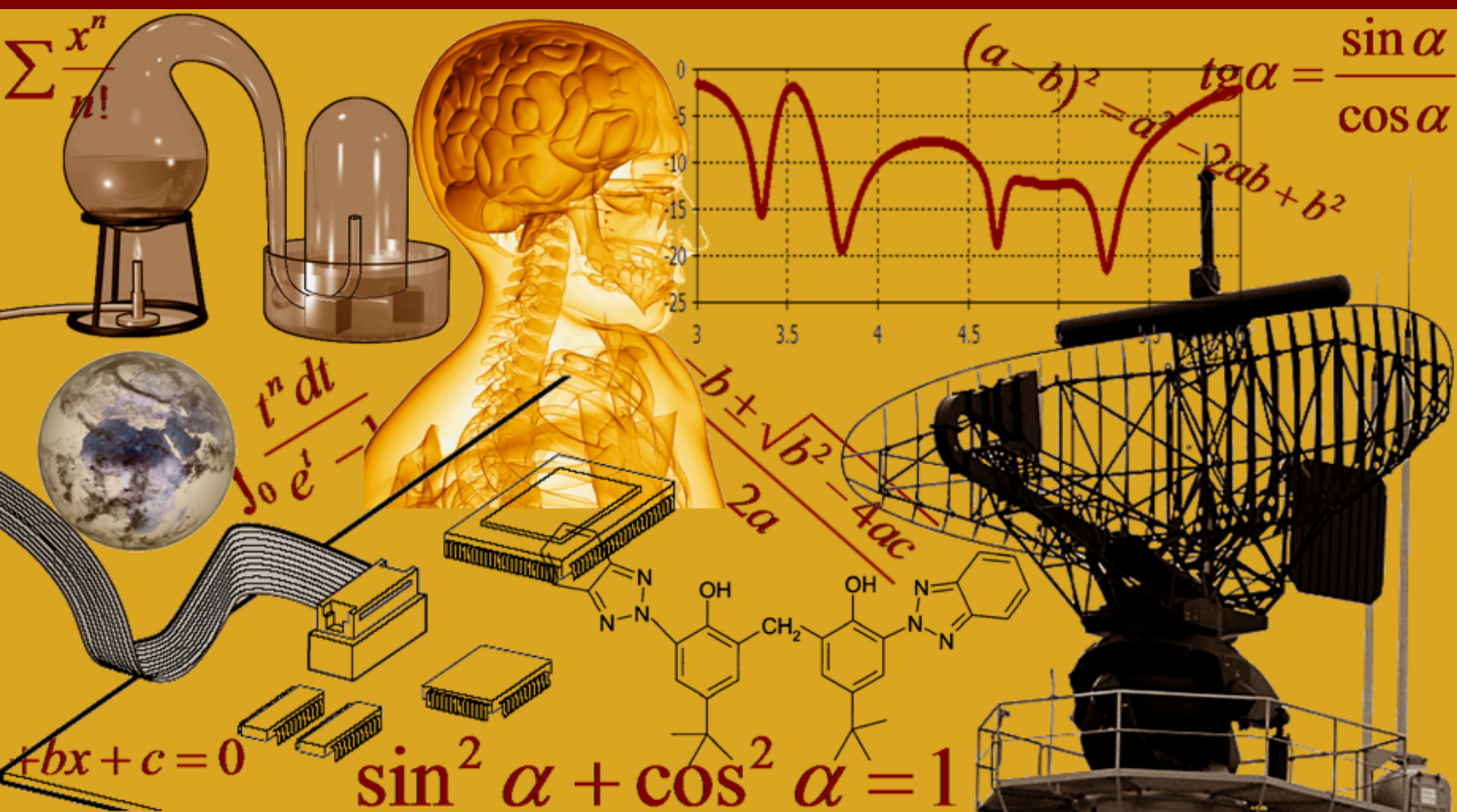


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 39 N. 1 October 2018



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Propriétés galactogènes des tubercules de souchet <i>Cyperus esculentus</i>	1-6
<i>Bou NDIAYE, Nicolas Cyrille AYESSOU, Samba BALDE, Marame NIANG, Raquelle WHITE, Mady CISSE, Codou Mar Diop, and Mama SAKHO</i>	
Le cancer du sein et de la vulve synchrone : A propos d'un cas	7-11
<i>M. KENFAOUI, E. CHEIKH, A. HARIT, S. ENNACHIT, and M. EL KERROUMI</i>	
Le baobab (<i>Adansonia digitata</i> L.) : Taxonomie, importance socio-économique et variabilité des caractéristiques physico-chimiques	12-23
<i>Sow Alioune, Mady CISSE, Nicolas Cyrille AYESSOU, Mama SAKHO, and Codou Mar Diop</i>	
Le baobab (<i>Adansonia digitata</i> L.) : Variabilité des graines, procédés d'extraction et propriétés physico-chimiques de l'huile	24-36
<i>Sow Alioune, Mady CISSE, Nicolas Cyrille AYESSOU, Mama SAKHO, and Codou Mar Diop</i>	
PEINTURE DES MISERES CONGOLAISES DANS MATHÉMATIQUES CONGOLAISES D'IN KOLI JEAN BOFANE	37-42
<i>Jean MATABARO BASHIZI and Ezéchiél KANYAMA BASHOMBANA</i>	
Structure fiscale, pression fiscale et croissance économique : Analyse empirique pour le cas du Maroc	43-48
<i>Radouane JAOUJ and Said YOUSSEF</i>	
Suivi de la morphologie de l'unité littoral Vridi-Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)	49-65
<i>Touré Mamadou, Konan Konan Ernest, and N'guessan Yao Alexis</i>	
Effets non linéaires de court terme de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc : Analyse empirique à changement de régime	66-78
<i>Anouar Ghazi</i>	
Analyse des déterminants de la rentabilité du coton biologique et conventionnel au Bénin	79-90
<i>Tovignan D. Silvère, Epiphane SODJINO, Laurent C. Glin, Hinv Jonas, Bonou-zin Dossi Clarisse Regina, Koussahoué Stanislas, and Gian Nicolay</i>	
Perceptions paysannes de <i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringacées) en zone soudano-sahélienne du Cameroun	91-102
<i>C. Bayé-Niwah and P.M. Mapongmetsem</i>	

Propriétés galactogènes des tubercules de souchet *Cyperus esculentus*

[Galactogenic propriety of tigernut *Cyperus esculentus*]

Bou NDIAYE¹⁻², Nicolas Cyrille AYEISSOU¹⁻², Samba BALDE¹⁻², Marame NIANG¹⁻², Raquelle WHITE³, Mady CISSE¹⁻², Codou Mar DIOP¹⁻², and Mama SAKHO¹⁻²

¹Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés membranaires,
Cheikh Anta Diop University, Ecole Supérieure Polytechnique,
Dakar, Senegal

²Centre d'Etudes sur la Sécurité Alimentaire et les Molécules Fonctionnelles (CESAM-RESCIF),
Cheikh Anta Diop University, Ecole Supérieure Polytechnique,
Dakar, Senegal

³Howard University, Washington, D.C., USA

Copyright © 2018 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: Breastfeeding is essential in infant's growth and development. Thus, several thousand children suffer from insufficient breastfeeding. Dealing with that, Tigernut (*Cyperus esculentus* L.) is used by rural populations for his Lactogenic properties. This study aims to bring out the potential of nut on mammary gland development and milk production in wistar mice by the histological approach. Mice are divided into four groups; groups 1 and 2 represent respectively the negative control group (rabbit food and water) and the positive control (rabbit food and medicine standard), groups 3 and 4 are tests groups and are fed by tigernut. The histological sections of the different groups were observed using an photonic microscope OPTIKA 4083 B3. A significant development of the mammary glands is noted in the mice of lots 3 and 4, an expansion of the alveoli, and glandular ducts was observed, the connective tissue is invaded by many dense fat cells, the muscle bundles are denser and held the milk ducts are filled with dense granules of protein aceous nature. In group1 rare fat cells are identified and muscle bundles distended. The mammary glandular units present an empty light, a thick and hypertrophied epithelium with tall (non-active) cylindrical cells. The milk ducts are dilated and empty. Lot 4 (positive control) has clusters of granulations of protein nature, the fat cells are very dense comparable to those of batch 4 and 3. This results confirms that tigernut has lactogenic properties.

KEYWORDS: Breastfeeding, tigernut, lactogenic properties, mammary glands.

RÉSUMÉ: L'allaitement maternel est essentiel pour la croissance et le développement des nourrissons. Ainsi, pour pallier aux inconvénients d'un allaitement insuffisant, le souchet est utilisé par les populations rurales pour ces propriétés galactogènes. Cette étude vise à mettre en évidence les potentielles du souchet (*Cyperus esculentus* L.) sur le développement des glandes mammaires et la production de lait chez les souris de race wistar par l'approche histologique. Les souris sont répartis en quatre lots : les lots 1 et 2 représentent respectivement le lot témoin négatif (aliment de lapin et l'eau) et le témoin positif (aliment de lapin et aliment pharmaceutique de référence), les lots 3 et 4 constituent les lots d'essais et sont nourris et abreuvés par du souchet. Les coupes des différents lots ont été observées à l'aide d'un microscope photonique OPTIKA 4083 B3. Un développement significatif des glandes mammaires est noté chez les souris des lots 3 et 4, une expansion des alvéoles, et des canaux glandulaires a été observée, le tissu conjonctif est envahi de nombreuses cellules adipeuses denses, les faisceaux de muscles sont plus denses et tenus, les canaux galactophores sont remplis de granulations denses de nature protéinique. Dans

lot 1 de rares cellules adipeuses sont identifiées et des faisceaux musculaires distendus. Les unités glandulaires mammaires présentent une lumière vide, un épithélium épais et hypertrophié à cellules cylindriques hautes (non actives). Les canaux galactophores sont dilatés et aussi vides. Le lot 4 (témoin positif) présente des amas de granulations de nature protéinique, les cellules adipeuses sont très denses comparables à celles du lot 4 et 3. Ces résultats prouvent ainsi les propriétés galactogènes attribuées au *Cyperus esculentus*.

MOT-CLEFS: *Cyperus esculentus*, propriétés galactogènes, glandes mammaires, allaitement.

1 INTRODUCTION

Les différentes civilisations ont toujours tiré profit des effets bénéfiques de l'usage des plantes à travers les feuilles, des racines, des écorces pour des besoins alimentaires et médicinales surtout en médecine traditionnelle [1], [2]. Cette dernière constitue une issue pour plusieurs millions de personnes pour leurs premiers soins sanitaires [3]. Les personnes les plus vulnérables à cet état de fait sont les femmes, les enfants et les personnes âgées. En effet un quart des enfants de moins de 5 ans souffrent encore d'un retard de croissance et présentent donc un risque plus élevé d'être atteints de déficiences cognitives, de connaître des difficultés durant leur vie scolaire et professionnelle, et de décéder des suites d'infections [4]. La santé de l'enfant dépend en grande partie de celle de la mère qui suscite un intérêt public. Ainsi, en Afrique de l'ouest par exemple, le taux élevé de mortalité chez les enfants est en partie causé par une insuffisance de lait chez la mère [5],[6]. De ce fait la production de lait chez les femmes qui allaitent est essentielle pour fournir à leurs progénitures des nutriments nécessaires pour leur croissance et leur développement [7], [8], [9]. Elle permettrait de sauver plus de 800000 bébés de zéro à six mois chaque année [6]. Or, la qualité et la quantité du lait maternel est le résultat de nombreux facteurs dont principalement le régime alimentaire. Par conséquent, l'identification des aliments, des plantes et des herbes qui favorisent la galactopoïèse revêt une importance capitale en particulier dans les pays en développement où l'accès à ces suppléments alimentaires est très limité. Ainsi, plusieurs travaux signalent qu'en milieu rural, les femmes font recours aux plantes à propriété galactogène [10], [8]. Il peut s'agir de *Euphorbia hirta* et *Secamone afzelii* [11],[12]; *Calotropisprocera*, *Ficus sycomorus*, *Ficus platyphylla*[13], *Spondias mombin* L.[5] et Torbangun (*Coleus amboinicus* L.)[14]. Des enquêtes ethnobotaniques mentionnent l'usage des tubercules de souchet *Cyperus esculentus* parmi les plantes à pouvoir galactogène [11]. Par ailleurs, des études ont révélé que les tubercules de souchet possèdent certaines propriétés biologiques notamment la fertilité et la reproduction [15], [16], [17,] [18] et des propriétés antibactériennes [19]. Au Mali et au Sénégal, il s'avère que le souchet est utilisé pendant longtemps par les femmes allaitantes pour ses propriétés galactogènes. Ces considérations traditionnelles n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet d'une étude scientifique avérée. En ce sens, cette présente étude se propose de vérifier les propriétés galactogènes des tubercules de souchet sur des souris de laboratoire.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 LE MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Des souris de race Wistar albinos juvéniles pesant un poids compris entre 180 et 210 g ont été utilisées dans le cadre de cette étude et sont constituées en quatre lots de 3 spécimens chacun (tableau 1). Les animaux ont été maintenus 12 h cycle lumière/obscurité, avec un accès libre à leur alimentation. Le lot 1 constitue le lot témoin négatif, lot 2 représente le lot témoin positif. Les lots 3 et 4 sont constitués de souris sur lesquels les essais sont effectués.

2.2 FORMULATION D'ALIMENT ET DE BOISSON

Les souris des lots témoins (lot1 et lot2) sont nourries par l'aliment pour lapins vendus par les provendiers. Les lots d'essais (3 et 4) sont nourris par un aliment constitué à poids égal de farine de souchet et d'aliments pour lapins. Pour ce faire, l'aliment de lapin est remis à l'état de farine, mélangé à celle de souchet et transformé en granulés. Les souris du lot témoin négatif sont abreuvées à l'eau et celles du lot témoin positif abreuvées à un produit pharmaceutique « G » utilisée pour la production de lait chez la femme allaitante. Il contient un extrait de *Galega officinale*, de malt spiriteux et du phosphate neutre de calcium. Le produit « G » est utilisé dans les conditions expérimentales d'un sachet dans 100 ml d'eau. Les lots d'essais 3 et 4 sont abreuvés au lait de souchet. Ce dernier est obtenu par trempage des tubercules dans de l'eau pendant 12h puis broyées en présence d'eau dans les proportions ¼ m/v avec un mixeur. Le tableau 1 résume la modèle alimentaire imposé aux souris dans cette expérimentation.

Tableau 1. Modèle alimentaire imposé aux souris des différents lots

	Lot 1 (Témoin négatif)	Lot 2 Témoin positif	Lot 3 (lot essai)	Lot 4 (lot essai)
Aliment	100% A.L.	100% A.L.	50% A.L.	100% A.L.
Boisson	Eau	Produit pharmaceutique de référence « G »	Lait de souchet	Lait de souchet

A.L.: aliment de lapin

2.3 ANALYSE HISTOLOGIQUE

Au cours de cette étude menée sur une durée de 36 jours, les souris sont mises dans conditions optimales. Afin d'étudier l'impact de la consommation de souchet sur la production lactée, des prélèvements de mamelles ont été effectués sur chaque lot en fin d'expérimentation. Ils sont fixés dans du formol à 10% puis traités à la paraffine pour des coupes histologiques au microtome. Les coupes sont montées sur lames et colorées à l'hématoxyline et à l'éosine. Les observations tissulaires des glandes mammaires sont effectuées au microscope photonique OPTIKA 4083 B3 muni de système photographique permettant de d'obtenir les photos grâce au logiciel Optikam B3.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'effet de la consommation du souchet sur le développement des glandes mammaires concernant les souris du lot 3 et 4. Ces derniers sont comparés aux lots 1 et 2, qui sont respectivement les témoins négatif et positif. Ainsi, les observations faites sur les coupes histologiques des glandes mammaires des souris qui s'alimentaient avec le souchet ont révélé un nombre important de modifications. La glande mammaire des souris est formée de plusieurs zones histologiquement différentes qui sont de nature tubulo-alvéolaires avec un assemblage d'unités indépendantes glandulaires. Cet ensemble est drainé par des canaux galactophores qui acheminent la production lactée vers les mamelons. Le tissu conjonctif de soutien est entre-maillé d'un réseau de faisceaux de musculaires permettant les contractions musculaires lors de la lactation. Chez les souris femelles témoin négatif, les unités glandulaires sont séparées par un tissu conjonctif lâche, de rares cellules adipeuses et des faisceaux musculaires distendus (figure 1a). Les unités glandulaires mammaires présentent une lumière vide, un épithélium épais et hypertrophié à cellules cylindriques hautes qui sont non actives (figure 1a) ; les canaux galactophores sont dilatés et aussi vides. Pour le lot témoin positif comme des lots testés, des amas de granulations de nature protéinique sont observés sur les parties périphériques et les cellules adipeuses très nombreuses (figure 1b et 1c). Chez les souris du lot 3 et 4 nourries et abreuvées au souchet, il est noté une expansion des alvéoles, et des canaux glandulaires (figure 1c). Le tissu conjonctif au préalable lâche est envahi de nombreuses cellules adipeuses (figure 1d). Les faisceaux de muscles sont plus denses et tenus, signe de leur tonicité. Les canaux galactophores sont remplis de granulations denses de nature protéinique (figure 1c) et les cellules adipeuses sont déversées en entier avec le contenu lipidique dans la lumière des canaux (figure 1d). Comparé aux témoins, l'aspect des différentes régions de la glande mammaire chez les souris des lots testés montre une intense activité galactogène due à leur alimentation.

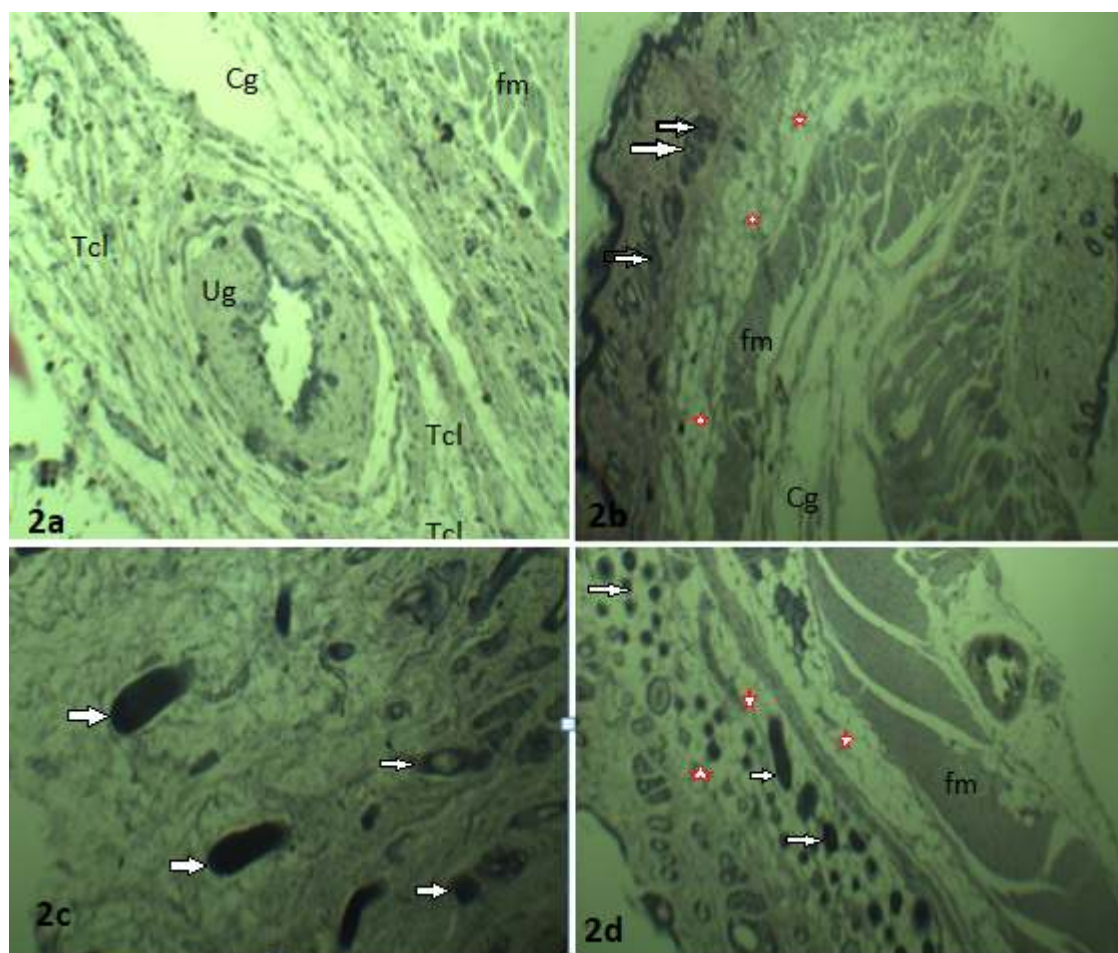


Fig. 1. Coupes histologiques des glandes mammaires des souris témoins et des souris alimentées par *Cyperus esculentus*. Coloration à hematoxyline-éosine

1a : témoin négatif (GX20) 1b : témoin positif (GX20). 1c : Souris testé (GX20). 1d : Souris testé (GX10). Cg, canal galactophore ; Tcl, tissu conjonctif lâche ; Ug, Unité glandulaire ; fm, faisceaux musculaires. Flèche indiquant les productions protéiniques ; astéris montrant les nombreuses cellules adipeuses dans le tissu ou le canal galactophore.

Cette expérimentation montre un effet positif de la consommation de souchet sur l'activité des glandes mammaires et donc sur la production lactée. Compte tenu de la présence des métabolites secondaires et de certains macroéléments retrouvés dans les plantes ayant des propriétés galactogènes avérées, l'on pourrait bien être amené à accorder ces mêmes propriétés aux tubercules de souchet. Ainsi, plusieurs études ont montré la présence de composés dotant le souchet des propriétés thérapeutiques galactogènes avérées tels que les stérols, les polyterpènes et les alcaloïdes [20]. Par ailleurs, les résultats de l'analyse phytochimique du souchet effectués par Prakash et Ragava [19] révèlent la présence de métabolites secondaires tels que les stéroïdes, glycosides, flavonoïdes, phénols, saponines, phlobatanins. Ces métabolites sont doués de plusieurs fonctions biologiques. La variété noire de souchet présentent une composition phytochimique affiche une teneur en phytates de 0,22 mg/g, en tanin 0,91 mg/g, en saponine 0,17 mg/g et en l'oxalate 0,001 mg/g tandis que la variété brune présente une teneur en polyphénols 1,25 mg/g, flavonoïde 1,04 mg/g et alcaloïde 4,75% [21]. Les composés à propriétés galactogènes sont capables d'initier, de maintenir ou d'augmenter la production de lait [22], [23]. Cependant, certaines propriétés biologiques des plantes résultent de la présence de ces composants mineurs. D'après les résultats de Deleke Et al., [24], les composés tels les terpènes, les stéroïdes et les dérivés cardiotoniques sont spécifiques des plantes galactogènes. Cependant les propriétés galactogènes des plantes sont le résultat d'un effet conjugué de plusieurs composés chimiques interagissant entre eux [5]. Ainsi certaines plantes comme *Ficus gnaphalocarpa* (Miq.) ex A. Rich, *Sorghum bicolor* (L.) Moench *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz sont utilisées à cette fin. Les mêmes auteurs rapportent que les saponosides, les tannins, les alcaloïdes et les flavonoïdes peuvent être responsables de l'augmentation de la teneur de la prolactine circulante dans le sang et, de ce fait, peuvent contribuer aussi à l'effet stimulateur de la lactation par des plantes qui en contiennent [5]. Certaines des plantes citées pour la

plupart étant dotées de propriétés galactogènes, agissent en stimulant la sécrétion de prolactine : c'est le cas des feuilles de *Medicago sativas* [25]. Les molécules identifiées dans cette espèce sont les alcaloïdes, coumestérol, flavonoïdes, iso-flavonoïdes, caroténoïdes, acides phénoliques et les minéraux tels que Fe, Ca, K, P et Zn[25]. Les fruits de *Serenoa repens* peuvent jouer aussi un rôle important dans le traitement de l'agalactie et l'agrandissement des glandes mammaires. Les composés identifiés dans cette plante sont les polysaccharides (galactose, arabinose), les vitamines (B-complexe, C, D), les minéraux (Mg, Mn, Fe, Si, Zn), des acides gras (caproïque, Laurique, palmitique) [26]. L'analyse phytochimique des extraits de l'acétate d'*Hibiscus sabdariffa* révèle la présence de composés tels que les cardio-glycosides, flavonoïdes et stéroïde qui ont la possibilité d'augmenter la lactation [27]. Aussi, les aliments riches en fibre et calcium sont cités parmi ceux qui ont des propriétés galactogènes[27, confirmant ainsi la capacité du souchet à jouer ce rôle car il est riche en fibres (32%)[28] et en calcium (120 mg à 515 mg)[29]. Les composés phytochimiques jouent un rôle important dans la production de lait ainsi, les alcaloïdes permettent la libération du lait[30],[31] ; les isoflavones augmentent le rendement en lait ainsi que le pourcentage de lait, de protéines et de lactose tandis que les Polyphénols améliorent le rendement en lait, la concentration en protéines du lait et le taux d'ovulation [14]. Les saponines ruminotrope, améliorent l'état de santé ainsi que la productivité [32],[33].

4 CONCLUSION

L'agalactie constitue un problème récurrent chez les femmes allaitantes surtout dans les régions marquées par la malnutrition, les résultats de cette étude expérimentale indiquent que les tubercules de souchet (*Cyperus esculentus*) présentent des propriétés galactogènes potentielles qui pourraient être exploitées pour la lutte contre la malnutrition chez les nourrissons. Le souchet contient des constituants à activité lactogène qui contribueraient apparemment à son efficacité en médecine traditionnelle. Ainsi des itinéraires technologiques nouveaux doivent être explorés pour diversifier l'offre de consommation.

REFERENCES

- [1] I. Butare, "Pratiques culturelles, la sauvegarde et la conservation de la biodiversité en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes du Séminaire-Atelier d'Ouagadougou (Burkina Faso) ? " Centre de recherches pour le développement international CR01 / Zoom Editions @2003, 2001.
- [2] E. Makita-Ikouay, J. M. Milleliri, J. P. Rudant, "Place de la médecine traditionnelle dans le système des soins des villes d'Afrique subsaharienne : le cas de Libreville au Gabon, " Cahiers d'études et de recherches francophones Vol. 20, no. 4, pp.179-88, 2010
- [3] OMS, "Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023," ISBN 9789242506099 classification NLM : WB 55, 2013.
- [4] FAO, FIDA, OMS, PAM et UNICEF, "L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017. Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire Rome, " 2017.
- [5] CG Akouédégni. "Contribution à l'ethnopharmacopée vétérinaire: cas des plantes galactogènes et anthelminthiques, ". Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi (Benin). 2013; 244p.
- [5] C. G. Akouedegni, I. Gbégé Tossa, F. D. Daga, D. O. Koudandé et M. S. Hounzangbé-Adoté, "Synthèse des connaissances sur les plantes galactogènes et leurs usages en République du Bénin, " Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales, 2012.
- [6] UNICEF, Retarder le début de l'allaitement augmente de 80 % le risque de décès des nourrissons. New York/Paris, [on line] <https://www.unicef.fr/contenu/espace-medias/77-millions-de-nouveaux-nés-ne-sont-pas-nourris-au-sein-durant-leur-premiere-heure-de-vie> 29 Avril 2018.
- [7] O. G. Nacoulma-Ouédraogo, "Plantes médicinales et pratiques médicinales traditionnelles au Burkina Faso: cas du plateau central. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. Tome 1, 338 p, 1996.
- [8] Akouédégni C G, I. Gbégé Tossa, Ahoussi E, Hounzangbé-Adoté M S, "Effects of the fresh leaves of *Spondias mombin* L. on milk production of West African Dwarf (WAD) ewes and their lamb's growth performance, " Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med., Vol. 2, no. 3, pp 126–134, 2013.
- [9] T. S. Sourabie, N. Some, O. Bognonou, Y. Ouattara, J. B. Ouedraogo, Ethnobotanical and ethnopharmacognostical survey on medicinal plants of Malon village and surrounding in the Cascades region (Burkina Faso), " Iosr Journal of Pharmacy, Vol. 3, no. 2, pp 11-15, 2013.
- [10] O. MAM, M.S. Abubakar and I. G. Bako, Study of the effect aqueous *Hibiscus sabdariffa* L. seed extract on serum prolactin level in lactating albino rats. European Journal of Scientific Research, vol. 22, no. 4, pp.575-583, 2008.

- [11] Y. P. Adepo , T. Dally , K. A. Amonkan, "Ethnobotanical Surveys of Plants Lactogens Properties of the African Pharmacopoeia (Ivory Coast): Study of the Biotolerance in Wistar Rats International," Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 5 no. 7, pp, 2016.
- [12] Prof Dr Ali Esmail Al-Snafi "Pharmacology and therapeutic potential of Euphorbia hirta (Syn: Euphorbia pilulifera) " IOSR Journal Of Pharmacy Vol. 7, no. 3, PP. 07-20 7, 2017.
- [13] M. Doukouré, B. Bayala, B. Tindano, G. R. Belemtougri, H. L. Tamboura et L. Sawadogo, "Ethnobotanical Survey and Biological Activities of Two Lactogenic Plants in the Cascades Region of Burkina Faso," Journal of Diseases and Medicinal Plants. Vol. 4, No. 1, pp. 1-8, 2018.
- [14] R. M. Damanik, L. Kustiyah, M. Hanafi and A C Iwansyah, "Evaluation Lactogenic Activity of Ethyl Acetate Fraction of Torbangun (Coleus amboinicus L.) Leaves," IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 101, pp 1-10, 2017.
- [15] U. B. Ekaluo, E. V. Ikpeme, S. E. Etta et P. B Ekpo, "Effect of Aqueous Extract of Tigernut (Cyperus esculentus L.) on Sperm Parameters and Testosterone Level of Male Albino Rats," Asian Journal of Biotechnology, vol. 7, no. 1, pp 39-45, 2015.
- [16] M. Z. Allouh, H. M. Daradka and J. H. Abu Ghaida, "Influence of Cyperus esculentus tubers (Tiger Nut) on male rat copulatory behavior," Complementary and Alternative Medicine 15:331 pp 1-7, 2015.
- [17] S. Sabiu, E. Oladipo Ajani and F. H. O'Neill, "Membrane stabilization and andro-spermatogenic potential standardized fraction of cyperus esculentus L. Indian journal of traditional knowledge," vol.17, no 1, pp 78-84, 2018.
- [18] W. I. Kadm and Prof. Dr. k. W. Abood, "phytochemical investigation and evolution of the biological effect of cyperus secondary metabolites on fertility in male mice World Journal of Pharmaceutical," Research Vol. 6, no. 8 pp 31-46, 2017.
- [19] N. Prakash, B. Ragava, "Phytochemical observation and antibacterial activity of Cyperus esculentus L.," Ancient Science of Life, Vol. 28, No.4, pp 16 – 20, 2009.
- [20] L. B. Koffi, G. J. Nemlin, S. Lefebvre et A. Kamenan, Agronomie africaine, vol.17, no. 1pp 63 – 71, 2005.
- [21] J.A. Ayo , O.E. Adedeji and G. Ishaya "Phytochemical Composition and Functional Properties of Flour Produced from two Varieties of Tigernut (Cyperus esculentus) " FUW Trends in Science & Technology Journal Vol. 1 No. 1 pp 261-266, 2016.
- [22] M.I. Baig and V. G. Bhagwat. "Study the efficacy of Galactin Vet Bolus on milk yield in dairy cows," Veterinary World Vol. 2, no.4, 2009.
- [23] I. Mohanty , M. R. Senapati, D. Jena and P. C. Behera , "Ethnoveterinary importance of herbal galactagogues - a review, Veterinary word, vol. 7, no. 5, pp 325-330., 2014.
- [24] I. K. E. Deleke Koko, J. Djego, J. Gbenou, S.M. Hounzangbe-Adote et B. SINSIN, "Etude phytochimique des principales plantes galactogènes et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains de la Zone cynégétique de la Pendjari," Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol.5, no. 2, pp 618-633, 2011.
- [25] A. A. Zuppa, P. Sindico, C. Orchi, C. Carducci, and V. Cardiello Safety and Efficacy of Galactagogues: Substances that Induce, Maintain and Increase Breast Milk Production. Vol. 13, no. 2, pp 162-174, 2010.
- [26] Bennett, B. C. and J. R. Hicklin, "Uses of saw palmetto (Serenoa repens, Arecaceae) in Florida". vol 52no 4, pp 381-393, 1998.
- [27] I. G. Bako, M. A. Mabrouk, M. S. Abubaka , A. Mohammed, "Lactogenic study of the ethyl-acetate fraction of Hibiscus sabdariffa linn seed on pituitary prolactin level of lactating albino rats, " International Journal of Applied Research in Natural Products Vol. 6, no. 2, pp. 30-37, 2016.
- [28] B. Ndiaye, N. C. Ayessou, O. I. K. Cisse, Samba Balde, Mady Cisse, C. M. Diop et M. Sakho, "Potentialités technologiques par l'évaluation biochimique de la farine des tubercules du souchet Cyperus esculentus L.," Afrique SCIENCE, vol. 14, no.2, pp 209 – 214, 2018.
- [29] J. E. EMURUTU, "Comparison of the Nutritive Value of the Yellow and Brown Varieties of Tiger Nut," IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC), Vol. 10, no. 9, PP 29-32, 2017.
- [30] K. Abascal and E. Yarnell, "Botanical Galactagogues, "Alternative and Complementary Therapies, Vol.14, no. 6, pp 288-294, 2008.
- [31] M. Gupta and B. Shaw, "A Double-Blind Randomized Clinical Trial for Evaluation of *Asparagus racemosus* Galactagogue Activity of Wild," Iranian Journal of Pharmaceutical Research, vol.10, no 1, pp 167-172, 2011.
- [32] G. C. Waghorn and W. C. Mc. Nabb, "Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. In: Exploitation of medicinal properties of plants by animals and man through food intake and foraging behavior," Nutrition and Behaviour Group Comp. vol. 62, no.2, pp 383-392, 2003.
- [33] R.J. Dewhurst, W.J. Fisher, J.K.S. Tweed and R.J. Wilkins, "Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate, " journal of dairy science, Vol. 86, no. 8, pp 2598–2611, 2003.

Le cancer du sein et de la vulve synchrone : A propos d'un cas

[Synchronous vulvar and breast cancer : A case report]

M. KENFAOUI, E. CHEIKH, A. HARIT, S. ENNACHIT, and M. EL KERROUMI

Service de Gynécologie, Centre Mohamed VI pour le traitement des cancers, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc

Copyright © 2018 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: Synchronous vulvar and breast cancer is rare. A 49-year-old women presented a lesion in the the retroareolar region of the left breast and a lesion located in the vulvar region. She underwent breast conservation surgery with resection of the nipple-areola complex with axillary lymph node dissection and radical wide local vulvar excision with inguinal lymph node dissection. The pathology of the breast showed infiltrating ductal carcinoma and that of the vulva revealed squamous cell carcinoma. Only tree such cases have been previously reported.

KEYWORDS: vulvar cancer, breast cancer, association, rare.

RESUME: Le cancer du sein et de la vulve synchrone est exceptionnel. Nous rapportons le cas d'une femme de 49 ans qui présentait un nodule retro-aréolaire du sein gauche et une lésion vulvaire. La patiente a bénéficié d'une pamectomie gauche avec curage ganglionnaire axillaire homolatéral et d'une vulvectomy totale avec curage ganglionnaire inguinal bilatéral. A l'examen anatomopathologique, on retrouve une association synchrone d'un carcinome canalaire infiltrant du sein et d'un carcinome épidermoïde de la vulve. Seulement trois cas similaire ont été rapportés dans la littérature.

