, Révision A, 2p, 2006.
- [19] A. M. Abdoukari, et G. Bubie, Caractérisation physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). Int. J. Biol. Chem. Sci, vol. 9, no. 1, pp. 517-533, 2015.
- [20] Soro G., Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) : hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse Université de Cocody. Abidjan (Côte d'Ivoire), 250 p, 2010.
- [21] M. S. Oga, T. Lasm, T. K. Yao, N. Soro, M. B. Saley, D. Kouassi, et F. Gnamba, Caractérisation chimique des eaux des aquifères de Fracture: Cas de la Région de Tiassalé en Côte d'Ivoire, European Journal of Scientific Research, vol 31, no. 1, pp.72-87, 2009.
- [22] G.D. Lanciné, A. J. Touchard, K. Bamory, K. Fernand, K. Kouadio, et S. Issiaka, Elimination du fer et du manganèse par aération-filtration des eaux de forage en zone rurale dans les pays en développement, cas de la région de Tassialé (Sud de la cote d'ivoire), European Journal of Scientific Research, 19(3) : pp. 558-567, 2008.
- [23] www.dynavive.eu/DocuPDF/EliminationFerManganese.pdf (5 juin 2016)

Thermal degradation of Tunisian olive stones using thermogravimetric analysis (TGA)

Amina Bedoui, Souad Souissi-Najar, and Abdelmottaleb Ouederni

Laboratory of Process Engineering and Industrial Systems (LR11ES54), National School of Engineers, University of Gabes,
Medenine Street 6029, Tunisia

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this paper is to study of the thermal degradation of Tunisian olive stones by non-isothermal thermogravimetric analysis (TGA) device, under nitrogen atmosphere. Thermogravimetric analysis of different particles sizes (0.63-2.5mm) was evaluated. The effect of heating rates has been performed. Results showed that particles sizes don't have any effect on the pyrolysis of olive stones whereas the decomposition process is shifted to higher temperature zone with heating rate increasing. Three different kinetic models, the iso-conversional; Kissinger-Akahira-Sunose, Ozawa-Flynn-Wall methods and Coats Redfern model were applied on TGA data of olive stones (OS) to calculate the kinetic parameters including activation energy, pre-exponential factor and reaction order. Simulation of olive stones pyrolysis using data obtained from TGA analysis showed good agreement with experimental data for all models. The dependence of the apparent activation energy determined using Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) and Ozawa-Flynn-Wall (OFW) methods, on the conversion degree reveals that pyrolysis progress rather through multi-steps kinetics.

KEYWORDS: TGA; thermal degradation; iso-conventional methods; Activation energy.

1 INTRODUCTION

Olive oil production is of great economical importance in many Mediterranean countries, i.e. Spain, Italy, Turkey, Greece, and Tunisia, that's present large producers that have together marketed 97% of the world olive oil production ([1], [2]). In 2012, Tunisia represent the fourth largest exporter of olive oil worldwide, with an export production of 163,000 tons, this amount was expected to increase in 2013 according to the General Directorate for Research at the Ministry of Agriculture [3]. Thus, the amount of bio-wastes produced by the olive oil industry is increasing that's well known that the production of olive oil generates large volumes of wastes.

Several researches prove that energetic valorization is the solution for the solid waste elimination ([4], [5], [6]). That's using biomass to produce bioenergy is often a way to dispose of waste materials that otherwise would create environmental risks. The energy exploitation of biomass is an interesting challenge since it is zero net CO₂ emission, it is unlimited, and it minimizes the disposal problems associated with the generation of agricultural by-products. Moreover, biomass exploitation allows the possibility of generating added value products such as chemicals or activated carbons (ACs) which means an attractive economic and technological solution.

Thermo-chemical conversion such as combustion, gasification, pyrolysis is the most commonly biomass conversion method to upgrade biomass energy quality ([4], [7], [8]). It has been widely reported the feasibility of using agricultural by-products as renewable source of energy by means of pyrolysis processes ([4], [8], [9], [10]). Pyrolysis is one of the most employed methods to convert biomass and organic residues into diverse products. Solid biomass and wastes, which are very difficult and costly to manage, can be readily converted into liquid, gas and charcoal products by the pyrolysis process. Therefore, research on the pyrolysis process of a specific ligno-cellulosic waste would be beneficial for a better understanding of the pyrolytic mechanism and to improve its transformation and application as bio-fuels, chemical products and bio-materials. So, among the many reasons for quantifying the rate of a chemical reaction, the thermo-kinetic behavior

of the biomass is of high importance during the degradation of its main components, which allow control the reaction rate as a function of temperature and composition.

Various procedures for evaluating kinetic parameters from data derived from non isothermal thermogravimetric analysis (TGA) have been developed, and the vast majority of them can be classified as either “model-free” or “model-fitting” ([8], [10], [11]). Recently, the model-free method, also called the iso-conversional method, was the most common used methods in the kinetics study of biomass pyrolysis process ([13], [14]). The model-free approach does not require assumption of specific reaction models, and yields unique kinetic parameters as a function of either conversion or temperature. According to which a single step process is considered and the need of accurate reaction scheme is eliminated.

Of the two main model free methods the iso-conversional approach is more frequently adopted, and is increasingly being used in biomass thermochemical conversion research. Recently, various iso-conversional methods are employed in the analysis of the non isothermal decomposition of biomasses ([4], [13], [14], [15],).

For olive stones, numerous studies on the TGA kinetic non-isothermal pyrolysis are available ([5], [10], [16], [17], [18]) and most were based on fitting models. La référence [18] studied pyrolysis kinetics of almond shells and olive stones considering their organic fractions and applicated the independent reactions model for calculating kinetic parameters. On the other hand, reaction kinetic parameters of olive waste are obtained under inert and oxidative conditions using global independent reactions model [5].

So that, the aim of the present paper is to characterize the olive stones and studying the kinetic of pyrolysis by the application of free (iso-conventionals) models. The Ozawa– Flynn–Wall (OFW) ([19], [20]) and the Kissinger– Akahira–Sunose (KAS) [21] kinetic models allow the calculation of the activation energy of the process. Coats-Redfern method will be used to determine the pre-exponential factor. The obtained results will be compared to the experimental in order to compare the validity and performance of the models.

The used data were obtained via the thermogravimetric analysis (TGA-DTA), which is one of the most commonly used techniques to study the primary reactions of thermal decomposition of solids.

2 EXPERIMENTAL

2.1 MATERIALS

The materials employed in this study were olive stones (OS), which are obtained from a Tunisian oleic manufacture. The precursor was naturally dried in the sun in order to reduce water content close to 10%. And then was grounded in order to have homogeneous products. After sieving, four sizes were selected for tests with particle diameter ranging from 0.63mm to 2.5mm ($0.63 < d < 1.25$ mm, $1.25 < d < 1.6$ mm, $1.6 < d < 2$ mm and $2 < d < 2.5$ mm). In the present study no physical or chemical treatment was undertaken.

Before thermogravimetric analysis, the samples were analyzed to determine the main properties that affect thermal conversion. Moisture content was determined gravimetrically by the oven drying method. Ultimate analysis was made in the institute for Agrobiotechnology Center for Analytical Chemistry (Austria). Proximate and chemical determinations were made according to standard analytical methods. The Higher Heat value (HHV) was determined using ultimate analysis [22]. The results are summarized in Table 1. They are in the same order of magnitude than results obtained in previous investigations ([5], [23]).

2.2 THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS (TGA)

Olive stones samples were subjected to thermogravimetric analysis using a SETARAM SETSYS EVOLUTION12 instrument controlled by a PC. Pyrolysis tests were performed in a Simultaneous differential thermogravimetric analyzer, TGA-DTA/DSC of Perkin Elmer under a Nitrogen atmosphere with a heat flow rate of 200 ml/min and an initial mass of sample around 25–30 mg. The sample weight loss and rate of weight loss as functions of time or temperature were recorded continuously under dynamic conditions. The reaction temperature range was 30-900 °C and the heating rate was controlled at 5, 10, 15 and 20 °C/min. The experiments were replicated three times to determine their reproducibility, and the average value was recorded. The experimental error of these measurements was calculated, obtaining an error for all studied samples of $\pm 0.5\%$ in weight loss measurement and ± 2 °C in temperature measurement.

2.3 KINETIC MODELING

Several approaches to kinetic analysis of thermogravimetric data have been used for the determination of the kinetic parameters for biomasses thermal degradation ([4], [8]).

In this paper, pyrolysis process was described by three different kinetic models, namely, the iso-conversional Kissinger–Akahira–Sunose (KAS) and Ozawa–Flynn–Wall (OFW) models ([19], [20], [21]), and Coats–Redfern model [8].

2.3.1 ISO-CONVERSIONAL MODELS

Iso-conversional methods are used for the determination of kinetic parameters without knowledge of reaction mechanism. These methods are model free and evaluate the activation energy at progressive values of conversion. These assumed that reaction kinetics does not relate with heating rate and the conversion of raw materials in a one-step process ([4], [25]).

The degree of conversion in pyrolysis reaction can be obtained by the following equation:

$$\alpha = \frac{w_0 - w}{w_0 - w_\infty} \quad (1)$$

Where w_0 , w and w_∞ refer to initial, instantaneous and final masses respectively.

The general non-isothermal decomposition reaction rate is expressed as:

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(T) f(\alpha) \quad (2)$$

Where $f(\alpha)$ represents reaction model. $K(T)$ is the rate constant as expressed by Arrhenius equation as;

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

Where A is the pre-exponential factor, E_a is the activation energy of the reaction, R is the universal gas constant, and T is the absolute temperature. By substituting Eq. (3) in Eq. (2) gives:

$$\frac{d\alpha}{dt} = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) f(\alpha) \quad (4)$$

Taking into account that the temperature is a function of time and that it is increasing with a constant heating rate, β , the following expression is derived:

$$T = \beta t + T_0 \quad (5)$$

$$dT = \beta dt \quad (6)$$

Combining Eq. (4) and Eq. (6), and rearranging gives;

$$g(\alpha) = \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{f(\alpha)} = \int_0^T \frac{A}{\beta} \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) dT = \frac{AE_a}{\beta R} \int_x^\infty u^{-2} e^{-u} du = \frac{AE_a}{\beta R} P(x) \quad (7)$$

Where $x = E_a/RT$. The term $P(x)$ has no exact solution. Thus, Eq. (7) can be solved by numerical methods or approximations. The difference between the various iso-conversional methods is attributed to the type of approximation used.

2.3.1.1 THE KAS MODEL

The Kissinger–Akahira–Sunose (KAS) method introduces approximation [26] of:

$$P(x) = x^{-2} e^{-x} \quad (8)$$

into Eq. (7). After rearrangement, the expression becomes:

$$g(\alpha) = \frac{AE_a}{\beta R} x^{-2} e^{-x} \quad (9)$$

Expressing Eq. (9) in logarithmic form

$$\text{Ln}g(\alpha) = \text{Ln}\left(\frac{T^2}{\beta}\right) + \text{Ln}\left(\frac{AR}{E_a}\right) - \frac{E_a}{RT} \quad (10)$$

$$\text{Ln}\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = \left[\ln\left(\frac{AE_a}{Rg(\alpha)}\right) \right] - \frac{E_a}{RT} \quad (11)$$

The slope of the curve $\text{Ln}\left(\frac{\beta}{T^2}\right)$ vs $1/T$, gives $-E_a/R$. By calculation in a conversion range from 0 to 1, activation energy for the progressing values of conversion can be calculated.