MOTS-CLEFS: cancer du sein, cancer de la vulve, association, rare.

1 INTRODUCTION

Devant l'association d'un cancer mammaire et vulvaire, différentes entités peuvent être évoquées : une métastase mammaire d'un cancer de la vulve, une métastase vulvaire d'un cancer du sein, un cancer vulvaire sur tissu mammaire ectopique et un cancer du sein et vulve synchrone. Ce dernier cas de figure est exceptionnel. Nous rapportons un cas associant de façon synchrone, un carcinome canalaire infiltrant du sein à un carcinome épidermoïde de la vulve. Trois cas similaires ont été rapportés dans la littérature. Cette association soulève un intérêt thérapeutique du fait que les deux cancers sont distincts et qu'il faut traiter chaque cancer de manière isolée.

2 PATIENT ET OBSERVATION

Mme J.M, âgée de 49 ans, célibataire, G1 P1, tabagique, en péri-ménopause sans antécédents familiaux de néo du sein, consulte dans notre formation pour un nodule du sein associé à une mastodynie évoluant depuis 1 an.

L'examen des seins retrouvait une rétraction mamelonnaire avec un nodule de 1 cm en retro-aréolaire gauche, sensible, mobile par rapport aux plans superficiel et profond, de consistance dure, sans adénopathies axillaires (T1 N0 Mx). (figure 1).



Fig. 1. Nodule retro-aréolaire du sein gauche

L'examen gynécologique trouvait en outre une tuméfaction blanchâtre et ulcéro-bourgeonnante de la face interne de la grande lèvre droite, avec envahissement des petites lèvres, de la grande lèvre gauche et du clitoris sans infiltration cutanée adjacente. Il s'agissait d'une tumeur de 5 cm de diamètre, mobile, douloureuse sans adénopathies inguinales palpables (figure 2). L'interrogatoire retrouvait un prurit vaginal évoluant depuis 3 ans, associé à des douleurs lancinantes. Le reste de l'examen somatique était sans particularités.



Fig. 2. Photographie illustrant la lésion vulvaire ulcéro-bourgeonnante

L'échomammographie était classée BIRADS 4 de l'ACR (figure 3 et 4) avec présence à la mammographie d'une opacité sus-mamelonnaire gauche et à l'échographie mammaire d'une lésion retro-aréolaire gauche hypoéchoogène, hétérogène à contours irréguliers.

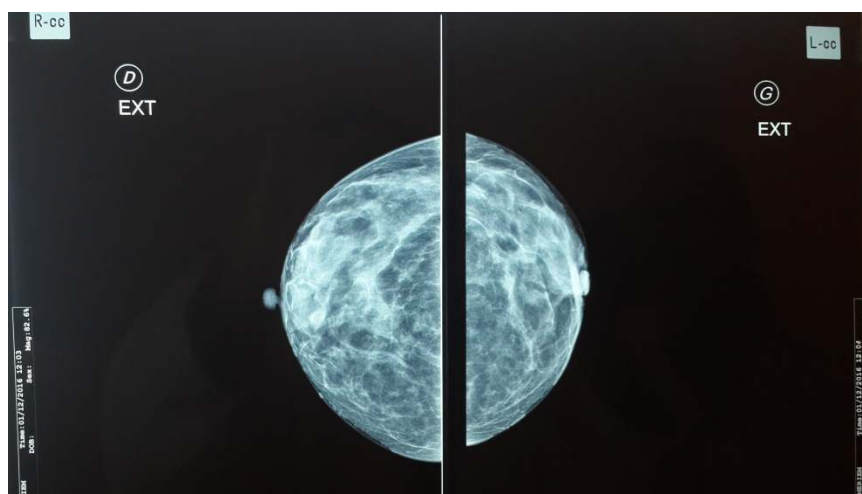


Fig. 3. mammographie montrant une opacité sus mamelonnaire du sein gauche.

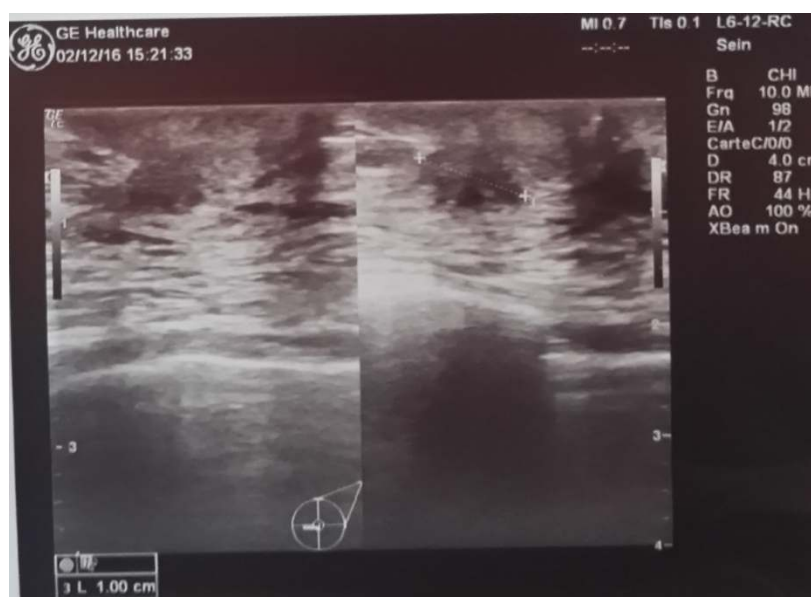


Fig. 4. Echographie montrant une lésion hypoéchoogène et hétérogène du sein au niveau retro areolaire gauche

La micro-biopsie au tru-cut du nodule mammaire avait retrouvé un carcinome canalaire infiltrant SBR I. La biopsie de la tumeur vulvaire montrait un carcinome épidermoïde bien différencié infiltrant avec atypies cytonucléaires de type viral HPV.

Un bilan d'extension comportant une échographie abdominale et une radiographie pulmonaire était normal.

Vu le siège rétro mamelonnaire de la tumeur, une pamectomie gauche, avec curage ganglionnaire axillaire homolatéral a été réalisée. Dans un second temps, l'intervention chirurgicale a consisté aussi en une vulvectomie totale suivie d'un curage ganglionnaire inguinal bilatéral. Les suites opératoires étaient simples.

L'étude anatomopathologique définitive des pièces opératoires montrait un carcinome canalaire infiltrant de grade SBR I du sein gauche mesurant 1,3 cm de grand axe avec des limites d'exérèse saines la plus proche étant profonde située à 3 mm sans embole vasculaire ni composante in situ.

Les récepteurs oestrogéniques et progestéroniques présentaient un marquage membranaire estimé à 90 % alors que le KI67 était positif à 10 % sans surexpression de l'HER 2. Le curage axillaire a retrouvé trois adénopathies métastatiques sur neuf ganglions prélevés.

L'étude anatomopathologique de la pièce de vulvectomie confirmait le type épidermoïde de la tumeur vulvaire mesurant 5 x 4 x 1,5 cm associée à des atypies cytonucléaires de type virale (HPV) avec limites de résection saines mesurant 1,5 et 2 cm avec deux ganglions inguinaux métastatiques à droite et trois ganglions inguinaux métastatiques à gauche. La patiente a reçu une chimiothérapie adjuvante séquentielle à base d'anthracycline et taxane ainsi qu'une radiothérapie sur le sein, les aires ganglionnaires sus claviculaire et mammaire interne avec un boost sur le lit tumoral du sein et une radiothérapie inguinale. Une hormonothérapie à base de Tamoxifène est prescrite à l'issue de la radiothérapie pour une durée de 5 ans. La malade est toujours suivie dans notre service, aucune récurrence n'a été décelée, avec un recul actuel de 17 mois.

3 DISCUSSION

L'association du cancer du sein au cancer de la vulve est rare. Il pourrait s'agir d'un cancer du sein sur du tissu mammaire ectopique au niveau de la vulve, d'une métastase vulvaire à partir d'un cancer du sein ou d'une métastase mammaire à partir d'un cancer de la vulve [3], [4]. Jusqu'à ce jour, seul 51 cas ont été rapportés dans la littérature dont 16 cas de cancer primitif de la vulve sur tissu mammaire ectopique [5], [6]. Dans ces cas de figure, les cancers présentent le même type histologique contrairement à notre observation où les deux types histologiques sont différents ; à la fois un carcinome canalaire infiltrant du sein et un carcinome épidermoïde de la vulve sont associés de manière synchrone.

Le carcinome primaire synchrone a été rapporté dans plusieurs organes et son incidence est rapportée entre 0,73 et 11,7% [1]. Trois critères sont proposés pour la définition de cancers primaires multiples : 1) Chaque tumeur doit satisfaire aux critères de ses propres propriétés tumorales. 2) Les deux tumeurs doivent être suffisamment éloignées l'une de l'autre. 3) Il faut exclure avec certitude que la deuxième tumeur n'est pas la métastase de la tumeur dominante [2]. Les tumeurs synchrones dans notre cas ont rempli ces trois critères.

Nous n'avons trouvé que trois cas similaires dans la littérature. Le premier cas concernait une patiente âgée, le second une jeune patiente HIV positive et le troisième cas une jeune patiente immunocompétente [7], [8], [9].

Il s'agit d'une association fortuite car le cancer du sein et celui de la vulve présentent chacun des facteurs de risque distincts. En effet, le cancer du sein est une maladie multifactorielle. La susceptibilité génétique, la puberté précoce, la ménopause tardive, une première grossesse tardive et l'environnement jouent un rôle majeur dans la genèse du cancer du sein. Il s'agit de la tumeur maligne la plus fréquente chez la femme dans le monde. En 2012, 1,7 million nouveaux cas sont diagnostiqués, et 522 000 sont décédés de la maladie. Il représente 35,7 % des nouveaux cas de cancer chez la femme avec une incidence estimée à 88,9 nouveaux cas par 100 000 habitants- année, il est responsable de 20,2 % des décès par cancer chez la femme. Au Maroc, son incidence est en augmentation et a atteint en 2007, 39,9 nouveaux cas par 100 000 femmes, soit 34,5 % de l'ensemble des cancers de la femme [10], [11]. Le cancer du sein est une maladie à double composante locorégionale et générale, très hétérogène par ses caractéristiques cliniques et son profil biologique. Sa prise en charge repose sur deux piliers ; l'un étant la chirurgie et/ou la radiothérapie pour le contrôle locorégional ; l'autre étant la chimiothérapie, l'hormonothérapie et la thérapie ciblée, utilisés en situation néoadjuvante ou adjuvante, selon les indications, pour le contrôle systémique [12].

Le cancer de la vulve est peu fréquents représentant moins de 1 % de l'ensemble des cancers génitaux de la femme. Il est lié à l'infection par le virus du papillome humain (HPV) chez les femmes jeunes ainsi que les néoplasies intra épithéliales vulvaires (VIN) chez les patientes âgées. Dans notre observation, les infections génitales à répétition auraient sans doute provoquées la dégénérescence des VIN pré-existants d'autant plus que la patiente est jeune. Le carcinome épidermoïde bien différencié représente le type histologique le plus fréquent. Son évolution est plutôt locorégionale pouvant toucher l'urètre, la vessie, le sphincter anal et le rectum. C'est une tumeur très lymphophile responsable d'un envahissement ganglionnaire. Le diagnostic est aisé et accessible à l'examen clinique mais tardif pour des raisons de pudeur et de signes cliniques banalisés. Le traitement de base est une chirurgie large avec curage ganglionnaire inguinale. La radiothérapie peut être adjuvante ou palliative [13].

Sur le plan thérapeutique, lorsqu'il s'agit d'une métastase vulvaire du cancer du sein ou d'une métastase mammaire d'un cancer de la vulve, le traitement suit le protocole du cancer métastatique correspondant [14], [15]. Pour les tumeurs mammaires et vulvaires synchrones, il faut prendre en considération la chronologie des gestes opératoires. Dans le cas de notre malade, pour des raisons d'asepsie, nous avons procédé au traitement du cancer du sein en premier lieu puis nous avons réalisé un curage inguinal bilatéral suivi d'une vulvectomie dans un deuxième temps. Concernant le traitement adjuvant, il n'y a pas de consensus bien établi vu la rareté de cette association. Après la chimiothérapie, notre patiente avait reçu une radiothérapie sur le sein avec un boost sur le lit tumoral, une radiothérapie des aires ganglionnaires sus claviculaire et mammaire interne puis secondairement une radiothérapie inguinale pour éviter un surdosage. Une réunion de concertation

multidisciplinaire associant les différents acteurs de la prise en charge du malade (gynécologue, radiologue, anatomo-pathologiste, oncologue et radiothérapeute) est nécessaire pour mettre en place un protocole thérapeutique en tenant compte du terrain de la patiente, du stade de la tumeur et de son grade.

4 CONCLUSION

Le carcinome canalaire infiltrant du sein associé de manière synchrone au carcinome épidermoïde de la vulve est extrêmement rare. Le clinicien doit garder dans son esprit cette association possible afin de réaliser un examen mammaire et gynécologique complet chez les patientes qui se présentent pour un nodule du sein ou une tumeur vulvaire. La biopsie mammaire et vulvaire permet de différencier une métastase d'un cancer primitif. Sur le plan thérapeutique, chaque localisation doit être traitée isolément et le traitement adjuvant doit être ajusté afin d'éviter un surdosage.

REFERENCES

- [1] Deligdisch L, Szulman AE. Multiple and multifocal carcinomas in female genital organs and breast. *Gynecol Oncol.*, 1975,3,181-190.
- [2] Testori et al. Multiple primary synchronous malignant Tumors. Case report. *BMC Res Notes.*, 2015,8,730
- [3] Aisha Al Zuhair , Saja Al Aqeel, Ahmed Al Essa , Iman Al Shammari, Sanaa Al yousif and Maha Abdel Hadi. Synchronous Vulvar- Breast Cancer Metastasis: Case Report and Review of the Literature. *Women's Health & Gynecology.*, 2016,2,52-54
- [4] Takayuki Ishigaki, Yasuo Toriumi, Ryouko Nosaka, Rei Kudou, Yoshimi Imawari, Makiko Kamio, Hiroko Nogi, Hisashi Shioya, and Hiroshi Takeyama. Primary ectopic breast cancer of the vulva, treated with local excision of the vulva and sentinel lymph node biopsy: a case report. *Surg Case Rep.*, 2017,3,69.
- [5] Diniz C. Primary breast cancer of the vulva: a case report. *J Low Genit Tract Dis.*, 2012,16,155-157.
- [6] McMaster J, Dua A, Dowdy SC. Primary breast adenocarcinoma in ectopic breast tissue in the vulva. *Case ep Obstet Gynecol.*, 2013,2013,721696.
- [7] Rose P, Fraire A. Multiple primary gynecologic neoplasms in a young HIV-positive patient. *J. Surg. Oncol.*, 1993,53,269-272.
- [8] Mssrouri R, Lahlou MK, Benamr S, Malhi A, Benzekri O, Jahid M, Mohammadine E, Mdaghri J, Essadel H, Taghy A, Chad B, Belmahi A. Le cancer du sein associé au cancer de la vulve. *Maroc Médical.*, 2005,27,173-176.
- [9] Abumusa A, Khalil A, Ghaziri G, Seoud M, Abbas J. Synchronous vulvar and breast cancer. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.*, 2001,10,92-93.
- [10] Dernières statistiques mondiales sur le cancer En augmentation à 14,1 millions de nouveaux cas en 2012. L'augmentation marquée du cancer du sein demande des réponses. Genève: Organisation mondiale de la santé (2013) https://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2013/pdfs/pr223_F.pdf
- [11] Registre des Cancers de la région du grand Casablanca 2005-2007 Cancer du sein (2012) :59-62
- [12] CLERE N. Les traitements du cancer du sein. *Actualités Pharmaceutiques.* 2016,558,20-25.
- [13] ALKATOUT I, SCHUBERT M, GARBRECHT N. Vulvar cancer: epidemiology, clinical presentation, and management options. *International journal of women's health*, 2015,7,305.
- [14] Sheen-Chen SM, Eng HL, Huang CC. Breast cancer metastatic to the vulva. *Gynecol Oncol.*, 2004,94,858-860.
- [15] Khouchani M, Benchakroun N, Tahri A, Tawfiq N, et al. Métastase intramammaire d'un cancer vulvaire: à propos d'un cas avec revue de la littérature. *Cancer/Radiothérapie.* 2008,12,120-125.

Le baobab (*Adansonia digitata* L.) : Taxonomie, importance socio-économique et variabilité des caractéristiques physico-chimiques

Sow Alioune^{1,2}, Cissé Mady^{1,2}, Ayessou Nicolas^{1,2}, Sakho Mama², and Diop Codou Mar¹

¹Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés Membranaires (LEPM), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

²Centre d'Etudes sur la Sécurité alimentaire et les Molécules fonctionnelles (CESAM-RESCIF), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cette revue bibliographique rassemble les informations publiées sur le baobab (*Adansonia digitata* L.) et ses différentes parties. Les résultats recensés dans la littérature ont fini de montrer toute la variabilité morphologique et phénologique du baobab. La production fruitière est attribuée à des caractères génétiques, des phénomènes physiologiques et des conditions pédoclimatiques. Les graines de baobab sont très riches en protéines, en lipides et en glucides. L'huile des graines de baobab prise par les industries pharmaceutiques et cosmétiques pour ses propriétés nourrissantes, émollientes, adoucissantes et antalgiques sur la peau.

KEYWORDS: *Adansonia digitata* L. ; variabilité ; graines ; extraction ; utilisations.

1 INTRODUCTION

Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.) est un arbre emblématique de la savane africaine [1]. Il est l'une des espèces ligneuses les plus frappantes et reconnaissables d'Afrique en raison de sa grande taille [2] et peut atteindre plus de 25 m de hauteur [3],[4]. Cet arbre peut atteindre plus de 1000 ans [5],[6]. L'utilisation des différentes parties (feuilles, écorces, racines, graines, pulpe du fruit, fleur) en alimentation et en médecine traditionnelle sont largement documentées dans la littérature [4],[7],[8],[9],[10]. Le baobab peut produire chaque saison 200 kg de fruits environ [7]. Le fruit est la partie la plus exploitée et la plus utilisée du baobab. Les graines qui représentent plus de la moitié de la masse du fruit décoqueté, sont sous exploités par rapport à la pulpe [4],[11]. Cependant, les graines de baobab renferment des concentrations très importantes en termes de protéines (18,4 %), de lipides (12,2 %) et de glucides (45,1 %) [12]. Actuellement, l'huile de ces graines est très recherchée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques à cause de sa composition [13],[14],[15],[16],[17]. Plusieurs études sur le baobab ont été consacrées à la taxonomie, à l'aspect botanique, à l'origine, à la distribution, à l'utilisation, à l'écologie et à l'agronomie [3],[4],[7],[9],[18]. Aussi, des études sur la variabilité du baobab et sur la composition de l'huile ont été réalisées à travers plusieurs articles [19],[20],[21]. Cependant, les articles de synthèses qui réunissent toutes ces informations sont presque inexistantes. Dans ce contexte, notre étude propose une revue globale sur : la variabilité du baobab, des fruits, de la production fruitière, de la composition des feuilles et de la pulpe. En plus, cette revue aborde l'importance économique et les principales utilisations du baobab.

2 LE BAOBAB

2.1 TAXONOMIE ET NOMS VERNACULAIRES

2.1.1 TAXONOMIE

L'espèce *Adansonia digitata* L., présente sur le continent africain, est l'espèce la plus répandue, la plus reconnaissable et la mieux décrite à ce jour [2],[7],[22],[23]. Le genre *Adansonia* appartient à la famille des Bombacacées et à l'ordre des Malvales (**Tableau 1**), au même titre que le kapokier ou le fromager [24]. Cette famille des Bombacacées comprend environ 30 genres, 6 tribus et environ 250 espèces [25]. En plus, le genre *Adansonia* est composé de huit autres espèces. Les six espèces (A.

grandidieri Baill., *A. madagascarensis* Baill., *A. perrieri* Capuron, *A. rubrostipa* Jum. et H. Perrier, *A. suarezensis* H. Perrier et *A. za* Baill.) sont endémiques à Madagascar ; *A. gibbosa* (A. Cunn.) Guym. ex D. Baum est endémique à la région de Kimberley située au nord-ouest de l'Australie et enfin *A. kilima* qui est endémique à l'Afrique continentale [2],[4],[7],[8],[26].

Tableau 1. Systématique du baobab

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Dilleniidae</i>
Ordre	<i>Malvales</i>
Famille	<i>Bombacaceae</i>
Genre	<i>Adansonia</i>

2.1.2 NOMS VERNACULAIRES

Le baobab possède plusieurs noms vernaculaires (Tableau 2) qui varient selon les régions géographiques ainsi que le dialecte ou la langue des populations locales.

Tableau 2. Quelques noms vernaculaires du baobab [5],[7],[24]

Pays	Langues	Noms vernaculaires
Afrique occidentale Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Sénégal	Bambara	Sira
	Baoulé	Fromdo
	Diola	Bubak, buba, bubakabu
	Dogon	Oro
	Malinké	Bavdi, sirra, boki
	Mandingue, Socé	Sito, sira
	Maure	Téydum, téyhum, téyduma
	Moré	Trega, twega, toayga, toéga
	Niominka	Bak
	Poullar, Toucouleur	Boy, boïo, bore, bôki, boko
	Sarakolé	Kidé
	Sérère	Bâk, mbak
	Wolof	Guy
Afrique centrale Niger, Nigeria, Tchad	Arabe (Tchad)	Hamar, hamaraya, hahar
	Foulani	Boki
	Haoussa	Kuka
Afrique orientale et australe Ethiopie, Kenya, Mozambique, Somalie, Soudan, Tanzanie, Zimbabwe	Amhara	Bamba
	Arabe (Soudan)	Habhab, Tebeldi, humr, homeira
	Chichewa	Mnambe, Mlambe
	Kamba	Mwambo
	Masaï	Olimisera
	Mérou	Muramba
	Ndebele	Umkhomo
	Somalie	Yag
	Swahili	Mbuyu
Europe Angleterre, France, Portugal	Anglais	Baobab, Monkey bread tree, Senegal calabash (fruit), Upside-down tree...
	Français	Baobab, pain de singe (fruit), arbre aux Calebasses, arbre de mille ans...
	Portugais	Cabaçevre
Asie Inde	Hindi	Gorakh-imli, hathi-khatyan

2.2 ORIGINE DU NOM DE L'ARBRE

L'origine du nom vernaculaire de baobab est controversée. Selon [5], le nom baobab serait une translittération du terme arabe « bu hibab » signifiant « fruit au nombreuses graines ». Il a souligné que cet arbre était mentionné en 1354 dans les récits des voyages d'Ibn Battuta, célèbre explorateur arabe de la première moitié du XIV^{ème} siècle. Michel Adanson (1727-1806), après son visite au Sénégal au milieu du XVIII^{ème} siècle, avait donné la première description botanique détaillée de l'arbre avec des illustrations. Ainsi, il a nommé l'arbre « baobab » après avoir effectué un lien avec le fruit décrit auparavant par Alpino en 1592 [5],[22],[27]. Cependant, Carl Von Linné et Bernard de Jussieu ont nommé l'arbre *Adansonia digitata* L. pour honorer Michel Adanson [5],[22].

2.3 AIRE DE RÉPARTITION DE *ADANSONIA DIGITATA* L.

L'aire de répartition de l'espèce *Adansonia digitata* L. est très vaste. En Afrique, cette espèce est présente (**Figure 1**) dans les régions semi-arides et subhumides au sud du Sahara (Diop et al., 2005) à l'exception du Liberia, de l'Ouganda, de Djibouti et du Burundi [2],[7]. De même, [28] ont mentionnée la présence du baobab dans certaines zones humides comme le Bénin où la pluviométrie dépasse 1200 mm. Cependant, ils estiment que la distribution du baobab est limitée dans certains pays. En effet, au Tchad, on ne le trouve que dans l'ouest et, en Afrique du Sud, il se limite essentiellement au Transvaal [7].

Au Sénégal, des peuplements de *A. digitata* L. sont présents dans tout le pays [4]. D'après [29], les régions de Kaolack et de Tambacounda restent les deux principales zones de productions de pain de singe. Par ailleurs, il a également noté des peuplements très conséquents à Fongolembi, Kédougou et Salémata. Kerharo et Adam [24] avaient également signalé l'exploitation des peuplements dispersés d'*Adansonia digitata* L. dans les régions de Thiès, Louga, Matam et Saint-Louis. Diop et al. [4] indiquent que le baobab a été exporté en dehors du continent africain par les commerçants arabes, français et portugais. Par conséquent, le baobab est retrouvé en Asie (Inde, Indonésie, Sri Lanka, Malaisie, Java, Philippines, Yémen, Iran, Taiwan), en Guyane, en Nouvelle-Calédonie, en Floride, à Hawaï et aux îles Maurice et de la Réunion [4],[7],[27],[30].

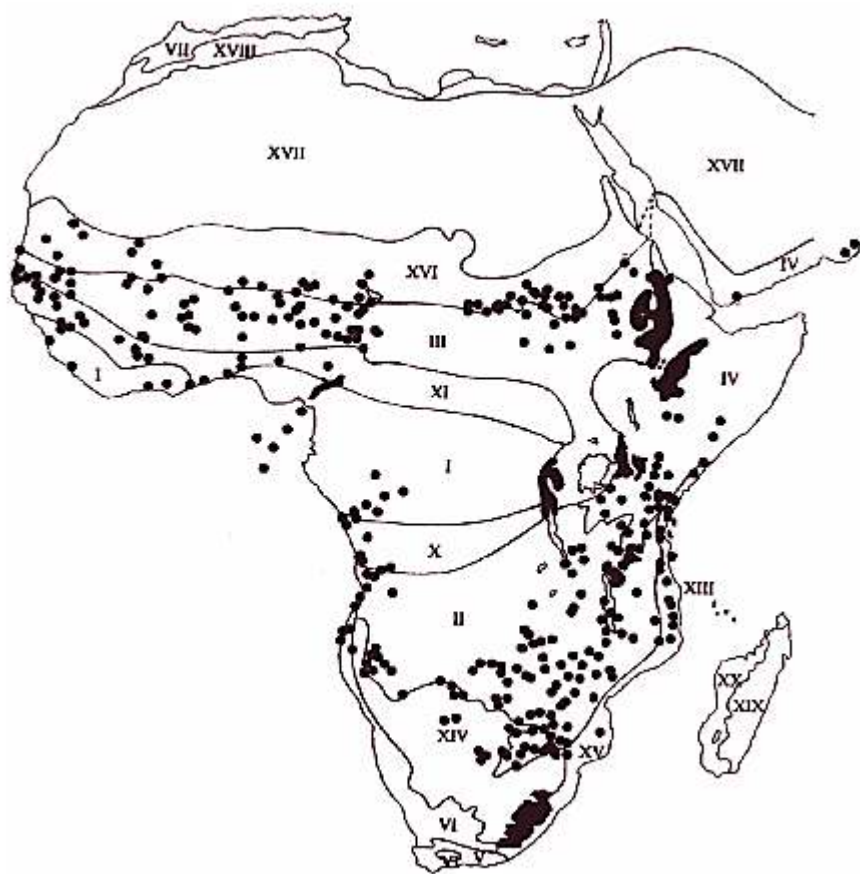


Fig. 1. The distribution of *Adansonia digitata* and the main phytocoria of Africa, Arabia and Madagascar.

Regional centres of endemism :

(I) Guineo-Congolian ; (II) Zambesian ; (III) Sudanian ; (IV) Somalia-Masai ; (V) Cape ; (VI) Karoo-Namid ; (VII) Mediterranean ; (VIII) Afrikan archipelago-like ; (XIX) East Malagasy ; (XX) West Malagasy. Regional transitional zones: (X) Guinea-Congolia/Zambesia ; (XI) Guinea-Congolia/Sudania ; (XIV) Kalahari-Highveld ; (XVI) Sahel ; (XVII) Mediterranean/Sahara. Regional mosaics : (XII) Lake Victoria ; (XV) Tongaland. Regional zone: (XVII) Sahara-Sind [8]

2.4 LES EXIGENCES ÉCOLOGIQUES

Le baobab est présent naturellement dans les zones sahélienne, soudano-sahélienne, soudanienne, soudano-guinéenne et, guinéenne, où les précipitations annuelles moyennes sont respectivement de 300, 700, 800, 1100 et 1200 mm [2],[31],[32]. Dans ces zones, la température moyenne varie de 24 (ou parfois moins) à 31 °C et l'humidité de l'air de 18 à 99 % [31]. D'après [2], il a été introduit dans des zones humides comme le Gabon et la République Démocratique du Congo (RDC). Toutefois, ils soulignent que le baobab pouvait résister à des températures allant jusqu'à 42 °C et qu'il serait sensible au gel et se limitait à des zones où ce phénomène aurait lieu au maximum un jour par an. En plus, ils indiquent que le baobab pourrait se développer sur des sols très divers, aussi bien des sols à la texture épaisse et perméable que des sols argileux. Au Sénégal, le baobab (*Adansonia digitata* L.) est légèrement plus représenté dans les zones humides (zones soudano-Sahel et du Soudan) et particulièrement dans les zones de sols alcalins [33]. Pettigrew *et al.* [26] mentionnent que l'espèce tétraploïde *A. digitata* préférerait les altitudes inférieures à 800 m contrairement à son ancêtre diploïde *A. kilima* qui se limitait à des altitudes comprises entre 650 et 1500 m. Cette espèce (*A. kilima*) serait présente en Afrique du Sud, au Kenya, en Namibie, en Tanzanie, en Zambie et au Zimbabwe [26],[34].

3 VARIABILITE DU BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

Des études réalisées sur le baobab ont permis de déceler des différences au sein de l'espèce *Adansonia digitata*. Soloviev *et al.* [23], en étudiant trois espèces ligneuses de cueillettes récoltées au Sénégal dont *Adansonia digitata*, ont signalé des différences significatives au sein de l'espèce. Ainsi, ils ont révélé une variabilité aussi bien sur les caractéristiques chimiques que sur les caractéristiques biométriques. De plus, les travaux de [35] ont permis d'identifier quatre morphotypes de baobabs au Sénégal selon des critères de sélection basés sur le goût de la pulpe, la taille des fruits, leurs résistance à se casser, l'abondance de la pulpe et sa couleur. Cependant, les critères de sélection des paysans au Mali sont la couleur de l'écorce (noire, rouge ou grise), le goût de la pulpe, les feuilles, la couleur des graines [7], et la forme de capsules au Bénin [31],[36]. Jensen *et al.* [37] ont révélé que la variabilité morphologique et la variabilité phénologique étaient liées à l'origine géographique. En effet, l'utilisation des marqueurs AFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments Amplifiés) d'ADN (Acide Désoxyribonucléique) a permis de révéler la variabilité génétique de *Adansonia digitata* entre les populations de baobab du Bénin, du Burkina Faso, du Ghana et du Sénégal [28],[38],[39].

3.1 LES FEUILLES

Les feuilles [(2 à 7) cm × (5 à 16) cm] sont alternes, digitées et caduques en saison sèche [4],[40]. Ces feuilles mesurant 20 cm de diamètre sont pétiolées (8 à 16 cm) et acuminées à l'apex [4] (**Figure 2**). Cependant, une feuille peut compter entre cinq et neuf folioles [4],[40],[41]. Le limbe, à marge entière ou denticulée, est le plus souvent glabre et brillant sur sa face supérieure et légèrement pubescente sur sa face inférieure [4].

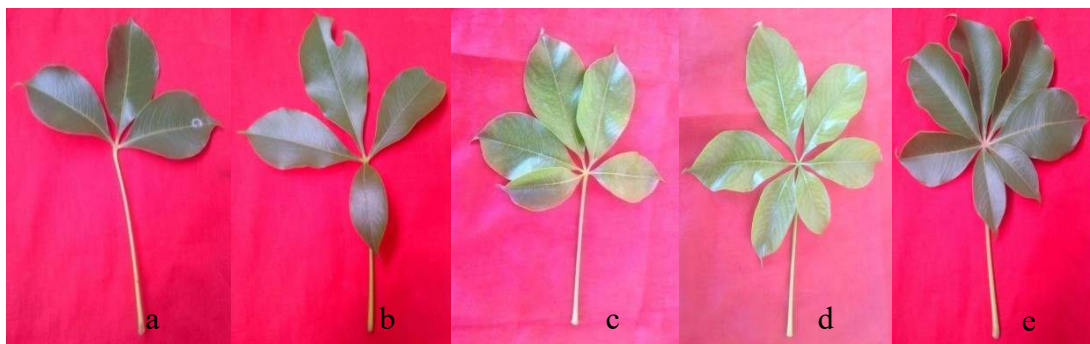


Fig. 2. Feuille avec 3 folioles (a) ; feuille avec 4 folioles (b) ; feuille avec 5 folioles (c) ; feuille avec 6 folioles (d) ; feuille avec 7 folioles (e) [40].

3.2 LE FRUIT

Le fruit est une capsule accrochée à une longue tige avec une cosse dure et ligneuse mesure de 20 à 30 cm de long [4]. Généralement ovoïde, le fruit peut se présenter sous les formes sphérique, fusiforme, allongée ou massue [(7 à 20) cm × (7 à 54) cm] (**Figure 3**) [4]. Au Bénin, [31] avaient noté que la longueur variait de (16,32 à 21,42) cm et la largeur de (8,3 à 9,6) cm. Ils indiquent que les péricarpes des capsules étaient largement moins épais [(0,4 à 0,5) cm] que ceux habituellement observés dans d'autres régions d'Afrique [(0,8 à 1) cm]. Le fruit du baobab est reconnu grâce à son apex parfois apiculé, pointu ou arrondi et avec une surface duveteuse, de couleur brunâtre, jaunâtre ou verdâtre [4]. Les travaux de [42] ont révélé qu'il pouvait atteindre plus de 496 g au Niger. Les nombreuses graines (2000 à 3000 graines/ kg) sont entourées d'une pulpe farineuse (blanche ou jaune) et sont mêlées de fibres rougeâtres [2],[43],[44].



Fig. 3. Fruits du baobab africain en provenance de plusieurs pays : Afrique du Sud (1), Bénin (2), Mali (3), Kenya (4), Niger (5), Soudan (6), Sénégal (7) et Oman (8). La barre blanche (en bas et à gauche) correspond à une longueur de 15cm [45]

3.3 LA PRODUCTION FRUITIÈRE DU BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

Des études ont été consacrées à la production fruitière du baobab. Au Sénégal, l'évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de baobab (*Adansonia digitata* L.) a été effectuée par [32] dans deux zones climatiques. Ils estiment la production fruitière moyenne par individu de *Adansonia digitata* à 35,5 kg de fruits en zone soudano-sahélienne (Bala), et à 64,9 kg de fruits en zone soudano guinéenne (Dar Salam). Toujours selon eux, le rendement moyen en fruits des parcs de *Adansonia digitata* en zone soudano-sahélienne et en zone soudano-guinéenne pourrait potentiellement être respectivement de 468,6 kg.ha⁻¹ et 558,14 kg.ha⁻¹. Par ailleurs, [31] ont donné une estimation de la production de capsules de baobab dans les différentes zones climatiques du Bénin. D'après eux, en moyenne, une capsule pèse 275 g en zone guinéenne, 273 g en zone soudano-guinéenne et 204 g en zone soudanienne. Elle produit respectivement dans chacune de ces zones 54 g, 51 g et 32 g de pulpe, ainsi que 37 g, 28 g et 23 g d'amande. Ces auteurs soulignent que le poids des amandes et l'épaisseur de l'endocarpe des capsules de la zone guinéenne sont plus importants que ceux de la zone soudanienne et de la zone soudano-guinéenne. Au Soudan et au Kenya, le nombre de fruits par baobab a été rapporté par [46]. Ils indiquent à Kordofan du Soudan une moyenne de 381 fruits par baobab. Cependant, à Kibwezi au Kenya, ils soulignent que les moyennes de la production par arbre sont très variables (360 à 707 fruits). Depuis quelques années, la différence de productions fruitières entre les baobabs a également fait l'objet de quelques études [47]. Dans certaines régions africaines, les baobabs se distinguent par la quantité de fruits qu'ils procurent tous les ans. En effet, les arbres qui produisent beaucoup de fruits sont classés comme « femelles » tandis que ceux qui ne produisent presque pas de fruits sont appelés « mâles » [38],[48]. En 2017, [47] ont réalisé des

expériences de pollinisation manuelle sur des populations de baobabs, en Afrique du Sud. Ces auteurs attribuèrent la faible capacité de production de fruits des baobabs « mâles » à un faible taux de pollinisation. Aussi, une étroite corrélation a été soulignée entre les précipitations annuelles et les masses de fruit et de graines [49].

4 IMPORTANCE ECONOMIQUE ET UTILISATIONS DU BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

4.1 IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DE *ADANSONIA DIGITATA* L.

Au Sénégal, la production de fruits de baobab (*Adansonia digitata* L.) a été estimée à 2 940 tonnes en 2005 représentant une valeur économique de 264,6 millions FCFA [50]. Pour les seules régions de Tambacounda et Kolda, une étude de l'UICN (Union Mondiale pour la Nature) avait estimé la production à près de 900 tonnes en 2000 [51]. Cependant, la production de fruits de baobab a été estimée à 3200 tonnes par an selon l'ISRA cité par [4]. D'après ces auteurs, seuls les fruits issus des exploitations contrôlées étaient comptabilisés dans cette production. En effet, certains industriels opérant dans le secteur du baobab au Sénégal estiment la production de fruits à 13 000 tonnes. Ces dernières années, la commercialisation de la pulpe du fruit de baobab a été agréée en l'UE (Union Européenne) et la FDA (Food and Drug Administration) des Etats Unis d'Amérique [52],[53]. La valeur économique du baobab a largement augmenté depuis l'autorisation d'incorporation de la pulpe dans les boissons par l'UE [32]. Ainsi, certaines petites et moyennes entreprises africaines exportent de la pulpe en poudre et de l'huile de baobab. Modibo *et al.* [54] mentionnent qu'en Afrique australe, les baobabs sont en grande partie présents en Afrique du Sud, Botswana, Malawi, Mozambique, Namibie, Zambie et Zimbabwe et couvrent environ une superficie de 93000 km². Ils estiment la population de baobabs sauvages à 28 millions d'arbres avec un rendement potentiel de 673000 tonnes de fruit de baobab dont 108000 tonnes de pulpe de baobab. Cependant, [55] ont estimé la production globale de fruit de baobab dans cette zone entre 190104 et 712890 tonnes par an. D'après ces auteurs, la pulpe du fruit de baobab aurait le potentiel d'engendrer un milliard de dollars à l'Afrique, chaque année. Cependant, les études récentes réalisées par [56] ont montré l'impact du changement climatique sur la distribution du baobab en Afrique de l'Ouest et du Sud. Avec la modélisation, ils prédisent une diminution importante de la population de baobabs. Or en Afrique, le baobab est largement utilisé à des fins alimentaires, médicinales culturelles et économiques.

4.2 UTILISATIONS DE *ADANSONIA DIGITATA* L.

Les différentes parties du baobab (racines, écorces, bois, gomme, feuilles, fleurs, capsules, pulpe, graines) sont exploitées et [10] ont reporté environ trois cent (300) utilisations traditionnelles du baobab en Afrique. Dans la littérature, les usages alimentaires et médicinales sont considérées parmi les principales utilisations du baobab [7],[9],[36].

4.2.1 UTILISATIONS ALIMENTAIRES

Le baobab (*Adansonia digitata* L.) est utilisé dans l'alimentation humaine et dans l'industrie agroalimentaire. Les parties les plus utilisées sont la pulpe du fruit, les feuilles et les graines. Cependant, la pulpe du fruit reste la partie la plus exploitée et la plus consommée [4],[11]. Au Sénégal, [11] ont recensé cinq (5) principales utilisations traditionnelles de la pulpe du fruit de baobab après une enquête réalisée auprès de 93 personnes. Ces utilisations sont les boissons de type nectar (pulpe de fruit additionnée d'eau et de sucre), les utilisations culinaires, les sauces, les compléments alimentaires et le *Ngalax* (mélange liquide sucré à base de pâte d'arachide, de pulpe de fruit du baobab et de farine de mil roulée cuite). Selon ces auteurs, le *Ngalax* serait préparé lors des fêtes religieuses (Korité, Pâques). Aussi, ils ont souligné l'utilisation de la pulpe comme acidifiant dans la cuisine traditionnelle. En Afrique, les feuilles de baobab (*Adansonia digitata* L.) sont très largement consommées comme des légumes surtout par les populations locales dont l'alimentation de base demeure le couscous de mil [9],[57]. En effet, les feuilles jeunes peuvent être consommées crues ou bouillies. Le poudre de feuilles de baobab séchées et tamisées, appelé le *Lalo* au Sénégal, est utilisé comme liant dans le couscous du mil ou pour aromatiser les sauces dans certains pays africains [2],[4],[7]. Les graines peuvent être consommées fraîches ou desséchées [58]. Dans certaines africaines, les graines de baobab torréfiées sont consommées comme un succédané du café [4],[59]. Selon [4], les graines pliées sont utilisées comme d'épaississant pour les sauces et les soupes. Le condiment obtenu après fermentation et séchage des graines à l'air est utilisé dans la cuisine traditionnelle comme source de protéines ou amplificateur de goût dans les soupes et ragoûts [60]. En effet, ce condiment issu de graines de baobab fermentées, largement utilisé en Afrique de l'Ouest, est connu sous les noms de *Maari* au Burkina Faso, de *Dikouanyouri* (ou *Tayohunta* à partir des amandes) au Bénin, *N'Gono* au Mali et de *Dadawa* (ou *Issai*) au Nigéria [60],[61],[62],[63],[64],[65]. Aussi, la sauce aux amandes obtenue par broyage des graines torréfiées est utilisée comme concentré de tomate ou sauce épicée [66].

4.2.2 UTILISATIONS MÉDICINALES

En Afrique, les diverses propriétés thérapeutiques du baobab (*Adansonia digitata* L.) sont très connues par les populations rurales. Par conséquent, l'utilisation des différentes parties (feuilles, écorces, racines, graines, pulpe du fruit, fleur) dans la médecine traditionnelle est largement documentée dans la littérature [4],[7],[8],[9],[10],[36]. D'après [10], les applications et les modes de préparation en médecine traditionnelle diffèrent d'un pays à un autre. Actuellement, certaines propriétés médicinales du baobab ont fait l'objet de plusieurs études cliniques. Ainsi, les différentes parties du baobab sont reconnues pour leurs activités antisickling, antibactérienne, antidiabétique, antirhumatismale, antitrypanosome, arthritique, anti-inflammatoire, antimicrobienne, antioxydante, antivirale, antalgique, antipyrétique, diurétique et hépatoprotectrice [8],[67],[68],[69],[70],[71],[72],[73],[74],[75].

5 VARIATION DE LA COMPOSITION DES FEUILLES ET DU FRUIT DE BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

5.1 COMPOSITION DES FEUILLES

En Afrique de l'Ouest, les légumes feuilles sont considérées par les populations locales comme une source de micronutriments nécessaires pour les fonctions métaboliques [76]. En effet, les feuilles séchées renferment des teneurs très importantes en protéines ($8,00 \pm 0,90$ %), en lipides ($15,93 \pm 0,62$ %) et en glucides ($61,60 \pm 0,69$ %) [77]. La présence de mucilage (12 %) a été notée dans les feuilles [57]. D'après les résultats rapportés par [78], la teneur en vitamine C serait de $14,98 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ sur les feuilles séchées à la température ambiante et collectées au Nigéria. Elles sont également reconnues par leur richesse en éléments minéraux et en acides aminés essentiels [76],[79],[80]. Les éléments minéraux les plus abondants dans les feuilles sont le sodium (Na), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le potassium (K) et le fer (Fe) [79]. En 2014, les travaux réalisés sur 36 populations de *Adansonia digitata* du Nigéria par [81] avaient fini de montrer la diversité génétique et la variabilité nutritionnelle des feuilles séchées. D'après eux, les teneurs (exprimées en pourcentage) en protéines, glucides, lipides, cendres, humidité et fibres variaient respectivement entre 3,88 et 5,64 ; 12,82 et 17,92 ; 0,24 et 1,10 ; 0,65 et 1,44 ; 74,14 et 80 ; 1,60 et 2,60. En effet, [76] ont également rapporté des différences notoires entre les feuilles de baobab séchées au soleil et à la température ambiante. De plus, ces auteurs ont reporté une diminution des teneurs en minéraux, en protéines, en glucides, en lipides et en cendres des feuilles au cours du stockage. Plusieurs études réalisées sur la composition des feuilles de baobab montrent des variations significatives. Ces variations pourraient être attribuées à la méthode d'analyse et la provenance des fruits [66]. Le **Tableau 3** montre la variation des teneurs en vitamines B1 et B2 des feuilles de baobab.

Tableau 3. Teneurs en vitamines B1 et B2 (mg/100g MS) de feuilles de baobab (*Adansonia digitata* L.) selon l'origine géographique [80]

Pays	Vitamine B1	Vitamine B2
Bénin	$0,39 \pm 0,24$	ND
Burkina Faso	$0,31 \pm 0,15$	$0,63 \pm 0,32$
Kenya	$0,18 \pm 0,15$	$0,58 \pm 0,27$
Malawi	$0,41 \pm 0,00$	$0,47 \pm 0,22$
Mali	$0,23 \pm 0,09$	$0,67 \pm 0,30$
Mozambique	$0,16 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,01$
Niger	$0,25 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,01$
Tanzanie	$0,16 \pm 0,02$	$0,85 \pm 0,34$
Togo	$0,27 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,05$
Sénégal	$0,16 \pm 0,06$	$1,04 \pm 0,05$
Sudan	$0,37 \pm 0,14$	$0,47 \pm 0,20$
Moyenne	$0,26 \pm 0,10$	$0,54 \pm 0,27$
F-value	2,39 ¹	4,85 ¹

ND : Non déterminé

¹Significant (For each parameter (Vitamin B1, Vitamin B2), at least one country has an average significantly different from the other countries at 95 % confidence).

Récemment, une étude réalisée par [82] avec l'HPLC en phase inverse révèle que les feuilles de baobab renferment des teneurs importantes en flavonoïdes (cathéchine, épicatechine, rutine, quercétrine, campférol, lutéoline) et en acides phénoliques (acide caféique, acide chlorogénique, acide gallique et acide ellagique). Selon ces auteurs, l'extrait méthanolique des feuilles de *Adansonia digitata* aurait une activité antioxydante et un effet inhibiteur sur les activités enzymatiques (α -amylase, α -glucosidase et aldose réductase) liées au diabète de type 2 (DT2). Aussi, ils estiment la teneur en composés

phénoliques des feuilles de baobab fraîches et blanchies respectivement à $20,02 \pm 1,83$ mgGAE.g⁻¹ et $16,80 \pm 1,02$ mgGAE.g⁻¹. En effet, l'opération de blanchiment avait entraîné la diminution des composés phénoliques. De plus, la teneur en flavonoïdes totaux est de $7,75 \pm 1,56$ mg/g EAG [83]. En 2017, [84], en procédant par une analyse avec la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GC-MS), ont enregistré la présence de 17 composés dans les extraits de feuilles de baobab (*Adansonia digitata* L.). Les composés majoritaires dans l'extrait de feuilles sont le squalène (27,06 %) et le phytol (13,28 %). Toujours dans l'extrait de feuilles, les composés minotaires étaient l'acide palmitique (8,95 %), α -amyrine (7,02 %), octacosane (5,26 %), nonacosane (5,05 %), γ -sitostérol (4,98 %), germanicol (4,08 %) et friedéline (3,60 %).

5.2 COMPOSITION DE LA PULPE DU FRUIT

La plupart des éléments trouvés dans la pulpe de baobab se retrouvent aussi dans les graines, cependant leurs teneurs sont généralement plus importantes dans les graines que dans la pulpe. La pulpe est l'une des parties du baobab les plus utilisées dans l'alimentation. Elle représente entre 13 et 25 % de la masse totale du fruit [4],[11]. De plus, la pulpe de baobab est caractérisée par sa faible teneur en eau comprise la plus souvent entre 6 et 28 % [4],[11],[23] et sa richesse en pectine a également été reportée [85]. Cette faible teneur en eau de la pulpe est liée raisonnablement aux faibles précipitations annuelles, aux températures modérées élevées, à la basse altitude et aux expositions au soleil et au vent des fruits du baobab [86],[87]. La présence de sucre a été reportée par [23] qui ont trouvé des valeurs comprises entre 7,2 et 11,8 g d'équivalent glucose par 100 g de pulpe sèche. Dans la pulpe, il a été souligné la présence de fructose, de glucose et de saccharose (Cissé et al., 2009). Ainsi, [85] ont rapporté une teneur en sucres totaux de 23,2 % et une teneur en sucres réducteurs de 18,9 %. Pour [11], les sucres réducteurs représentent entre le quart et la moitié des sucres totaux. Ils ont aussi relevé une forte teneur en acidité titrable qui varie de 68 à 201 mEq.100 g⁻¹. Cette acidité a été expliquée par la présence des acides organiques comme l'acide citrique, l'acide tartrique, l'acide malique, l'acide succinique, l'acide pyruvique, l'acide fumarique et l'acide 3-hydroxybutanoïque [4],[16],[88]. Cependant, l'acide citrique reste le plus abondant dans la pulpe [88]. La pulpe est également reconnue par sa teneur en protéines. Cette teneur varie suivant les auteurs et les conditions pédoclimatiques [4],[11],[12].

Par ailleurs, la teneur en minéraux remarquable du fruit a été mentionnée par plusieurs auteurs [4],[11],[12],[85]. Cissé et al. [11] avaient trouvé une teneur en minéraux comprise entre 3,7 et 6,3 %. Diop et al. [4] avaient également noté, comme dans la plupart des fruits, une prédominance du potassium. Selon eux, les teneurs en calcium, en magnésium et en phosphore étaient exceptionnellement élevées. En effet, la teneur en calcium rapportée dans la littérature était comprise entre 250 et 655 mg.100g⁻¹ [12],[85]. Sidibé et Williams [7] ont relevé une teneur en phosphore comprise entre 96 et 210 mg.100g⁻¹. De même, la présence du fer a été soulignée et varie, conformément à [4], entre 14 et 76 mg.kg⁻¹. Ils ont également noté, dans la pulpe de baobab, la présence de cuivre, de zinc et de manganèse. Dans l'ensemble, il apparaît que la pulpe de baobab (*Adansonia digitata* L.) peut être une bonne source d'éléments essentiels (Cu, Ca, Fe, K, Mn, Zn). En dehors de ces éléments, dix (10) nouveaux éléments ont été détectés et quantifiés dans la pulpe de baobab par [89] en utilisant la technique d'analyse par activation neutronique. Les métaux lourds (As, Cd, Hg) rapportés à l'état de traces sont inférieures aux valeurs limites. Par conséquent, l'utilisation de la pulpe du fruit ne présente pas de risques sanitaires pour les consommateurs. La qualité vitaminique du produit est intéressante. Sa teneur en acide ascorbique, le plus souvent comprise entre 200 et 500 mg.100 g⁻¹, positionne le pain de singe parmi les fruits riches en vitamine C [4]. La variation de cette teneur peut résulter des conditions pédoclimatiques, de l'arbre, du stade de maturité du fruit à la récolte et des conditions de stockage de la pulpe [4],[11],[12]. La quantité de β -carotène présente dans la pulpe est comprise entre $2,16 \pm 1,77$ et $3,16 \pm 1,68$ mg.100g⁻¹ [90]. Cissé et al. [11] avaient déterminé le pouvoir antioxydant de la pulpe du fruit de baobab par la méthode ORAC. Ainsi, ils ont estimé ce pouvoir à 88 μ mol trolox.g⁻¹. Toujours selon eux, ce résultat serait probablement lié à la teneur élevée de la pulpe en acide ascorbique. Récemment, les travaux de [83] ont estimé la teneur en polyphénols totaux à $63,56 \pm 0,79$ mg/g EAG. La pulpe contient des vitamines B1, B2, B6 et A à des quantités notables [4],[13]. Plusieurs acides aminés tels que l'alanine, l'arginine, la glycine, la lysine, la méthionine, la proline, la sérine et la valine ont été identifiés [13]. La tyrosine (20,6 %), l'arginine (7,6 %) et l'acide glutamique (6,5 %) sont les acides aminés majoritaires dans la pulpe du fruit de baobab [12]. Des études récentes réalisées par [91] ont permis d'isoler dans la pulpe sèche de baobab quatre (4) glycosides d'acide hydroxycinnamique, six (6) glycosides iridoïdes et trois (3) glycosides phényléthanoïdes. Or, les acides hydroxycinnamiques, antioxydants naturels présents dans les fruits, légumes et céréales ont des propriétés anti-cancérigène, antimicrobienne et anti-inflammatoire [92],[93],[94],[95]. En outre, la variation notée sur la composition des fruits serait influencée par l'environnement, le type de sol, l'eau ou l'intensité du soleil [66],[96].

6 CONCLUSION

Avec cette revue bibliographique, il convient de noter que tous les résultats reportés font ressortir une variabilité morphologique, une variabilité phénologique et une variabilité des caractéristiques chimiques et biométriques du baobab (*Adansonia digitata* L.). Les proportions des différentes parties du baobab varient également avec les conditions pédoclimatiques.

REFERENCES

- [1] Korbo, A. , Kjær, E. D. , Sanou, H. , Ræbild, A. , Jensen, J. S. , and Hansen, J. K. Breeding for high production of leaves of baobab (*Adansonia digitata* L) in an irrigated hedge system. *Tree Genetics & Genomes* 2013, 9, 779–793.
- [2] Assogbadjo, A. E. and Loo, J. *Adansonia digitata*. African baobab. Conservation and sustainable use of genetic resources of priority food tree species in sub-Saharan Africa. Bioversity International, Italy: 2011.
- [3] Gebauer, J., El-Siddig, K., and Ebert, G. Baobab (*Adansonia digitata* L.): A review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Gartenbauwissenschaft* 2002, 67, 155–160.
- [4] Diop, A. G., Sakho, M., Dornier, M., Cisse, M., and Reynes, M. Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.) : principales caractéristiques et utilisations. *Fruits* 2005, 61, 55–69.
- [5] Wickens, G. E. The baobab: Africa's upside-down tree. *Kew Bulletin* 1982, 37, 173–209.
- [6] Cissé, I., Montet, D., Reynes, M., Danthu, P., Yao, B., and Boulanger, R. Biochemical and nutritional properties of baobab pulp from endemic species of Madagascar and the African mainland. *African Journal of Agricultural Research* 2013, 8, 6046–6054.
- [7] Sidibe, M. and Williams, J. T. Baobab, *Adansonia Digitata* L. Fruits for the future 4. International Center for Underutilized Crops (ICUC): University of Southampton, Southampton, UK 2002.
- [8] Wickens, G. E. and Lowe, P. The Baobabs: pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. Springer: Berlin] 2008.
- [9] De Caluwé, E. , Halamová, K. , and Van Damme, P. *Tamarindus indica* L.: a review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika focus* 2010, 23, 53–83.
- [10] Buchmann, C., Prehler, S., Hartl, A., and Vogl, C. R. The Importance of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Rural West African Subsistence—Suggestion of a Cautionary Approach to International Market Export of Baobab Fruits. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 145–172.
- [11] Cisse, M., Sakho, M., Dornier, M., Diop, C. M., Reynes, M., and Sock, O. Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar. *Fruits* 2009, 64, 19–34.
- [12] Osman, M. A. Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* 2004, 59, 29–33.
- [13] Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., and Viljoen, A. M. An updated review of *Adansonia digitata*: A commercially important African tree. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 908–919.
- [14] Vermaak, I. , Kamatou, G. P. P. , Komane-Mofokeng, B. , Viljoen, A. M. , and Beckett, K. African seed oils of commercial importance - Cosmetic applications. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 920–933.
- [15] Cissé, I. Caractérisation des propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation. Thèse, 2012. "f
- [16] Zahra'u, B. , Mohammed, A. S. , Ghazali, H. M. , and Karim, R. Baobab Tree (*Adansonia digitata* L) Parts: Nutrition, Applications in Food and Uses in Ethno-medicine—A Review. *Ann Nutr Disord & Ther* 2014, 1, 1011.
- [17] Namratha, V. and Sahithi, P. Baobab: A review about "The Tree of Life." *International Journal of Advanced Herbal Science and Technology* 2015, 1, 20–26.
- [18] Kaboré, D. , Sawadogo-Lingani, H. , Diawara, B. , Compaoré, C. S. , Dicko, M. H. , and Jakobsen, M. A review of baobab (*Adansonia digitata*) products: effect of processing techniques, medicinal properties and uses. *African Journal of Food Science* 2011, 5, 833–844.
- [19] Birnin-Yauri, U. A. and Garba, S. Comparative studies on some physicochemical properties of baobab, vegetable, peanut and palm oils. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* 2011, 19, 64–67.
- [20] Abubakar, S. , Etim, V. , Bwai, D. , and Afolayan, M. Nutraceutical evaluation of baobab (*Adansonia digitata* L.) seeds and physicochemical properties of its oil. *Annals of Biological Sciences* 2015, 3, 13–19.
- [21] Danbature, W. L. , Yirankinyuki, F. F. , Magaji, B. , and Mela, Y. Effect of seed storage on the physico-chemical properties of its oil (*Adansonia digitata*). *International Interdisciplinary Journal of Scientific Research* 2015, 2, 1–7.
- [22] Baum, D. A. A Systematic Revision of *Adansonia* (Bombacaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 1995, 82, 440–471.
- [23] Soloviev, P. , Daouda Niang, T. , Gaye, A. , and Totte, A. Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette récoltés au Sénégal: *Adansonia digitata* , *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*. *Fruits* 2004, 59, 109–119.
- [24] Kerharo, J. and Adam, J. G. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle: Plantes médicinales et toxiques. Paris, France: 1974.
- [25] Baum, D. A. , Small, R. L. , and Wendel, J. F. Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. *Systematic Biology* 1998, 47, 181–207.
- [26] Pettigrew, J. D. , Bell, K. L. , Bhagwandin, A. , Grinan, E. , Jillani, N. , Meyer, J. , Wabuye, E. , and Vickers, C. E. Morphology, ploidy and molecular phylogenetics reveal a new diploid species from Africa in the baobab genus *Adansonia* (Malvaceae: Bombacoideae). *Taxon International Journal of Taxonomy, Phylogeny and Evolution* 2012, 61, 1240–1250.

- [27] Bell, K. L. , Rangan, H. , Kull, C. A. , and Murphy, D. J. The history of introduction of the African baobab (*Adansonia digitata* , Malvaceae: Bombacoideae) in the Indian subcontinent. *Royal Society Open Science* 2015, 2, 1–15.
- [28] Assogbadjo, A. E. , Kyndt, T. , Sinsin, B. , Gheysen, G. , and Van Damme, P. Patterns of Genetic and Morphometric Diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) Populations Across Different Climatic Zones of Benin (West Africa). *Annals of Botany* 2006, 97, 819–830.
- [29] Samba, S. A. N. *Adansonia digitata*, le baobab. Dakar, Sénégal. 1995.
- [30] Parsa, A. Medicinal plants and drugs of plant origin in Iran. I. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 1959, 5, 375–394.
- [31] Assogbadjo, A. E. , Sinsin, B. , and Van Damme, P. Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits* 2005, 60, 327–340.
- [32] Sanogo, D. , Badji, M. , Diop, M. , Samb, C. , Tamba, A. , and Gassama, Y. Évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata* L.) dans deux zones climatiques au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 2015, 85, 7838.
- [33] Niang, M. , Diouf, M. , Samba, S. A. N. , Ndoeye, O. , Cissé, N. , and Van Damme, P. Difference in germination rate of Baobab (*Adansonia digitata* L.) provenances contrasting in their seed morphometrics when pretreated with concentrated sulfuric acid. *African Journal of Agricultural Research* 2015, 10, 1412–1420.
- [34] Douie, C. , Whitaker, J. , and Grundy, I. Verifying the presence of the newly discovered African baobab, *Adansonia kilima*, in Zimbabwe through morphological analysis. *South African Journal of Botany* 2015, 100, 164–168.
- [35] Sanogo, D.; Diedhiou, B.; Diop, A.; Sanou, H.; Thiome, M.; Gassama, Y. K.; and Bassène, E. Morphologic and Biochemical Diversity of Peasant's Baobab Tree (*Adansonia digitata* L.) Morphotypes in Senegal. In *African Natural Plant Products Volume II: Discoveries and Challenges in Chemistry, Health, and Nutrition*; Juliani, H. R., Simon, J. E., Ho, C.-T., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 2013; Vol. 1127, , pp. 255–271.
- [36] Codjia, J. T. C.; Fnton, B. K.; Assogbadjo, A.; and Ekue, M. R. M. Le baobab, une espèce à usage multiple au Bénin. Cotonou, Bénin, 2001.
- [37] Jensen, J. S. , Bayala, J. , Sanou, H. , Korbo, A. , Ræbild, A. , Kambou, S. , Tougiani, A. , Bouda, H.-N. , Larsen, A. S. , and Parkouda, C. A research approach supporting domestication of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in West Africa. *New Forests* 2011, 41, 317–335.
- [38] Assogbadjo, A. E. , Kyndt, T. , Chadare, F. J. , Sinsin, B. , Gheysen, G. , Eyog-Matig, O., and Van Damme, P. Genetic fingerprinting using AFLP cannot distinguish traditionally classified baobab morphotypes. *Agroforestry Systems* 2009, 75, 157–165.
- [39] Kyndt, T. , Assogbadjo, A. E. , Hardy, O. J. , Glele Kakai, R. , Sinsin, B. , Van Damme, P., and Gheysen, G. Spatial genetic structuring of baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae) in the traditional agroforestry systems of West Africa. *American Journal of Botany* 2009, 96, 950–957.
- [40] Zhigila, D. A. , Sawa, F. B. , Oladele, F. A. , and Abdullahi, A. NUMERICAL TAXONOMY ON VARIETIES OF ADANSONIA DIGITATA L. *Annals. Food Science and Technology* 2015, 16, 157–167.
- [41] Sharma, B. K. , Bhat, A. been A. , and Jain, A. K. *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) a threatened tree species of medicinal importance. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries* 2015, 7, 173.
- [42] Parkouda, C. , Sanou, H. , Tougiani, A. , Korbo, A. , Nielsen, D. S. , Tano-Debrah, K. , Ræbild, A. , Diawara, B. , and Jensen, J. S. Variability of Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruits' physical characteristics and nutrient content in the West African Sahel. *Agroforestry Systems* 2012, 85, 455–463.
- [43] Arbonnier, A. Arbustes, Arbres et Lianes dans les zones sèches d'Afrique de l'ouest. 2000.
- [44] Haddad, C. *Fruitiers Sauvages Du Sénégal*. Thèse de doctorat de l'université de pharmacie, 2000.
- [45] Gebauer, J. , Assem, A. , Busch, E. , Hardtmann, S. , Möckel, D. , Krebs, F. , Ziegler, T. , Wichern, F. , Wiehle, M. , and Kehlenbeck, K. Der Baobab (*Adansonia digitata* L.): Wildobst aus Afrika für Deutschland und Europa?! *Erwerbs-Obstbau* 2014, 56, 9–24.
- [46] Gebauer, J. , Adam, Y. O. , Sanchez, A. C. , Darr, D. , Eltahir, M. E. S. , Fadl, K. E. M. , Fernsebner, G. , Frei, M. , Habte, T.-Y. , Hammer, K. , Hunsche, M. , Johnson, H. , Kordofani, M. , Krawinkel, M. , Kugler, F. , Luedeling, E. , Mahmoud, T. E. , Maina, A. , Mithöfer, D. , Munthali, C. R. Y. , Noga, G. , North, R. , Owino, W. O. , Prinz, K. , Rimberia, F. K. , Saied, A. , Schüring, M. , Sennhenn, A. , Späth, M. A. , Taha, M. E. N. , Triebel, A. , Wichern, F. , Wiehle, M. , Wrage-Mönnig, N. , and Kehlenbeck, K. Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2016, 63, 377–399.
- [47] Venter, S. M. , Glennon, K. L. , Witkowski, E. T. F. , Baum, D. , Cron, G. V. , Tivakudze, R. , and Karimi, N. Baobabs (*Adansonia digitata* L.) are self-incompatible and 'male' trees can produce fruit if hand-pollinated. *South African Journal of Botany* 2017, 109, 263–268.
- [48] Venter, S. M. and Witkowski, E. T. F. Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production in communal and conservation land-use types in Southern Africa. *Forest Ecology and Management* 2011, 261, 630–639.
- [49] De Smedt, S. , Alaerts, K. , Kouyaté, A. M. , Van Damme, P. , Potters, G. , and Samson, R. Phenotypic variation of baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit traits in Mali. *Agroforestry Systems* 2011, 82, 87–97.

- [50] Global Forest Resources Assessment. <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/> (accessed May 31, 2018).
- [51] UICN Evaluation économique des ressources sauvages au Sénégal. Evaluation préliminaire des produits forestiers non ligneux, de la chasse et de la pêche continentale,. (2006).
- [52] Commission of the European Communities, Commission Decision 27/June/2008, authorising the placing on the market of Baobab dried fruit pulp as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union, 11/7/2008. CEC, Ed.; London, 2008; pp. 183–186.
- [53] US Food and Drug Administration. Nutrition, Center for Food Safety and Applied Nutrition, GRAS Notice Inventory > Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000273. <https://wayback.archive-it.org/7993/20171031014202/https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm174945.htm> (accessed May 31, 2018).
- [54] Modiba, E. , Osifo, P. , and Rutto, H. Biodiesel production from baobab (*Adansonia digitata* L.) seed kernel oil and its fuel properties. *Industrial Crops and Products* 2014, 59, 50–54.
- [55] Sanchez, A. C. , Osborne, P. E. , and Haq, N. Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modelling. *Agroforestry Systems* 2010, 80, 191–201.
- [56] Sanchez, A. C. , De Smedt, S. , Haq, N. , and Samson, R. Comparative study on baobab fruit morphological variation between western and south-eastern Africa: opportunities for domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2011, 58, 1143–1156.
- [57] Gaiwe, R., Nkulinkye-Nfura, T., Bassene, E., Olschwang, D., Ba, D., and Pousset, J. L. Calcium et mucilage dans les feuilles de *Adansonia digitata* (Baobab). *International Journal of Crude Drug Research* 1989, 27, 101–104.
- [58] Wickens, G. A. The Uses of the Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Africa. Dans : Browse in Africa. ILRI (aka ILCA and ILRAD): Addis-Ababa, Ethiopia 1980.
- [59] Salih, N. and Yahia, E. M. Phenolics and fatty acids compositions of vitex and baobab seeds used as coffee substitutes in Nuba Mountains, Sudan. *Agriculture And Biology Journal Of North America* 2015, 6, 90–93.
- [60] Parkouda, C., Thorsen, L., Compaoré, C. S., Nielsen, D. S. , Tano-Debrah, K. , Jensen, J. S. , Diawara, B. , and Jakobsen, M. Microorganisms associated with Maari, a Baobab seed fermented product. *International Journal of Food Microbiology* 2010, 142, 292–301.
- [61] Nkafamiya, I. I., Osemeahon, S. A., Dahiru, D., and Umaru, H. A. Studies on the chemical composition and physicochemical properties of the seeds of baobab (*Adansonia digitata*). *African Journal of Biotechnology* 2007, 6, 756–759.
- [62] Parkouda, C. , Nielsen, D. S. , Azokpota, P. , Ivette Irène Ouoba, L. , Amoa-Awua, W. K. , Thorsen, L. , Hounhouigan, J. D. , Jensen, J. S. , Tano-Debrah, K. , Diawara, B. , and Jakobsen, M. The microbiology of alkaline-fermentation of indigenous seeds used as food condiments in Africa and Asia. *Critical Reviews in Microbiology* 2009, 35, 139–156.
- [63] Parkouda, C. , Ba/Hama, F. , Ouattara/Songre, L. , Tano-Debrah, K. , and Diawara, B. Biochemical changes associated with the fermentation of baobab seeds in Maari: An alkaline fermented seeds condiment from western Africa. *Journal of Ethnic Foods* 2015, 2, 58–63.
- [64] Chadare, F. J. , Hounhouigan, J. D. , Linnemann, A. R. , Nout, M. J. R. , and Boekel, M. A. J. S. van Indigenous Knowledge and Processing of *Adansonia Digitata* L. Food Products in Benin. *Ecology of Food and Nutrition* 2008, 47, 338–362.
- [65] Chadare, F. J. , Gayet, D. P. , Azokpota, P. , Nout, M. J. R. , Linnemann, A. R. , Hounhouigan, J. D. , and Boekel, M. A. J. S. van Three Traditional Fermented Baobab Foods from Benin, *Mutchayan, Dikouanyouri* , and *Tayohounta* : Preparation, Properties, and Consumption. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 279–297.
- [66] Chadare, F. J. , Linnemann, A. R. , Hounhouigan, J. D. , Nout, M. J. R. , and Van Boekel, M. A. J. S. Baobab Food Products: A Review on their Composition and Nutritional Value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2009, 49, 254–274.
- [67] Ramadan, A., Harraz, F. M., and El-Mougy, S. A. Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic effects of the fruit pulp of *Adansonia digitata*. *Fitoterapia* 1994, 65, 418–422.
- [68] Masola, S. N. , Mosha, R. D. , and Wambura, P. N. Assessment of antimicrobial activity of crude extracts of stem and root barks from *Adansonia digitata* (Bombacaceae) (African baobab). *African Journal of Biotechnology* 2009, 8, 5076–5083.
- [69] Tanko, Y. , Yerima, M. , Mahdi, M. A. , Yaro, A. H. , Musa, K. Y. , and Mohammed, A. Hypoglycemic activity of methanolic stem bark of *adansonia digitata* extract on blood glucose levels of streptozocin-induced diabetic wistar rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products* 2008, 1, 32–36.
- [70] Singh, S. , Parasharami, V. , and Rai, S. Medicinal uses of *adansonia digitata* L.: an endangered tree species. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation* 2013, 2, 14–16.
- [71] Yusha'u, M. , Hamza, M. M. , and Abdullahi, N. Antibacterial activity of *Adansonia digitata* stem bark extracts on some clinical bacterial isolates. *International Journal of Biomedical and Health Sciences* 2010, 6, 129–135.
- [72] Al-Qarawi, A. A. , Al-Damegh, M. A. , and El-Mougy, S. A. Hepatoprotective Influence of *Adansonia digitata* Pulp. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 2003, 10, 1–6.
- [73] Sulaiman, L. K. , Oladele, O. A. , Shittu, I. A. , Emikpe, B. O. , Oladokun, A. T. , and Meseko, C. A. In-ovo evaluation of the antiviral activity of methanolic root-bark extract of the African Baobab (*Adansonia digitata* Lin). *African Journal of Biotechnology* 2011, 10, 4256–4258.