2.3.1.2 THE OFW MODEL

The Ozawa-Flynn-Wall method (OFW) method is based on Doyle's approximation ([4], [27]):

$$\log(P(x)) = -2.315 + 0.457x \quad (12)$$

By substituting Doyle's approximation into Eq. (7) and expressing in logarithm form:

$$\log(g(\alpha)) = \log\left(\frac{AE_a}{\beta R}\right) + \log(P(x)) \quad (13)$$

$$\log(\beta) = \log\left[\frac{AE_a}{Rg(\alpha)}\right] - 2.315 - 0.457 \frac{E_a}{RT} \quad (14)$$

The slope of the curve $\log(\beta)$ vs. $1/T$, gives $-E_a/R$. As mentioned before in KAS method, for range conversion from 0 to 1, activation energy for the progressing values of conversion can be calculated.

2.3.2 COATS REDFERN METHOD

Coats-Redfern method is a model free method that derived from Arrhenius equation [8]. Since the KAS and OFW methods are accurate enough for the calculation of the activation energy, the Coats-Redfern method will be used in order to calculate the pre-exponential factor, the apparent reaction order. The equations for the Coats-Redfern method are given by the following equation:

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(T)(1-\alpha)^n \quad (15)$$

Rearranging and integrating Eq. (15), the following expression can be obtained:

$$\frac{1 - (1-\alpha)^{1-n}}{1-n} = \frac{A}{\beta} \int_0^T \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) dT \quad (16)$$

$\int_0^T \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) dT$ has no exact solution. $\exp(-E_a/RT)$ can be expressed as an asymptotic series and integrated, with ignoring the higher-order terms. Integration of this function gives,

$$\frac{1 - (1-\alpha)^{1-n}}{1-n} = \frac{ART^2}{\beta E_a} \left[1 - \frac{2RT}{E_a}\right] \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (17)$$

Expressing Eq. (17) in logarithmic form gives:

$$\ln \left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right] = \ln \left[\frac{AR}{\beta E_a} \left(1 - \frac{2RT}{E_a} \right) \right] - \frac{E_a}{RT} \quad (\text{for } n \neq 1) \quad (18)$$

If assuming that $2RT/E_a \ll 1$ than Eq. (18) becomes

$$\ln \left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right] = \ln \left[\frac{AR}{\beta E_a} \right] - \frac{E_a}{RT} \quad (\text{for } n \neq 1) \quad (19)$$

If $n=1$, the following equation is to be used

$$\ln \left[\frac{\ln(1-\alpha)}{T^2} \right] = \ln \left[\frac{AR}{\beta E_a} \left(1 - \frac{2RT}{E_a} \right) \right] - \frac{E_a}{RT} \quad (\text{for } n=1) \quad (20)$$

Thus a plot of

$$\ln \left[\frac{\ln(1-\alpha)}{T^2} \right] \text{ versus } 1/T \quad \text{for } n=1 \quad (21)$$

Or

$$\ln \left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right] \text{ versus } 1/T \quad \text{for } n \neq 1 \quad (22)$$

Should result in a straight line of slope $-E_a/R$ the proper value of n . The values of α and T would be obtained from the TG analysis. The criterion used for acceptable values of E and A is that the final value of n should yield values of E whose linear correlation coefficients are the best.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 SAMPLES CHARACTERIZATION

The proximate and ultimate analyses of olive stones are shown in Table 1. A comparison of the obtained analysis results with common biomass is found. They are in the same order of magnitude than results obtained in previous investigations [5], [28], [29].

As seen in the basic analysis, the concentrations of C, H and O were similar to other common biomass that studied. Low nitrogen content is important because higher N percentages might be a problem for combustion processes, producing toxic NO_x emissions [4]. Nevertheless, S contents are null, implying fewer emissions or corrosion during utilization of these crops for power production.

Table 1 depicts also proximate analysis comparison of olive stones with other biomass. It can be seen that these materials have a high content of volatile matter and fixed carbon and low ash content, as well as other common biomass, which is interesting with respect to their applications in gasification and pyrolysis processes.

Table 1. Characteristics of olive stones (OS) and comparison with other biomass

Ultimate Analysis (wt %)	C	H	N	S	O*	References
OS	46.7	6.1	0.2	<0.2	47.0	This study
Orange Waste	47.00	6.90	01.3	0.09	44.71	[28]
Olive stone waste	57.62	8.08	01.34	0.17	27.73	[5]
Almond shell	50.50	6.60	0.20	0.01	42.69	[29]
Olive stone	44.80	6.00	0.10	0.01	49.09	[29]
Proximate Analysis (w%)	MC	VMC	FCC	AC	HHV(MJ/kg)	
OS	8.42	62.07	26.81	2.7	19.05	This study
Orange Waste	5.70	74.60	16.68	3.02	-	[28]
Almond shell	10.00	80.30	9.10	0.60	-	[29]
Olive stone	10.40	74.40	13.80	1.40	-	[29]
Olive stone waste	7.40	66.60	23.85	2.16	21.4	[5]

MC, moisture content; VMC, volatile matter content; AC, ash content; FCC, fixed carbon content;

* By difference

– Did not mention in the reference.

3.2 THERMOGRAVIMETRIC STUDY

The results of TGA analysis are shown in Fig. 1 which show the weight loss curves (TG) and derivative thermogravimetric (DTG) evolution profiles of olive stones, as a function of reaction temperature. According to this figure, thermograms of olive stones follow the usual shape for lignocellulosic materials [29]. Its thermal degradation can be divided into three stages; moisture drying, main degradation and continuous slight devolatilisation [4].

The first stage, namely the moisture drying region, is in temperature range from 300 to 480K as can be observed in Fig.1. In DTG profiles, it corresponds to the first significant peak. A mass loss of 9.6% is recorded and it is mainly attributed to release of weakly bonded water molecules [28].

The main degradation is located in the temperature range from 490 to 680K. This stage consist of a major loss of weight (52.33%) ascribed to hemicellulose and cellulose degradation.

On DTG curves, two distinct peaks are clearly observed, the first, occurring at lower temperatures, mainly corresponds to the hemicellulose decomposition. Because it's a mixture of various polymerized monosaccharides with lower degree of polymerization that the thermal stability was lower than cellulose ([13], [29]).

The main temperature degradation of hemicellulose was 523-595K associated with a weight loss of 24.52%.

The second peak (595-650K) was mainly attributed to the degradation of cellulose with a mass loss of 24%. It is mentioned that cellulose is a high-molecular compound with long linear chain composed of D-glucosyl group. And a part of cellulose has crystalline structure made of ordered microfibrils that resulted in thermal degradation more difficulty than hemicellulose ([13], [29]). The decomposition of these two polymers with the evolution of secondary gases remains a significant fraction of char [30].

However, it should be noted that although these two stages are mainly characterized by the decomposition of cellulose and hemicellulose, simultaneous degradation of lignin is also present at that temperature interval.

So, the third stage, with continuous slight devolatilisation at temperatures above 880K, corresponds to lignin decomposition. On DTG curves, a non-observable peak is indicated that it is known that lignin decompose slowly over a broader temperature. A prolonged and small mass loss was recorded (10.88%) and char was the main product from lignin degradation at the end of this stage.

Similar behavior was obtained for different biomasses ([7], [28], [29], [30]).

In summary, during the pyrolytic process of olive stones up to 900K, around 70% of the ligno-cellulosic biomass can be volatilized with a 30% of residual materials.

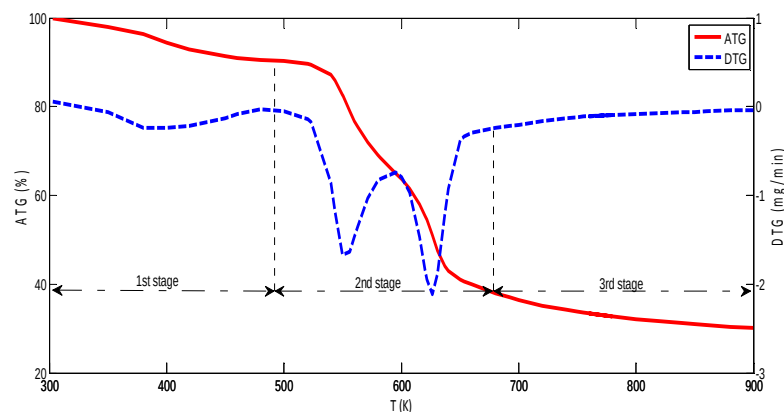


Fig. 1. TG and DTG curves of olive stones under inert atmosphere (10°C/min)

3.2.1 EFFECT OF HEATING RATES

Fig. 2 shows the DTG profiles of olive stones pyrolysis at different heating rates (5, 10, 15 and 20 °C/min).

Firstly, it can be seen that both points of maximum of mass loss rate in the DTG curves shifted toward higher temperatures. That's, increases in heating rate tended to delay the thermal degradation processes towards higher temperatures. This behavior could be attributed to heat transfer limitations with increasing heating rates ([30], [31]). At lower heating rates, heating of biomass particles occurs more gradually and leads a better heat transfer to the interior of biomass [32].

Secondly, it can be seen that the maximum mass loss rate increases with respect to the heating rates. This behavior is most probably due to a higher amount of thermal energy which promoted the heat transfer between the surrounding and interior the biomass samples [33]. However, the amount of formed char was not affected noticeably with heating rates between 5°C/min and 20°C/min. This behavior has been previously described by other researches ([32], [33]).

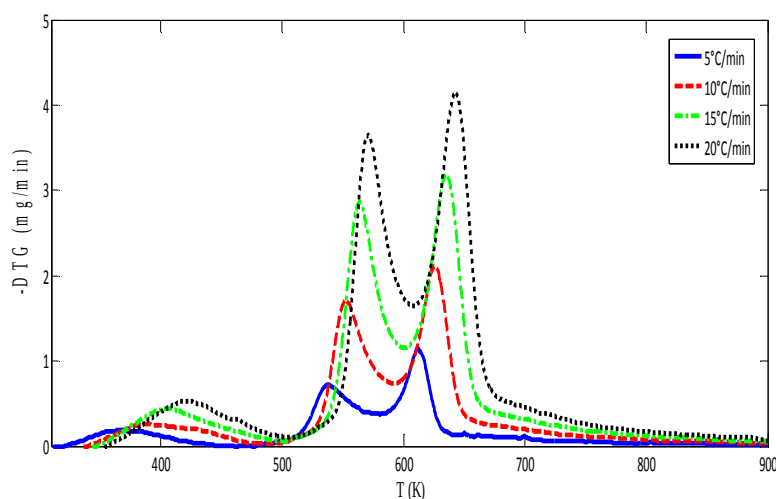


Fig. 2. Effect of heating rate on olive stone pyrolysis profiles (N_2)

3.2.2 EFFECT OF PARTICLE SIZE

The influence of the particle size was also studied for three different particle sizes of OS ($d < 0.5\text{mm}$; $1 < d < 1.5\text{mm}$; $2 < d < 2.8\text{ mm}$) under inert atmosphere. The TG curves reported in Fig. 3 shows that particles diameter have no effect on obtained experiments data. It could be due to the size of particle that's small enough to not cause effects of heat and mass transfer resistance inside the particle. These results were obtained by several researches [34]. Guo and Lua [8] reported that pyrolysis is controlled by pure reaction kinetics for the samples size smaller than 2 mm.