- [74] Vimalanathan, S. and Hudson J. B. Multiple inflammatory and antiviral activities in *Adansonia digitata* (Baobab) leaves, fruits and seeds. *Journal of Medicinal Plants Research* 2009, 3, 576–582.
- [75] Atawodi, S. E. , Bulus, T. , Ibrahim, S. , Ameh, D. A. , Nok, A. J. , Mamman, M. , and Galadima, M. In vitro trypanocidal effect of methanolic extract of some Nigerian savannah plants. *African Journal of Biotechnology* 2003, 2, 317–321.
- [76] Ogbaga, C. C. , Nuruddeen, F. A. , Alonge, O. O. , and Nwagbara, O. F. Phytochemical, Elemental and Proximate Analyses of Stored, Sun-Dried and Shade-Dried Baobab (*Adansonia Digitata*) Leaves. 2017
- [77] Edogbanya, O. P. Comparative Study of the Proximate Composition of Edible Parts of *Adansonia digitata* L. obtained from Zaria, Kaduna State, Nigeria. *MAYFEB Journal of Biology and Medicine* 2016, 1
- [78] Abiona, D. , Adedapo, Z. , and Suleiman, M. Proximate Analysis, Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Baobab (*Adansonia digitata*) Leaves. *IOSR JAC* 2015, 8, 60–65.
- [79] Abioye, V. F. , Adejuyitan, J. A. , and Idowu, C. F. Effects of different drying methods on the nutritional and quality attributes of baobab leaves (*Adansonia digitata*). *Agric. Biol. J. N. Am* 2014, 5, 104–108.
- [80] Hyacinthe, T. , Charles, P. , Adama, K. , Diarra, C.-S. , Dicko, M. H. , Svejgaard, J. J. , and Diawara, B. Variability of vitamins B1, B2 and minerals content in baobab (*Adansonia digitata*) leaves in East and West Africa. *Food Science & Nutrition* 2015, 3, 17–24.
- [81] Ibrahim, H. , Aremu, M. O. , Onwuka, J. C. , Atolaiye, B. O. , and Muhammad, J. AMINO ACID COMPOSITION OF PULP AND SEED OF BAOBAB (*Adansonia digitata* L.). *FUW Trends in Science and Technology Journal*, 2016, 1, 74–79.
- [82] Irondi, E. A. , Akintunde, J. K. , Agboola, S. O. , Boligon, A. A. , and Athayde, M. L. Blanching influences the phenolics composition, antioxidant activity, and inhibitory effect of *Adansonia digitata* leaves extract on α - amylase, α - glucosidase, and aldose reductase. *Food Science & Nutrition* 2017, 5, 233–242.
- [83] Kpatcha, T. , Dosseh, K. , Idoh, K. , Agbonon, A. , and Gbéassor, M. Effect of *adansonia digitata* l. On physical performance and haematological parameters in rats. *African Journal of Science and Research* 2016, 5, 01–06.
- [84] Suliman, M. B. and Nour, A. H. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Crude Extracts from Sudanese Medicinal Plant *Adansonia digitata* L. *Chemistry of Advanced Materials* 2017, 2
- [85] Nour, A. A. , Magboul, B. I. , and Kheiri, N. H. Chemical composition of baobab fruit (*Adansonia digitata* L.). *Tropical Science* 1980, 22, 383–388.
- [86] Ruiz-Rodríguez, B.-M. , Morales, P. , Fernández-Ruiz, V. , Sánchez-Mata, M.-C. , Cámara, M. , Díez-Marqués, C. , Pardo-de-Santayana, M. , Molina, M. , and Tardío, J. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. *Food Research International* 2011, 44, 1244–1253.
- [87] Muthai, K. U. , Karori, M. S. , Muchugi, A. , Indieka, A. S. , Dembele, C. , Mng'omba, S. , and Jamnadass, R. Nutritional variation in baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit pulp and seeds based on Africa geographical regions. *Food Science & Nutrition* 2017, 5, 1116–1129.
- [88] Khakimov, B. , Mongi, R. J. , Sørensen, K. M. , Ndabikunze, B. K. , Chove, B. E. , and Engelsens, S. B. A comprehensive and comparative GC–MS metabolomics study of non-volatiles in Tanzanian grown mango, pineapple, jackfruit, baobab and tamarind fruits. *Food Chemistry* 2016, 213, 691–699.
- [89] Baidoo, I. K. , Fletcher, J. J. , Poku, L. O. , Ntiforo, A. , Simons, J. B. , Opata, N. S. , and Quagraine, R. E. Major, Minor and Trace Element Analysis of Baobab Fruit and Seed by Instrumental Neutron Activation Analysis Technique. *Food and Nutrition Sciences* 2013, 04, 772–778.
- [90] Aluko, A. E. , Kinyuru, J. , Chove, L. M. , Kahenya, P. , and Owino, W. Nutritional Quality and Functional Properties of Baobab (*Adansonia digitata*) Pulp from Tanzania. *Journal of Food Research* 2016, 5, 23.
- [91] Li, X.-N. , Sun, J. , Shi, H. , Yu, L. (Liangli) , Ridge, C. D. , Mazzola, E. P. , Okunji, C. , Iwu, M. M. , Michel, T. K. , and Chen, P. Profiling hydroxycinnamic acid glycosides, iridoid glycosides, and phenylethanoid glycosides in baobab fruit pulp (*Adansonia digitata*). *Food Research International* 2017, 99, 755–761.
- [92] Koo, H. , Gomes, B. P. F. A. , Rosalen, P. L. , Ambrosano, G. M. B. , Park, Y. K. , and Cury, J. A. In vitro antimicrobial activity of propolis and *Arnica montana* against oral pathogens. *Archives of Oral Biology* 2000, 45, 141–148.
- [93] Kim, E. O. , Min, K. J. , Kwon, T. K. , Um, B. H. , Moreau, R. A. , and Choi, S. W. Anti-inflammatory activity of hydroxycinnamic acid derivatives isolated from corn bran in lipopolysaccharide-stimulated Raw 264.7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology* 2012, 50, 1309–1316.
- [94] Kylli, P. , Nousiainen, P. , Biely, P. , Sipilä, J. , Tenkanen, M. , and Heinonen, M. Antioxidant Potential of Hydroxycinnamic Acid Glycoside Esters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2008, 56, 4797–4805.
- [95] Weng, C.-J. and Yen, G.-C. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: Phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their derivatives. *Cancer Treatment Reviews* 2012, 38, 76–87.
- [96] Assogbadjo, A. E. , Chadare, F. J. , Kakaï, R. G. , Fandohan, B. , and Baidu-Forsen, J. J. Variation in biochemical composition of baobab (*Adansonia digitata*) pulp, leaves and seeds in relation to soil types and tree provenances. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2012, 157, 94–99.

Le baobab (*Adansonia digitata* L.) : Variabilité des graines, procédés d'extraction et propriétés physico-chimiques de l'huile

Sow Alioune^{1,2}, Mady CISSE^{1,2}, Nicolas Cyrille AYEISSOU^{1,2}, Mama SAKHO², and Codou Mar Diop¹

¹Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés Membranaires (LEPM), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

²Centre d'Etudes sur la Sécurité alimentaire et les Molécules fonctionnelles (CESAM-RESCIF), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cette revue bibliographique rassemble les informations publiées sur le baobab (*Adansonia digitata* L.) et ses différentes parties. Les résultats recensés dans la littérature ont fini de montrer toute la variabilité morphologique et phénologique du baobab. *La production fruitière est attribuée à des caractères génétiques, des phénomènes physiologiques et des conditions pédoclimatiques.* Les graines de baobab sont très riches en protéines, en lipides et en glucides. L'huile des graines de baobab extraite le plus souvent, de manière artisanale, par pression ou par solvant est actuellement très prisée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques. En effet, la composition de sa fraction saponifiable et insaponifiable ainsi que ses propriétés physico-chimiques permet de ressortir toute la qualité de cette huile. Par ailleurs, les propriétés des méthyl esters de l'huile sont très similaires de celles du colza. Ainsi, l'huile est reconnue pour ces propriétés nourrissantes, émollientes et adoucissantes sur la peau. Elle est utilisée dans le traitement des blessures, des douleurs, des affections dermiques, des cheveux, des ongles, de l'acné, de l'eczéma et du psoriasis.

KEYWORDS: *Adansonia digitata* L. ; huile ; variabilité ; baobab ; graines ; extraction ; utilisations.

1 INTRODUCTION

Le baobab (*Adansonia digitata* L.), arbre emblématique de la savane africaine, est l'espèce la très répandue et la plus reconnaissable [1],[2],[3],[4]. Le genre *Adansonia* appartient à la famille des Bombacacées et à l'ordre des Malvales [5]. Le fruit du baobab, de couleur brunâtre, jaunâtre ou verdâtre peut atteindre plus de 496 g [6],[7]. Les graines qui représentent plus de la moitié de la masse du fruit décoqué, sont sous exploités par rapport à la pulpe [6],[8]. Cependant, les graines de baobab renferment des concentrations très importantes en termes de protéines (18,4 %), de lipides (12,2 %) et de glucides (45,1 %) [9]. Actuellement, l'huile de ces graines est très recherchée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques à cause de sa composition [10],[11],[12],[13],[14]. Plusieurs études sur le baobab ont été consacrées à la taxonomie, à l'aspect botanique, à l'origine, à la distribution, à l'utilisation, à l'écologie et à l'agronomie [3],[6],[15],[16],[17]. Aussi, des études sur la composition de l'huile ont été réalisées à travers plusieurs articles [18],[19],[20]. Cependant, les articles de synthèses regroupant les informations sur la variabilité des graines et des caractéristiques physico-chimiques des huiles de baobab sont presque inexistantes. Dans ce contexte, notre étude propose une revue globale sur : la variabilité de la composition des graines de baobab, les procédés d'extraction de l'huile, la composition des différentes fractions, les propriétés physico-chimiques, les propriétés des méthyl esters et les principales utilisations de l'huile.

2 VARIABILITÉ DES GRAINES DE BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

2.1 LES GRAINES

Avec l'aplatissement latéral, la taille des graines de baobab varie [(10 à 13) mm × (8 à 10) mm × (4 à 5) mm] [3]. D'après [21], le nombre de graines par fruit varie significativement selon les différents types de fruits. Selon eux, la masse d'une graine

varie entre 0,37 et 0,54 g et que le nombre de graines par fruit était de 105 ; 59 ; 307 et 195 respectivement pour les fruits en forme de ventricose, de croissant, de globuleux et de fusiforme. Ils estiment également que la masse totale des graines représente environ 43 % de la masse totale du fruit en provenance du Soudan. Ces résultats corroborent avec ceux de [6] qui avaient signalé que les graines représentaient environ 60 % en poids du fruit débarrassé de sa coque, pour des fruits récoltés au Sénégal. La couleur de la graine varie également selon la variabilité morphologique, la phénologie et l'origine géographique (Figure 1).



Fig. 1. Graines cardioïde du baobab africain avec tégument (à gauche) et sans tégument externe (à droite) [22]

Les travaux de [23] révèlent la présence d'une seule couche épidermique externe dans la graine. Selon ces auteurs, les cellules épidermiques, horizontalement allongées, seraient larges avec une cuticule mucilagineuse épaisse. Toujours selon eux, l'épiderme interne, hypoderme multicouche (environ cinq couches de cellules parenchymateuses compactes), serait hétérocellulaire et l'hypoderme externe comporterait entre deux et trois cellules sclérenchymes. À l'aide de la microscopique et de photographie de grossissements, ils ont également souligné la présence de poils absorbants, d'ostéoslérïdes, de macrosclérïdes, d'endosperme, de tanins et de cellules parenchymateuses. Plusieurs études ont également été consacrées à la reproduction et la germination des graines de baobab [24],[25]. En effet, le temps nécessaire avant le début la germination des graines de baobab varient très largement selon les conditions pédoclimatiques et de culture. Les facteurs environnementaux pouvant influencés la germination sont l'humidité du sol, la latitude, l'altitude, la température, la perméabilité à l'eau et/ou à l'oxygène, la densité de la couverture végétale, la maturité des graines de semences au moment de la récolte des fruits [24],[25],[26]. Par conséquent, Gebauer *et al.* [15] soulignent que les graines de baobab restent plusieurs semaines dans le sol avant de germer. En effet, les téguments très durs imposent une période de dormance aux graines issues de fruits mûrs [27]. Afin d'accroître le taux de germination, les graines de baobab peuvent être bouillies pendant quelques minutes ou trempées dans l'acide sulfurique concentré [27],[28]. D'après les travaux de [27], les durées de trempage de six (6), huit (8) et douze (12) heures des graines de baobab dans l'acide sulfurique concentré (96 %) permettaient d'enregistrer des taux de germination très élevés. Ils ont également noté une variation importante entre les provenances des graines qu'ils ont logiquement corrélées avec la morphologie, la taille des graines et les précipitations annuelles. En effet, des corrélations positives ont été observées entre certains paramètres morpho-biochimiques des fruits [29].

2.2 COMPOSITION DES GRAINES

Les résultats obtenus par [9] montrent que les graines de baobab renferment des concentrations très importantes en termes de protéines (18,4 %), de lipides (12,2 %) et de glucides (45,1 %). Cette teneur élevée en protéines permet de classer les graines de baobab au premier rang des plantes africaines avec le néré (*Parkia biglobosa*) [30]. La teneur en cendres et fibres varient respectivement de 3,1 et 15,6 % [31]. La valeur énergétique des graines de baobab est estimée entre 381,53 et 462,60 kcal/100g [32],[33],[34]. Le **Tableau 1** regroupe les principales caractéristiques des graines selon la position géographique.

Nkafamiya *et al.* [35] avaient reporté des éléments minéraux avec une prédominance du potassium, du calcium et du magnésium (**Tableau 2**). Certains éléments minéraux comme le zinc, le fer et le cuivre ont été mentionné avec des teneurs faibles [9],[35]. Haddad [30] avait signalé la présence des vitamines B1, B2 et B3 dans les graines de baobab. Il estime que ces graines étaient deux fois plus riches en vitamine B3 que celles de l'arachide. Aussi, les graines de baobab renferment une faible quantité d'huile et la présence des vitamines A, D, E et F a été notée dans cette huile [11].

Tableau 1. Composition des graines de baobab (*Adansonia digitata* L.) de différentes provenances

Paramètres	Nigéria	Sénégal	Burkina Faso
Valeur énergétique	381,53 ± 0,83	-	-
Matière sèche	-	-	-
Acidité titrable (mEq.100g ⁻¹)	-	7	-
Humidité	3,50 ± 0,10	9,9	5,21 ± 0,31
Cendres	2,80 ± 0,20	4,4	4,71 ± 0,29
Fibres	15,30 ± 0,50	-	-
Protéines	9,20 ± 0,30	15,8	15,78 ± 0,19
Lipides	13,10 ± 0,30	11,8	14,8 ± 0,36
Glucides	46,10 ± 0,20	-	64,8 ± 0,57
Amidon	-	-	-
Sucres totaux	-	2,4	-
Sucres réducteurs	-	0,4	-
Références	[32]	[8]	[7]

Tableau 2. Composition en minéraux de la graine de baobab (mg/100g) de différentes provenances

Minéraux	Marché local	Nigéria	Bénin
Sodium	28,3 ± 2,2	6,07 ± 0,04	-
Potassium	910 ± 20	280,00 ± 1,34	-
Calcium	410 ± 10	58,90 ± 2,34	25,5 - 36,5
Magnésium	270 ± 30	-	32,4 - 32,6
Phosphore	-	6,00 ± 0,02	-
Fer	6,4 ± 0,2	6,36 ± 0,42	11 - 13,9
Cuivre	2,6 ± 0,2	-	-
Zinc	5,2 ± 0,0	3,60 ± 0,04	1,37 - 1,43
Manganèse	-	-	-
Références	[9]	[35]	[36]

Dans les graines, tous les acides aminés essentiels ont été signalés. Les acides aminés majoritaires (**Tableau 3**) sont l'acide glutamique, l'acide aspartique, la leucine et la glycine [9],[13]. Cependant, l'arginine, la méthionine et le tryptophane sont les moins représentés [13]. La teneur en acides aminés soufrés est comprise entre 57 et 86 % par rapport au standard OMS [3]. Ainsi, le condiment à base des graines est utilisé comme un amplificateur de goût pour les soupes, les ragoûts et aussi comme complément alimentaire [37]. Les travaux de Parkouda *et al.* [38] sur les changements biochimiques associés à la fermentation des graines de baobab lors de la production de *Maari* ont révélé une augmentation des acides aminés. En effet, ils ont obtenu une concentration en acides aminés qui est passée de 16,03 nmol/mg dans les graines non fermentées à 113,24 nmol/mg après soixante (60) heures de fermentation. Ces auteurs avaient également enregistré, après ces 60 heures de fermentation, la diminution de cette concentration en acides aminés. Afin d'améliorer la qualité du *Maari*, [39] ont préconisé l'utilisation des principaux microorganismes responsables de la fermentation des graines (*P. acidilactici* L87 et L169, *E. faecium* L154 et *Bacillus* sp.) comme des cultures de démarrage.

Tableau 3. Composition en acides aminés (g.100g⁻¹ de protéine) de la graine de baobab (*Adansonia digitata* L.)

Acides aminés	Baobab		
Alanine	-	5,79	7,1
Arginine	-	8,45	8,0
Aspartate	-	11,36	10,3
Cystéine	1,92	2,10	1,5
Glutamate	-	12,89	23,7
Glycine	-	6,41	8,6
Histidine	1,98	2,72	2,2
Isoleucine	3,54	3,42	3,6
Leucine	6,54	6,35	7,0
Lysine	3,73	4,67	5,0
Méthionine	1,25	6,16	1,0
Phénylamine	4,54	6,53	4,0
Proline	-	6,83	6,9
Sérine	-	6,61	6,1
Thréonine	2,91	2,03	3,8
Tryptophane	1,38	3,18	-
Tyrosine	2,72	9,01	1,5
Valine	4,99	6,16	5,9
Références	[34]	[32]	[9]

Par ailleurs, les graines contiennent des tanins, un inhibiteur trypsique, un inhibiteur amylasique et un alcaloïde spécifique, l'adansonine [40],[41]. Cependant, [34] avait mentionné l'absence d'inhibiteur trypsique dans les graines de baobab qui pouvait être considérée comme un avantage nutritionnel. Selon lui, les faibles teneurs en tanin (0,29 mg.g⁻¹), en phytates (1,20 g.100g⁻¹), en oxalate total (42,0 mg. 100g⁻¹) et en cyanure (0,25 mg.100g⁻¹) étaient en accord avec les valeurs des aliments couramment consommés (**Tableau 4**). Les techniques traditionnelles pratiquées comme la fermentation et l'ébullition permettent de réduire les composés antinutritionnels et d'améliorer la valeur nutritionnelle des graines de baobab [16]. Addy *et al.* [40] ont également rapporté la diminution de la composition en tanins lorsque les graines furent soumises à des traitements alcalins et acides. Cependant, [42] avaient observé une diminution importante en tanin (65,75 %), oxalate (33,87 %) et en inhibiteur trypsique (37,91 %) une fois que les graines ont été bouillies puis trempées et bouillies encore. Selon eux, le trempage et l'ébullition des graines avaient permis des pourcentages de réductions élevés en alcaloïdes (50,60 %), en acide phytique (65,57 %) et en HCN (47,34 %).

Tableau 4. Teneur en composés antinutritionnels des graines de baobab [34]

Parameters	Graines de baobab*
Tanin (mg/g)	0,29
Phytate (g/100g)	1,20
Phytate-Phosphore	0,34
Phytate-P as % total P	1,0
Inhibiteur trypsique, TIU/mg	ND
Haemagglutinins, HU/mg	0,250
Cyanure, mg/100g	0,25
Oxalate totale, mg/100g	42,0
Oxalate soluble dans l'eau	26,0
Oxalate soluble as % d'oxalate total	61,9
Nitrate, mg/g	19,45
Nitrite, mg/g	0,104

ND: Not Detected, *Means of two independent analyses

Aussi, les résultats obtenus par [43] montrent que les graines de baobab renferment des composés phénoliques solubles (668,97 mg GAE.100g⁻¹ de matière sèche). La teneur en polyphénols est comparable à celle du vitex (**Tableau 5**). Dans leur

étude, les acides phénoliques détectés dans les graines de baobab sont l'acide cinnamique (72,44 mg.100g⁻¹ matière sèche), l'acide caféique (9,09 mg.100g⁻¹ matière sèche), le quercétine (27,82 mg.100g⁻¹ matière sèche) et le catéchine (19,09 mg.100g⁻¹ matière sèche). Plusieurs études consacrées aux composés phénoliques ont montré le rôle inhibiteur à l'oxydation et à la stabilité des huiles [43],[44],[45],[46]. Connus par leurs propriétés thérapeutiques et antioxydants, les composés phénoliques sont fortement éliminés durant l'extraction et le raffinage des huiles obtenues avec les graines [44],[47]. Salih et Yahia [43] indiquent l'utilisation des graines de baobab et de vitex grillées, dans les monts Nuba du Soudan, comme substituant du café en raison de leurs teneurs en acide caféique.

Tableau 5. Les composés phénoliques (mg / 100 g MS) et phénolique soluble totale (mg GAE / 100 g MS) des graines de baobab et de vitex [43]

Composé phénolique	Baobab	Vitex
Acide protocatéchuique	ND	102,19 ± 2,35
Acide caféique	9,09 ± 0,51	2,71 ± 0,02
Acide cinnamique	72,44 ± 3,48	ND
Acide <i>p</i> -coumarique	ND	8,75 ± 0,46
Acide férulique	ND	5,40 ± 0,39
Acide 2-hydroxycinnamique	ND	3,18 ± 0,01
Acide sinapique	ND	1,89 ± 0,00
Quercétine	27,82 ± 0,74	ND
Catéchine	19,09 ± 1,92	ND
Total phénolique soluble	668,97 ± 8,64	641,69 ± 5,32

ND = non détecté

3 PROCÉDES D'EXTRACTION DE L'HUILES DES GRAINES DE BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

3.1 EXTRACTION ARTISANALE

L'extraction de l'huile par cette méthode nécessite plusieurs opérations préliminaires. Les graines sont débarrassées de leurs pulpes par pilage à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Un malaxage pour enlever la pulpe restante est ensuite réalisé. L'huile est obtenue en pilant les graines entières déulpées ou les amandes des graines. L'amande contenue dans la graine est extraite après un trempage et une cuisson de deux (2) à trois (3) heures. Après la cuisson, les graines sont décortiquées individuellement et manuellement puis séchées [48]. Ce procédé d'extraction nécessite beaucoup d'effort physique et consomme beaucoup d'énergie lors de la cuisson. Wickens et Lowe [49] indique également que l'huile peut être extraite par chauffage et distillation des graines. Selon eux, cette méthode traditionnelle, avec un rendement d'extraction compris entre 12 et 15 %, donne une huile qui se dégrade rapidement durant le stockage. Le tourteau obtenu après extraction, qui sert d'aliment de bétail renferme une quantité d'huile résiduelle importante.

3.2 EXTRACTION PAR PRESSE

L'huile de baobab obtenue par le procédé d'extraction par pression est généralement destinée à l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Ce procédé nécessite au préalable une phase de séparation de la pulpe des graines. D'abord, les fruits de baobab sont concassés pour séparer les graines enrobées de pulpe et mêlées à des fibres. Les graines enrobées de pulpe sont séchées puis pilées ou broyées. Cette étape est suivie d'un tamisage grossier permettant de récupérer la pulpe et les graines. Ces dernières sont broyées sous forme de poudre afin d'obtenir des particules plus fines. Lors du pressage, la température d'extraction à la tête de sortie est comprise entre 105 et 110 °C. Cependant, le rendement d'extraction, environ 4 à 5 %, est faible et l'huile obtenue est mélangée à des impuretés gommeuses comme les tanins et les cires [49]. Afin d'empêcher la formation d'un dépôt au fond des bouteilles, l'huile de baobab obtenue après le pressage est filtrée. Ainsi, l'huile destinée à la commercialisation obtient un éclat acceptable auprès des consommateurs. Par ailleurs, [49] signalent qu'une société d'exportation basée à Arusha, en Tanzanie, avait surmonté cette difficulté en chauffant, au préalable, les graines destinées au pressage dans un bain d'eau. L'huile de baobab qui est obtenue par pressage puis filtrage est une huile jaune dorée et légèrement parfumée [11].

3.3 EXTRACTION PAR SOLVANT

L'extraction de l'huile des graines de baobab par solvant est réalisée au laboratoire avec des solvants organiques au Soxhlet [18],[19],[20],[50],[51]. Après le séchage à l'étuve ou à la température ambiante, les graines sont concassées à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Cependant, la taille des particules n'a pas été déterminée dans ces études. En effet, [50] ont effectué l'extraction de l'huile en utilisant l'éther de pétrole (40 - 60 °C). Après l'extraction par solvant, l'huile, miscible avec le solvant, est extraite du tourteau. L'huile est séparée du solvant par évaporation au rotavapor à 65 °C. Avec l'hexane, le rendement d'extraction en huile varie entre 95 et 99 %. Cependant, les pertes en solvant sont notoires. Dans la plupart des études réalisées, le temps d'extraction varie largement entre trois (3) et huit (8) heures [18],[19].

4 CARACTERISTIQUES DE L'HUILE DES GRAINES DE BAOBAB

4.1 COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE DE BAOBAB

4.1.1 FRACTION SAPONIFIABLE

Des études ont été consacrées à la composition de l'huile des graines de baobab [23],[52],[53]. Cette huile constitue une excellente source en acides gras insaturés. En effet, cette huile est composée d'acides gras saturés (33 %), d'acides gras monoinsaturés (36 %) et d'acides gras polyinsaturés (31 %). Elle renferme principalement les acides palmitique, oléique et linoléique [6],[9],[53]. L'acide linoléique (C18 : 2) est l'acide gras insaturé le plus abondant (39,42 %) ; il est suivi de l'acide oléique (C18 : 1) avec une teneur de 26,07 % [13]. Cependant, l'acide palmitique (C16 : 0) est l'acide gras saturé le plus abondant dans l'huile de baobab (28,5 %) suivi de l'acide stéarique (C18 : 0) avec une teneur de 5,85 % [53]. Les acides gras minoritaires de l'huile de baobab sont les acides myristique (0,13 - 0,20 %), palmitoléique (0,13 - 0,32 %), heptadécaïque (0,13 - 0,28 %), heptadécénoïque (0,14 - 0,38 %), arachidique (0,56 - 1,18 %), stéarique (3,09 - 5,42 %), antéiso-stéarique (0,11 - 0,15 %), vaccénique (0,81 - 1,36 %), gondoïque (0,15 - 0,29 %) [54]. Comparativement aux autres huiles (sésame, arachide et olive), la composition en acide gras de l'huile de baobab est différente. Cette dernière est plus riche en acides palmitique et linoléique et contient moins d'acide oléique [55],[56],[57]. Par contre, sa composition en acide gras est similaire à celle de l'huile de *Jatropha*.

En plus de ces acides gras, la présence d'acides gras cyclopropéniques a été rapportée dans l'huile des graines de baobab [52],[54],[58]. Les acides gras cyclopropéniques qui font partie des acides gras non usuels, figurent parmi les constituants de l'huile des graines de certaines espèces de plantes appartenant à l'ordre des malvales [59]. Les principaux acides gras cyclopropéniques retrouvés dans l'huile de baobab sont l'acide malvilique (1,77 - 3,87 %), l'acide sterculique (0,42 - 1,68 %) et l'acide dihydrosterculique (1,74 - 3,86 %) [54]. Andrianaivo-Rafehivola *et al.* [59] ont montré que le chauffage à 180 °C et 220 °C pendant 8 (huit) heures réduisaient la teneur en acides gras cyclopropénique de l'huile de baobab de 60 % et 96 %, respectivement. Ainsi, ils préconisent le raffinage des huiles contenant des acides gras cyclopropéniques avant la consommation.

4.1.2 FRACTION INSAPONIFIABLE

4.1.2.1 LES TOCOPHÉROLS

La présence de tocoférols avait été mentionnée dans certaines études [60]. Le γ -tocophérol est majoritaire et représente environ 59,7 % de la teneur en tocoférols totaux. Les autres tocoférols détectés dans cette huile sont le α -tocophérol (10,2 %), β -tocophérol (12,0 %) et δ -tocophérol (18,1 %). La composition en tocoférol de l'huile de baobab est donc très différente de celles d'huiles de sésame (2,2 % de α -tocophérol) et de coton. Cependant, sa composition est similaire à celle de l'huile de *Jatropha curcas* (Tableau 6). Cette teneur en γ -tocophérol lui confère une stabilité durant la conservation. Bianchini *et al.* [60] ont aussi trouvé des teneurs en tocoférols différentes parmi les autres espèces de *Adansonia*. Le γ -tocophérol a été identifié comme le principal tocoférol dans ces espèces. En effet, cette teneur en γ -tocophérol de ces espèces a oscillé entre 68 et 99 %. Par ailleurs, ces auteurs n'avaient pas détecté le α -tocophérol dans la plupart de ces espèces.

Tableau 6. Comparaison de la composition en tocophérols de l'huile de baobab, de coton et de sésame

Huiles	Tocophérols (%)				Total mg/kg	Références
	α	β	γ	δ		
<i>Adansonia digitata</i> L.	10,2	12,0	59,7	18,1	-	[60]
<i>Adansonia suarensis</i>	0,7	3,0	89,0	7,3	-	
<i>Jatropha curcas</i>	10,2 $\pm$ 0,1	12,9 $\pm$ 0,2	76,9 $\pm$ 0,7	-	199,0 $\pm$ 16,7	[55]
Sésame	2,2	-	90,5	7,3	446	[57]
Coton	32-49	-	31-57	1 - 8	-	[55]

Les tocophérols ont des activités antioxydantes différentes. Le γ -tocophérol a l'activité antioxydante la plus élevée. Aussi, plusieurs travaux ont également été consacrés à l'activité biologique des quatre tocophérols [61],[62]. Le α -tocophérol (vitamine E) est plus fréquent dans la nature et le plus actif biologiquement (100 %) ; les β et γ -tocophérols présentent des activités plus faibles (respectivement 50 % et 10 %) ; le δ -tocophérol est pratiquement inactif [61],[63]. Leger [64] a attribué l'activité antioxydante au noyau 6-OH-chromane. En effet, les tocophérols inhibent les réactions radicalaires des acides gras insaturés en libérant des radicaux hydrogène [65]. Selon Lecerf [47], le raffinage réduit la teneur en vitamine E (de 15 à 20 %, désodorisation et décoloration surtout) et en caroténoïdes des huiles. Aussi, une diminution de la teneur en tocophérols des graines a été déterminée au cours du stockage [66]. Combe et Castera [67] avaient indiqué une dégradation partielle des tocophérols de 10 à 40 % de leur valeur initiale après une (1) à deux (2) heures de chauffage à 180 °C.

4.1.2.2 LES STÉROLS

Certaines études ont été consacrées à la composition de la fraction insaponifiable de l'huile des graines de baobab [3],[60]. Les stérols prépondérants de cette huile sont le β -sitostérol (75 à 81 %), le campestérol (6 à 6,3 %) et le Δ^7 -avénastérol (0,8 à 12 %). D'autres stérols comme le stigmastérol (1 à 2 %), le Δ^5 -avénastérol (0,5 à 3 %) et le cholestérol (1,9 à 2 %) sont aussi notés dans cette huile à des teneurs plus faibles. Bianchini *et al.* [60] ont détecté l'isofucostérol (3,4 à 6,2 %). Ils ont également indiqué que la composition en stérol varie suivant les sept (7) autres espèces de *Adansonia*. Ainsi, pour ces auteurs, la teneur en β -sitostérol oscille entre 83,5 et 88,4 %. De plus, certains stérols comme le cholestérol et Δ^7 -avénastérol n'ont pas été reportés dans l'huile de *A. grandidieri*, *A. za* et *A. madagascarensis*. Cependant, la composition en stérol de l'huile des graines de baobab (*Adansonia digitata* L.) est plus proche de celle de *Adansonia suarensis*. La composition de la fraction stérolique de l'huile des graines de baobab à celle d'autres huiles végétales données dans le **Tableau 7** montre une différence significative. En effet, les huiles d'argane, d'olive et de palme renferment 220, 119 à 268 et 66 à 93 mg.100g⁻¹, respectivement, en stérols totaux [55],[68].

Lecerf [47] précise que la teneur en phytostérols des huiles est le plus souvent inversement proportionnelle à leur teneur en acides gras saturés. D'après Bereau [69], la détermination de la composition stérolique d'une huile végétale constitue un critère important d'identification de son origine botanique. Il estime également que les plantes appartenant à une même famille botanique avaient le plus souvent la même composition qualitative. Endrias [70] indique l'utilisation des phytostérols dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques lors de la formulation de certaines crèmes. Aussi, il indique que les phytostérols permettent de solubiliser les stéroïdes et présentent des effets curatifs sur la peau ainsi qu'une action anti-inflammatoire semblable à celle de la cortisone et des corticoïdes. Selon lui, l'ajout de phytostérols dans les crèmes permet d'améliorer l'hydratation de la peau et sa tonicité.

Tableau 7. Comparaison de la composition en stérols de l'huile des graines de baobab, d'olive, de lin et de sésame

Stérols	Baobab (%)	Olive (mg/100g)	Lin (%)	Sésame (%)
Cholestérol	1,9 - 2		< 0,9	0,2 ± 0,01
Campestérol	6 – 6,3	1.1–4.5	25 - 31	17,8 ± 0,1
Stigmastérol	1 - 2	0.9–1.6	6 - 9	6,4 ± 0,1
β-sitostérol	75 - 81	70.3–201	45 - 53	59,9 ± 0,1
Isofucostérol	-	-	-	-
Δ5-avénastérol	0,5 - 3	6.6–21.8	8 - 12	7,5 ± 0,1
Δ7-stigmastérol	0,6 – 4,8	-	< 3	0,3 ± 0,02
Δ7-avénastérol	0,8 - 12	-	< 0,6	0,1 ± 0,01
Brassicastérol	-	nd	0,1 – 0,7	-
Stérols totaux (mg.100g ⁻¹)	-	-	200 - 410	-
Références	[3],[71]	[72]	[73]	[57]

4.1.2.3 LES HYDROCARBURES

Les hydrocarbures, présents dans les huiles végétales, sont formés par la polymérisation d'unités d'isoprène ; c'est le cas du squalène (un intermédiaire de la biosynthèse des stérols), des carotènes et d'autres terpènes comme le limonène (Weil et al., 1990). Les principaux hydrocarbures retrouvés par Bianchini *et al.* (1982) dans l'huile de baobab sont le squalène (39,5 %) et le n-alcanes (57,3 %). Ils ont indiqué des différences de proportions significatives parmi les espèces de *Adansonia*. En effet, le squalène représente 13,7 % et 75,4 % des hydrocarbures respectivement pour les huiles issues des graines de *A. grandidieri* et de *A. suarezensis*. Dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques, le squalène est utilisé comme lubrifiant industriel résistant à l'oxydation [74],[75]. Aussi, Bianchini *et al.* [60] ont mentionné la présence d'autres hydrocarbures dans l'huile de baobab en de très faibles quantités tels que l'antéiso-alcanes et iso-alcanes.

4.1.2.4 LES CAROTÉNOÏDES

Les caroténoïdes constituent une imposante famille de pigments de nature terpénoïde, dont la couleur varie du jaune au rouge orangé (absorption de la lumière entre 400 et 550 nm). Ils sont synthétisés par les plantes et les micro-organismes photosynthétiques. Ils agissent en piègeurs de photons et transmettent l'énergie aux chlorophylles [76]. Haddad [30] avait mentionné la présence de β-carotène dans l'huile de baobab. Les huiles végétales non raffinées en contiennent en général de faibles quantités (10 mg/100 g) et sont en grande partie éliminés au cours du raffinage [61].

4.2 PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'HUILE DE BAOBAB

Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile sont très importantes. En effet, elles permettent d'évaluer le procédé d'extraction utilisé, d'apprécier la qualité et, éventuellement le mode de conservation de l'huile obtenue.

4.2.1 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés physiques de l'huile de baobab révèlent que l'huile possède une densité de 943 kg.m⁻³ [51] (**Tableau 8**). L'indice de réfraction à 40 °C de l'huile de baobab est de 1,468 [3]. Les travaux de [20] réalisés sur quatre échantillons de baobab différents dénotent une viscosité comprise entre 38,19 et 41,04. Cette viscosité est inférieure à celles des huiles de colza, de coton et de tournesol.

4.2.2 PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Plusieurs études ont été consacrées aux propriétés chimiques de l'huile de baobab [18],[19],[20],[50],[51]. Ces propriétés révèlent une huile de baobab renfermant un indice de saponification élevé (**Tableau 8**). Pour le baobab, son indice de saponification est supérieur à celui de l'huile de palme (140 mgKOH/g) et de l'huile de moringa (180,31 mgKOH/g) [18]. L'indice de saponification élevé montre la forte possibilité de l'utilisation de l'huile de baobab dans la fabrication de savons. L'indice d'iode indique le degré d'insaturation. L'huile de baobab qui possède un indice d'iode autour de 87,9 mgI₂.100g⁻¹ est non-siccative et, est comparable à celui de l'huile d'olive (79 - 90 mgI₂.100g⁻¹) et de l'huile d'arachide (84 - 99 mgI₂.100g⁻¹).

Tableau 8. Comparaison des propriétés physico-chimiques de l'huile de baobab et de moringa

	Unités	Baobab	Baobab	Moringa
Couleur	-	Jaune	-	-
Densité à 25°C	-	0,42	-	-
Viscosité	mm ² .s ⁻¹	11,5	-	-
Acide gras libre	%	2,6	0,45 ± 0,08	-
Indice d'acide	mgKOH.g ⁻¹	5,2	0,33 ± 0,03	7,09 ± 0,21
Indice d'iode	mgI ₂ .100g ⁻¹	49,5	87,9 ± 0,02	55,02 ± 0,15
Indice de réfraction	-	1,46	1,459 ± 0,13	1,47 ± 0,12
Indice de peroxyde	mEq.kg ⁻¹	5,2	4,5 ± 0,08	15,96 ± 0,13
Gravimétrie spécifique	-	0,85	-	0,91 ± 0,31
Indice d'ester	-	224,8	-	-
Indice de saponification	mgKOH.g ⁻¹	230	196 ± 0,05	180,31 ± 0,31
Références		[48]	[35]	[77]

Ainsi, l'indice de saponification élevé et l'indice d'iode faible indiquent la bonne stabilité de l'huile de baobab [9]. Quelques études ont été consacrées sur le vieillissement de l'huile de baobab [20],[35],[50]. Nkafamiya *et al.* [35] ont effectué une extraction de l'huile des graines de baobab avec le Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole à une température comprise entre 40 et 60 °C. Ils avaient stocké l'huile extraite pendant 140 jours, à la température ambiante de 30 ± 2 °C et avaient suivi les paramètres chimiques tous les deux semaines. Dans ces conditions, ils avaient noté l'augmentation des valeurs de l'indice de saponification, de l'indice de peroxyde et de la teneur en acide gras libre. Une baisse importante de la valeur de l'indice d'iode a été observée dès le 84^{ème} jour de stockage à la température ambiante. De plus, [50] avaient remarqué, dès la deuxième semaine de stockage, une forte diminution de l'indice d'iode de l'huile exposée à la lumière et à la température ambiante. Selon eux, la chute rapide de l'indice d'iode initiale de l'huile réfrigérée était due à une faible oxydation catalysée.

4.3 PROPRIÉTÉS DES MÉTHYL ESTERS DE L'HUILE DE BAOBAB

Le **Tableau 9** présente quelques propriétés de différents esters méthyliques. L'ester méthylique de baobab présente une densité de 882 kg.m⁻³ [78] comparable à celle de l'ester méthylique de colza (880 kg.m⁻³) [79]. La viscosité de l'ester méthylique de baobab est de 4,46 mm².s⁻¹. Elle est inférieure à l'ester méthylique de colza (7 mm².s⁻¹) largement utilisé en Europe tandis que l'huile de colza présente une viscosité de 78 mm².s⁻¹ [79]. Le point d'éclair de l'ester méthylique de baobab est de 192 °C. Il est supérieur à ceux du beurre de karité (171 °C), du maïs (168 °C) et du caoutchouc (130 °C) [78].

Tableau 9. Comparaison de quelques propriétés des esters méthyliques des huiles de baobab, de colza, de coton et de jatropha

	Baobab	Colza	Coton	Jatropha
Densité kg/m ³ (à 20 °C)	882	880	870	862
Viscosité mm ² /s (à 20 °C)	4,46	7	7	4,0
Point d'écoulement (°C)	-1	-12	1	2
Point de trouble (°C)	2	-4	2	6
Point d'éclair (°C)	192	183	178	135
Indice cétane (min)	57	52	54	57
Pouvoir calorifique (MJ/kg)	-	41	40	39,230
Stabilité oxydative (h)	3,09	-	-	-
Références	[78]	[79]	[79]	Ong et al., 2011

5 PRINCIPALES UTILISATIONS DE L'HUILE DE BAOBAB

5.1 UTILISATIONS TRADITIONNELLES

Les huiles de baobab ont été utilisées pendant des siècles par les communautés locales dans leur alimentation, comme des médicaments, dans des applications cosmétiques et dans la production de lubrifiants, de savon et des produits de soins personnels. Aussi, elles ont été utilisées dans le traitement de diverses affections telles que les pellicules des cheveux, des spasmes musculaires, des varices et des plaies [13]. Vermaak *et al.* [11] indiquent que l'huile des graines de baobab est utilisée

seule ou en combinaison avec d'autres parties de la plante pour traiter diverses affections telles que la fièvre, la diarrhée, la toux, la dysenterie, l'hémoptysie et les vers. L'huile est également utilisée pour traiter l'inflammation des gencives et pour soulager les maux de dents [3].

5.2 UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES ET COSMÉTIQUES MODERNES

Durant ces dernières années, en raison de la recherche d'alternatives naturelles de l'industrie, la demande pour les huiles de graines comme ingrédients pour la nourriture, les cosmétiques et les biocarburants a considérablement augmenté (Rahul et al., 2015). L'huile des graines de baobab est utilisée dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques en raison de sa teneur en acides gras essentiels et en vitamines A, D, E et F (Bamalli et al., 2014 ; Vermaak et al., 2011). L'acide linoléique est l'acide le plus fréquemment utilisé dans les produits cosmétiques (Kamatou et al., 2011). En effet, elle permet le rajeunissement et le renouvellement des cellules, améliore donc l'élasticité de la peau et réduit l'apparence des vergetures. Après le traitement de l'huile, la partie résiduelle est mélangée avec de l'huile de noix de coco pour la fabrication de savon qui aide à lutter contre les maladies de la peau comme l'eczéma, les coups de soleil, l'acné et les éruptions cutanées (Namratha et Sahithi, 2015). L'huile de baobab est connue par sa haute perméabilité, ses propriétés nourrissantes, son pouvoir émollient et ses capacités adoucissantes sur la peau et la cuir chevelu (Kamatou et al., 2011 ; Cissé, 2012). D'après Cissé (2012), l'huile de baobab, utilisée comme crème de massage, assouplit la peau et permet de soulager les douleurs, les blessures, de traiter certaines affections dermatiques notamment le psoriasis et l'eczéma. Il souligne aussi que les femmes enceintes appliquent cette huile sur le ventre et les seins, afin de permettre à la peau de garder son élasticité.

6 CONCLUSION

Avec cette revue bibliographique, il convient de noter que les résultats recensés dans la littérature ont fini de montrer toute la variabilité morphologique et phénologique du baobab. *La production fruitière est attribuée à des caractères génétiques, des phénomènes physiologiques et des conditions pédoclimatiques.* Les graines de baobab sont très riches en protéines, en lipides et en glucides. L'huile des graines de baobab extraite le plus souvent, de manière artisanale, par pression ou par solvant est actuellement très prisée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques. En effet, la composition de sa fraction saponifiable et insaponifiable ainsi que ses propriétés physico-chimiques permet de ressortir toute la qualité de cette huile. Par ailleurs, les propriétés des méthyl esters de l'huile sont très similaires de celles du colza. Ainsi, l'huile est reconnue pour ces propriétés nourrissantes, émollientes et adoucissantes sur la peau. Elle est utilisée dans le traitement des blessures, des douleurs, des affections dermatiques, des cheveux, des ongles, de l'acné, de l'eczéma et du psoriasis.

REFERENCES

- [1] Korbo, A. , Kjær, E. D. , Sanou, H. , Ræbild, A. , Jensen, J. S. , and Hansen, J. K. Breeding for high production of leaves of baobab (*Adansonia digitata* L) in an irrigated hedge system. *Tree Genetics & Genomes* 2013, 9, 779–793.
- [2] Assogbadjo, A. E. and Loo, J. *Adansonia digitata*. African baobab. Conservation and sustainable use of genetic resources of priority food tree species in sub-Saharan Africa. Bioversity International, Italy: 2011.
- [3] Gebauer, J., El-Siddig, K., and Ebert, G. Baobab (*Adansonia digitata* L.): A review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Gartenbauwissenschaft* 2002, 67, 155–160.
- [4] Diop, A. G., Sakho, M., Dornier, M., Cisse, M., and Reynes, M. Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.) : principales caractéristiques et utilisations. *Fruits* 2005, 61, 55–69.
- [5] Wickens, G. E. The baobab: Africa's upside-down tree. *Kew Bulletin* 1982, 37, 173–209.
- [6] Cissé, I., Montet, D., Reynes, M., Danthu, P., Yao, B., and Boulanger, R. Biochemical and nutritional properties of baobab pulp from endemic species of Madagascar and the African mainland. *African Journal of Agricultural Research* 2013, 8, 6046–6054.
- [7] Sidibe, M. and Williams, J. T. Baobab, *Adansonia Digitata* L. Fruits for the future 4. International Center for Underutilized Crops (ICUC): University of Southampton, Southampton, UK 2002.
- [8] Wickens, G. E. and Lowe, P. The Baobabs: pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. Springer: Berlin] 2008.
- [9] De Caluwé, E. , Halamová, K. , and Van Damme, P. *Tamarindus indica* L.: a review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika focus* 2010, 23, 53–83.
- [10] Buchmann, C., Prehler, S., Hartl, A., and Vogl, C. R. The Importance of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Rural West African Subsistence—Suggestion of a Cautionary Approach to International Market Export of Baobab Fruits. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 145–172.
- [11] Cisse, M., Sakho, M., Dornier, M., Diop, C. M., Reynes, M., and Sock, O. Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar. *Fruits* 2009, 64, 19–34.

- [12] Osman, M. A. Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* 2004, 59, 29–33.
- [13] Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., and Viljoen, A. M. An updated review of *Adansonia digitata*: A commercially important African tree. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 908–919.
- [14] Vermaak, I., Kamatou, G. P. P., Komane-Mofokeng, B., Viljoen, A. M., and Beckett, K. African seed oils of commercial importance - Cosmetic applications. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 920–933.
- [15] Cissé, I. Caractérisation des propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation. Thèse, 2012. "f
- [16] Zahra'u, B., Mohammed, A. S., Ghazali, H. M., and Karim, R. Baobab Tree (*Adansonia digitata* L.) Parts: Nutrition, Applications in Food and Uses in Ethno-medicine—A Review. *Ann Nutr Disord & Ther* 2014, 1, 1011.
- [17] Namratha, V. and Sahithi, P. Baobab: A review about "The Tree of Life." *International Journal of Advanced Herbal Science and Technology* 2015, 1, 20–26.
- [18] Kaboré, D., Sawadogo-Lingani, H., Diawara, B., Compaoré, C. S., Dicko, M. H., and Jakobsen, M. A review of baobab (*Adansonia digitata*) products: effect of processing techniques, medicinal properties and uses. *African Journal of Food Science* 2011, 5, 833–844.
- [19] Birnin-Yauri, U. A. and Garba, S. Comparative studies on some physicochemical properties of baobab, vegetable, peanut and palm oils. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* 2011, 19, 64–67.
- [20] Abubakar, S., Etim, V., Bwai, D., and Afolayan, M. Nutraceutical evaluation of baobab (*Adansonia digitata* L.) seeds and physicochemical properties of its oil. *Annals of Biological Sciences* 2015, 3, 13–19.
- [21] Danbature, W. L., Yirankinyuki, F. F., Magaji, B., and Mela, Y. Effect of seed storage on the physico-chemical properties of its oil (*Adansonia digitata*). *International Interdisciplinary Journal of Scientific Research* 2015, 2, 1–7.
- [22] Baum, D. A. A Systematic Revision of *Adansonia* (Bombacaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 1995, 82, 440–471.
- [23] Soloviev, P., DaoudaNiang, T., Gaye, A., and Totte, A. Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette récoltés au Sénégal: *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*. *Fruits* 2004, 59, 109–119.
- [24] Kerharo, J. and Adam, J. G. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle: Plantes médicinales et toxiques. Paris, France: 1974.
- [25] Baum, D. A., Small, R. L., and Wendel, J. F. Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. *Systematic Biology* 1998, 47, 181–207.
- [26] Pettigrew, J. D., Bell, K. L., Bhagwandin, A., Grinan, E., Jillani, N., Meyer, J., Wabuye, E., and Vickers, C. E. Morphology, ploidy and molecular phylogenetics reveal a new diploid species from Africa in the baobab genus *Adansonia* (Malvaceae: Bombacoideae). *Taxon International Journal of Taxonomy, Phylogeny and Evolution* 2012, 61, 1240–1250.
- [27] Bell, K. L., Rangan, H., Kull, C. A., and Murphy, D. J. The history of introduction of the African baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae: Bombacoideae) in the Indian subcontinent. *Royal Society Open Science* 2015, 2, 1–15.
- [28] Assogbadjo, A. E., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G., and Van Damme, P. Patterns of Genetic and Morphometric Diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) Populations Across Different Climatic Zones of Benin (West Africa). *Annals of Botany* 2006, 97, 819–830.
- [29] Samba, S. A. N. *Adansonia digitata*, le baobab. Dakar, Sénégal. 1995.
- [30] Parsa, A. Medicinal plants and drugs of plant origin in Iran. I. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 1959, 5, 375–394.
- [31] Assogbadjo, A. E., Sinsin, B., and Van Damme, P. Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits* 2005, 60, 327–340.
- [32] Sanogo, D., Badji, M., Diop, M., Samb, C., Tamba, A., and Gassama, Y. Évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata* L.) dans deux zones climatiques au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 2015, 85, 7838.
- [33] Niang, M., Diouf, M., Samba, S. A. N., Ndoeye, O., Cissé, N., and Van Damme, P. Difference in germination rate of Baobab (*Adansonia digitata* L.) provenances contrasting in their seed morphometrics when pretreated with concentrated sulfuric acid. *African Journal of Agricultural Research* 2015, 10, 1412–1420.
- [34] Douie, C., Whitaker, J., and Grundy, I. Verifying the presence of the newly discovered African baobab, *Adansonia kilima*, in Zimbabwe through morphological analysis. *South African Journal of Botany* 2015, 100, 164–168.
- [35] Sanogo, D.; Diedhiou, B.; Diop, A.; Sanou, H.; Thiome, M.; Gassama, Y. K.; and Bassène, E. Morphologic and Biochemical Diversity of Peasant's Baobab Tree (*Adansonia digitata* L.) Morphotypes in Senegal. In *African Natural Plant Products Volume II: Discoveries and Challenges in Chemistry, Health, and Nutrition*; Juliani, H. R., Simon, J. E., Ho, C.-T., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 2013; Vol. 1127, pp. 255–271.

- [36] Codjia, J. T. C.; Fonton, B. K.; Assogbadjo, A.; and Ekue, M. R. M. Le baobab, une espèce à usage multiple au Bénin. Cotonou, Bénin, 2001.
- [37] Jensen, J. S. , Bayala, J. , Sanou, H. , Korbo, A. , Ræbild, A. , Kambou, S. , Tougiani, A. , Bouda, H.-N. , Larsen, A. S. , and Parkouda, C. A research approach supporting domestication of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in West Africa. *New Forests* 2011, 41, 317–335.
- [38] Assogbadjo, A. E. , Kyndt, T. , Chadare, F. J. , Sinsin, B. , Gheysen, G. , Eyog-Matig, O., and Van Damme, P. Genetic fingerprinting using AFLP cannot distinguish traditionally classified baobab morphotypes. *Agroforestry Systems* 2009, 75, 157–165.
- [39] Kyndt, T. , Assogbadjo, A. E. , Hardy, O. J. , Glele Kakai, R. , Sinsin, B. , Van Damme, P., and Gheysen, G. Spatial genetic structuring of baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae) in the traditional agroforestry systems of West Africa. *American Journal of Botany* 2009, 96, 950–957.
- [40] Zhigila, D. A. , Sawa, F. B. , Oladele, F. A. , and Abdullahi, A. NUMERICAL TAXONOMY ON VARIETIES OF ADANSONIA DIGITATA L. *Annals. Food Science and Technology* 2015, 16, 157–167.
- [41] Sharma, B. K. , Bhat, A. been A. , and Jain, A. K. *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) a threatened tree species of medicinal importance. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries* 2015, 7, 173.
- [42] Parkouda, C. , Sanou, H. , Tougiani, A. , Korbo, A. , Nielsen, D. S. , Tano-Debrah, K. , Ræbild, A. , Diawara, B. , and Jensen, J. S. Variability of Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruits' physical characteristics and nutrient content in the West African Sahel. *Agroforestry Systems* 2012, 85, 455–463.
- [43] Arbonnier, A. Arbustes, Arbres et Lianes dans les zones sèches d'Afrique de l'ouest. 2000.
- [44] Haddad, C. *Fruitiers Sauvages Du Sénégal*. Thèse de doctorat de l'université de pharmacie, 2000.
- [45] Gebauer, J. , Assem, A. , Busch, E. , Hardtmann, S. , Möckel, D. , Krebs, F. , Ziegler, T. , Wichern, F. , Wiehle, M. , and Kehlenbeck, K. Der Baobab (*Adansonia digitata* L.): Wildobst aus Afrika für Deutschland und Europa?! *Erwerbs-Obstbau* 2014, 56, 9–24.
- [46] Gebauer, J. , Adam, Y. O. , Sanchez, A. C. , Darr, D. , Eltahir, M. E. S. , Fadl, K. E. M. , Fernsebner, G. , Frei, M. , Habte, T.-Y. , Hammer, K. , Hunsche, M. , Johnson, H. , Kordofani, M. , Krawinkel, M. , Kugler, F. , Luedeling, E. , Mahmoud, T. E. , Maina, A. , Mithöfer, D. , Munthali, C. R. Y. , Noga, G. , North, R. , Owino, W. O. , Prinz, K. , Rimberia, F. K. , Saied, A. , Schüring, M. , Sennhenn, A. , Späth, M. A. , Taha, M. E. N. , Triebel, A. , Wichern, F. , Wiehle, M. , Wrage-Mönnig, N. , and Kehlenbeck, K. Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2016, 63, 377–399.
- [47] Venter, S. M. , Glennon, K. L. , Witkowski, E. T. F. , Baum, D. , Cron, G. V. , Tivakudze, R. , and Karimi, N. Baobabs (*Adansonia digitata* L.) are self-incompatible and 'male' trees can produce fruit if hand-pollinated. *South African Journal of Botany* 2017, 109, 263–268.
- [48] Venter, S. M. and Witkowski, E. T. F. Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production in communal and conservation land-use types in Southern Africa. *Forest Ecology and Management* 2011, 261, 630–639.
- [49] De Smedt, S. , Alaerts, K. , Kouyaté, A. M. , Van Damme, P. , Potters, G. , and Samson, R. Phenotypic variation of baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit traits in Mali. *Agroforestry Systems* 2011, 82, 87–97.
- [50] Global Forest Resources Assessment. <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/> (accessed May 31, 2018).
- [51] UICN Evaluation économique des ressources sauvages au Sénégal. Evaluation préliminaire des produits forestiers non ligneux, de la chasse et de la pêche continentale,. (2006).
- [52] Commission of the European Communities, Commission Decision 27/June/2008, authorising the placing on the market of Baobab dried fruit pulp as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union, 11/7/2008. CEC, Ed.; London, 2008; pp. 183–186.
- [53] US Food and Drug Administration. Nutrition, Center for Food Safety and Applied Nutrition, GRAS Notice Inventory > Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000273. <https://wayback.archive-it.org/7993/20171031014202/https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm174945.htm> (accessed May 31, 2018).
- [54] Modiba, E. , Osifo, P. , and Rutto, H. Biodiesel production from baobab (*Adansonia digitata* L.) seed kernel oil and its fuel properties. *Industrial Crops and Products* 2014, 59, 50–54.
- [55] Sanchez, A. C. , Osborne, P. E. , and Haq, N. Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modelling. *Agroforestry Systems* 2010, 80, 191–201.
- [56] Sanchez, A. C. , De Smedt, S. , Haq, N. , and Samson, R. Comparative study on baobab fruit morphological variation between western and south-eastern Africa: opportunities for domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2011, 58, 1143–1156.
- [57] Gaiwe, R., Nkulinkiyi-Nfura, T., Bassene, E., Olschwang, D., Ba, D., and Poussset, J. L. Calcium et mucilage dans les feuilles de *Adansonia digitata* (Baobab). *International Journal of Crude Drug Research* 1989, 27, 101–104.

- [58] Wickens, G. A. The Uses of the Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Africa. Dans : Browse in Africa. ILRI (aka ILCA and ILRAD): Addis-Ababa, Ethiopia 1980.
- [59] Salih, N. and Yahia, E. M. Phenolics and fatty acids compositions of vitex and baobab seeds used as coffee substitutes in Nuba Mountains, Sudan. *Agriculture And Biology Journal Of North America* 2015, 6, 90–93.
- [60] Parkouda, C., Thorsen, L., Compaoré, C. S., Nielsen, D. S., Tano-Debrah, K., Jensen, J. S., Diawara, B., and Jakobsen, M. Microorganisms associated with Maari, a Baobab seed fermented product. *International Journal of Food Microbiology* 2010, 142, 292–301.
- [61] Nkafamiya, I. I., Osemeahon, S. A., Dahiru, D., and Umaru, H. A. Studies on the chemical composition and physicochemical properties of the seeds of baobab (*Adansonia digitata*). *African Journal of Biotechnology* 2007, 6, 756–759.
- [62] Parkouda, C., Nielsen, D. S., Azokpota, P., Ivette Irène Ouoba, L., Amoa-Awua, W. K., Thorsen, L., Hounhouigan, J. D., Jensen, J. S., Tano-Debrah, K., Diawara, B., and Jakobsen, M. The microbiology of alkaline-fermentation of indigenous seeds used as food condiments in Africa and Asia. *Critical Reviews in Microbiology* 2009, 35, 139–156.
- [63] Parkouda, C., Ba/Hama, F., Ouattara/Songre, L., Tano-Debrah, K., and Diawara, B. Biochemical changes associated with the fermentation of baobab seeds in Maari: An alkaline fermented seeds condiment from western Africa. *Journal of Ethnic Foods* 2015, 2, 58–63.
- [64] Chadare, F. J., Hounhouigan, J. D., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., and Boekel, M. A. J. S. van Indigenous Knowledge and Processing of *Adansonia Digitata* L. Food Products in Benin. *Ecology of Food and Nutrition* 2008, 47, 338–362.
- [65] Chadare, F. J., Gayet, D. P., Azokpota, P., Nout, M. J. R., Linnemann, A. R., Hounhouigan, J. D., and Boekel, M. A. J. S. van Three Traditional Fermented Baobab Foods from Benin, *Mutchayan, Dikouanyouri*, and *Tayohounta* : Preparation, Properties, and Consumption. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 279–297.
- [66] Chadare, F. J., Linnemann, A. R., Hounhouigan, J. D., Nout, M. J. R., and Van Boekel, M. A. J. S. Baobab Food Products: A Review on their Composition and Nutritional Value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2009, 49, 254–274.
- [67] Ramadan, A., Harraz, F. M., and El-Mougy, S. A. Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic effects of the fruit pulp of *Adansonia digitata*. *Fitoterapia* 1994, 65, 418–422.
- [68] Masola, S. N., Mosha, R. D., and Wambura, P. N. Assessment of antimicrobial activity of crude extracts of stem and root barks from *Adansonia digitata* (Bombacaceae) (African baobab). *African Journal of Biotechnology* 2009, 8, 5076–5083.
- [69] Tanko, Y., Yerima, M., Mahdi, M. A., Yaro, A. H., Musa, K. Y., and Mohammed, A. Hypoglycemic activity of methanolic stem bark of *adansonia digitata* extract on blood glucose levels of streptozocin-induced diabetic wistar rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products* 2008, 1, 32–36.
- [70] Singh, S., Parasharami, V., and Rai, S. Medicinal uses of *adansonia digitata* L.: an endangered tree species. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation* 2013, 2, 14–16.
- [71] Yusha'u, M., Hamza, M. M., and Abdullahi, N. Antibacterial activity of *Adansonia digitata* stem bark extracts on some clinical bacterial isolates. *International Journal of Biomedical and Health Sciences* 2010, 6, 129–135.
- [72] Al-Qarawi, A. A., Al-Damegh, M. A., and El-Mougy, S. A. Hepatoprotective Influence of *Adansonia digitata* Pulp. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 2003, 10, 1–6.
- [73] Sulaiman, L. K., Oladele, O. A., Shittu, I. A., Emikpe, B. O., Oladokun, A. T., and Meseko, C. A. In-ovo evaluation of the antiviral activity of methanolic root-bark extract of the African Baobab (*Adansonia digitata* Lin). *African Journal of Biotechnology* 2011, 10, 4256–4258.
- [74] Vimalanathan, S. and Hudson J. B. Multiple inflammatory and antiviral activities in *Adansonia digitata* (Baobab) leaves, fruits and seeds. *Journal of Medicinal Plants Research* 2009, 3, 576–582.
- [75] Atawodi, S. E., Bulus, T., Ibrahim, S., Ameh, D. A., Nok, A. J., Mamman, M., and Galadima, M. In vitro trypanocidal effect of methanolic extract of some Nigerian savannah plants. *African Journal of Biotechnology* 2003, 2, 317–321.
- [76] Ogbaga, C. C., Nuruddeen, F. A., Alonge, O. O., and Nwagbara, O. F. Phytochemical, Elemental and Proximate Analyses of Stored, Sun-Dried and Shade-Dried Baobab (*Adansonia Digitata*) Leaves. 2017
- [77] Edogbanya, O. P. Comparative Study of the Proximate Composition of Edible Parts of *Adansonia digitata* L. obtained from Zaria, Kaduna State, Nigeria. *MAYFEB Journal of Biology and Medicine* 2016, 1
- [78] Abiona, D., Adedapo, Z., and Suleiman, M. Proximate Analysis, Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Baobab (*Adansonia digitata*) Leaves. *IOSR JAC* 2015, 8, 60–65.
- [79] Abioye, V. F., Adejuyitan, J. A., and Idowu, C. F. Effects of different drying methods on the nutritional and quality attributes of baobab leaves (*Adansonia digitata*). *Agric. Biol. J. N. Am* 2014, 5, 104–108.

PEINTURE DES MISERES CONGOLAISES DANS MATHÉMATIQUES CONGOLAISES D'IN KOLI JEAN BOFANE

Jean MATABARO BASHIZI and Ezéchiél KANYAMA BASHOMBANA

Département de Français, Lettres et Sciences Humaines, I.S.P - IDJWI, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present paper is a reading of painting of Congolese miseries in «Mathématiques congolaises» by In Koli Jean Bofane; a Congolese writer who is passionate about Congolese literature over the last two decades. To carry out this study, we used sociocritical, thematic and pragmatic methods. The interest of this activity lies in the fact that the image of the Congolese as represented in this novel presents life in the Congo as a storm and each one tries to draw his cassava from the fire. The article focuses on the infernal life in the Congo, its violence, painting and misery. The text focuses on the relevance of the words used in this novel.

KEYWORDS: poverty, misery, painting, hell.

RESUME: Le présent article est une lecture de la peinture des misères congolaises dans «mathématiques congolaises» d'In Koli Jean Bofane ; un écrivain congolais passionné de la littérature congolaise de ces deux dernières décennies. Pour réaliser cette étude, nous avons fait recours aux méthodes thématique, sociocritique et pragmatique. L'intérêt de cette activité réside dans le fait que l'image du congolais telle que représentée dans ce roman présente la vie au Congo comme une tempête et chacun essaye de tirer son manioc du feu. L'article se favorise sur la vie infernale au Congo, sa violence, sa corruption et sa misère. Le texte s'intéresse sur la pertinence des mots utilisés dans le roman.

MOTS-CLEFS: pauvreté, misère, débrouille, enfer.

1 INTRODUCTION

La culture est un ensemble complexe de représentations, des jugements idéologiques, de sentiments ou d'œuvres de l'esprit qui se transmettent à l'intérieur d'une communauté humaine. Bagage spirituel de la communauté, la culture ne s'invente pas, mais il est bien possible de fabriquer des produits culturels. L'intérêt de cette réflexion réside dans le fait que la peinture des misères congolaises dont il s'agit offre un tableau sombre de la société congolaise sans classe moyenne, car, d'une part, les plus riches et d'autre part, les plus pauvres. Ces derniers s'étant illustrés dans la débrouillardise et la mendicité totale. L'analyse de ce roman se réduit au problème de la vie infernale au Congo avec toutes les conséquences que cela pourrait engendrer sur le vécu quotidien de la population à la recherche du mieux. L'écriture romanesque de Jean Bofane nous plonge au cœur d'une ville africaine tentaculaire, Kinshasa. La population de cette ville est manipulée au gré du cynisme et des fantasmes de ceux qui, dans l'ombre ou en pleine lumière et à tous les niveaux de l'échelle sociale, exerçant le pouvoir sur les âmes et les corps des citoyens qu'ils prétendent gouverner. A travers les pérégrinations du héros, le lecteur est irrésistiblement entraîné dans une plongée macabre et pourtant pleine d'humour, à travers les quartiers d'une ville, rompus à l'art de la débrouille, perdent peu à peu leurs repères sociaux, dans un univers où la vie et la mort semblent jouer à « qui perd gagne » à chaque coin de la rue.

A travers cette lecture qui se veut immanente, nous comptons articuler notre propos sur la peinture des misères congolaises autour de la question générique et de la texture du roman, tout en ne négligeant pas la programmation narrative telle que suggérée par l'énoncé titrant. Chez Jean Bofane, l'écriture soulève globalement la question du rapport entre gouvernant et gouvernés, le prisme narratif changeant constamment.

Quel serait alors le prisme à partir duquel pourrait être saisie la peinture des misères congolaise dans notre corpus ? Dans quelle mesure pourrait-on saisir l'image du gouverné comme un rire froid devant le gouverné ? Par quel dynamisme s'effectue la débrouille comme mobile de la misère des marginaux ?

Cette étude a pour visée de cerner les marques distinctives des techniques « de la peinture des misères congolaises » et leurs implications programmatiques telles que modelées par l'écriture romanesque de Jean Bofane. Elle devrait donc nous permettre de dégager les traits originaux constitutifs de la peinture des misères congolaises de Jean Bofane, par-delà les traits communs aux écrivains négro-africains de la nouvelle génération tels que relevés par Jean-Jacques Séwanou Dabla et Lilyan Kestlout. Ainsi, notre hypothèse est-il que la peinture des misères congolaise se manifesterait dans la mauvaise gouvernance de la chose publique, mais aussi sa résultante à savoir la misère indescriptible des populations telle que dénoncée par Jean Bofane à son paroxysme.

Au regard des préoccupations que soulève la problématique de cette étude, notre champs méthodologique exploité le principe et acquis de la sociocritique et de la thématique tels qu'ils ont été circonscrits par Claude Duchet d'une part, Maurice Delcroix et Ferdinand Hally d'autre part. En outre, nos analyses exploitent aussi les recettes de la narratologie.

Il convient donc de circoncrire l'opérativité de ces deux démarches d'analyse afin d'établir leur adéquation à la question de la peinture des misères congolaises » dans notre corpus.

Pour Claude Duchet (2), la sociocritique est l'étude de l'organisation interne des textes, leurs sens et leurs tensions. Selon lui, la méthode sociocritique ne se contente pas seulement de lire les références de la société présente dans le texte, mais propose une lecture sociohistorique du texte, en tant que celui-ci est indissociable des formes d'enseignement de culture par les quelles il est soumis.

Depuis Marx, en passant par Claude Duchet, la sociocritique est particulièrement attentive à la façon dont l'écrivain représente ou évoque la société dans ses composantes, ses structures, ses rapports internes, ses conflits et son évolution. La société quant à elle, est la dimension sociale. C'est ce qui fait qu'il existe dans le texte un certain monde, une société du roman, c'est ce qui fait que notre monde existe à travers la société du roman et que le monde du roman existe en quelque sorte dans notre monde (...) Cette approche permet d'interroger aussi l'implicite, les présupposés, le non-dit ou l'impensé, les silences et formule l'hypothèse de l'inconscient social du texte, à l'introduire dans une problématique de l'imaginaire. Au cours de nos analyses, cet outil de lecture nous a servi à identifier les constituants du « champ des faits littéraires » sur lesquels repose la peinture des misères congolaises afin de cerner les grandes configurations de leurs corrélations avant d'envisager le texte de notre corpus comme un univers transémotique dans leur hétérogénéité.

Par ailleurs, Delcroix et Hally (3) disent qu'un thème est un élément sémantique qui se répète à travers un texte ou un ensemble des textes. Les thèmes sont donc tributaires d'une cause à défendre, d'une histoire à raconter, d'un sentiment à exprimer. Cette approche permet de repérer les éléments qui se répètent dans le texte et qui tournent autour d'un même sens, c'est le thème. Elle consiste à un énumérer des phénomènes à partir d'une action et à dégager des configurations latentes. L'adhésion du lecteur à la friction reste l'un des primats de l'autorité fictive de Jean Bofane. Rhétorique du lecteur, la pragmatique nous permet ainsi de voir comment à partir du texte, dans des conflits énonciatifs, l'auteur complexifie le contrat de lecture entre lui et le lecteur par des effets de brouillage des repères dans le parcours de l'interprétation. Dans le champ narratif, le roman qui constitue notre corpus est celui des innovations techniques. Ainsi, Jean-Michel Adam (4) notre-t-il que « pour qu'un effet de texte soit produit, il faut certes que des forces centripètes en assurent la cohésion mais tout le texte est un et particulièrement le texte littéraire est travaillé par les forces centrifuges de la polysémie et de l'intertextualité ».

2 COMMENT LIRE LA MISERE ?

Ce terme signifie une situation de pauvreté ou de précarité plus ou moins aggravée. Si elle est avant tout matérielle, la misère peut également être spirituelle ou intellectuelle. C'est une situation de détresse, grand dénuement, malheur, souffrance, ennui, tristesse mais aussi petitesse (« Un salaire de misère »). Il est souvent utilisé pour décrire un état extrême de pauvreté mais aussi une connotation péjorative, liée à un sentiment d'exclusion sociale. Dans la Bible, le récit de Job est une réflexion sur le sens de la misère humaine. Dans ses pensées, Blaise Pascal consacre tout un premier axe sur le thème de la misère de l'homme sans Dieu.

Un auteur comme Victor Hugo est parmi les plus connus de ceux qui ont à la fois décrit la vie quotidienne dans la misère, mais aussi dénoncé cette situation, la considérant comme une violation des droits de l'homme. C'est ce que proclame le texte gravé sur le parvis du Trocadéro à Paris : « Là où des hommes sont condamnés à vivre dans la misère, les droits de l'homme sont vidés. S'unir pour les faire respecter est un devoir sacré » (5).