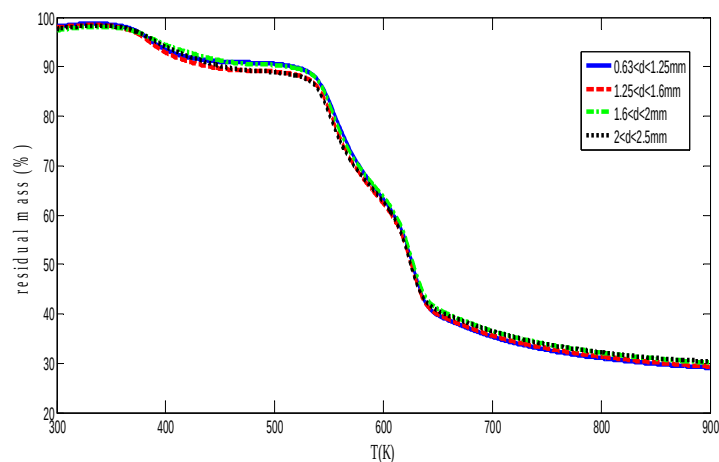


Fig. 3. Effect of particle size on olive stone TG pyrolysis profiles (10°C/min; N₂)

3.3 KINETIC ANALYSIS

3.3.1 EVALUATION OF ACTIVATION ENERGY USING ISO-CONVERSIONAL MODELS

The kinetic parameters of olive stones pyrolysis were calculated by iso-conversional KAS and OFW models. Activation energy can be calculated from the slope of the Arrhenius plot.

According to KAS model, based on Eq. (8), activation energy, can be determined from the relationship between $\ln(\beta/T^2)$ and $1/T$ (Eq. (8)). Fig. 4a shows linear plot of $\ln(\beta/T^2)$ versus $1/T$ at various conversions from 10% to 90%, resulting in a family of parallel straight lines with a slope of $-E/R$. Using OFW method, activation energy has been obtained from the slope of linear plot of $\ln \beta$ versus the inverse temperature at different rates conversion (Fig.4b).

The obtained activation energies (E) using KAS and OFW methods, as well as the respective correlation factors (R^2) are listed in Table 2. It can be seen that the determination coefficients are close to unit for all cases, indicating good fitting results. The values of E_a calculated by the two iso-conversional methods presented a great accordance with a deviation below 10 % for rate conversion above 0.2. However, this is not the case with the activation energies at small conversion values.

The small differences among the activation energy values are due to the difference in approximations used to calculate the temperature integral in these methods. This agreement validates the reliability of calculations and confirmed the predictive power of KAS and OFW methods [28].

As seen from Table 2, the activation energy values increased with conversion. The difference between the lowest and highest activation energy value from two models close to 50-60 kJ/mol for conversion values ranging from 0.2 to 0.8 (depending on conversion). These means that OS pyrolysis is a complex process progresses through multi-step kinetics with various apparent activation energies [4]. The variation in reaction mechanism causes changes in E values with progressing conversion.

For more precision, the variation of activation energies as a function of conversion degrees is shown in Fig. 5 for two models. We take the values of the KAS model as an example. It's clear that above 10%, activation energy presented low value. up to the conversion of 20%, the activation energy increased from 20 kJ/mol to 80 kJ/mol. Then, it increased slowly from 85 to 139 kJ/mol with increasing the conversion from 20% to 50%. In the conversion ranges 50%-70%, apparent energy maintained the similar values (about 138 kJ/mol). Above 80%, the activation energy increased sharply.

As shown in the TG and DTG curves (Fig.1), the moisture on the surfaces OS sample vaporized below 440 K. It was assumed that the activation energy of 20 kJ/mol at 10% conversion corresponded to the vaporization of moisture.

Fisher et al. [35] studied the pyrolysis of cellulose using TGA at different heating rates. They reported that DTG curves occurred between 573 K and 673 K. As seen in Fig.1, main peaks in DTG curves were below 670 K, which could be corresponding to cellulose and hemicellulose. Then, cellulose and hemicellulose decomposed up to the conversion of 70%.

In the other hand, Vamvuka et al. [30] reported that the activation energies for cellulose, hemicelluloses and lignin are in the range of 145–285 kJ/mol, 90–125 kJ/mol and 30–39 kJ/mol, respectively. It was also reported that activation energy of

hemicellulose pyrolysis is lower than the activation energy of cellulose pyrolysis ([11], [36]). The values at lower conversions can be attributed to hemicellulose. Then, it was assumed that the activation energy ranged from 85 to 125 kJ/mol, for conversion between 20 and 40 % corresponded to the hemicellulose decomposition. And the activation energy of the value around 140 kJ/mol for conversion range 50-70% corresponded to cellulose decomposition.

The increase of activation energy at higher conversion was explicated differently in literature. Park et al. [11] attributed this phenomenon to further devolatilization reaction of char after the main reaction. Liang et al. [37] reported that it could be caused by the influence of heat transfer at high temperatures. Otherwise, Lopez-Velazquez et al. [28] shows that this interval was attributed to the last stage degradation of lignin.

Most of cellulose and hemicelluloses were decomposed at the pyrolytic conversion from 20% to 70% with the average activation energy of 121.2 kJ/mol.

Vamvuka et al. [30] reported that the activation energies for cellulose and hemicelluloses are in the range of 145–285 kJ/mol, 90–125 kJ/mol, respectively. Lopez-Velazquez et al. [28] studied the pyrolysis of orange waste and show that observed activation energy values are in the range 120–250 kJ/mol for conversion interval 20-80%. The average apparent energy for the Pinyon pine was 108 kJ/mol for conversion between 10% and 80 % [33].

On the other hand, Park et al. [11] studied the pyrolysis kinetics of oak trees. They said that the average activation energy, having a value of 236 kJ/mol, showing higher values compared to the literature.

In general, we can deduce that the variation in apparent activation energy for OS pyrolysis showed similar trend as the reported data.

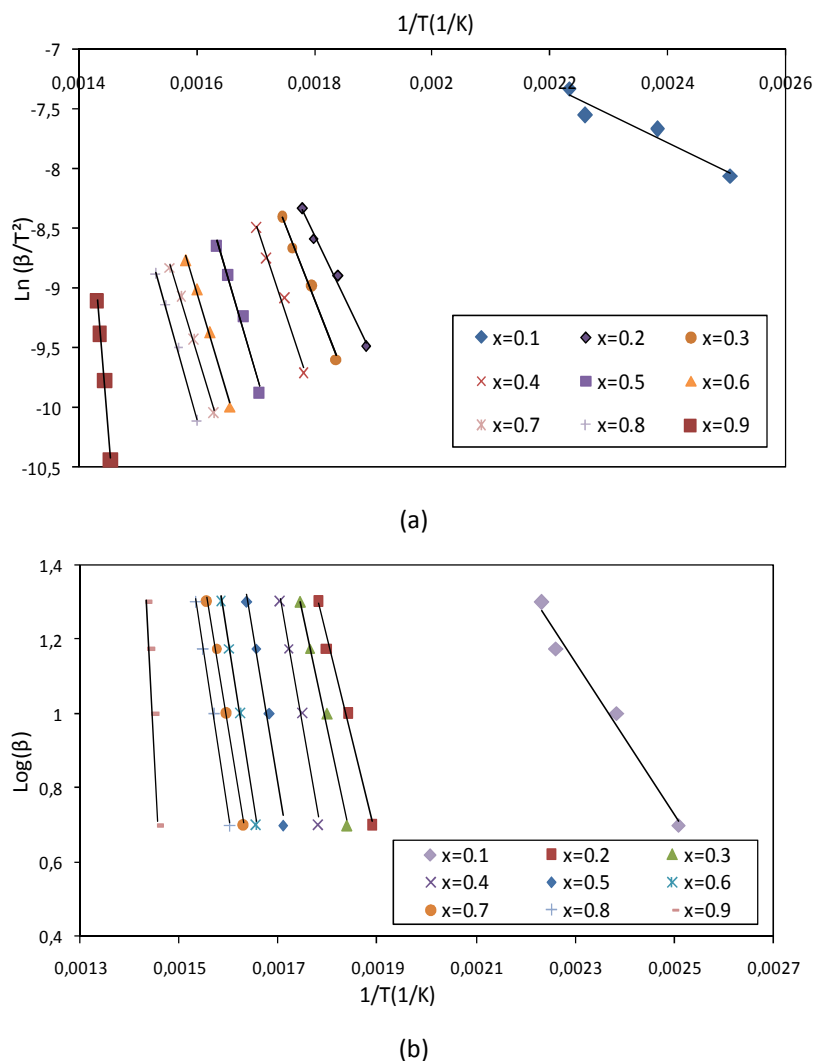
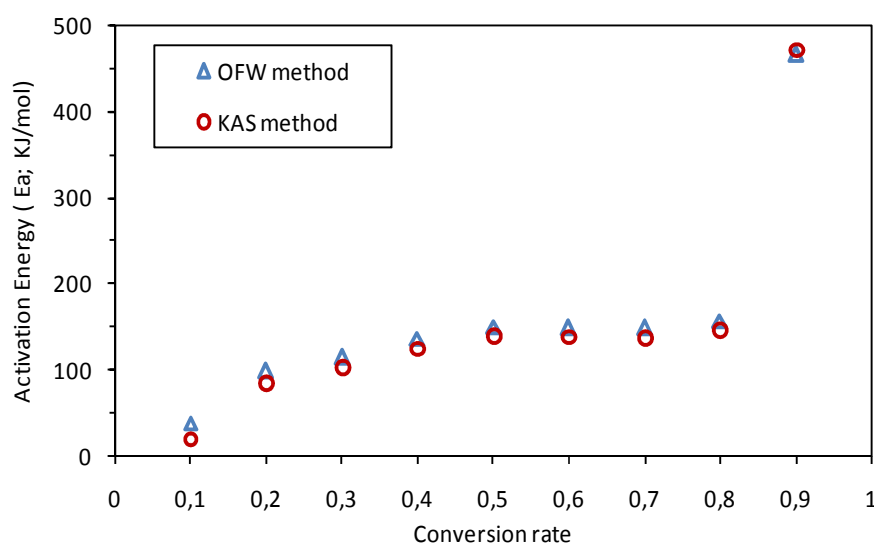


Fig. 4. Estimation of activation energy using the KAS (a) and OFW (b) methods for olive stones pyrolysis.

Table 2. TGA pyrolysis of OS activation energies (E_a) and correlation factors (R^2) for different conversion values using KAS and OSW models

Conversion(x)	E_a ; KAS model ; kJ/mol	R^2	E_a ; OFW model ; kJ/mol	R^2	%difference
0.1	19.496	0.932	37.854	0.982	48.49
0.2	85.351	0.989	98.367	0.993	3.23
0.3	102.337	0.99	114.503	0.993	10.62
0.4	125.059	0.982	136.134	0.986	8.13
0.5	139.159	0.979	149.633	0.983	7
0.6	138.486	0.993	149.088	0.995	7.11
0.7	137.222	0.996	147.941	0.997	7.24
0.8	146.052	0.998	156.419	0.998	6.62
0.9	471.736	0.994	466.366	0.995	-1.15

**Fig. 5.** Activation energy distribution at different conversion rates determined from KAS and OFW methods.

3.3.2 KINETIC MODELLING USING ISO-CONVENTIONAL MODELS

In order to evaluate the pyrolysis of olive stones, the pre-exponential factor (A) had to be determined. For this, the Coats-Redfern method has been used, as described elsewhere in this work and two cases were examined: the case where the whole phenomenon can be simulated as a single pseudo-reaction of varying pseudo-order and the case where pyrolysis is considered as a single first order reaction. The mean activation energies calculated by KAS and OFW methods will be used for the determination of the pre-exponential factors for every case. The mean activation energy used is the overage of rate conversion interval 0.2-0.8. Conversion degrees below 0.2 and above 0.8 does not included because of the stability of activation energy values and to reduce the effect of moisture and ash on activation energy ([4], [37]).

Fig. 6 shows a simulation of the pyrolysis of olive stones by solving Eq. (4) for heating rate $5^\circ\text{C}/\text{min}$, using the obtained values from the KAS method coupled with the Coats-Redfern model.

These values of obtained parameters are listed in Table 3 along with the average activation energy, obtained from two methods.

For different heating rates, the variable order method ($n \neq 1$) shows an overall better accordance with the values obtained from TGA.

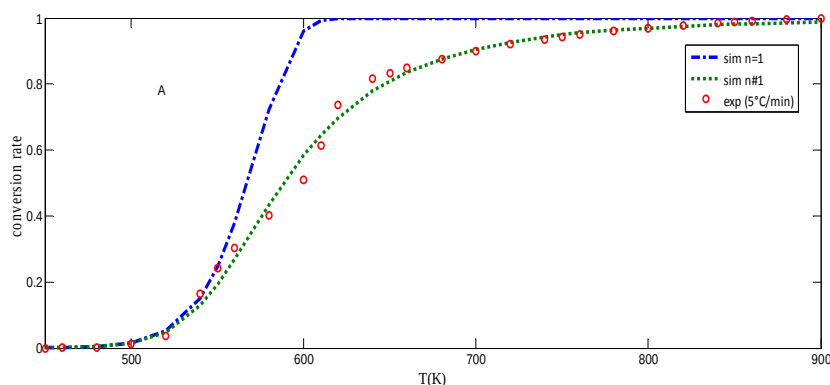


Fig. 6. Simulation of OS pyrolysis using the kinetic data calculated from the KAS method (5°C/min).

Table 3. Calculated activation energies (E) and pre-exponential factors (A) for Olive stones using the KAS and OFW iso-conversional methods

	KAS				OFW			
$E(\text{KJ/mol})$	124.81				136,01			
$\beta(^{\circ}\text{C/min})$	5	10	15	20	5	10	15	20
$A(\text{min}^{-1})$	5.10^{10}	$4.11.10^{10}$	5.10^{10}	$4.02.10^{10}$	1.12^{10}	$4.11.10^{10}$	$3.5.10^{11}$	$5.0.10^{11}$
n	3.53	3.024	3.06	2.80	4.28	3.10	2.83	3.17

4 CONCLUSION

In this study the thermal degradation of olive stones has been investigated via thermogravimetric analysis.

The thermal behavior was divided into three stages; moisture drying, main degradation and continuous slight devolatilisation

The DTG plot show that olive stones degradation occurred in the temperature range of 480-680 K and exhibits two major peaks. The first peak could be generated by the decomposition of hemicellulose. The second peak should correspond to the decomposition of cellulose. As heating rate is increased from 5 to 20 °C/min, the decomposition process is shifted to higher temperature zone. While, different particles sizes (<2.5mm) don't have any effect on the pyrolysis of olive stones.

The activation energy distribution was obtained. At low conversions (below 0.15), E was below 30 kJ/ mol. In the conversion of 0.20–0.80, E was between 85 and 140 kJ/mol above rate conversion 0.8, E increased rapidly and reach above 400 kJ/mol.

Three kinetic models, the iso-conversional Kissinger-Akahira-Sunose (KAS), Ozawa-Flynn-Wall (OFW) models and Coats Redfern method were used to calculate the kinetic parameters. All models are in good agreement with the experimental data. However, the dependence of the apparent activation energy on the conversion degree reveals that pyrolysis progress rather through multi-steps kinetics.

REFERENCES

- [1] K.R Duarte, C. Justino, T. Panteleitchouk, A. Zrineh, A.C. Freitas, A.C. Duarte, "Removal of phenolic compound in olivemill wastewater by silica–alginate–fungi biocomposites", J. Environ. Sci. Technol, 2013.
- [2] I. Karaouzas, E. Cotou, T. Albanis, A. Kamarianos, N. Skoulidakis, U. Giannakou, "Bioassays and biochemical biomarkers for assessing olive mill and citrus processing, wastewater toxicity", Environ. Toxic, vol. pp. 26, 669–76, 2011.
- [3] R. Lahyani, L.C. Coelho, M. Khemakhem, G. Laporte, F. Semet, "Applications A multi-compartment vehicle routing problem arising in the collection of olive oil in Tunisia", Omega, vol. 51, pp. 1-10, 2015.
- [4] Th. Damartzis, D. Vamvuka, S. Sfakiotakis, A. Zabaniotou, "Thermal degradation studies and kinetic modeling of cardoon (*Cynara cardunculus*) pyrolysis using thermogravimetric analysis (TGA)", Bioresour. Technol, vol. 102, pp. 6230-6238, 2011.

- [5] A. Chouchène, M. Jeguirim, B. Khiari, F. Zagrouba, G. Trouvé, "Thermal degradation of olive solid waste: Influence of particle size and oxygen concentration", *Resour. Conserv. Recy*, vol. 54, pp. 271–27, 2010.
- [6] G. Várhegyi, J.A. Michael, E. Jakab, P. Szabó, "Kinetic modeling of biomass pyrolysis", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 42, pp. 73–87, 1997.
- [7] A. Agrawal, S. Chakraborty, "A kinetic study of pyrolysis and combustion of microalgae *Chlorella vulgaris* using thermogravimetric analysis", *Bioresour. Technol.*, vol. 128, pp. 72–80, 2013.
- [8] J. Guo, A.C. Lua, "Kinetic study on pyrolytic process of oil palm solid waste using two step consecutive reaction model", *Biomass Bioenergy*, vol. 20, pp. 223–233, 2001.
- [9] O.A. Akinwale, F.G. Johann, M. Carrier, L.M. Edson, J.H. Knoetze, "Thermogravimetric study of the pyrolysis characteristics and kinetics of coal blends with corn and sugarcane residues", *Fuel Process. Technol*, vol. 106, pp. 310–320, 2013.
- [10] A. Ounas, A.Aboulkas, K. El harfi, A. Bacaoui, A. Yaacoubi, "Pyrolysis of olive residue and sugar cane bagasse: Non-isothermal thermogravimetric kinetic analysis", *Bioresour. Technol*, vol. 102, pp. 11234–11238, 2011.
- [11] Y-H. Park, J. Kim, S-S. Kim, Y-K. Park, "Pyrolysis characteristics and kinetics of oak trees using thermogravimetric analyzer and micro-tubing reactor", *Bioresour. Technol*, vol.100, pp. 400-405, 2009.
- [12] C. David, S. Salvador, J.L. Dirion, M. Quintard, "Determination of a reaction scheme for cardboard thermal degradation using thermal gravimetric analysis", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 67, pp. 307-323, 2003.
- [13] Z. Ma, D. Chen, J. Gu, B. Bao, Q. Zhang, "Determination of pyrolysis characteristics and kinetics of palm kernel shell using TGA–FTIR and model-free integral methods", *Energy Convers. Manage*, vol. 89, pp. 251-259, 2015.
- [14] S. Ceylan, Y. Topcu, Z. Ceylan, "Thermal behaviour and kinetics of alga *Polysiphonia elongata* biomass during pyrolysis", *Bioresour. Technol*, vol. 171, pp. 193-198, 2014.
- [15] S-S. Kim, H.V. Ly, J. Kim, J.H. Choi, H.C. Woo, "Thermogravimetric characteristics and pyrolysis kinetics of *Alga Sagarssum* sp", *Biomass. Bioresour Technol*, vol. 139, pp. 242- 248, 2013.
- [16] M. Lajili, L. Limousy, M. Jeguirim, "Physico-chemical properties and thermal degradation characteristics of agropellets from olive mill by-products/sawdust blends", *Fuel Process. Technol*, vol. 126, pp. 215–221, 2014.
- [17] A. Zabaniotou, Th. Damartzis, "Modelling the intra-particle transport phenomena and chemical reactions of olive kernel fast pyrolysis", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 80, pp. 187–194, 2007.
- [18] J.A. Caballero, J.A. Conesa, R. Font, A. Marcilla, "Pyrolysis kinetics of almond shells and olive stones considering their organic fractions", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 42, pp. 159-175, 1997.
- [19] J.H. Flynn, A.L. Wall, "A quick direct method for determination of activation energy from thermogravimetric data", *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, vol. 323, pp. 8, 1966.
- [20] T. Ozawa, "A new method of analyzing thermogravimetric data", *Bull Chem Soc Jpn*, vol. 38, pp. 1881-6, 1965.
- [21] H.E. Kissinger, "Reaction kinetics in differential thermal analysis", *Anal. Chem.*, vol. 29, pp. 1702–6, 1957.
- [22] C. Sheng, J.L.T. Azevedo, "Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data", *Biomass Bioenergy*, vol. 28, pp. 499-507, 2005.
- [23] O. Senneca, "Kinetics of pyrolysis, combustion and gasification of three biomass fuels", *Fuel Process. Technol*, vol. 88, pp. 87-97, 2007.
- [24] J.H. Flynn, "The isoconversional method for determination of energy of activation at constant heating rates: Corrections of the Doyle Approximation", *J. Therm. Anal. Calorim*, vol. 27, pp. 95-102, 1983.
- [25] S.S. Idris, N. Abd Rahman, K. Ismail, "Combustion characteristics of Malaysian oil palm biomass, sub-bituminous coal and their respective blends via thermogravimetric analysis (TGA)", *Bioresour. Technol*, vol. 123, pp. 581-591, 2012.
- [26] N. Sbirrazzuoli, L. Vincent, J. Bouillard, L. Elegant, "Isothermal and non isothermal kinetics when mechanistic information available", *J. Therm. Anal*, vol. 56, pp. 783-792, 1999.
- [27] C.D. Doyle, "Series approximations to the equations of thermogravimetric data Nature", vol. 207, pp. 290-291, 1965.
- [28] M.A. Lopez-Velazquez, V. Santes, J. Balmaseda, E. Torres-Garcia, "Pyrolysis of orange waste: A thermo-kinetic study", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 99, pp. 170-177, 2013.
- [29] J.F. Gonzalez, S. Roman, J.M. Encinar, G. Martinez, "Pyrolysis of various biomass residues and char utilization for the production of activated carbons". *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 58, pp. 134-141, 2009.
- [30] D. Vamvuka, E. Kakaras, E. Kastanaki, P. Grammelis, "Pyrolysis characteristics and kinetics of biomass residuals mixtures with lignite". *Fuel*, vol. 82, pp. 1949–1960, 2003.
- [31] S.S. Idris, N. Abd Rahman, K. Ismail, A.B. Alias, Z. Abd Rashid, M.J. Aris, "Investigation on thermochemical behaviour of low rank Malaysian coal, oil palm biomass and their blends during pyrolysis via thermogravimetric analysis (TGA)", *Bioresour. Technol*, vol. 101, pp. 4584-4592, 2010.
- [32] S. Ceylan, Y. Topçu, "Pyrolysis kinetics of hazelnut husk using thermogravimetric analysis", *Bioresour. Technol*, vol. 156, pp. 182-188, 2014.