Depuis plusieurs années, une sous-commission de l'ONU sur les droits de l'homme à Genève étudie ce lien entre « extrême pauvreté et droit de l'homme » et a publié ses rapports. Depuis 1987, le 17 octobre est marqué comme la journée mondiale du refus de la misère, reconnue en 1998 par les Nations Unies comme la journée internationale pour l'élimination de la pauvreté.

L'exclusion sociale est la relégation ou marginalisation sociale d'individus ne correspondant pas ou plus au modèle dominant d'une société, incluant personnes âgées, personnes sujettes à un handicap (physique ou mental) ou autres minorités.

De tout temps, la littérature, quelles que soient les formes et les guerres qu'ait poussés, s'est faite expression de la condition humaine. C'est son objet même comme le souligne Georges-Paul Cuny. La condition humaine et ses questions de vie et de mort : le mal, la souffrance, la violence, l'injustice, l'amour, la beauté, le bien, la pauvreté et la misère font donc naturellement partie des thèmes abordés par la littérature. Confrontée à la misère qui frappait les jeunes filles du camp de Noisy-le-Grand, Mathé Devoyon voit vivre la Mouchette de Bernanos. Les contributeurs de ce dossier de la Revue Quart Monde nous racontent chacun à leur manière, ce chemin de la découverte à la compréhension de l'homme pauvre. L'écrivain engagé devient un avocat qui, sans promettre l'avenir radieux, veut que le lecteur, c'est-à-dire une partie du peuple, oriente son regard vers autre possible beaucoup plus prometteur.

Cependant, cette saisie de la misère reste ordinaire. En jetant notre dévolu sur Mathématique congolaises, nous entrons de plein-pied dans un torrent démentiel des formes et des mots, qui emploie loin du champ les traditions et les considérations d'un monde dit normal. Le roman de Jean Bofane n'ose pas toiser la culture, il bouscule celle-ci en installant un régime de prise de considération dont la classe dirigeante qui se veut tributaire et dépositaire.

3 LA PEUR DU LENDEMAIN

L'homme renaît sans terre, sans autres attaches que les traces qu'ils fécondent son regard sur le monde est différent : il ne maîtrise plus son environnement mais voit avec lui, se nourrit de lui. Ainsi de sa relation avec autrui : l'homme « émiétté » cherche désormais à se relier. Selon cette « dynamique plurielle », l'on se dénomme dans et avec les Autres. L'on doit se reconstruire en dérive, en interaction, en souplesse ouverte, vivre l'échange disponible dans l'appétit des sources initiales et dans leurs traces recombinaisons. De spectateur du monde dominant, l'homme devient l'acteur d'un univers où les liens se créent. Il anoblit la diversité et chante l'interdépendance. La course au temps, la compétition, la domination débouchent sur un système qui oppose les individus entre eux. Et Loke, d'établir le rapport d'interdépendance politique qui existe au niveau international : « Pour qui voit loin, le futur n'est point distinct de l'action présente. Tout pas constructif vers la démocratie sociale, vers la justice sociale, représente non seulement un gain pour aujourd'hui mais encore des dividendes pour demain. Peu importe d'où partira le mouvement, tous les fronts intérieurs et extérieurs sont liés [...] Tout gain prend une dimension planétaire; un pas en arrière est tout autant un recul à l'échelle mondiale » (6). L'on mesure ici combien l'homme vit son déchirement intérieur en perpétuel tourment. Le passage ci-après rend compte dans notre corpus :

« Un crépuscule pourpre enveloppé alors la plaine de Mowaso d'un voile sanglant. La macabre sarabande des exécutions s'était prolongée jusqu'au couchant. Elle avait été l'occasion pour la jeune recrue de découvrir la veine et atroce résistance des chairs face à la percée du mental, les gesticulations ultimes et dérisoires des prisonniers pour échapper à la dame qui s'enfonçait et étreint (...) les flots de sang avaient maculé l'herbe tout autour, la terre, l'horizon, le ciel » p.60

Par ces mots, l'on se rend compte de l'intensité de la cruauté, de l'honneur. Le syntagme nominal « Un crépuscule pourpre » est une sorte d'hyperbole que le narrateur utilise pour lire cette intensité de l'action. Le texte se présente comme terrifiant. L'arme par laquelle il faut achever les prisonniers, arme blanche, ne laisse aux victimes aucune perspective d'avenir. C'est la peinture d'une société au pouvoir arbitraire. Cela traduit la marginalité de l'Afrique en général et du Congo en particulier par rapport au monde et à l'histoire. Dans son allocution à l'université de Dakar, (le 27/7/2007), le président français Nicolas Sarkozy refusa la repentance : il est nécessaire, selon lui, de se tourner vers l'avenir. « Le drame de l'Afrique, c'est que l'homme africain n'est pas assez entré dans l'histoire (...) Dans cet univers où la nature commande tout, l'homme échappe à l'angoisse de l'histoire qui tenaille l'homme moderne mais l'homme reste immobile au milieu d'un ordre immuable où tout semble être écrit à l'avance. Le problème de l'Afrique, c'est qu'elle vit trop dans la nostalgie du paradis perdu de l'enfance » (7).

Cette situation de peur en perpétuel tourment peut aussi se lire sur le visage de Célio Matématik, le héros du roman Mathématiques congolaises, à travers cette analepse dont le narrateur rend compte :

« Sa mère, fébrilement, s'affairait à rassembler quelques objets essentiels. Elle accomplissait le geste sans réfléchir, guidée par l'atavisme. La petite sœur de Célio, les yeux encore embués de sommeil, se tenait immobile et muette dans l'obscurité. On s'était gardé d'allumer (...) Avec précaution, le père ouvrit une porte donnant sur l'arrière de la maison. Devant eux, dans la lumière bleutée de la lune, s'étendait le mur le plus sombre de la forêt. Le père hérita. Malgré sa peur, il fit quelques pas au dehors pour évaluer le danger » p.19.

Ce passage rend compte du degré de la peur et du désespoir qui règnent au sein de la famille de Célio, une frustration, où nouvelle guerre qui sème désolation inscrit encore dans le texte l'esthétique de la cruauté. Le héros qui, ses parents sans aucune forme de procès, deviennent misérable sans horizon prometteur. C'est ce que dénonce Nietzsche dans *Généalogie de la morale* montrant comment l'homme, l'animal homme, a de la peine à se définir. Une chose dit-il, lui manque : « Une immense lacune l'enveloppe. Incapable de se justifier, de s'exprimer, de s'affirmer, il souffre du problème de son sens. Il souffre aussi d'autres choses, il est pour l'essentiel un animal malade : mais son problème n'est pas la souffrance elle-même, c'est l'absence de réponse au cri dont il interroge » (8).

Célio connut une suite des clichés quand il fut admis dans un orphelinat, fut apprécié par le père Ioanidas Lolos, qui devint son protecteur. Ce dernier, devait cependant, s'éloigner quelques temps pour raison de service. Célio à nouveau candidat au désenchantement :

« Lorsque le prêtre apprit la nouvelle à Célio, celui-ci resta digne, malgré cette sensation très précise qu'un caillou pointu venait subitement de faire son apparition au milieu de son cœur » p.127

Ce passage dénote le climat d'incertitude qui replonge Célio dans une situation non confortable. La métaphore d'un « Caillou pointu » est frappante, elle rend compte de l'intensité de la déception qui s'empara en lui. C'est l'absence d'une prise en charge psychosociale où l'Etat est quasiment absent. C'est ce que corrobore Jean-François Bayard et alii quand il met en cause l'action de l'Etat au service de la communauté : « Distance doit être prise par rapport à une série des clichés et des fantasmes qui n'imaginent le politique en Afrique que comme pathologie. Les coups d'Etat, les guerres internes appuyées ou non par l'étranger, les affrontements sanglants entre ethnies sont interprétés comme typiques erratiques qui s'enracineraient, si non dans une sorte de psychiatrie sociale (...) » (9).

Le rôle du pouvoir dans la destruction méchante du tissu socio-économique de la population n'est pas à douter. Les violences contre les femmes, en leur découpant, à coups de dents, les tétons de leurs seins pour des fins de superstition, situation décrite par le narrateur à son degré de paroxysme. Dans le carnet de Bamba que Célio a fait publier ; l'adjutant en parle lorsqu'il revient sur les enquêtes qu'il a menées sur son chef.

Ce passage rend compte de cela :

« Déjà, j'avais réfléchi à cet homme à la haute stature. Qui pouvait être assez sadique pour découper un téton à coups de dents ? Se demandait Bamba dans ses écrits » p.297

Telle est l'image d'une société qui fait de la cruauté une sorte de culte. Les choses étant ainsi, la lecture faite de l'Afrique montre que seule la classe dirigeante et ses appareils idéologiques ont droit à la vie. Les autres citoyens étant devenus des laissés-pour-compte. C'est ce que confirme Mongo Beti « oui, c'est toujours calamiteux, un destin dans une république bananière, parce que le malheur n'y a jamais fin » (10). Il raconte son univers, son fonctionnement, ses dérives. La littérature est miroir et prise de parole. Et Nikola Kovac d'ajouter : « Dans l'univers totalitaire, les organismes qui régissent la logique des rapports entre individus et institutions ont pour fonction majeure de conforter le pouvoir et de sauvegarder son autorité ; par le renforcement des mesures de coercition et par les entraves à la liberté. La société se transforme ainsi en appareil de contrainte, où chaque individu est réduit au rang de sujet obéissant. Toute vérité est revêtue de la version officielle, imposée au nom des « intérêts supérieurs » ou de la raison d'Etat. Manipulation de toute volonté à son profit, le régime totalitaire recourt le plus souvent à la terreur, fondement idéologique et instrument de sa stabilité. C'est dans cette atmosphère de manipulation et de terreur, qui rend la raison incapable de s'opposer au chaos, que la consécration du chef et l'aveuglement massif des promesses utopiques prennent l'ampleur d'une idéologie pharaonique cruelle, celle des dictateurs modernes (11).

4 L'ALLENATION DU POUVOIR, INDICE DE LA DEBROUILLE

Le lexème « aliénation » et ses variantes verbales et adjectivales revient plus d'une fois dans notre corpus comme source de la vie infernale au Congo. L'intention du livre se dessine d'ailleurs amplement à travers le titre qu'à travers la construction générique. L'écriture étant une médiation, elle permet un certain nivellement de sensibilité, une formation des procédures de représentation. Qu'il soit le fait des congolais ou de n'importe quel autre peuple, l'aliénation se vérifie selon Jean Bofane comme la dépossession de l'individu, c'est-à-dire la perte de sa maîtrise, de ses forces propres au profit d'un autre (individu ou groupe social en général).

Puisque seule l'idéologie du parti, forcément unique, est tolérée, une chasse aux intellectuels est mise en œuvre. Toute pensée est étouffée. Il ne faut, en aucun cas, développer l'esprit critique. Lors de la colonisation, ce fut notamment le rôle attribué à l'école. Jean-Marie Medza, dans l'œuvre *Mission terminée*, de Mongo Beti jouit d'un immense privilège. Le futur bachelier maîtrise la langue du blanc, symbole de la puissance pour les villageois mais le point de vue du protagoniste se veut

plus amer. L'école coloniale l'a coupé de son milieu naturel. Suivant cette lancée, on comprend pourquoi, le jeune intellectuel congolais n'a plus d'autre choix que vivre au dos du parti au pouvoir pour la survie. Ce passage en rend compte :

« Puisque j'avais le patron sous la main, je décidais de m'intéresser à lui. Rien n'aurait pu me mettre sur une piste quelconque en le regardant vivre, au jour le jour, mais je persistais à l'observer sans état d'âme comme un scientifique, avec patience et obstination oubliant qu'il était mon boss » p.229

Si le travail égal salaire, le cas de Célio est tout autre, il vit de la débrouille au dos de son chef puisqu'il n'a pas de statut social. Par cette assertion, Rousseau veut nous inspirer l'idée selon laquelle l'homme ne peut s'épanouir que dans un Etat où sa sécurité, ses biens sont garantis par la loi où le droit supplante l'arbitraire. De ce fait, l'Etat dictatorial n'a pas pour mission de garantir la sûreté personnelle, le droit de disposer librement de soi. Cet Etat aliène les libertés du peuple ne donne pas le pouvoir ni les libertés politiques aux citoyens.

Animé d'un esprit exotique, Célio trouve une formule de ruse pour échapper à cet état de choses pour se relâcher socialement. Le narrateur nous fait part de cette trace :

« Comme le cosmos, l'engouement de Célio pour les mathématiques avait une origine. Il devait avoir dans les dix ans quand il avait rencontré un livre. Un bouquin pas mal abîmé, orné d'une couleur vert d'olive, intitulé Abrégé de mathématique à l'usage du second cycle, concocté par un certain Kabeya Mutombo, édition 1967. L'ouvrage était le seul bien qui lui restait de feu son père, Cyprien Matemona, et Célio l'avait conservé précisément comme une relique. Le livre était plus que fatigué. Pour parvenir jusqu'à cette époque, il avait dû rien au monde, le jeune homme n'aurait pu s'en séparer (...) p.29.

Le personnage joue un rôle déterminant, personnage principal, il se met au service de qui l'entend, avec des formules mathématiques absurdes tirées de son vieux bouquin, il change le cours normal des choses.

L'étude des personnages fait apparaître cette particularité. Célio, victime du parti unique de la ville cruelle moderne et postcoloniale, soucieux de ses intérêts financiers individuels se trace un nouveau statut social au sein de la classe bourgeoise moyenne.

« Nombres relatifs, équations réciproques, irrationnelles, numériques, calculs des dérivées. Théorèmes de Thales, notion de trigonométrie dans l'espace, propriétés fondamentales du plan, cône de révolution, différence de deux vecteurs (...) Célio tournait doucement les pages de l'Abrégé de Mathématique à l'usage du second cycle (...) pp101-102.

Dans Mathématiques congolaises, l'humour s'observe davantage du côté de Célio ; tout en émettant un avis critique sur les valeurs de sa communauté, amuse ses amis et tous ceux qui les côtoient lorsqu'il cherche la solution à de tous ses problèmes dans les mathématiques en usant des fausses théories. Parfois même, ses interlocuteurs ne s'arrêtent qu'au rire quand ils sont incapables de saisir ce qu'il veut leur dire. C'est le cas de cette séquence où Tshilombo pense à un plan pour calmer la population qui ne réclame que les élections. Il associe son nouvel agent qui lui propose, comme solution, la fonction exponentielle. Ce passage rend compte :

« Il faudrait une sorte de fonction qui démultiplierait une réaction en chaîne. L'exemple le plus courant, je dirais, de la réaction en chaîne, c'est la production de l'énergie nucléaire, patron. On commence par bombarder de l'uranium 235 avec un neutron qui brise son noyau en deux fragments c'est la fission. Après, cela va tout seul. En se brisant le noyau d'uranium expulse deux ou trois neutrons, qui, à leur tour vont aller briser d'autres noyaux qui exploseraient d'autres neutrons, et ainsi de suite » p109.

Cette explication exponentielle relève de l'humour. Il n'est pas aisé de comprendre qu'une telle théorie permette de résoudre une situation politique en jouant sur le psychisme de la population. C'est une sorte d'escroquerie mentale avec un discours brouillé et qui n'a rien de vraie mathématique. Les auteurs de la littérature contemporaine se refusent désormais de toute limite. Une œuvre entretient des rapports avec le politique et ne saurait évacuer intégralement la question de l'engagement. Un peuple doit diriger son destin, jouir de ses droits et libertés que s'il est composé d'hommes libérés. La mission de l'Etat sera d'appliquer la loi en tenant compte de la réalité de chaque citoyen. Sans cette loi, nous dit Rousseau, « le peuple ne serait plus tenu de leur obéir ; et comme il n'aurait pas été le magistrat, mais la loi, qui aurait constitué l'essence de l'Etat, chacun rentrerait de droit dans sa liberté naturelle »(12). L'Etat doit veiller à ce que la liberté des uns n'entrave pas celles des autres afin de pas retomber encore dans un régime tyrannique. Delà, si l'Etat ne régule pas la vie publique ou bien de tous les membres, chaque citoyen essaye de tirer son manioc du feu. C'est le choix qu'a pris Célio avec ses absurdités mathématiques ; une simple stratégie malicieuse par laquelle il veut mettre l'interlocuteur en position de faiblesse avant la tenue de la réunion entre son chef et ses hôtes de marque. Ce passage rend compte :

« Pas évident de s'en sortir. A moins de considérer le problème sous un éclairage neuf :

$$x = -y$$

x, c'est eux = -y, c'est nous

(...) entre x positif ou y négatif était-il un état permanent lorsqu'on avait su déterminer le coefficient adéquat avec lequel multiplier x ou y ? » p.162.

Le raisonnement est encore mathématique pour justifier la débrouille à laquelle s'est soumis Célio ; pourtant rien de mathématique véritable. Et le narrateur de poursuivre en relayant les propos de Célio devant son patron qui se trouve dans l'impasse de comprendre cette réflexion :

« Boss, j'ai réfléchi sur cette transposition dont nous parlions, il y a peu. Supposons que la France soit un nombre x ; que le coefficient de ce x soit pour l'instant positif. Nous pouvions rendre ce coefficient négatif grâce à un incident quelconque que nous pouvions utiliser ensuite pour faire pression » p 171.

Ce passage interpelle le patron de Célio qui peut à ce stade comprendre que toutes les opérations mathématiques dont on lui parle sont un incident diplomatique avec la France. Le lecteur reste sur sa soif quand il peut s'interroger sur le passage d'une opération mathématique à un incident diplomatique. Ce passage confirme la crainte des chefs d'Etats africains dits « bourgeoisie périphérique » devant leurs homologues occidentaux constituant « la bourgeoisie du centre » devant lesquels ils doivent rendre compte de la gestion de leurs propres Etats avec des mains liées. Les marginaux constituant la basse classe ne constituent que des tubes digestifs dans la répartition des ressources nationales. C'est ce que dénonce Jean-Marie Van Parys, « Si l'autorité n'est pas fondée sur le consentement social, sur une volonté commune, il n'y a pas de cohérence sociale qui permette l'exercice des libertés » (13). Cette démarche impliquera aussi la formation du caractère, l'initiative aux valeurs qui sont les supports de la démocratie à savoir la liberté, l'égalité, la justice et le respect de la vie humaine.

5 CONCLUSION

Si le verbe aliéner présuppose l'atteinte de l'objectif, le verbe débrouiller renvoie à une entreprise qui, enfin débouche sur l'échec ou le succès. Avec ce deuxième verbe, la probabilité du succès n'est pas donnée d'avance, en ce sens que l'approche dialectique ouvre le champ libre à la partie concurrente, ou carrément rivale, en lui permettant de peaufiner ses stratégies, de contre-attaquer et même de conquérir sa cible. De plus, le succès de l'action de la débrouille s'inscrit souvent dans la précarité, car le subterfuge qui permet d'opérer le changement de l'avis, l'aliénation dans ce roman, n'efface pas complètement les atavismes sentimentaux. C'est grâce à des théorèmes que Célio Matématik espère influencer sur le destin dont il dit n'être lui-même que le jouet. Avec humour et gravité, connaissant son monde et sa cause, In Koli Jean Bofane campe d'une plume aussi acerbe qu'exotique ses personnages et dresse le tableau d'un Congo que le lecteur s'approprie vite parce qu'il sent les rues, palpite au rythme des musiques et des images livrées avec justesse et énormément d'empathie. Cette écriture romanesque de Jean Bofane se trouve loin de la réponse aux questions de l'afro-pessimisme.

REFERENCES

- [1] BOFANE J. IN KOLI, 2008, *Mathématiques congolaise*, Paris, Actes Sud.
- [2] DUCHET, C., 1979, « Positions et perspectives », *Sociocritique*, Paris, Nathan.
- [3] DELCROIX, M., et HALLY.F, *Introduction aux études Littéraires, Méthodes du texte*, Paris, Gembloux, Duculot.
- [4] ADAM, J-M., 1999, *Linguistique textuelle, Des genres de discours au texte*, Paris, Nathan.
- [5] WRENSISKI J. 1987 « Grande pauvreté et précarité économique et sociale », journal officiel de la République Française, 28 février, 1987.
- [6] MANGEON, A., 2009, « Le chantier inachevé de la Démocratie » in *le rôle du nègre dans la culture des Amériques*, Paris, Harmattan.
- [7] MBEMBE, A., 2007, « L'Afrique de Nicolas Sarkozy » in *Africulture ou le messager*, le 03/08/2007
- [8] NIETZSCHE, F., 1887, *Généalogie de la morale*, Leipzig, Naumann.
- [9] BAYART, J-F., et alii, 1992, *Le Politique par le bassin Afrique noire*, contribution à une problématique de la démocratie ; Paris, Karthala.
- [10] NIKOLA KOVAC, 2002, *Le Roman Politique. Fictions du totalitarisme*, Paris, Michalon.
- [11] ROUSSEAU, J-J., 1963, *Du contrat social. Discours sur les sciences et les arts. Discours sur l'origine de l'inégalité parmi les hommes*. Union Générale d'Édition.
- [12] VAN PARYS, J-M, 1993, *Une approche simple de la philosophie africaine*. Kinshasa, Editions Loyola.

Structure fiscale, pression fiscale et croissance économique : Analyse empirique pour le cas du Maroc

[Tax structure, Tax burden and economic growth : Empirical analysis for Morocco]

Radouane JAOUI and Said YOUSSEF

Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

Copyright © 2018 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 objective of this paper is to estimate the combined effect of tax shocks on economic growth. More explicitly, in order to assess the dynamic interactions between economic growth, tax structure and tax burden, impulse response functions of growth are estimated using a vector autoregressive model. The regression results suggest that a tax structure based on indirect taxes is more favorable to economic growth. Moreover, tax burden has a negative effect on growth.

KEYWORDS: Tax structure, tax burden, growth, Vector autoregressive model.

RESUME: L'objectif de cette étude est d'estimer les fonctions de réponse de la croissance économique suite à une combinaison de chocs fiscaux. Plus explicitement, dans le but d'étudier les interactions dynamiques entre la croissance économique, la structure et la pression fiscales, un modèle autorégressif vectoriel est estimé afin de simuler les fonctions de réponses impulsionnelles. Les résultats obtenus indiquent qu'une structure fiscale orientée vers la fiscalité indirecte est plus favorable à la croissance économique. Par ailleurs, la pression fiscale exerce un effet négatif sur la croissance.

MOTS-CLEFS: Structure fiscale, pression fiscale, croissance, modèle autorégressif vectoriel.

1 INTRODUCTION

Depuis l'apparition des modèles de croissance endogène, le rôle de la fiscalité dans la croissance économique a été au centre des finances publiques. Les travaux de Barro (1990), King et Rebelo (1990) sont les premiers à avoir analysé les effets de la politique budgétaire sur la croissance. Dans ces modèles, les instruments de la politique fiscale agissent différemment sur la croissance économique en générant des distorsions à travers des changements dans le comportement des agents économiques [1], [2]. Les impôts faussent les décisions privées et créent une mauvaise allocation des ressources. Ils affectent l'épargne des ménages, l'offre de travail, la décision des entreprises à produire, la création d'emplois, et l'investissement. Par conséquent, les impôts affectent la croissance économique.

Dans presque tous les modèles de croissance endogène, la fiscalité indirecte n'affecte pas le comportement des individus et laisse donc la croissance inchangée. Tandis que la fiscalité directe est nuisible à la croissance. Plusieurs études empiriques ont testés ces hypothèses, dans le but de préciser la relation entre la structure des impôts et la croissance. Les résultats de ces études restent controversés, et il n'y a donc pas de consensus sur les prédictions théoriques. Hall (1968) évoque une hypothèse stipulant que les changements dans la structure fiscale ne génèrent que des effets temporaires sur la croissance économique. Branson et Lovell (2001) estiment qu'un ratio des impôts directs dans les recettes fiscales totale égal à 65% générerait une augmentation du PIB réel de près de 17% [3]. Marsden (1983), et plus tard Easterly et Rebelo (1993) indiquent une corrélation négative entre la pression fiscale, mesurée par le ratio des recettes fiscales par rapport au PIB, et la croissance économique [4]. Quant à la structure fiscale, seules les taxes sur la consommation sont en corrélation négative avec la croissance

économique [5]. Les résultats de Kneller et al. (1999) indiquent que l'impact de la structure fiscale sur la croissance économique est distinct, entre les impôts générant des distorsions qui pèsent négativement sur la croissance, à l'inverse des impôts non-générateurs de distorsions [6]. Inversement, Koch et al. (2005) indiquent qu'une augmentation de la part de fiscalité indirecte par rapport à la fiscalité directe affecte négativement la croissance économique [7].

Étant donné la divergence des résultats de ces études, nous suivons une méthodologie similaire à l'approche utilisée par Blanchard et Perotti (1999), Edelberg et al. (1999), et Fatàs and Mihov (2001) [8], [9], [10]. Plus explicitement, en minimisant le nombre d'hypothèses, il devient plus facile d'analyser les canaux par lesquels la structure fiscale et la pression fiscale affectent la croissance économique. Nous estimons des fonctions de réponse à l'aide d'une spécification VAR (Vector Autoregressive), de sorte que l'on puisse explorer les interactions, et par conséquent, comprendre les relations dynamiques entre la croissance économique, la pression fiscale et la structure fiscale.

Le Maroc est un cas intéressant à étudier, étant donné les récentes réformes et l'augmentation des recettes fiscales au cours des dernières années. Les figures 1 et 2 illustrent l'évolution des impôts directs et indirects en pourcentage du PIB et des recettes fiscales totales au Maroc durant la période allant de 1980 à 2016. La pression fiscale (directe et indirecte) a connu une hausse relativement modérée dans les années 1980, passant de 10,5% en 1980 à 12,9% en 1990. Elle a poursuivi sa hausse jusqu'à atteindre 18,2% en 2012, pour afficher une légère tendance à la baisse depuis 2013 jusqu'à 2016 (respectivement 17% et 16,1%).

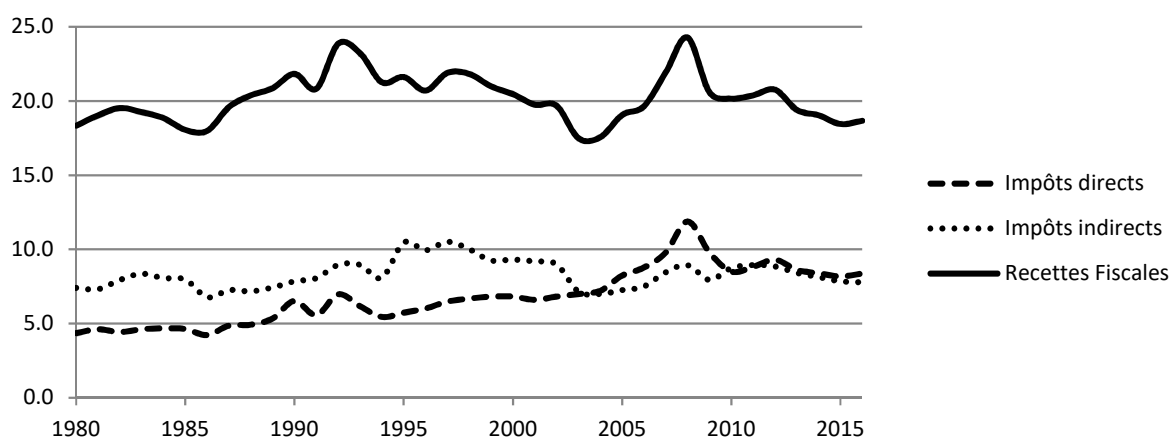


Fig. 1. Evolution de la pression fiscale (en % du PIB) au Maroc entre 1980 et 2016

La structure de la fiscalité a également connu une transformation profonde. Les impôts indirects qui jouent un rôle prépondérant ont augmenté de 6,6% en pourcentage du PIB en 1980 à 7% en 1990, une moyenne de 9,2% entre 1995 et 2002, avec une baisse de deux points 2003 et 2006, une tendance à la hausse entre 2007 et 2012 avec une moyenne de 8,6% pour se rétablir à une moyenne de 8% les dernières années. Toujours avec une tendance à la hausse, les impôts directs ont presque doublé depuis les années 1980. Passant d'une moyenne juste au-dessus de 4% du PIB au début des années 1980, à 8,6% entre 2011 et 2016.

Parallèlement, la croissance économique au Maroc a connu beaucoup de fluctuations durant les trois dernières décennies, en témoigne l'évolution en dents de scie qui caractérise les taux de croissance annuels du PIB (figure 2). Une volatilité, certes structurelle, due en grande partie à une dépendance, jamais démentie, de notre économie vis-à-vis d'un secteur agricole lui-même tributaire des aléas climatiques, faisant obstacle au bon fonctionnement du processus d'accumulation de la richesse, facteur déterminant de la croissance économique et de sa pérennité.

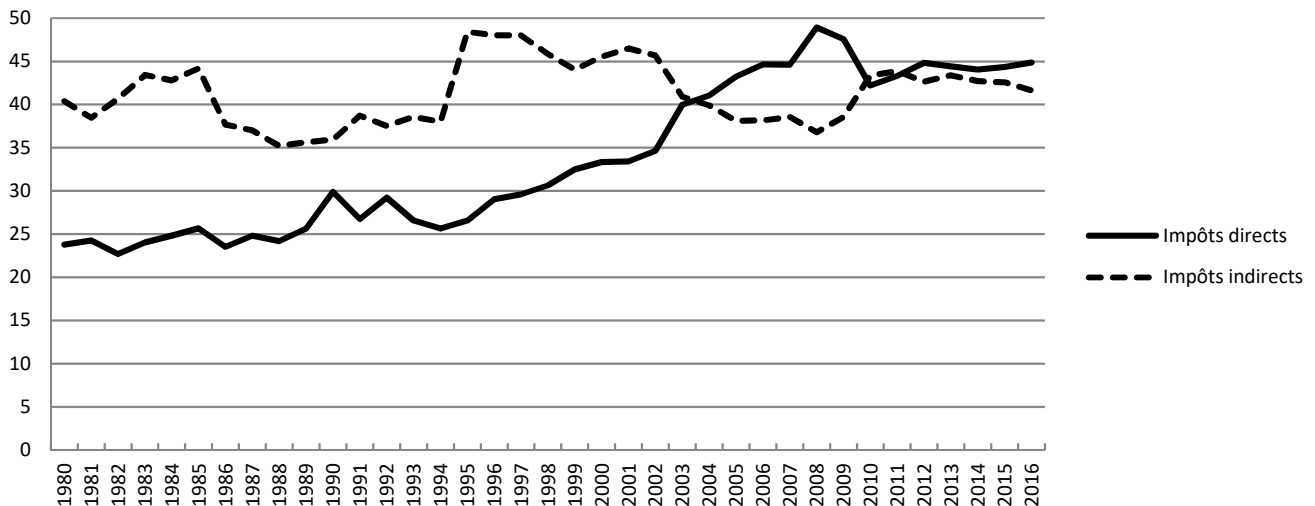


Fig. 2. Evolution des impôts directs et indirects (en % des recettes totales) au Maroc

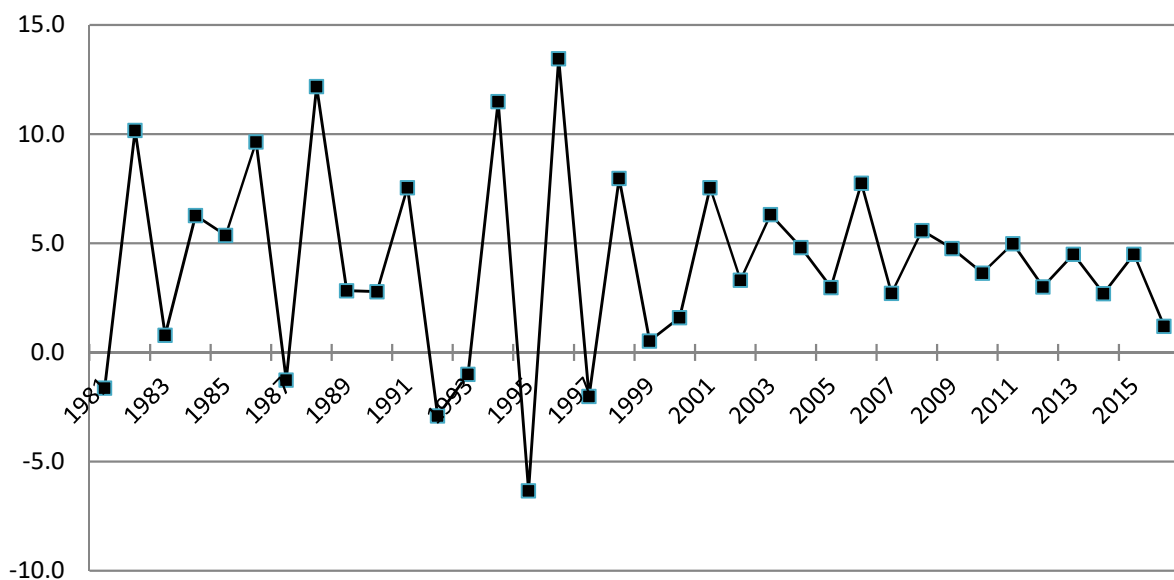


Fig. 3. Taux de croissance économique au Maroc (1980 – 2016)

Compte tenu de la hausse du niveau des recettes fiscales (directes et indirectes) à une période qui coïncide avec un rythme de croissance relativement élevé par rapport au contexte régional, une question se pose quant aux interactions entre la croissance économique, la structure fiscale et la pression fiscale. Dans cet article, nous étudions la question, en estimant pour le cas du Maroc, les fonctions de réponse de la croissance économique suite à des chocs fiscaux (variations au niveau de la structure et la pression fiscales).

2 MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS DES ESTIMATIONS

2.1 MÉTHODOLOGIE EMPIRIQUE

Dans ce modèle il s'agit d'examiner les effets de la structure et la pression fiscales comme principaux indicateurs de la politique fiscale sur la dynamique de la croissance. Un tel travail appliqué pour le cas marocain s'avère important en matière d'investigation sur la politique fiscale. A notre connaissance, aucun travail similaire n'a été fait jusqu'à maintenant.

A l'aide d'un modèle VAR, outil principal en matière de prévisions macroéconomiques, nous estimons les relations dynamiques entre la structure fiscale, la pression fiscale et la croissance économique pour le cas marocain, sur la période 1980-

2016. Il y a lieu de noter que le modèle VAR présente certains avantages, parmi lesquels on cite : i) une analyse dynamique due à l'introduction des décalages, ii) toutes les variables du modèles considérées comme exogènes et endogènes, ce qui permet une interprétation parallèle de l'impact des variables fiscales sur la croissance économique et vice versa, iii) les recettes fiscales n'étant pas toujours collectées l'année même de leur émission, l'intérêt d'introduire le décalage dans le modèle serait pertinent, vi) la simulation des chocs, via les fonctions de réponse impulsionnelles, ce qui permet de comprendre la réaction des variables clés suite à des variations au niveau des variables qui les expliquent.

Nous utilisons des séries annuelles en raison de l'existence d'une non-normalité dans le processus de génération de données en séries trimestrielles. Les variables étudiées sont:

- Les Recettes des impôts directs (notamment l'IR et l'IS) et des impôts indirects, notées respectivement ID et IID;
- La pression fiscale (PF), définie comme le ratio de la somme des recettes des impôts directs et indirects par rapport au PIB;
- La structure fiscale, notée SF, est donnée par le ratio des impôts indirects par rapport aux impôts directs IID/ID, dans un premier temps, ensuite, partant du souci de la sensibilité des résultats aux différentes spécifications, et du fait qu'un changement dans la structure fiscale ne doit pas se faire aux dépens des recettes totales, il convient d'estimer un 2ème modèle où le ratio IID/ID est remplacé par le ratio des recettes des impôts indirects par rapport aux recettes fiscales totales, IID/RECETTES, comme mesure de la structure fiscale, notée SF2.
- Le taux de croissance du PIB réel est choisi comme variable dépendante, notée PIB.