- [33] S-S. Kim, A. Shenoy, F.A. Agblevor, "Thermogravimetric and kinetic study of Pinyon pine in the various gases", *Bioresour Technol*, vol. 156, pp. 297–302, 2014.
- [34] P. Weerachanchai, C. Tangsathitkulchai, M. Tangsathitkulchai, "Comparison of pyrolysis kinetics models for thermogravimetric analysis of biomass". *J. Sci. Technol*, vol. 17, pp. 378-400, 2010.
- [35] T. Fisher, M. Hajaligol, B. Waymack, D. Kellogg, "Pyrolysis behavior and kinetics of biomass derived materials", *J. Anal. Appl. Pyrol*, vol. 62, pp. 331-349, 2002.
- [36] A. Anca-Couce, A. Berger, N. Zobel, "How to determine consistent biomass pyrolysis kinetics in a parallel reaction scheme", *Fuel*, vol.123, pp. 230–240, 2014.
- [37] Y. Liang, B. Cheng, Y. Si, D. Cao, H. Jiang, G. Han, X. Liu, "Thermal decomposition kinetics and characteristics of *Spartina alterniflora* via thermogravimetric analysis", *Renew. Energy*, vol. 68, pp. 111-117, 2014.

CRISE D'ADOLESCENCE ET HETERO AGRESSIVITE ENVERS LA MERE DANS LES FAMILLES POLYGYNQUES : UNE ETUDE DE CAS DANS LA VILLE DE YAOUNDE

Chaffi W. Cyrille Ivan and Banindjel Joachen

Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences de l'Education, Cameroon

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this article is to examine the impact of polygamous family system on the aggressiveness of the teenage girl on the mother. In Cameroon, as in many other sub-Saharan Africa countries, the concept of polygamy is still highly valued, but faced with conflict and suffering between parent and teenager, especially in the absence of the father. The exploitation of the two clinical viewpoints helped highlight the reality by which the absence of the father in a polygynous family is a source of conflict between the girl and the mother and this is a source the dislocation of the family structure. This backdrop is perceived as an object of family disintegration. But that said, it remains important that the acknowledge that polygynous family is not in essence a source of conflict. The lack of emotional investment of father towards the girl leaves the family in a deep emotional suffering state leading the teenage girl in a process of deconstruction of acquired values that cause the violence of this girl towards her mother, running away from home, aggression, drug consumption.

KEYWORDS: teenager, desertedness, polygynous family, paternal function, Hetero-aggressiveness.

RÉSUMÉ: Cet article vise à examiner l'impact du système familial polygamique sur l'agressivité dirigée contre la mère par l'adolescente. Au Cameroun, comme dans beaucoup d'autres pays d'Afrique sub-saharienne, la notion de polygamie est encore certes valorisée, mais confrontée à de conflits et souffrances entre mère et adolescente, surtout en l'absence du père. L'exploitation de deux vignettes cliniques ont permis de mettre en exergue la réalité selon laquelle l'absence du père dans une famille polygynique est source de conflit entre la mère et l'adolescente et cette situation génère une déconstruction familiale. Cette absence est perçue comme un objet de désintégration familiale. Mais ceci étant, il reste important de reconnaître que la famille polygynique n'est pas par essence source de conflit. Le désinvestissement émotionnel du père vis-à-vis de l'adolescente laisse la famille dans un état de mal-être (souffrance) psychologique profond, entraînant ainsi l'adolescente dans un processus de déconstruction des acquis qui provoquent la violence de celle-ci envers sa mère, la fugue, l'agression, la consommation des stupéfiants.

MOTS-CLEFS: Adolescente, Désertisme, Famille polygynique, Fonction paternelle, Hétéro agressivité.

1 INTRODUCTION

L'adolescence est une période de changements rapides et sourdement nommée chez l'individu qui se prolonge bien au-delà de la puberté et qui conduit vers la vie adulte entraînant la maturité et le besoin d'indépendance chez tout sujet. Cette période est considérée comme un âge de crise, caractérisée par une lutte pour trouver son identité et acquérir son indépendance. L'adolescence qui constitue le maillon de cette étude, vit à la fois un bouleversement psychique et corporel entraînant de fait fragilité, insécurité et parfois agressivité d'où le complexe d'Homard Dolto (1984). Privée des repères de l'enfance dont elle va faire le deuil, l'adolescente s'interroge sur son identité, sa place dans la famille polygamique. Cette étape est souvent traversée par plusieurs conflits entre l'adolescence et sa mère. Car le père n'étant presque pas là, puisse que préoccupé par l'éducation des enfants des autres femmes. Au Cameroun comme dans beaucoup d'autres pays en Afrique sub-saharienne, les hommes souhaitent généralement avoir une descendance nombreuse avec plusieurs épouses

(Colves et Neeves 1997). Créant ainsi des familles polygamiques avec des femmes comme principales responsables de l'éducation des enfants et, des hommes, comme pourvoyeurs des besoins financiers de la famille. Le père est celui qui représente le Surmoi familial donc l'autorité. Dans ce contexte, avec l'absence de ce dernier, les rapports entre l'adolescente et sa mère peuvent être empoignés de violences, de résistance car en quête de liberté. Ce système familial rend plus aigu les conflits entre la mère et l'adolescente en quête de l'autonomie. Il sera question dans cette recherche de parvenir à comprendre l'influence du système familial polygamique et le conflit qui oppose l'adolescente à sa mère.

2 PROBLEMATIQUE

La période de l'adolescence représente pour la plupart des jeunes et des familles, une période très délicate. Dans plusieurs sociétés, l'adolescence est considérée comme très sensible, caractérisée par Plusieurs crises faisant naître des agressions, des conduites antisociales, conduites additives dans les familles (Tsala, Tsala, 2002, Anout, 2005 ; Martinez 2010). Au Cameroun comme dans la plupart des pays africains, il existe un système matrimonial polygamique, où l'homme a le droit de prendre plusieurs femmes en mariage. L'homme qui devient le père de famille et porteur d'autorité a désormais à sa charge plusieurs femmes et enfants dont il a le devoir d'encadrer car c'est lui qui porte la famille, dote son épouse, et se trouve être le garant de sa progéniture (Tsala, Tsala, 1991). C'est ainsi que « l'homme dans son rôle de père peut préférer, selon le contexte, d'être absent, passif ou tout simplement autoritaire » (Corneau, 1989, P.27).

Seulement dans ces types de familles, les hommes ne peuvent pas s'occuper de tous les enfants en même temps et de la même manière. Ils sont aux prises avec le travail, les autres occupations et visitent les domiciles de chaque femme de manière planifiée. Il n'y a pas un suivi paternel régulier. La responsabilité éducative des enfants repose sur la mère. Pourtant, la présence paternelle génère une autorité, et l'enfant à travers cette dernière doit apprendre à renoncer à la satisfaction immédiate de tous ses désirs. Il ne suffit pas d'introduire le père dans la vie de l'enfant par le discours de la mère, mais il faut que le père soit présent et qu'il exerce sa fonction affective (Copiet, 2003). Son absence fait naître plusieurs crises maturatives chez les adolescentes, crises qui sont source de conflit entre elle et sa mère.

Dans la société africaine, la crise d'adolescence est encore mal connue. Avec le développement des caractères sexuels secondaires chez un individu, la famille considère que le jeune commence à grandir, et elle l'accompagne dans ce processus de changement, à travers des initiations de toutes sortes aux différentes épreuves de la vie. Plus encore, lorsqu'avec l'absence du père, la famille devient dysfonctionnelle avec le sentiment d'individualisation marquée par l'accentuation de la carence affective. Dans les familles dysfonctionnelles, le fonctionnement est flexible, et l'adolescente se croit toute permise face à l'absence du père et en présence d'une mère sans autorité réelle. Les changements corporels couplés aux bouleversements psychiques ne sont pas encadrés et cela peut générer l'hétéro-agressivité de l'adolescente envers sa mère. De ces différents types de familles, notre attention se porte sur la polygamie. Les mariages polygamiques sont mouvementés et les conflits y sont permanents surtout entre les adolescentes et leurs mères (Moneger, 1990). Ces conflits sont d'autant plus importants lorsque l'adolescente vit une situation de carence-absence de père (Tsala-Tsala, 1990). Ce qui laisse à penser que ce type de famille serait à l'origine des comportements violents des adolescentes envers leurs mères. C'est à partir de ces observations que nous avons posé le problème de l'impact du système familial polygamique comme étant source de l'hétéro-agressivité de l'adolescente sur la mère. D'où la question suivante : le système familial polygamique est-il source de l'hétéro-agressivité de l'adolescente sur sa mère ?

3 LES APPORTS THEORIQUES DE L'ETUDE

3.1 LA FAMILLE ET LA FONCTION PATERNELLE

La famille est une micro société à l'intérieur de laquelle existent un ensemble de normes, croyances, valeurs qui tournent autour de l'axe de la relation conjugale avec les partenaires comme architectes (Bradshaw, 1991). Elle se présente comme le lieu de rencontre de deux types de relations : une relation sociale à base contractuelle et une relation de consanguinité qui unit les enfants entre eux et chacun des enfants à chaque parent. En Afrique, il existe deux modes de référence familiale à savoir la famille nucléaire et polynucléaire ayant chacune le désir du bien être de chaque individu à travers l'apprentissage de la relation positive avec autrui qui développera plus tard un attachement intrafamilial. Les questions liées aux relations familiales et à l'éducation des enfants dans des familles font souvent naître plusieurs discours liés aux fonctions parentales, à l'attachement et au contrôle qui déterminent le type de relation parent/enfant ou plus tard parent adolescent mieux encore l'impact de la relation parent/adolescent sur le développement des adolescents.

3.1.1 LA FONCTION PATERNELLE

Suivant les différentes modifications que subissent les familles et l'histoire d'une société, le rôle du père connaît plusieurs variantes, que l'on soit dans les familles monogamiques ou polygamiques. Dans la famille patriarcale traditionnelle, le père est celui qui représente la Loi dans le foyer et par conséquent celui qui inculque à l'enfant les valeurs fondamentales de la vie. Dans ce sens, il assure à ce dernier, protection, éducation, instruction, séparation et filiation à travers l'attachement et le contrôle (Dallaire et al.2008). Être père impose d'encadrer ses enfants, leur exprimer de l'affection, leur prise en charge et de leur offrir un soutien pour une meilleure croissance et faciliter la socialisation de ses enfants. Dans les familles polygamiques, le père a plusieurs femmes et plusieurs enfants et le suivi parental est beaucoup plus assuré par les femmes, car le père est plus souvent absent ou s'occupe des enfants d'une autre femme du moment où il ne saurait s'occuper de tous ses ménages en même temps. D'où l'absence du contrôle et de l'affection. Le père dans cette situation ne détient pas des informations sur ce qui se passe dans la vie quotidienne de ses enfants. « L'absence de supervision parentale et du contrôle se révèlent paralysant » (Claes, 2004, p. 210). Les adolescentes deviennent rebelles, sont désormais insoumises vis-à-vis de leur mère qui reste dépositaire de leur éducation.

3.2 LA POLYGAMIE AU CAMEROUN

La polygamie qui est une question de société, fait partie intégrante du système patriarcal camerounais tout comme la monogamie. Ce système conjugal permet à un homme de convoler en justes noces avec plusieurs femmes et autant qu'il le souhaite. Ces femmes lui doivent obéissance et le mari a tous les droits sur les épouses et leurs enfants. Moneger (1990), pense que les premières venues auraient une sorte de priorité sur les dernières. Dans cette union, chaque épouse connaît son statut. La polygamie représente pour l'homme un symbole de pouvoir, de prestige social Mballa Owono (1982). Bien que cela soit source de satisfaction pour l'homme, la polygamie n'est pas un fleuve tranquille. Elle est caractérisée par des rapports conflictuels entre les épouses, les enfants entre eux, les épouses vis-à-vis de leurs époux ; de la jalousie, la convoitise, la sorcellerie, le laisser aller chez les enfants et le chaos (Colomb, 1965, Nguimfack, 2014).

Compte tenu de ce qui précède, nous adoptons comme modèle explicatif celui de la systémique familiale qui trouve la famille comme un ensemble complexe d'éléments en interaction dont les relations sont circulaires du fait des feedback (Watzlawick, 1980). Ce modèle estime que les interactions sont spécifiques aux familles selon différents facteurs et système familial. Ce système est simple et la complexité des problèmes est originaire des interactions entre ses différents membres et la société (Weakland, 1995). La famille est un élément fondamental dans la société à partir des valeurs transmises. Elle est aussi une totalité dont le manquement à l'accord tacite provoque une crise (Roland, 1994). Les adolescents ont des conduites imprévues qui perturbent et menacent le système familial établi généralement par le père. Car durant cette période, les membres réclament de nouvelles règles familiales et une certaine autonomie dont le système est résistant (Tsala Tsala, 2002).

4 MÉTHODOLOGIE

L'objet de ce travail est d'étudier le rapport de causalité qui existe entre le système familial polygynique en absence du père et l'hétéro agressivité de l'adolescente sur sa mère. Pour pouvoir réaliser ce travail, un certain nombre d'hypothèses a été retenu. Cette étude s'appuie sur quatre hypothèses dont une principale à savoir :

Le système familial polygynique avec absence du père génère l'hétéro agressivité de l'adolescente sur sa mère ;
et trois autres spécifiques :

- HS1-** Le système familial polygynique avec absence du père génère chez l'adolescente des violences physiques vis-à-vis de sa mère.
- HS2-** Le système familial polygynique avec absence du père entraîne la révolte de l'adolescente contre sa mère.
- HS3-** Le système familial polygynique avec absence du père génère le désertisme chez l'adolescente.

La présente étude s'est déroulée au Centre des affaires sociales d'Etoug-Ebé de Yaoundé. Elle s'est focalisée sur le cas de trois adolescentes (Saurelle 17ans, Huguette 17ans, et Pauline 17ans). Ces âges correspondent à la dernière période d'adolescence chez les filles, période où la crise juvénile s'exprime par une série d'attitudes et de comportements bruyants en milieu familial (Mâle, 1982). Sur plus de 112 jeunes reçus par ce centre, ces 3 cas sont issus de familles polygyniques et manifestent des comportements d'agressivité vis-à-vis de leur mère et le décrochage scolaire. L'observation s'est faite pendant 2 mois avec une séance de 45 minutes par semaine.

Les entretiens se sont déroulés en trois étapes pour chaque cas. L'entretien avec le chef de famille pour expliciter la demande d'entretien ; avec chaque adolescente et avec quelques membres de la famille car l'analyse individuelle peut donc révéler la nécessité d'une approche familiale » (Tsala Tsala, 2002).

L'analyse de contenu de type thématique couplée à une grille d'analyse a été élaborée. Les éléments manifestant l'agressivité de l'adolescente vis-à-vis de sa mère dans le système polygynique, la désertion, le décrochage scolaire, la consommation des stupéfiants sont marqués par la dichotomie. Les informations recueillis des entretiens anamnestiques, le génégramme et la grille d'analyse pour chaque famille.

5 RESULTATS

5.1 DE LA CRISE A L'HETERO-AGRESSIVITE DES ADOLESCENCES

La crise d'adolescence est un moment temporaire de déséquilibre et de substitution rapide remettant en question l'équilibre normal ou pathologique de l'adolescente. C'est un état, un processus où se produit une rupture annonçant le passage quasi inévitable à une autre situation. Avec les différentes modifications qui surviennent, l'adolescente doit s'habituer à sa nouvelle forme physique et à l'éclosion de sa sexualité. C'est la phase la plus importante, bouleversante et perturbante qu'elle vit dans son processus de développement. Cette étape est empreinte à la découverte d'une passion amoureuse où l'on cherche de l'amitié pour s'équilibrer.

Les adolescentes de notre étude n'ont pas parlé de sexualité avec leurs parents, elles se sont confiées le plus souvent aux amies, camarades de classe, étant donné qu'elles avaient peur de se confier à leurs parents. Il a manqué des moments de complicité et d'amitié. En réalité, celle-ci peut redonner confiance dans les moments difficiles. Mais nos sujets trouvent leurs parents et en l'occurrence la mère comme une gêne, une source de conflit et en ce moment, l'amitié devient problématique. Dans ce sens, les relations avec les parents sont le plus souvent conflictuelles, les adolescentes cherchent à s'identifier aux personnes de leurs groupes avec qui elles partagent les mêmes attitudes et les mêmes intérêts. Ainsi, les comportements sont modifiés pour ressembler à autrui puisqu'elles ont sensiblement le même âge. C'est ainsi que pour l'adolescente les parents sont complètement ignorants de leurs sentiments et les amis offrent alors une certaine compréhension et ainsi naît le sentiment d'appartenance que celles-ci ne trouvent pas dans les relations familiales. Par contre, au sein du groupe, elles pressent le sentiment de s'affirmer, d'être écoutée, aimée et valorisée.

C'est la raison pour laquelle il s'est développée une grande agressivité à double manifestation. L'hétéro agressivité dans ce contexte s'est manifestée par la violence envers les personnes et les biens. L'auto agressivité qui se manifeste par des tentatives de suicide et des conduites ordaliques (Braconier et Marcelli, 1988, Valeur, 1991, 2005) en quête de sa propre identité, l'adolescente s'interroge anxieusement sur elle-même. Elle cherche à lutter contre ce qui l'attache à l'enfance où tout lui était imposé et développe son agressivité contre le milieu familial pour s'affirmer et s'affranchir. Cette attitude reflète le désir de défier son parent, mais signifie littéralement sur les temps ont changé et que la jeune fille a grandi. Dans "les temps ont changé" on observe les modes, les nouveaux rythmes musicaux, les styles vestimentaires, les nouvelles coupes de coiffures, les nouvelles attractions urbaines tous différents de la génération des parents. D'où le fossé entre les générations. De ce fait, il existe une incompréhension entre l'enfant et son parent et qui va se manifester à travers l'agressivité, envers l'adolescente elle-même et envers sa mère en terme d'auto agressivité (avortement, conduite ordaliques, consommation des stupéfiants). Les injures, les bagarres, des promesses de meurtre à l'endroit de sa mère. Tout ceci couplé au fléchissement scolaire, refus scolaire, échec scolaire, à la consommation des stupéfiants et à la médicomanie. Ceci marque la déclaration de guerre ouverte avec sa mère. Les rapports entre mère et fille oscillent entre une dyade fusionnelle et le rapport de force au détriment d'une vie familiale harmonieuse et le bien être de chacune. Les adolescentes en difficulté constituent donc ainsi le résultat d'un trouble systémique familial.

5.1.1 CAS DE SAURELLE

Saurelle est née et a été beaucoup plus élevée par sa mère car son père était toujours absent. Elle parle de son père avec tristesse « celui-là je m'en fiche, je ne suis même pas certaine qu'il puisse reconnaître un de ses enfants et l'appeler par son nom ».

Elle ajoute « pour mon père, sa vie c'est son travail il n'a pas de sentiment pour moi et je n'en sais pas pour mes frères et sœurs ». Dans le cas de madame NKOUE c'est toujours des disputes, des bagarres, des éclats de voix. A la maison, nous avons trop de problèmes parce que mon père n'est pas là pour mettre de l'ordre parmi ses femmes et ses enfants. La mère de

Saurelle dans cette situation prend soin de son enfant et y exerce son pouvoir avec autorité. Cela ne plait certainement pas à Saurelle. Cette attitude de mère se termine toujours par des scènes de violence.

Saurelle pense que sa mère n'a pas autorité sur elle et encore moins son père. Elle est libre de faire ce qu'elle veut et quelle n'a de reproche à recevoir de personne. Elle déclare : « Comme mon père n'est pas là, ma mère pense qu'elle peut me dicter ce que je dois faire. Non je suis grande et ni mon père, ni ma mère ne doit me dire ce que je dois faire ou non. Elle a raté sa vie en épousant un homme irresponsable et vous m'imposez les choses. C'est impossible ». Saurelle ne respecte pas l'autorité de sa mère et n'en fait qu'à sa tête. Elle en vient parfois à se révolter et faire des casses à la maison, et menace sa mère de mort et parfois déclare qu'elle va se suicider si on ne la laisse pas tranquille. « J'ai dit à ma mère de me laisser tranquille sinon je vais soit finir avec elle ou me suicider. Je suis grande et libre de mes actes ». Elle reproche aussi à sa mère de ne pas être un réel exemple pour elle. Sa mère aurait des amants qui viennent le plus souvent à la maison sous forme de cousin ou des oncles de Mme NKOU.

« Ma mère a des amants, ils viennent même souvent ici à la maison, et maman les présentent tantôt comme ses cousins, tantôt comme les oncles de mon père. Pourtant je les vois souvent en ville tard le soir. Ce sont ses amants. Elle peut gérer sa vie comme elle veut mais qu'elle me laisse seule. Elle peut bien s'occuper de mon frère, lui il est encore un peu plus jeune et elle peut le torturer comme elle veut ».

Saurelle fait des fugues, déserte l'école et se retrouve avec des copains et copines. Elle sort parfois de la maison en matinée pour ne rentrer que le lendemain ou après plusieurs jours. Avec ses amis (es), elle trouve du plaisir à être ensemble : « Je préfère être avec mes amis, ce sont mes frères et sœurs, on discute de la vie, ils me donnent des conseils et je suis contente d'être avec eux ». Saurelle et ses amis consomment souvent de l'alcool, de la cigarette et parfois du chanvre indien. « Ah oui, je fume bien et je bois de la bière et du whisky. Je ne prends pas encore le chanvre, ce sont les garçons qui fument cela ». Elle déserte aussi l'école pour se retrouver toujours avec ses compagnons où ils écument la plupart des buvettes de la place « dans le lycée là, on m'a fouetté pour un jour d'absence, on m'a demandé de laver les toilettes. Là j'ai dit jamais, le proviseur doit trouver les agents d'entretien. Cela fait partie des violences physiques. Je n'en veux pas. Un jour le surveillant de secteur m'a fouetté je l'ai giflé ». Saurelle vit selon le principe de plaisir, et n'a pas pu intérioriser, au cours de son développement, des interdits lui permettant d'être en règle avec la société et vivre une vie familiale plus harmonieuse.

5.1.2 CAS DE PAULINE

Le père de cette adolescente s'appelle Monsieur Durand. Il est âgé de 53 ans, c'est un haut cadre de l'administration Camerounaise, marié à deux femmes. Il est originaire de la région de l'ouest-Cameroun et père de 07 enfants dont Pauline en est la cinquième.