En principe, la première étape consiste à examiner la stationnarité des variables. Pour ce fait, nous appliquons les tests de racine unitaire ADF [11], en considérons les valeurs critiques pour T=37 observations. Le tableau 1 présente les résultats des tests de stationnarité des variables étudiées :

Tableau 1. Testes de racine unitaire

	Variables en niveau		Variables en différence première	
	Test ADF	Décision	Test ADF	Décision
PIB	-12.678	I(0)	-	-
PF	-2.593	NS	-6.047	I(1)
SF	-2.128	NS	-6.266	I(1)
SF2	-2.201	NS	-5.905	I(1)

Comme le montre le tableau 1, les tests ADF indiquent que la série du taux de croissance est stationnaire en niveau, autrement dit, intégrée d'ordre 0, notée I(0). Tandis que la structure fiscale et la pression fiscale, pour les deux mesures considérées, semblent être non stationnaires en niveau, notées (NS), mais en en différence première, elles sont donc intégrées d'ordre 1, notées I(1).

Compte tenu de l'ensemble des variables ci-dessus, le modèle VAR d'ordre (p) utilisé prend la s'écrit sous la forme :

$$x_t = \sum_{i=1}^p A_i x_{t-i} + \varepsilon_t ; t = 1, 2, \dots, T$$

Où $x_t = (PIB_t, SF_t, PF_t)$ est un vecteur de dimension (3,1) composé des variables interdépendantes, $A_i(3,3)$ sont les matrices des coefficients, et ε_t est bruit blanc indépendant. Les hypothèses standards de notre équation sont :

$$E(\varepsilon_t) = 0 ; E(\varepsilon_t \varepsilon'_t) = \sigma ; E(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0 \text{ pour } t \neq s$$

Dans ce qui suit, nous estimons l'impact de la structure fiscale et la pression fiscale, respectivement SF et PF sur le taux de croissance économique noté PIB à l'aide des fonctions de réponse impulsionnelles.

2.2 RÉSULTATS DES ESTIMATIONS

Afin de tenir compte de l'ordre d'intégration de nos variables, nous construisons des fonctions de réponse impulsionnelles basées sur un modèle VAR inspiré du modèle de Toda et Yamamoto (1995) [12]. La figure 3 montre les simulations des fonctions de réponse impulsionnelles (les lignes pleines indiquent les estimations ponctuelles des coefficients). Les chocs du modèle VAR, appelés aussi « innovations », sont orthogonalisés en utilisant la décomposition de Cholesky de la matrice de covariance, et s'écrivent sous la forme :

$$\varepsilon_t = P^{-1}u_t$$

Où P est une matrice triangulaire inférieure, avec : $\Sigma_u = PP'$

Avec $x_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i \varepsilon_{t-i}$

Les lignes pleines indiquent les estimations ponctuelles des coefficients. Les bandes pointillées représentent les intervalles de confiance. Les fonctions de réponse impulsionnelles sont obtenues à l'aide du logiciel d'économétrie EvIEWS 9.

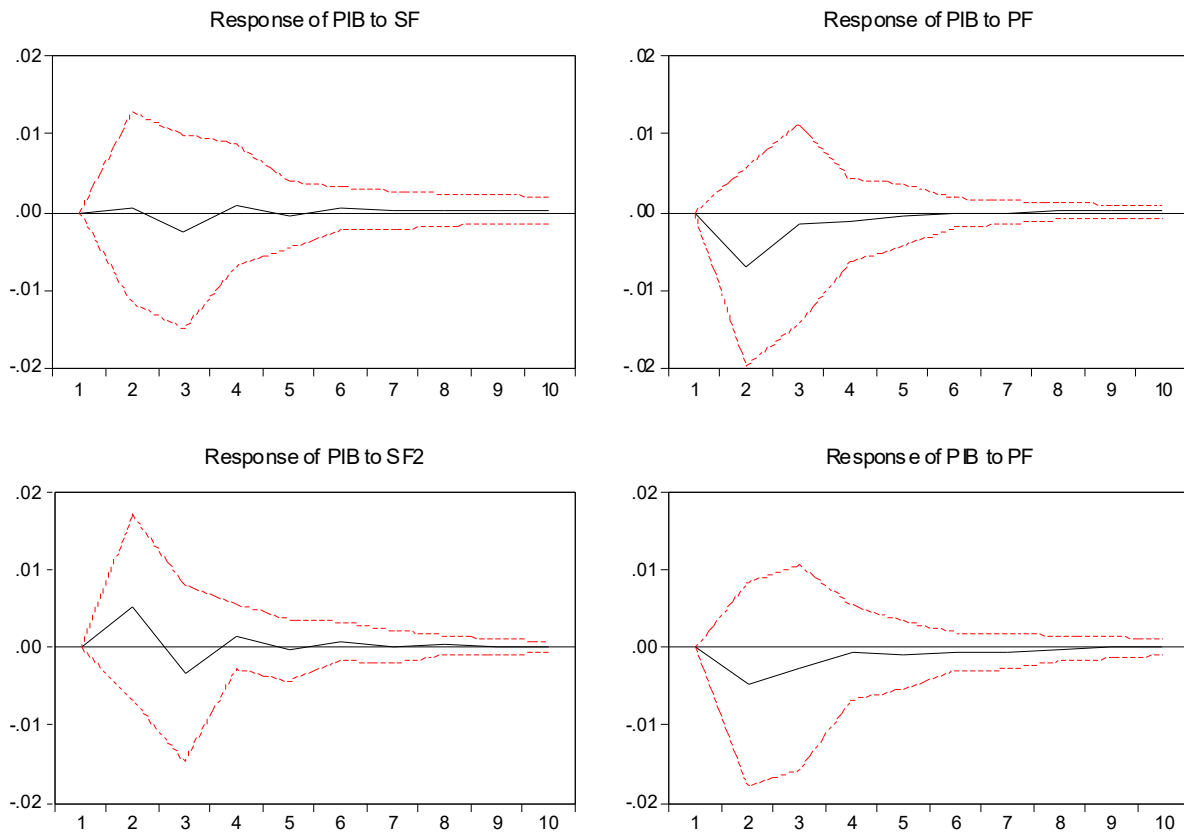


Fig. 4. Fonctions de réponse du taux de croissance économique aux chocs fiscaux

La figure 3 fait ressortir les résultats de nos estimations. En considérant le premier modèle, un choc de la structure fiscale, à travers le ratio des recettes des impôts indirects/impôts directs, exerce un effet positif, quoique faible, sur la croissance durant la première année. Un impact qui s'inverse l'année suivante et reprend sa tendance positif l'année d'après pour ensuite se stabiliser autour de zéro à partir de la 4^{ème} année. Ceci peut trouver son explication dans le fait qu'un passage de la fiscalité directe vers la fiscalité indirecte peut se traduire par une baisse temporaire des recettes fiscales totales, pour ensuite retrouver sa tendance d'équilibre. La pression fiscale exerce un impact négatif sur la dynamique de la croissance : un choc positif de la pression fiscale exerce un effet négatif immédiat d'environ -0,5% sur le taux de croissance économique. Un effet qui diminue durant les années suivantes et tend vers zéro. Résultat conforme aux théories économiques, notamment celle de Laffer, ainsi qu'aux résultats des différents travaux empiriques.

Dans le 2^{ème} modèle, où le ratio SF est remplacé par SF2, l'impact négatif de la pression fiscale est maintenu. Quant au choc de la structure fiscale, l'impact positif sur la croissance économique est plus prononcé par rapport à la première mesure de la structure, avec un pic de 0,5% cette fois. L'effet s'inverse dès l'année suivante et reprend sa hausse pour maintenir des valeurs positive durant les années suivantes. Autrement dit, un passage neutre de la fiscalité directe vers la fiscalité indirecte, en maintenant les recettes relativement « stables », ne peut être que bénéfique en matière de croissance.

3 CONCLUSION

Dans le cadre des travaux qui traitent la relation fiscalité-croissance, nous avons essayé d'examiner la réponse de la croissance économique à une forme de chocs à la fois dans la structure recettes fiscales (tenant compte de la distinction entre impôts directs et indirects) et la pression fiscale.

L'étude économétrique est faite à l'aide d'un modèle VAR, sur des données annuelles pour le cas du Maroc, entre 1980 et 2016. Ce modèle permet une analyse dynamique de la relation qui existe entre la croissance économique et les différents indicateurs fiscaux.

Les résultats qui ressortent de nos estimations, sont conformes aux travaux empiriques examinés dans la revue de littérature. La pression fiscale exerce un effet négatif sur la croissance économique, tandis que l'impact de la structure fiscale (notamment dans le modèle 2) est positif. Ceci s'explique par la nature de chaque impôt. L'impôt direct affecte les déterminants de la croissance (l'investissement, l'emploi, et la productivité), tandis que l'impôt indirect affecte les composantes de la demande, à savoir la consommation.

Inversement, les fonctions de réponse de la structure et la pression fiscales, suite à un choc au niveau de la croissance économique, semblent similaires à première vue, avec un effet positif plus prononcé sur la structure fiscale (Modèle 2). Ce résultat implique principalement qu'une croissance économique élevée favorise la hausse des recettes fiscales indirectes. Cependant, ce n'est qu'un effet de court terme qui s'estompe après un an ou deux.

Compte tenu de ces résultats, la question de la structure fiscale revêt une grande importance dans la poursuite des réformes au Maroc, vers un système fiscal plus simple et plus neutre. Abstraction faite des considérations sociales et d'équité, la réforme fiscale peut contribuer à l'amélioration de la performance économique, par l'allègement de la pression fiscale qui pèse lourdement sur le revenu des personnes physiques et morales et le passage « neutre » à une fiscalité indirecte, qui génère moins de distorsions et d'évasion fiscale.

REFERENCES

- [1] R. J. Barro, "Economic growth in a cross-section of countries," *Quarterly Journal of Economics*, no. 106, pp. 407–441, 1991.
- [2] R. G. King and S. Rebelo, "Public policy and economic growth: developing neoclassical implications," *Journal of Political Economy*, no. 98, pp. 126–150, 1990.
- [3] J. Branson and C.A. Knox Lovell, "A growth maximizing tax structure for New Zealand," *International Tax and Public Finance*, vol. 2, no. 3, pp. 128–147, 2001.
- [4] K. Marsden, "Links between taxes and economic growth," *World Bank Staff Working Papers*, no. 605, pp. 8-11, 1983.
- [5] W. Easterly, S. Rebelo, "Fiscal Policy and Economic Growth: An Empirical Investigation," *Journal of Monetary Economics*, no. 32, pp. 417-458, 1993.
- [6] R. Kneller, M.F. Bleaney and N. Gemmell, "Fiscal policy and growth: evidence from OECD countries," *Journal of Public Economics*, no. 74, pp. 171–190, 1999.
- [7] S. F. Koch, N. J. Schoeman and J. J. Van Tonder, "Economic Growth and the Structure of Taxes in South Africa: 1960-2002," *South African Journal of Economics*, vol. 2, no. 73, pp. 189-211, 2005.
- [8] O. Blanchard and R. Perotti, "An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output," *NBER Working Paper*, no. 7269, 1999.
- [9] W. Edelberg, M. Eichenbaum, and J. D. M. Fisher, "Understanding the effects of shocks to government purchases," *Review of Economics Dynamics*, pp. 166–206, 1999.
- [10] A. Fatàs and I. Mihov, "The effects of fiscal policy on consumption and employment: theory and evidence," *CEPR Discussion Paper*, no. 2760, pp. 7-15, 2001.
- [11] D. Dickey, and W. A. Fuller, "Distribution of the estimates for autoregressive time series with a unit root," *Journal of the American Statistical Association*, no. 74, pp. 427–431, 1979.
- [12] H.Y. Toda, and T. Yamamoto, "Statistical Inference in vector autoregressions with possibly integrated processes," *Journal of Econometrics*, no. 66, pp. 225–50, 1995.

Suivi de la morphologie de l'unité littoral Vridi-Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)

[Monitoring of the morphology of the Vridi-Port-Bouët coastal unit (Abidjan, Côte d'Ivoire)]

Touré Mamadou, Konan Konan Ernest, and N'guessan Yao Alexis

Département de Géosciences Marines,
Université Félix Houphouët Boigny/UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 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 coastal unit between the Vridi canal and the Port-Bouët lighthouse, south of Abidjan, is the subject of this study. It was followed over two periods (November 2015 and October 2016) following the eviction, downstream, on the waterfront of several precarious neighborhoods (Derrière Wharf, Adjouffou, Gonzagueville, ...). This study uses GPS data coupled with worksite level data to reconstruct the morphology of the study area as well as its description and evolution from different beach profiles. The acquired data is processed from the software "MapSource", "Excel" and "Surfer". For each profile, the different morphological units of the range were determined from classical terminology. In general, all the recorded profiles have a straight or concave shape. This is characteristic of an unbalanced beach profile with sand start and erosion. The length of the profiles varies between 16 m and 53 m. The elevation difference is between 4 m and 7 m with a variable slope (2.86° to 14.03°). They are reflexive beaches with a strong erosional tendency.

KEYWORDS: Morphology, Beach, Profile, GPS, Worksite level, Vridi-Port-Bouët.

RESUME: L'unité littorale entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët, située au sud d'Abidjan, fait l'objet de cette étude. Elle a été suivie sur deux périodes (novembre 2015 et octobre 2016) suite au déguerpissement, en aval, sur le front de mer de plusieurs quartiers précaires (Derrière Wharf, Adjouffou, Gonzagueville, ...). La présente étude utilise les données GPS couplées aux données du niveau de chantier pour reconstituer la morphologie du secteur d'étude ainsi que sa description et son évolution à partir de différents profils de plage. Les données acquises sont traitées à partir des logiciels "MapSource", "Excel" et "Surfer". Pour chaque profil, les différentes unités morphologiques de la plage ont été déterminées à partir de la terminologie classique. D'une façon générale, l'ensemble des profils enregistrés présente une allure rectiligne ou concave. Cela est caractéristique d'un profil de plage en déséquilibre avec départ de sable et érosion. La longueur des profils varie entre 16 m et 53 m. Le dénivelé est compris entre 4 m et 7 m avec une pente variable ($2,86^\circ$ à $14,03^\circ$). Ce sont des plages réflexives avec une forte tendance érosionnelle.

MOTS-CLEFS: Morphologie, Plage, Profil, GPS, Niveau de chantier, Vridi-Port-Bouët.

1 INTRODUCTION

A l'interface Terre-Mer, le littoral ivoirien se caractérise aussi bien par la biodiversité unique de ses milieux naturels (lagune, mangrove, forêt dense humide ou marécageuses, falaises, ...) que par l'ampleur et l'intensité des pressions humaines qui s'y exercent. A l'image de ce qui se passe à l'échelle du monde depuis plusieurs décennies, son évolution est marquée par des déséquilibres de plus en plus nombreux et des dégradations de plus en plus évidentes.

Afin de comprendre et de suivre l'évolution du littoral ivoirien qui s'étend sur 566 km, plusieurs travaux de recherche ont déjà été réalisés ([1], [2], [3], [4], [5], [6]). L'unité littorale entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët (figure 1), située au sud d'Abidjan, fait l'objet de cette étude. Sur cette unité, plusieurs aménagements (canal de Vridi, hotels, installations industrielo-portuaires) et des bidonvilles ont modifié le paysage, la dynamique sédimentaire et le trait de côte. En outre, ce secteur subit l'effet périodique de tempêtes et houles exceptionnelles. Différents travaux de recherches ont porté sur ce site ([7], [8], ...) afin de voir l'influence des actions anthropiques et des houles exceptionnelles.

Depuis octobre 2014, une vaste opération de déguerpissement a été menée dans la zone pour assainir toute la bordure du littoral. Cette opération de déguerpissement sur le front de mer s'est effectuée à hauteur de plusieurs quartiers précaires (Derrière Wharf, Adjouffou, Gonzagueville, ...).

Suite à cette opération, cet espace littoral, sensible à l'érosion, a été suivi sur deux périodes : l'une en novembre 2015 et l'autre en octobre 2016. L'objectif de cette étude est de suivre la morphologie de la plage consécutivement au déguerpissement en aval.

La présente étude utilise les données GPS couplées aux données du niveau de chantier pour une reconstitution de la morphologie du secteur littoral Vridi-Port-Bouët ainsi que sa description et son évolution à partir de différents profils de plage.



Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2 HOULE ET MARÉE

Sur le littoral ivoirien, la houle est caractérisée à la côte par une amplitude généralement inférieure à 2 m ([9], [10]). On y distingue trois sortes de houles (tableau I):

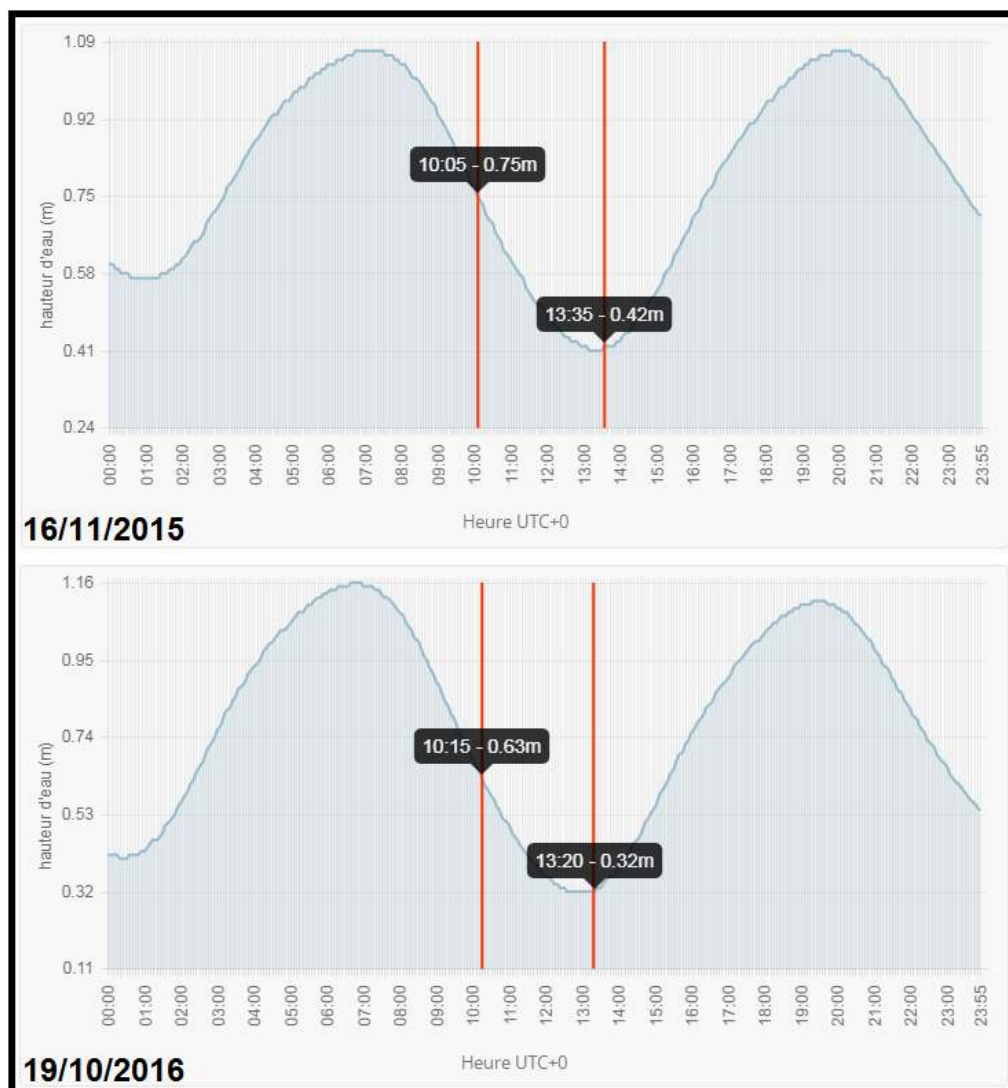
- la houle faible, hauteur de tête à creux inférieur à 0,8 m ;
- la houle moyenne, hauteur de tête à creux comprise entre 0,8-1 m et 1-2 m ;
- la houle forte, hauteur de crête à creux supérieure à 1-2 m.

Tableau 1. Fréquence annuelle (%) des différentes houles [9]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Faible (inf. à 0,8 m)	45	28	18	24	12	6	17	36	35	34	51	58
Moyenne (entre 0,8-1 m et 1-2 m)	45	62	59	53	42	53	55	48	41	53	44	37
Forte (sup. à 1-2 m)	10	10	23	23	46	24	28	16	14	13	5	5

La marée, sur les côtes ivoiriennes, est de type semi diurne avec un marnage faible. On observe deux pleines mers et deux basses mers par jour. Cependant, les hauteurs présentent de fortes irrégularités dues à la présence de l'onde diurne. Le marnage dépasse rarement 1,5 m en vive eau et peut descendre jusqu'à 0,4 m en morte eau ([11]).

Pour cette étude, le levé s'est fait à marée descendante entre 10 h 05 et 13 h 35 mais avec des hauteurs d'eau différentes entre 2015 et 2016 (figure 2).


Fig. 2. Marnage et hauteur d'eau

Pour les enregistrements de novembre 2015, la hauteur d'eau est comprise entre 0,75 m et 0,42 m. En octobre 2016, cette hauteur varie entre 0,63 m et 0,32 m. Cette différence de hauteur a une influence sur la longueur de l'estran couvert ou non par l'eau.

3 POPULATION DU LITTORAL

Le littoral ivoirien, long de 566 km, couvre une superficie de 23 253 km². Très peu peuplé jusqu'à l'indépendance, la forte convergence des populations en provenance de l'intérieur du pays et l'immigration étrangère induisent un développement urbain très rapide et généralement non contrôlé. Cela entraîne une croissance de la population des villes littorales qui est passée de 1 105 913 habitants en 1975 à 2 217 570 habitants en 1988 et 3 426 665 habitants en 1998. Elle était estimée à 5 500 000 habitants en 2007 ([12]). Elle représente environ 30% de la population ivoirienne et est concentrée dans les grandes agglomérations dont les plus importantes sont Abidjan, San-Pédro, Jaquerville et Dabou (figure 3).

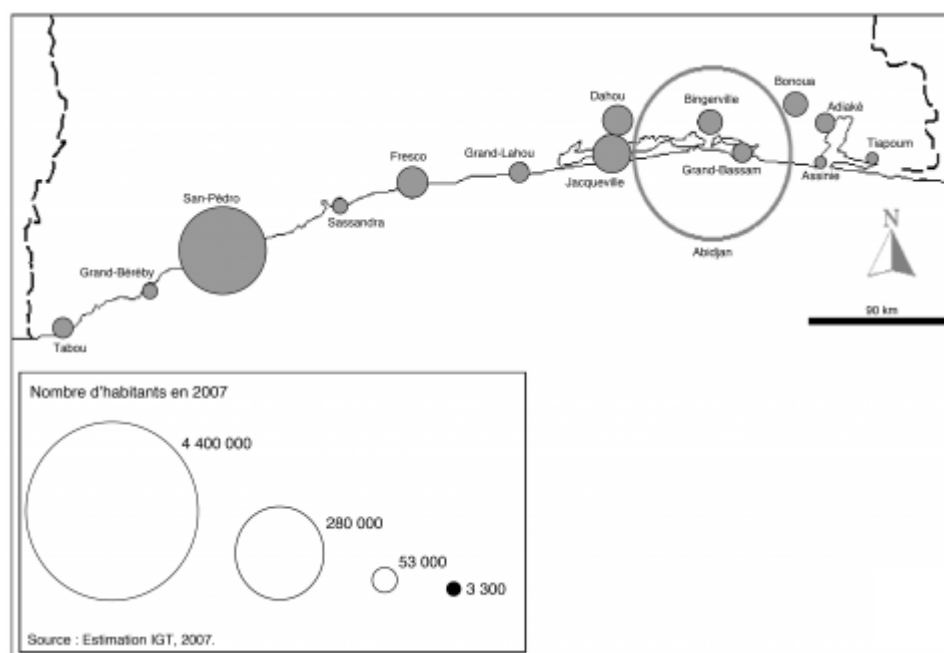


Fig. 3. Population des villes du littoral ivoirien en 2007

Le découpage administratif du littoral donne 28 communes dont 10 pour la seule ville d'Abidjan. La commune de Port-Bouët est l'une des 10 communes d'Abidjan. Il s'agit d'une presqu'île qui se trouve entre l'océan Atlantique et la lagune Ebrié. Elle s'étend le long du littoral maritime sur près de 30 km d'est en ouest avec une superficie de 111 km². Cité périphérique de la ville d'Abidjan, environ 65% de son périmètre communal est occupé par des quartiers précaires qui abritent plus de 80% de la population locale ([13]). La commune compte 12 quartiers précaires dont 9 sont situés le long ou à proximité du littoral. Le plus grand de ces quartiers, Adjouffou, compte plus de 100 000 habitants ([13]).

Une vaste opération de déguerpissement a été menée sur le front de mer afin d'assainir la bordure du littoral. Les quartiers précaires concernés par cette opération sont Derrière wharf, Adjouffou, Jean-Folly et Gonzagueville (figure 4). Les zones de ces quartiers affectées par le déguerpissement sont situées entre la voie express menant à Grand-Bassam et la mer sur une largeur qui varie entre 63 et 289 m. Elle s'étend sur un trait de côte de 10,4 km ([14]). La superficie totale déguerpie est de 123,74 ha (figure 5). Le déguerpissement a provoqué le départ de 4000 foyers, soit environ 22000 personnes.



Fig. 4. Quartiers précaires faisant face au front de mer

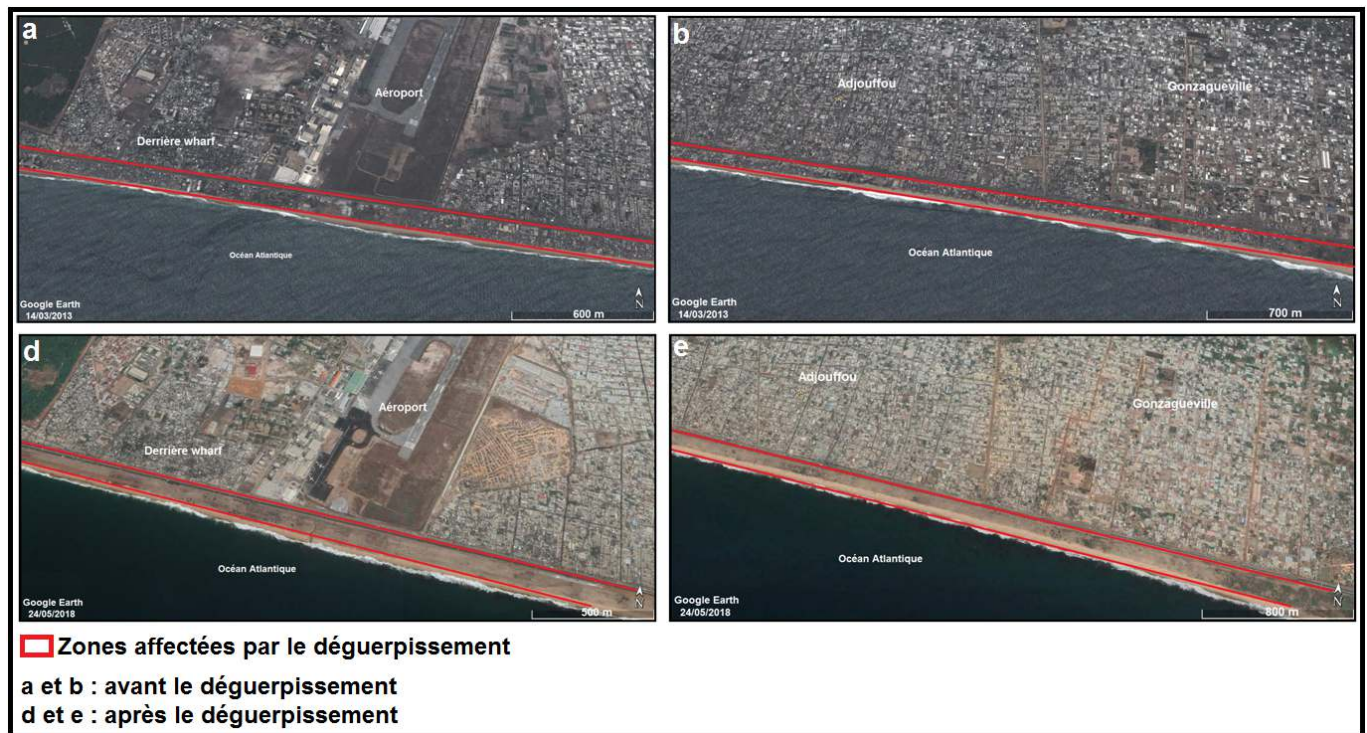


Fig. 5. Zones déguerpies sur le littoral de Port-Bouët

4 MÉTHODOLOGIE

Le levé des côtes de l'estran a été réalisé à l'aide du GPS (GPSMAP 62sc Garmin). Plusieurs profils (14) ont été réalisés entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët sur deux périodes (novembre 2015 et octobre 2016) (figure 1). Le GPS a été couplé à un niveau de chantier pour la vérification des mesures.

Le profil de plage donne des informations sur la morphologie de la plage au moment du relevé. Pour le levé, l'opérateur définit le zéro (point fixe) du profil sur le haut de plage. Il parcourt le profil jusqu'au bas estran en tenant le GPS. Ce dernier enregistre automatiquement les différentes cotes. Les erreurs d'altitude sont corrigées à partir d'un GPS à la cote zéro. Le GPS

enregistre la longitude et la latitude avec une précision de 1 à 3 m. L'opérateur qui porte le GPS tient la mire pour les mesures avec le niveau de chantier. Les têtes de profils sont identifiées par un repère fixe (mur, piqué, ...). Les données acquises sont traitées à partir des logiciels "MapSource", "Excel" et "Surfer". Avec "MapSource", on extrait les données du GPS. Celles-ci comprennent la longitude, la latitude et l'altitude. Les données extraites de "MapSource" sont transférées dans "Excel". A partir d'Excel, on procède à la représentation graphique de chaque profil. Le logiciel "Surfer" permet la reconstitution de la morphologie d'ensemble de la zone.

Pour chaque profil, les différentes unités morphologiques de la plage ont été déterminées à partir de la terminologie classique ([15]). Le profil type d'une plage basse sableuse comprend, de la côte vers le large :

- la haute plage qui est sèche en général et limitée du côté mer par une rupture de pente ;
- la plage proprement dite qui peut avoir une pente uniforme ou présenter une rupture de pente permettant de distinguer un haut estran et un bas estran ;
- la zone de surf dont la limite avec l'estran peut être marquée par un talus.

La terminologie de [16] est utilisée pour indiquer la forme du profil de la plage aérienne. Celle-ci permet de distinguer trois grandes formes : concave, rectiligne et convexe, avec ou sans berme.

Afin de mettre en évidence l'évolution morphologique des profils, ceux-ci ont été comparés deux à deux en superposant les points repères, ceci en tenant compte des variations éventuelles de leur distance au sol.

5 RÉSULTATS

5.1 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE LA PLAGE ENTRE LE CANAL DE VRIDI ET LE PHARE DE PORT-BOUËT

5.1.1 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 1

Le profil réalisé en 2015 a une longueur totale d'environ 28 m. Il a une allure rectiligne en général avec une rupture de pente au bas estran (BE). Il se termine par une baie. La pente est d'environ $10,75^\circ$. Celui réalisé en 2016 a une allure complexe marquée par une rupture de pente avec une berme à 10 m du repère. Il est long de 46 m avec une pente de $5,14^\circ$ (figure 6).

Le profil, rectiligne en 2015, est devenu concave en 2016 avec l'apparition d'une berme. La baie a reculé d'environ 20 m (figure 6). La comparaison des profils laisse apparaître une plage en érosion notamment au haut estran (HE) et mi-estran (ME) de l'ordre de 20 m. On observe une accumulation de sédiments en bas de plage (Bas estran : BE).

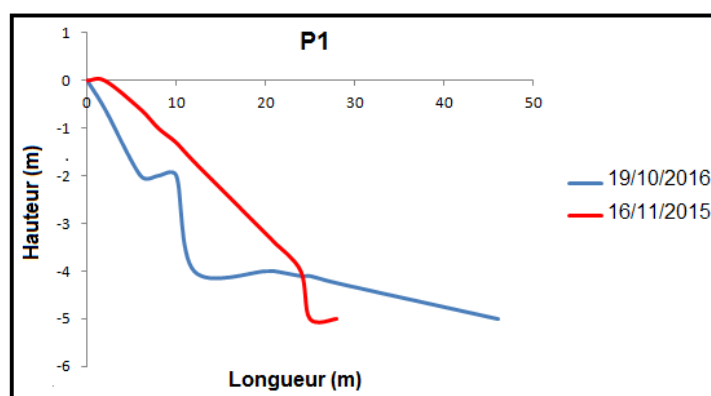


Fig. 6. Morphologie de la plage au profil 1

5.1.2 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 2

En 2015, le profil a une longueur de 21 m. Il présente une allure semblable au profil 1 de 2015 mais avec une berme au HE à 5 m du repère. La pente avoisine $11,85^\circ$. Le profil 2 de 2016, long de 25 m, a une allure régulière rectiligne avec une berme au BE. Sa pente moyenne est de $7,96^\circ$ (figure 7).

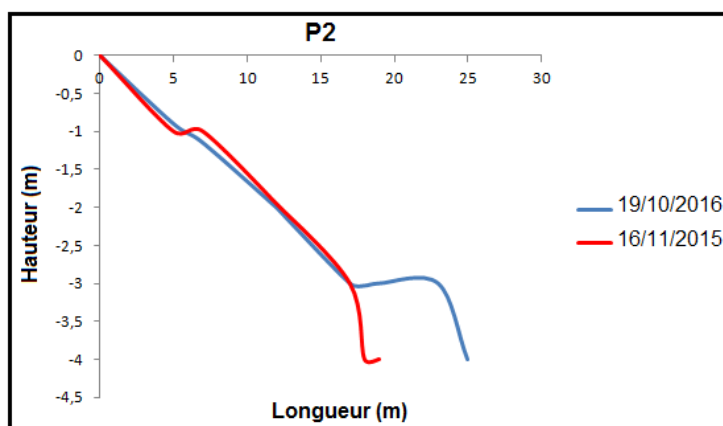


Fig. 7. Morphologie de la plage au profil 2

D'une année à l'autre, le profil a gardé la même allure au HE et ME. Il n'y a pas eu de mouvement sédimentaire apparent à ce niveau. Le bilan global est à l'équilibre sur le HE et le ME. Cependant, le BE est caractérisé par un fort engraissement sur environ 10 m. Cela se matérialise par l'apparition de la berme en 2016 (figure 7).

5.1.3 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 3

Le profil 3 a une longueur de 52 m avec une pente de $7,96^\circ$ en 2015. Il est rectiligne et présente une rupture de pente très prononcée avec une convexité entre 5 et 15 m du repère. Après 15 m, il présente une légère convexité. Le profil réalisé en 2016 est marqué par une rupture de pente au HE. Au-delà de 20 m du repère, on observe une concavité jusqu'au BE. Long de 53 m, il présente une pente de $6,84^\circ$ (figure 8).

D'une année à l'autre, on observe un engraissement de la plage aérienne sur environ 10 m marqué par une avancée de la berme. Au-delà de 20 m du repère, le profil s'est érodé. Cependant, il reste rectiligne (figure 8).