Il affirme : « Je me suis marié très jeune à une belle femme, plus tard j'ai pris une seconde épouse. Et tout se passait bien entre mes enfants et moi. Mais je ne sais que faire de Pauline. Elle a tout ce qu'elle veut, ses frères qui sont en Europe lui donnent tout ce dont elle a besoin y compris moi-même. On me dit qu'elle lui donne tape sur sa mère, dont dehors. J'ai tout fait, elle ne change pas. Elle ne veut écouter personne ». En réalité, M. Durand est chez lui chaque jour très tôt et endormi. Il n'a pas le temps de voir et de discuter avec ses enfants à qui il donne d'ailleurs beaucoup d'argent de poche à son enfant. « Je ne sais pas ce que Pauline veut de sa mère, regardez sur son coude gauche, c'est une blessure qui cicatrise déjà, c'est Pauline qui a coupé sa mère un jour quand j'étais en mission en Europe. Je ne sais plus. Elle a adopté un comportement terrible avec une bande de voyous du quartier. C'est ce que sa mère m'a dit l'autre soir. Pardon sortez ma fille de cette situation. Il en va de mon image sociale ».

A première vue, le père de Pauline souhaite que sa fille sorte de cette situation de crise non pas pour le bien d'être de sa fille, mais pour préserver voire restaurer son image sociale que sa fille a certainement commencé à ternir. Donc c'est le prestige social que M. Durand souhaite préserver.

Pauline est la cinquième née d'une famille de sept. Elle a (03) trois frères et (03) trois sœurs dont quatre qui vivent en Europe. Sa mère a deux enfants, Paulin et son frère aîné qui vit en Europe.

Pauline vit avec sa mère et la ménagère dans une maison située dans un quartier populaire de la ville de Yaoundé. Son père ne vient à la maison que les mardis, jeudis et samedis. Les autres jours de la semaine, il les passe chez l'autre femme. Pauline passe ses matinées à l'école et rentre tard, parfois à des heures très tardives de la nuit. Elle rentre parfois ivre et avec des tenues différentes de sa tenue de classe avec laquelle elle est sortie en matinée pour se rendre à l'école. « Mon père rentre toujours tard à la maison, on a jamais le temps de discuter avec lui. Chaque fois, il dit qu'on se voit le matin pour en parler. Et au réveil, il est déjà parti. Il ne vit pas à la maison, il nous abandonne seule. Le jour où il rentre même tôt, il est saoul à mort et le matin il est reparti en me laissant un message, « j'ai une urgence au bureau ».

La mère de Pauline reste seule à s'occuper de sa fille et Pauline trouve que sa mère ne peut pas la contrôler et que celle-ci représente un obstacle dans sa vie. « Chaque fois que je rentre, je la trouve couchée au canapé. Elle me demande toujours d'où est ce que je viens ? Et je lui dis que je suis fatiguée. Un jour elle a insisté, m'a giflé et j'ai rendu aussi avec une gifle. Elle a pleuré toute la nuit. Pauline fait de l'école buissonnière pour se retrouver chez son petit copain qui est sans emploi et c'est Pauline qui lui achète des habits et lui donne de l'argent de poche. Elle se révolte aussi trop contre sa mère et a des comportements ordaliques. Elle ne reçoit d'ordre que de son petit copain. Lorsque Pauline a conçu, sa mère lui a demandé d'aller se faire avorter, elle a refusé. Un jour sa mère se rend compte que Pauline n'est pas rentrée. A son retour, elle dit à sa mère qu'elle est allée se faire avorter sur ordre de son petit copain et très fatiguée, elle ne pouvait rentrer. « Je ne respecte pas ma mère, elle se comporte déjà comme mon père. Comme mon père n'est jamais là, maman a commencé à calculer les heures d'arrivée de mon père et a commencé à sortir et à rentrer aussi tard surtout le jour où le père n'est pas sensé être à la maison. Elle rentre parfois aussi saoul. Quand elle rentre saoul, elle me tape, parfois même elle vomit partout dans la maison. Dans tout ça elle part sans me laisser à manger. Chaque fois que je disais à mon père, il me traitait de menteuse. J'ai donc filmé une de ces scènes une fois et j'ai montré la photo à papa et il n'a rien fait. Quand maman a su ce que j'avais fait, elle m'a tapé, j'ai aussi rendu c'était trop ». Entre Pauline et sa mère, il y a un conflit permanent, elle ne reconnaît pas l'autorité de sa mère et la traite comme une rivale.

5.2 REVOLTE ET DELINQUANCE DE L'ADOLESCENTE DANS LE SYSTEME FAMILIAL POLYGNIQUE : LE CAS DE HUGUETTE

L'absence de l'autorité parentale a conditionné le comportement délinquantiel des adolescentes concernées par notre recherche, et plus particulièrement le cas Huguette. En effet, l'absence du père constitue un handicap majeur dans la personnalité d'un enfant et d'un adolescent. Etant donné que l'enfant se développe et se forme tout d'abord dans la petite cellule familiale, cette dernière offre par tradition, des modèles qui permettent de garder un certain équilibre. Par conséquent, les enfants qui vivent dans un milieu familial valable sont immunisés contre la délinquance.

Mais dans le cadre de notre recherche, nous avons constaté que le père était non seulement absent mais aussi et surtout dévalorisé. Il s'est souvent trouvé dépassé par le rejet de la part de ses propres enfants et est devenu démissionnaire face aux problèmes posés par les enfants. Les rapports entre les enfants et leur mère se sont perturbés, à cause de l'absentéisme du père et des privations affectives dès la toute petite enfance.

Le problème vécu par la mère des adolescentes délinquantes donne lieu à l'absence d'autorité et à la faiblesse du père dont le moral a été soutenu par des schèmes culturels de la supposée supériorité du mâle et conduisant à un sentiment de dévalorisation et pour enfin contribuer au comportement délinquantiel des enfants. Les séparations ont pour conséquence, non pas la frustration, mais une attention donnée sans chaleur par un seul des parents ; dans ces cas, l'apport est dépourvu de stimulation ou d'autorité efficace.

Comme nous pouvons le constater, la diminution de l'importance de l'autorité parentale et scolaire, ou plutôt à la remise en question des valeurs proposées par la collectivité aux adolescentes et rejetées par elles avec une violence constituent un point d'ancrage de la délinquance des adolescentes ainsi que de leur violence envers leur mère ici, le cas de Huguette en est une illustration. Dans cette perspective, nous pouvons admettre que le travail de la mère à l'extérieur s'est révélé inoffensif pour l'enfant au moment de son immixtion dans son emploi du temps bien organisé ; ce qui n'est pas le cas lorsque cela se passe d'une façon impulsive et incontrôlée, entraînant ainsi un grand sentiment d'insécurité et d'abandon.

La délinquance des adolescentes ici est le reflet de l'immaturité psychique des parents. Elles n'ont fait que reproduire leur passé ; en se comportant comme s'elles commettaient un délit afin de satisfaire leurs parents. Il s'agirait, chez ces adolescentes, d'un conflit intrapsychique avec défaut de formation du surmoi due à l'absence du père dans l'encadrement familial et aussi en rapport avec un abandon ou un manque d'éducation valable.

5.3 PROFIL DE PERSONNALITE DES ADOLESCENTES

Le profil de personnalité des adolescentes de cette étude rejaillit à travers leurs comportements. Les observations ont donc porté sur les plans somatique, socioculturel ou psychanalytique.

1. **Somatiquement** ce sont des filles essentiellement mésomorphes, des athlétiques musclés. Elles comptent donc sur cette morphologie pour s'en prendre physiquement à leur mère.
2. **Par leur tempérament**, elles sont actives, hyperactives, impulsives, extraverties, agressives, destructrices.

3. **Par leur attitude** : envers leur mère, elles sont toujours hostiles, déifiantes, rancunières, têtues, cassantes, téméraires, indépendantes, récalcitrantes, hostiles à toute autorité.
4. **Par leur psychologie**, elles ont tendance à l'expression intellectuelle directe et concrète plus que symbolique ; elles ont peu de méthodes pour aborder les problèmes. Les adolescentes étudiées ici sont devenues délinquantes au cours d'une crise qui se confond à l'évolution pubertaire.

5.4 DÉSERTISME ET FUGUES

Les fugues s'observent chez nos adolescentes entre 13 et 18 ans. Cette tranche d'âge correspond effectivement à la période de la puberté, marquée par la crise d'adolescence. Dans le cadre de notre recherche, ceci se justifie par le fait que le contexte dans lequel se trouve l'enfant l'amène à réagir en passant à l'acte. Selon les adolescentes rencontrées, la fugue est liée au désir d'une recherche d'un bien être.

La fugue est donc le résultat d'un malaise que l'adolescent exprime dans son environnement familial. Le départ de l'enfant constitue donc pour l'adolescente un moyen d'échapper à la souffrance personnelle marqué par l'absence du père. Le fait saillant que nous relevons ici est que compte tenu du rôle que joue le père dans la stabilisation des besoins affectifs de l'enfant, ce dernier fugue parce qu'il n'y a pas une figure dissuasive sur laquelle il peut même se référer

5.5 DESERTISME ET PERTURBATION DANS LE PARCOURS SCOLAIRE

Dans le contexte de notre étude, la perturbation du parcours scolaire appréhendée ici comme une série de décrochage scolaire enregistrée au cours de la scolarité.

Transféré dans le contexte scolaire, cette perturbation à l'adolescence, apparaît d'un point de vue psychologique comme la conséquence directe des carences paternelles observées chez ces adolescentes.

5.5.1 DE LA BAISSÉ DES PERFORMANCES SCOLAIRES

Relativement à notre sujet d'étude, la baisse des performances scolaires est considérée ici comme un relâchement et même encore plus comme un fléchissement des performances scolaires. Les performances scolaires quant à elles, sont appréciées par les résultats scolaires qui peuvent être soit l'échec, soit la réussite obtenue en fin de séquence de trimestre ou de fin d'année scolaire. Elles peuvent être soit satisfaisantes : on parle alors de réussite scolaire, soit mauvaises, c'est à dire elles ne donnent pas la satisfaction attendue et dans ce cas, il s'agira d'échec scolaire.

5.5.2 DE LA PHOBIE SCOLAIRE

La phobie scolaire renvoie ici au fait que l'adolescent pour des raisons irrationnelles, refuse d'aller à l'école, n'a plus envie d'étudier et résiste avec des réactions d'anxiété très vives ou de panique quand essaye de l'y forcer. En revanche dans le contexte de notre étude, la phobie scolaire déclenchée par la dégradation de leur image de soi physique, la perte de l'estime de soi, le repli sur soi observés chez tous nos Cas, elle (phobie scolaire) s'appréhende à travers, le refus d'aller à l'école, la perte de l'envie d'étudier.

5.5.3 L'ÉCHEC SCOLAIRE

L'échec scolaire ici peut être assimilé à un déséquilibre dans la scolarité de l'élève, une rupture dans sa progression normale. L'échec scolaire se manifeste dans le contexte de notre étude à travers des difficultés intervenant au moment du passage d'un niveau d'enseignement à un autre ou d'une classe à une autre. Ces difficultés, si elles persistent aboutissent souvent à des résultats scolaires importants ; des orientations vers des filières non désirées ou moins valorisantes, des échecs aux évaluations ou aux examens, une sortie du système scolaire sans diplôme, des difficultés à s'insérer socialement.

Chez tous les Cas présentés ici, nous notons que la baisse des performances scolaires est plutôt critique. La perte de leur estime de soi ayant entraîné un désintérêt total pour leurs études, elle a eu pour finalité d'entraîner la persistance des échecs répétés dans la même classe. Ceci nous amenant à parler d'échec scolaire véritable.

5.6 VECU DE LA RELATION AVEC LE PERE ET RAPPORT D'AGRESSIVITE SUR LA MERE

Le vécu de la relation avec le père qui se fait marquer par son absence est très difficile avec l'adolescente. Tout d'abord, il n'arrive pas à s'imposer avec ce dernier à qui il n'a pas donné l'affection nécessaire à son développement. Cette situation va générer une relation d'hostilité vis-à-vis de la mère et pourrait être divisée en trois phases :

1. Phase d'opposition : c'est la période du refus. Ici, l'adolescente a tendance à rejeter tout ce qui vient de ses parents et plus précisément de sa mère : *Je ne veux pas être prise pour une gamine, le monde a changé et les choses avec. Ma mère n'a pas le droit de me donner des ordres, je suis déjà majeure et son époque est terminée. Nous sommes dans une nouvelle époque et elle ne fait que me freiner. Mes amis vont avancer et moi que je reste derrière. Non je ne peux plus accepter ça* » (déclaration de saurette). Les valeurs morales et sociales précédemment acquises sont remises en question et on peut parler ici d'effondrement total de ces mêmes valeurs. Il s'agit d'un mouvement régressif avec refus de l'ordre établi, infraction volontaire aux règles et mœurs sociaux, provocations, vols, etc. Il y a à la fois l'incapacité à domestiquer les désirs, et recherche du plaisir dans la transgression de l'interdit. Ceci a pour but une certaine prise de conscience de soi avec ses dégâts multiples sur le plan familial et social et usant de la patience parfois de la part de la mère qui tente de comprendre qu'il ne s'agit que d'un moment de crise ou d'un processus normal du développement de la personnalité.
2. Phase d'affirmation du Moi : c'est la période de revendication, de « *Je souhaite être libre ; vraiment libre et que ma mère ne se mêle plus de mes affaires. Elle contrôle tout. Quand elle me voit avec une copine, elle s'énerve ; avec un garçon alors, elle pique une crise. Je ne suis plus une gamine, je peux mieux prendre soin de moi à présent. Elle ne peut pas maîtriser son mari et c'est sur moi qu'elle veut se vengeeeerrrrrr* » (déclaration de pauline). *Non je ne peux l'admettre. Monsieur, je vous assure, ma mère m'a trop brimé et maintenant cela suffit ; le temps là est passé. Elle ne voulait pas que je sorte, que je me détende avec les amis. N'est-ce-pas on dit que la liberté ne se donne pas, mais qu'elle s'arrache ; Alors elle ne peut pas me stopper. J'ai mes amis qui sont dans la 'swag' et ma mère veut que je sois à la maison. Je ne suis pas une religieuse désolée pour elle* ». C'est la phase au cours de laquelle se manifeste un vif désir d'indépendance. C'est aussi l'époque du conflit des générations et la période de l'adolescence où on discute beaucoup. Cette phase d'affirmation de soi est aussi d'aspect essentiellement narcissique avec les excès et les oppositions de tendances : mégalomanie, affabulation, idéalisation, générosité, altruisme et égoïsme.
3. Phase d'insertion : comme nous avons observé dans notre étude, c'est la période d'identification au cours de laquelle, les adolescentes ont réalisé leur indépendance affective et ont construit leur autonomie financière. Elle ont accepté réellement et sans ambivalence de se passer de leurs parents. Cette phase d'insertion est facilitée avec l'accès au travail et la relation de couple, mais freinée quand la précarité ou le chômage s'installent. Il faut savoir que de plus en plus d'adolescents se retrouvent désormais à la rue, sans domicile fixe et sans travail régulier: c'est un phénomène relativement nouveau, et qui prend de plus en plus de l'ampleur.

6 DISCUSSION

L'approche contextuelle et systémique qui a permis d'analyser les données de notre recherche regroupent non seulement les parents, mais aussi l'ensemble des interactions qui président aux échanges entre les divers membres de la famille. Ici, nous nous intéressons à la dysfonctionnalité familiale qui se traduit par le laxisme et l'absence de règles pour encadrer les conduites des adolescentes. Il existe dans les deux familles l'absence du père qui génère un laissé aller, une imprévisibilité, une incapacité à créer un climat familial harmonieux. Ainsi se développent des violences physiques de l'adolescente contre sa mère, le désertisme scolaire chez l'adolescente et la dysfonctionnalité dans le système familial.

La recherche de l'autonomie par les adolescentes dans les deux familles relève d'un certain nombre de comportements qui mettent la mère et l'adolescente en conflit. Les pères dans les deux familles n'occupent pas une place prépondérante, ainsi les comportements des adolescentes sont de ce fait tributaire de la systémique familiale. Les pères sont absents et malgré leur présence physique séquentielle ne se conduisent pas de façon à restaurer l'autorité au sein de la famille n'est pas suffisamment exprimé, cela conduit à des souffrances et à un maternage sans lien mère-fille.

La révolte des adolescentes est en rapport avec le système familial où les règles sont flexibles. Les mères en retour qui veulent bien préserver leur fille de la débauche, ne veulent pas prendre en compte les désirs d'émancipation de leur adolescente. Les adolescentes de leur côté, se battent pour se libérer par des attitudes d'insolence, de violence physique, verbale, de désobéissance et d'opposition bruyante qui aboutissent à des confrontations. Aussi que les mères de ces adolescentes ne représentent pas des modèles en termes de comportements acceptables. Le désertisme familial existe aussi

non seulement parce que le père n'est pas là, mais aussi parce que les mères se livrent aussi à de telles pratiques. Il n'y a pas de cohérence dans le système familial.

La réalité selon laquelle le système familial polygynique génère chez l'adolescente des violences physiques vis-à-vis de la mère se vérifie en ce sens que les adolescentes exercent la violence physique sur leur mère. Ainsi, les conflits naissent de part et d'autres.

Les adolescentes se révoltent parce que les règles sont inexistantes. Le père qui n'est presque jamais là, est remplacé par la mère qui à son tour n'est pas ouverte à la « nouveauté ». Par conséquent, le système familial polygynique entraîne de la révolte de l'adolescente sur sa mère. Celui-ci se caractérise aussi par une forte prépondérance des comportements ordaliques.

Le désertisme familial est tout aussi vérifié chez l'adolescente. Celui est aussi causé par la flexibilité des règles et une incohérence dans le quotidien familial. Pour retrouver la cohérence avec elle-même, l'adolescente manifeste des comportements de fugue et d'énoncé.

Le mythe familial qui joue le rôle de protection et défense est ici absent. Il protège ces membres de la famille en empêchant les personnes externes à observer le fonctionnement des interactions familiales. Sur le plan interne, le mythe familial permet aussi d'éviter les conflits, la souffrance au sein de la famille. De toute évidence, les problèmes de ces deux mères et de leurs adolescences est celui de l'absence du mythe familial cohérent. C'est le père qui fonde la famille et est le garant des règles, croyances et valeurs qui organisent la famille (Tsala Tsala, 1991). Les deux cas de cette étude ont une histoire familiale assez lourde pour elles. Les pères de ces deux familles ont des difficultés à créer un mythe familial susceptible de favoriser l'émergence des personnalités socialement adoptées. La souffrance familiale qui prévaut ici est colorée à une indéfinition collective des rôles des parents au sein de la famille et surtout du rôle du père.

7 CONCLUSION

Cet article a permis d'analyser l'impact du système familial polygynique (marqué par la présence absente du père) et régi par la crise d'adolescence des filles en milieu urbain fondé sur le paradigme systémique familial. Au regard de ce qui précède, nous constatons que le caractère dysfonctionnel de la famille se caractérisant par une absence du père génère une fragilité du mythe familial avec par conséquence, l'hétéro-agressivité de la fille adolescente sur sa mère. Le maternage ici est confronté à une crise de reconnaissance de l'autorité par l'adolescente, d'où la violence physique, la révolte et les fugues familiales et le désertisme scolaire suivis des comportements ordaliques. Il est important de reconnaître que la famille polygynique n'est pas de nature conflictuelle, le conflit naît ici lorsque le paternage cède la place à la mère qui ne représente pas une autorité permettant le développement harmonieux de l'enfant.

REFERENCES

- [1] Anout, M. (2005). *Soigner, la famille*. Paris : Armand colin.
- [2] Braconnier, A., & Marcelli, D. (1988). *Psychopathologie de l'adolescent*. Paris: *Abrégé Masson*.
- [3] Bradshaw, F. (1991). *La famille dysfonctionnelle*. Quebec : Québec/Amérique.
- [4] Colomb, E. & Catzigras, F. (1965). Précisions sur l'emploi du terme de «molasse» et de quelques autres dénominations courantes dans le Miocène du Sud-Est de la France. *CR Somm. SGF*, 312-313.
- [5] Corneau, G. (1989). *Père manquant, fils manqué*. Montréal: Éditions de l'Homme.
- [6] Dallaire, C., & Dallaire, M. (2008). Le savoir infirmier dans les fonctions infirmières. Dans C. Dallaire (Éd) *Le savoir infirmier. Au cœur de la discipline et de la profession*, 265-312.
- [7] Dallaire, Y., langis, P. et Bernard, G. (2008). *La sexualité humaine*. Montréal : ERPI.
- [8] Dolto, F. (1984). *L'image inconsciente du corps*. Paris : Le seuil.
- [9] Leonard, N. (2015). Conflits dans les familles polygames et souffrance familiale. *Cahiers critiques de thérapie familiale et de pratiques de réseaux*, (2), 49-66.
- [10] Lu, X., Le Noble, F., Yuan, L., Jiang, Q., De Lafarge, B., Sugiyama, D., ... & Autiero, M. (2004). The netrin receptor UNC5B mediates guidance events controlling morphogenesis of the vascular system. *Nature*, 432(7014), 179-186.
- [11] Mâle, P. (1982). *La crise juvénile* (Vol. 1). Payot.
- [12] Monéger, F. La polygamie en questions, en jcp 1990, Doctrine, 3460, La semaine juridique, Ed.
- [13] Nguimfack, L., Caron, R., Beaune, D., & Tsala, J. P. T. (2010). Traditionnalité et modernité dans les familles contemporaines: un exemple africain. *Psychothérapies*, 30(1), 25-35.
- [14] Nguimfack, L. (2015). Conflits dans les familles polygames et souffrance familiale. *Cahiers critiques de thérapie familiale et de pratiques de réseaux*, (2), 49-66.

- [15] Owono, R. M. (1990). *Éducation traditionnelle et développement endogène en Afrique centrale*. Editions CEPER.
- [16] Tsala Tsala, J. P. (1991). Thérapie familiale systémique et famille africaine contemporaine: le cas du Cameroun. *Thérapie familiale*, 12(2), 111-120.
- [17] Tsala-Tsala, J. P. (2002). Adolescence et crise familiale en Afrique. Approche systémique d'un cas dans une famille camerounaise. *Santé mentale, psychothérapies et sociétés*. Vienne: World Council for Psychotherapy, 111-139.
- [18] Valeur, F., Mutz, D., & Vigna, G. (2005, July). A learning-based approach to the detection of SQL attacks. In *International Conference on Detection of Intrusions and Malware, and Vulnerability Assessment* (pp. 123-140). Springer Berlin Heidelberg.
- [19] Watzlawick, P., & Coyne, J. C. (1980). Depression Following Stroke: Brief, Problem-Focused Family Treatment. *Family Process*, 19(1), 13-18.
- [20] Weakland, J. H. (1995). Feature films as cultural documents. *Principles of visual anthropology*, 45-67.