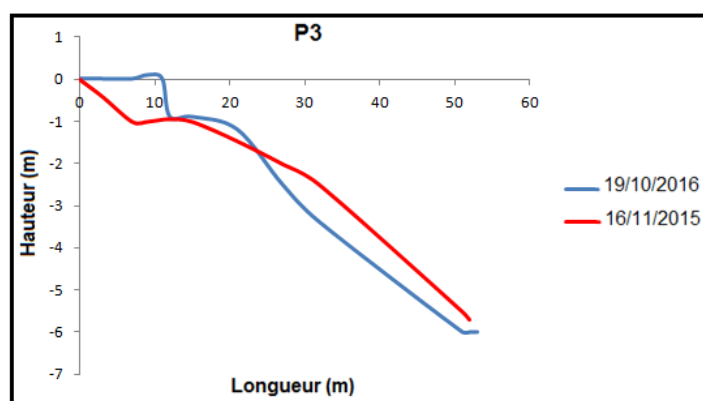


Fig. 8. Morphologie de la plage au profil 3

5.1.4 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 4

Le profil de 2015 est semblable au profil 3 de la même année. Il a une pente de $9,64^\circ$. Celui réalisé en 2016 se caractérise par deux parties : l'une plus ou moins verticale (HE et ME) et l'autre longitudinale (BE). Il a une longueur totale de 41 m et présente une pente de $4,57^\circ$ (figure 9).

De 2015 à 2016, on observe que le HE et une partie du ME sont marqués par une érosion. Celle-ci est caractérisée sur le ME par une inversion de la forme du profil. L'on observe un recul de l'estran d'environ 10 m à ce niveau (figure 9). Le bilan sédimentaire sur l'autre partie du ME est invariable. Cette partie de l'estran apparaît en équilibre sédimentaire. Au BE, on a une accumulation de sédiments. Cela marque un engraissement à ce niveau.

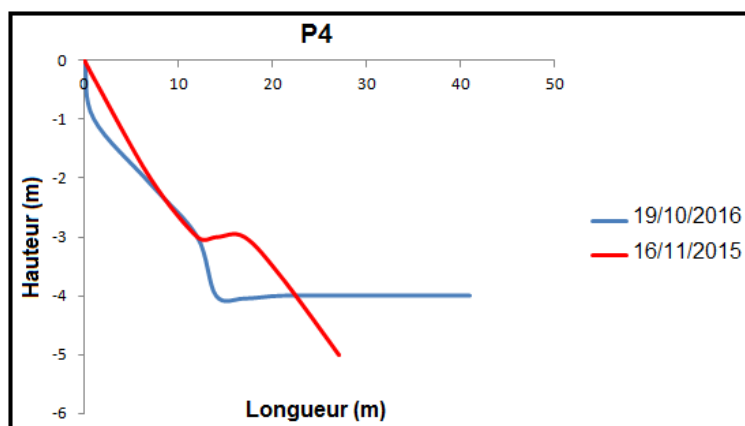


Fig. 9. Morphologie de la plage au profil 4

5.1.5 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 5

Le profil réalisé en 2015 est rectiligne. Il est long de 40 m avec une pente de $6,84^\circ$. Celui réalisé en 2016 présente une allure convexe au ME et concave vers le BE à 30 m du repère. On observe une rupture de pente en fin de profil (figure 10).

De 2015 à 2016, il y a eu engraissement au niveau de l'estran (ME). Le BE est marqué par un départ de sédiments.

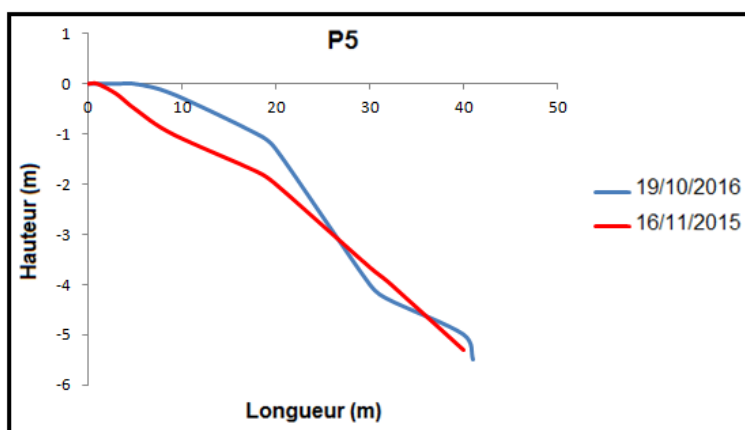


Fig. 10. Morphologie de la plage au profil 5

5.1.6 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 6

Le profil 6 de 2015 a la même allure que le profil 5 de la même année. Il présente une pente légèrement plus forte ($7,96^\circ$) avec une longueur de 32 m. Le profil de 2016 a sensiblement la même longueur que celui de 2015. Il a une allure rectiligne régulière avec une baine et une rupture de pente au BE (figure 11).

D'une année à l'autre, la plage au niveau de cette station a sensiblement gardée la même allure avec une légère érosion au ME et au BE.

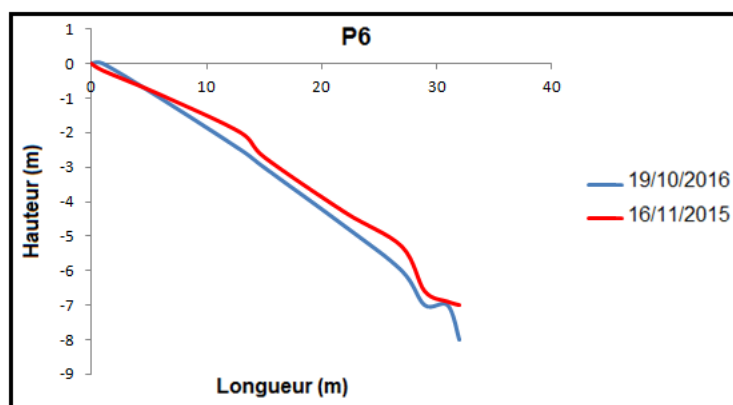


Fig. 11. Morphologie de la plage au profil 6

5.1.7 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 7

En 2015, l'estran présente une allure convexe. On observe une baine au BE autour de 20 m. La pente est d'environ $10,20^\circ$. Le profil de 2016 est rectiligne dans l'ensemble mais on observe une concavité au HE. Il mesure 31 m avec une pente de l'ordre de $8,53^\circ$ (figure 12). De 2015 à 2016, le profil a gardé la même allure au bas estran. On note un départ de sédiment d'environ 2 m sur le HE. Celle-ci se caractérise par le passage d'un profil convexe à un profil concave au HE (figure 12).

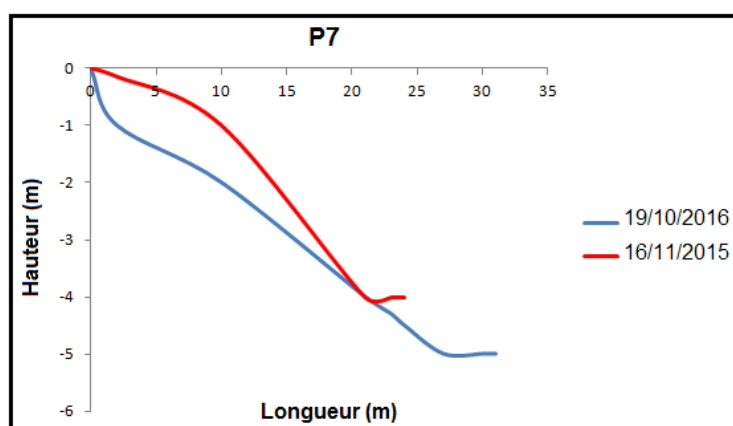


Fig. 12. Morphologie de la plage au profil 7

5.1.8 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 8

Le profil 8 de 2015 a une allure rectiligne avec une concavité à 10 m du repère et une convexité à 18 m. Il mesure 30 m avec une pente de $9,64^\circ$. En 2016, il conserve sensiblement la même longueur mais son allure devient plus concave au BE. On note aussi l'apparition d'une berme à environ 20 m du repère. Sa pente moyenne passe à $14,03^\circ$ (figure 13).

De 2015 à 2016, on enregistre une forte érosion sur l'ensemble du profil. Elle est accentuée au BE.

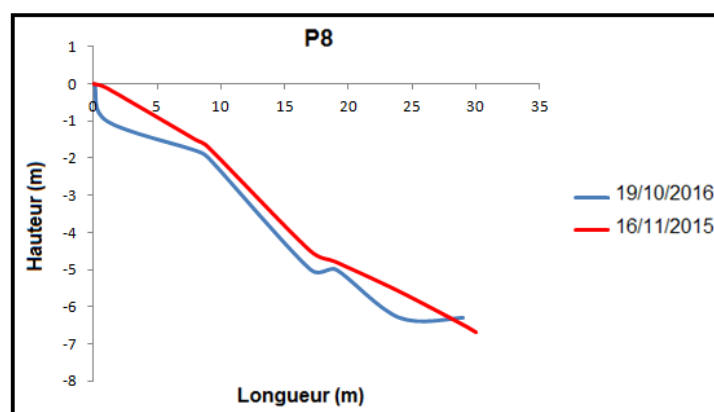


Fig. 13. Morphologie de la plage au profil 8

5.1.9 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 9

Cette station présente un profil convexe en 2015. Long de 26 m, il a une pente de $12,95^\circ$. En 2016, la forme du profil s'inverse et devient concave avec une pente moyenne plus forte ($8,53^\circ$) (figure 14). Le changement de forme du profil indique une perte de sédiments sur l'estran en passant d'une année à l'autre. Cette érosion s'observe surtout sur le HE et le ME.

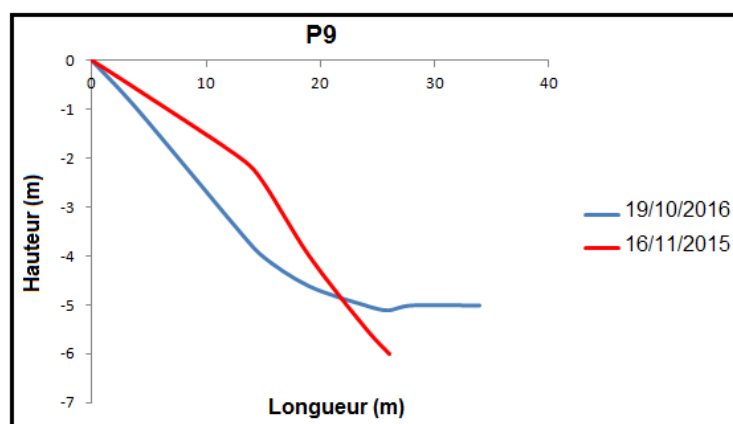


Fig. 14. Morphologie de la plage au profil 9

5.1.10 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 10

En 2015, le profil, long de 28 m, a une allure régulière avec une convexité à 20 m du repère. Sa pente est de $11,30^\circ$. En 2016, cette allure est toujours régulière mais la partie convexe est devenue concave. Sa pente est plus forte ($9,09^\circ$). Le changement de forme indique un déséquilibre au niveau de l'estran qui est marqué par une érosion. Ce déséquilibre n'est pas perceptible au HE où le profil est resté le même sur les deux années (figure 15).

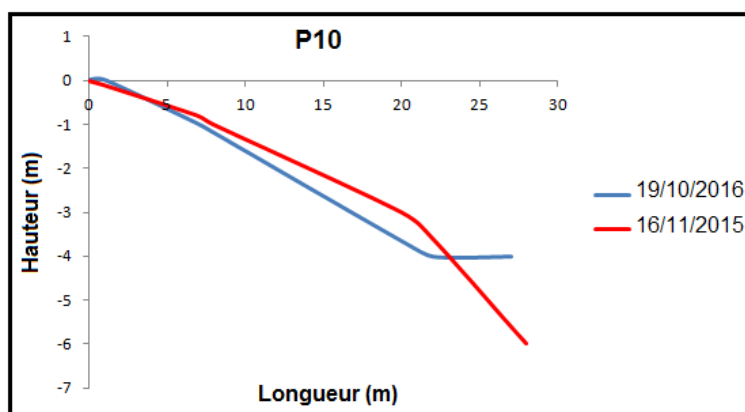


Fig. 15. Morphologie de la plage au profil 10

5.1.11 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 11

Le profil réalisé en 2015 a aussi une allure rectiligne régulière. Il a une longueur de 31 m avec une pente de $10,75^\circ$. Celui de 2016 est concave. Long de 28 m, il a une pente de $7,40^\circ$ (figure 16). De 2015 à 2016, on note une érosion au niveau de l'estran. Ce recul, marqué sur le HE et le ME, est d'environ 5 m. On note cependant une accumulation au BE au détriment du reste de la plage.

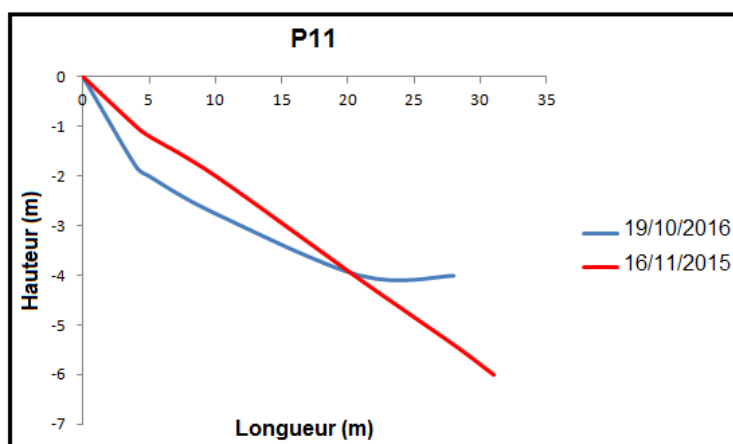


Fig. 16. Morphologie de la plage au profil 11

5.1.12 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 12

Le profil 12 de 2015 est le plus court de la série (16 m de long). Il a une allure complexe. Le dénivelé entre le sommet de la dune et le reste de l'estran est de l'ordre d'un mètre. A 10 m du repère, on a une berme. Au-delà de 10 m, il est rectiligne avec une pente d'environ $9,64^\circ$. Le profil réalisé en 2016 est concave et l'estran est marqué par une berme et une baie (figure 17).

On note que, d'une année à l'autre, la berme a reculé de 5 m. Cela indique une érosion générale sur l'ensemble du profil. Ce départ de sédiments est marqué par la disparition de la dune sur HE.

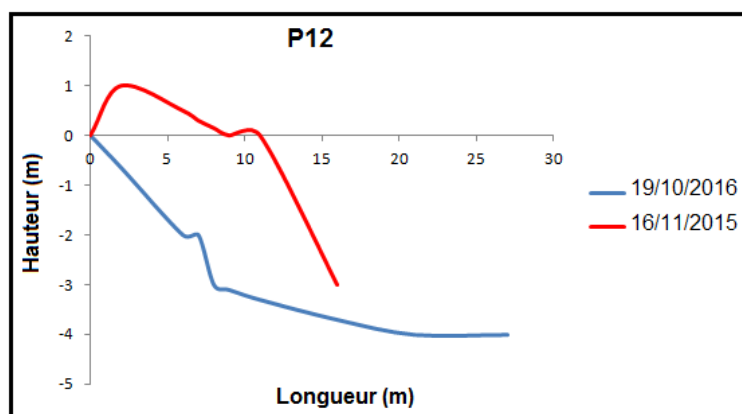


Fig. 17. Morphologie de la plage au profil 12

5.1.13 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 13

En 2015, le profil réalisé est rectiligne jusqu'au BE où il est concave. Il présente une pente assez forte ($2,86^\circ$). En 2016, il reste toujours concave avec l'apparition d'une baine à 30 m du repère. Sa pente moyenne passe à $5,71^\circ$ (figure 18). D'une année à l'autre, le profil garde la même allure. Il y a érosion au HE et au BE et un léger engraissement vers le bas du ME.

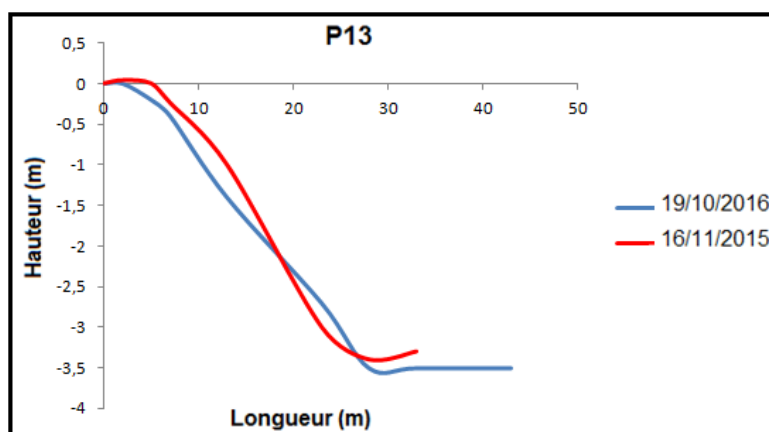


Fig. 18. Morphologie de la plage au profil 13

5.1.14 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES AU PROFIL 14

Le profil réalisé en 2015 est long de 33 m. Il est convexe avec une pente de l'ordre de $9,09^\circ$. Le profil de 2016 a une allure semblable à celui de 2015 mais présente une berme à 30 m du repère (figure 19). On déduit de l'allure des profils des deux années un faible déséquilibre au niveau de cette station. Le bilan global de l'estran sur ce site est à l'équilibre. On note cependant un fort engraissement du BE au dépend des autres parties de la plage.

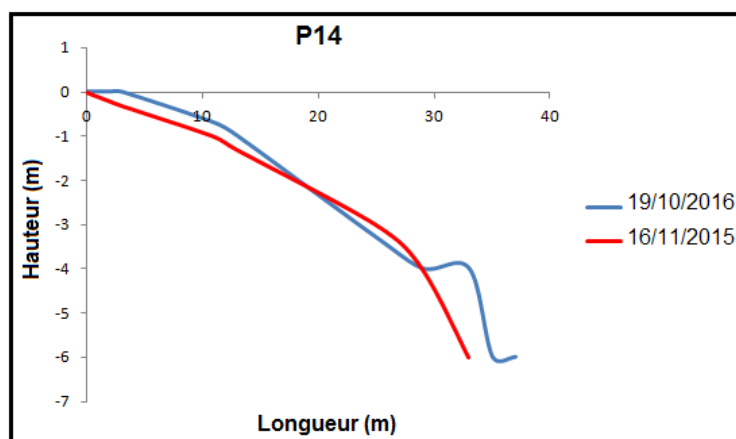


Fig. 19. Morphologie de la plage au profil 14

5.1.15 CONCLUSION PARTIELLE

D'une façon générale, l'ensemble des profils enregistrés présentent une allure rectiligne ou concave. Cela est caractéristique d'un profil de plage en déséquilibre avec départ de sable et érosion. Cette tendance à l'érosion de la plage est confirmée par les travaux de [4] qui a estimé une vitesse de recul de la côte à 0,5 m/an. En outre, les prévisions du modèle sédimentologique de [17] à Port-Bouët ont donné des valeurs moyennes annuelles du même ordre (0,5 m/an) sur 20 ans. Lorsqu'on compare les caractéristiques morphologiques des profils à celles décrites par [18], on en déduit que la plage de Vridi-Port-Bouët est comme une plage réflexive.

Les mouvements verticaux, déduits de la comparaison des profils, sont des mouvements d'érosion et d'accumulation le long du profil. Ici, les mouvements d'érosion sont dominants. Notons que les mouvements d'accumulation entraînent toujours un rehaussement du profil et une tendance à la diminution de la pente. Par contre, les mouvements d'érosion produisent un abaissement du profil et une tendance à l'augmentation de la pente.

5.2 MODELE NUMERIQUE DE LA PLAGE ENTRE LE CANAL DE VRIDI ET LE PHARE DE PORT-BOUËT

5.2.1 UNITE MORPHOLOGIQUE DE LA PLAGE DE PETIT BASSAM

Dans ce secteur, le haut de plage s'élève jusqu'à 6 m environ. Cette plage s'étend sur une largeur comprise entre 30 et 40 mètres. La rupture de pente entre le haut de plage et l'estran est bien observable avec présence de plusieurs bermes. La plage présente, dans son ensemble, une allure concave. La pente est abrupte. Celle-ci est plus douce dans la zone de surf (figure 20).

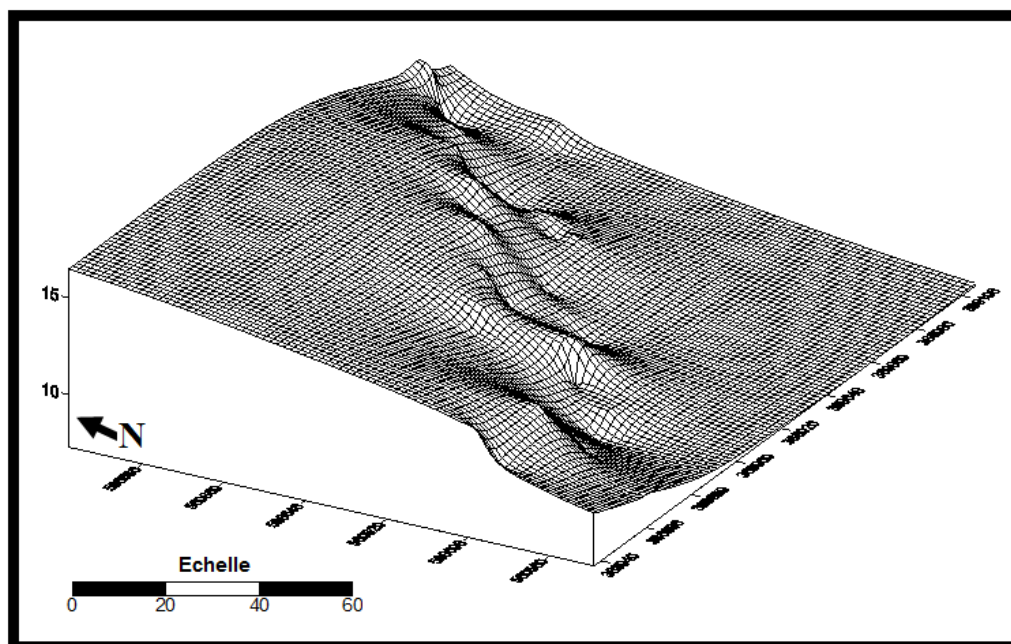


Fig. 20. Morphologie de la plage dans le secteur de Petit Bassam

5.2.2 UNITE MORPHOLOGIQUE DE LA PLAGE DE VRIDI

L'estran est marqué par une importante rupture de pente avec le haut de plage et avec présence des bermes. Le dénivelé atteint 7 m . On constate aussi que la pente de l'estran est plus forte que dans le secteur précédent. La plage est moins large. Ce secteur de plage est assez rectiligne avec une concavité peu marquée (figure 21).

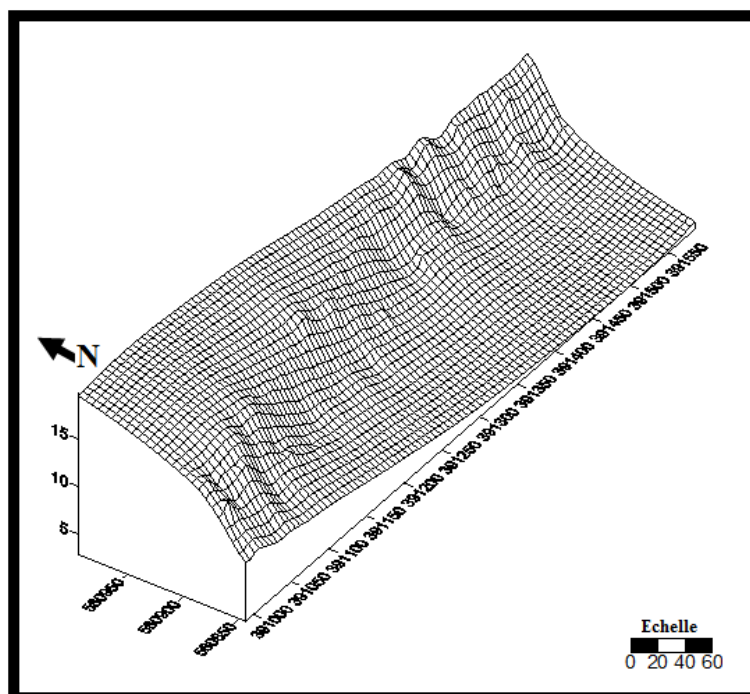


Fig. 21. Morphologie de la plage dans le secteur de Vridi

5.2.3 UNITE MORPHOLOGIQUE DE SOGEFIHA/SIPOREX AU PHARE DE PORT-BOUËT

Cette plage est assez large. On distingue aisément la haute plage, l'estran et la zone de surf. L'estran est marqué par une succession de bermes et une rupture de pente avec la haute plage. Le dénivelé est d'environ 4 à 6 m. La zone de surf et le haut de plage sont très étendus et plats sur ce secteur. Dans ce secteur, le dénivelé entre la zone de surf et la haute plage s'élève à 5-6 m. L'allure générale de ce secteur de plage est concave (figure 22).

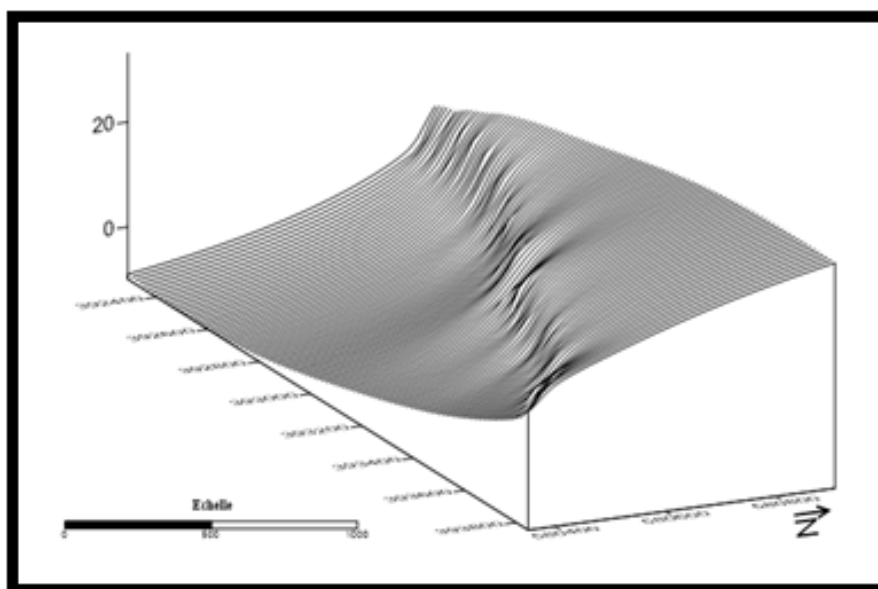


Fig. 22. Morphologie de la plage dans le secteur Sogefiha/Siporex-Phare de Port-Bouët

5.2.4 CONCLUSION PARTIELLE

On observe des entailles sur l'ensemble de l'estran. Ces structures sont dues aux jets de retour (back-wash) sur l'estran (figure 23). En effet, suite au dernier déferlement, l'eau descendant va entraîner avec elle les sédiments. Le mouvement de retour peut être accéléré par la pente au niveau de l'estran.



Fig. 23. Morphologie de la plage au niveau du Phare de Port-Bouët

La représentation en 3D de la morphologie de la plage confirme que le secteur de côte canal de Vridi - Phare de Port-Bouët est dans l'ensemble concave ou rectiligne. Cela confirme bien l'état d'une plage en déséquilibre avec érosion. En outre, selon [19], la tendance générale de cette plage est marquée par une forte érosion. Ce qui se traduit par un recul important du trait de côte.

Du canal de Vridi au phare de Port-Bouët, les différents secteurs de la plage ne présentent pas la même morphologie. On en déduit que ces secteurs évoluent différemment sous l'effet des facteurs naturels (houle, courant, tempête, ...) et anthropiques (canal de Vridi, épi, musoir, ...). En effet, pour [20], il existe des zones, d'une part, fortement érodées situées immédiatement à l'est du canal. Il s'agit de la plage du Lido, du secteur de la SIR (Société Ivoirienne de Raffinerie) et du secteur de l'aéroport. D'autre part, les zones plus ou moins stables correspondent aux secteurs de Capko et du Bidet (figure 24).

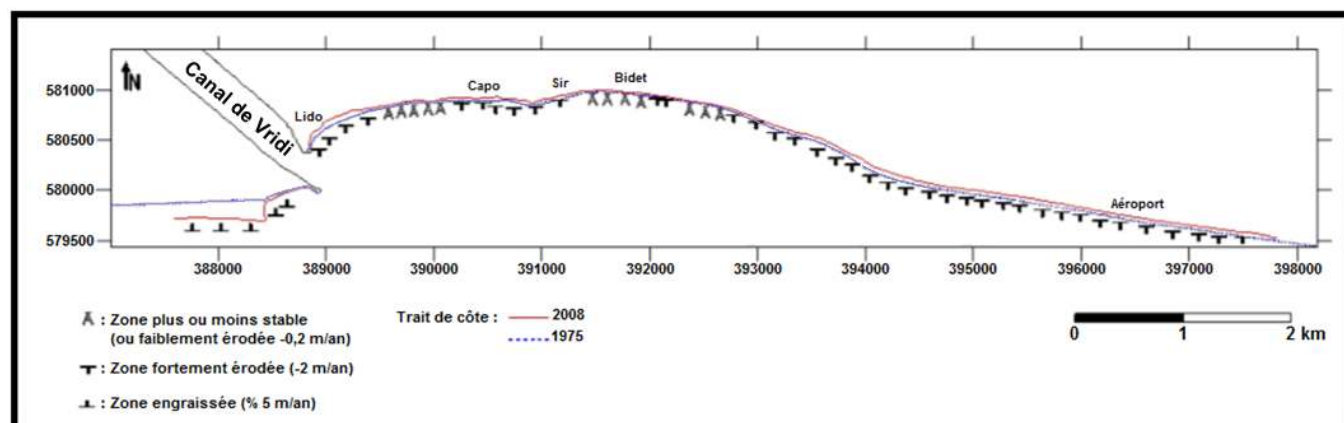


Fig. 24. Cinématique du trait de côte à Vridi-Port-Bouët [20]

6 CONCLUSION

Le suivi de la morphologie de l'unité littorale Vridi-Port-Bouët à travers les profils de plage a mis en évidence, d'une façon générale, une plage en déséquilibre. En effet, les profils réalisés présentent presque tous une allure rectiligne ou concave caractéristique d'une zone marquée par un départ de sable. On a donc une tendance à l'érosion sur la quasi-totalité de cette partie du littoral.

En outre, les plages du secteur d'étude sont des plages réflexives. La largeur de la plage et le dénivelé entre le haut de plage et l'estran varient d'une zone à l'autre. Il en est de même pour la zone de surf. On a la présence de nombreuses bermes. Le dénivelé entre le haut de plage et la zone de surf se situe entre 4 et 7 m.

Au regard de la morphologie des différents secteurs, on peut indiquer que ceux-ci évoluent différemment en fonction des facteurs naturels ou anthropiques. Les ouvrages de protection du canal contribuent pour une grande part à l'évolution de cette unité morphologique. On retient que le secteur littoral Vridi-Port-Bouët a une tendance érosionnelle très accrue.

RÉFÉRENCES

- [1] Aka K., "La sédimentation sur la marge continentale de Côte d'Ivoire. Essai de modélisation", *Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Université Abidjan*, 233 p, 1991.
- [2] Hauhouot C., "Analyse et cartographie de la dynamique du littoral et des risques naturels côtiers en Côte d'Ivoire", *Thèse doc. Unique Univ. Nantes*, 289 p, 2000.
- [3] Affian K., Digbéhi Z. B., Djagoua, E. M. V., Kouamé K. F. et Ouattara A., "Utilisation des techniques de photographie aérienne et de profil de plage pour le contrôle de l'érosion côtière sur les segments de côte à Abidjan et à Bassam (Côte d'Ivoire)", *Revue Internationale des Sciences de la Vie et de la Terre, "Bioterre"*. Vol. 3, n°1, pp 55-69, 2004.
- [4] Abé J., "Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique du littoral ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) Essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle", *Thèse de Doctorat d'Etat. Sc. Nat., Univ. Abidjan*, 345 p, 2005.
- [5] Touré M., "Applicabilité des mesures de protection du littoral aux Côtes Ivoiriennes" *Thèse de Doctorat, Université de Cocody*, 184 p, 2009.

- [6] Konan K. E., "Etude morpho-dynamique et sensibilité aux événements "exceptionnels" du cordon littoral sableux ivoirien à l'Est d'Abidjan (Abidjan-Aforenou)", *Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan*, 206 p, 2012.
- [7] Konan K. E., Bamba S. B., Abé J. et Aka K., "Impact des tempêtes récurrentes sur le modèle du périmètre littoral de Vridi-Port-Bouët (Abidjan-Côte d'Ivoire)", *European Journal of Scientific Research*, n° 28, pp 186-192, 2009.
- [8] Touré B., Kouamé K. F., Souleye W., Collet C., Affian K., Ozer A., Rudant J-P et Biémi J., "L'influence des actions anthropiques dans l'évolution historique d'un littoral sableux à forte dérive sédimentaire : la baie de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)", *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 3, pp 113-126, 2012.
- [9] Tastet J-P., caillon L. et Simon B., "La dynamique sédimentaire littorale devant Abidjan. Impact des aménagements", *Rapport Université Nationale Côte d'Ivoire, PAA*, 39 p, 1985.
- [10] Tastet J-P., "Effets de l'ouverture d'un canal d'accès portuaire sur l'évolution naturelle du littoral d'Abidjan (Afrique de l'Ouest)", *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, n° 41, pp 177-190, 1987.
- [11] MARTIN L., "Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire du plateau continental ivoirien", *Trav. Doc. n° 61, ORSTOM, Paris*, 265 p, 1977.
- [12] Anoh K. P. et Pottier P., "Géographie du littoral de Côte d'Ivoire : éléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée", *CNRS-LETG UMR 6554 et IGT : Nantes-Abidjan*, 325 p, 2008.
- [13] ONU-HABITAT, "Côte d'Ivoire, profil urbain de Port-Bouët", *Publishing Services of Scientific Research*, n° 28, pp 186-192, 2012.
- [14] Comoé R. et Ozer P., Gestion du risque d'érosion côtière en Côte d'Ivoire : Cas du déguerpissement dans la commune de Port-Bouët à Abidjan, In P. Ozer, S. Ginesu and A. Ozer (ed.), *La géographie physique et les risques de pertes et préjudices liés aux changements climatiques – Livre de résumés*, Liège, Belgique : Université de Liège n° 16, 2016.
- [15] Brenninkmeyer B., Major beach features. In Schwartz, M.L. (ed.) *The encyclopedia of beaches and coastal environments*, Encyclopedia of Earth Sciences Series, XV, Rutchinson Ross Pub. Comp., Stroudsburg, pp 528-531, 1982.
- [16] Sonu C. J., and Van Beek J. L., "Systematic beach changes on the Outer Banks, North Carolina", *J. Geol., Chicago*, n° 79 (4), pp 416-425, 1971.
- [17] SOGREAH, "Erosion du littoral à Port-Bouët ; Etude sur modèle physique ; Compte rendu d'avancement n°4 ; état de référence", *Rapport SOGREAH*, 11 p, 1988.
- [18] Wright L. D., Short A. D., and Green M. O., "Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model", *Mar. Geol., Amsterdam*, n° 62 (3/4), pp 339-364, 1985.
- [19] Adopo K. L., Akobé A. C., Amani E. M., Mondé S., et Aka K., "Situation de l'érosion côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, entre Abidjan et Assinie", *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, n° 24 (2014), pp 223-237, 2014.
- [20] Wognin A. I. V., Coulibaly A. S., Akobe A. C., Monde S. et Aka K., "Morphologie et cinématique du trait de côte de Vridi à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire)", *Journal of Environmental Hydrology*, Vol. 21, n°1, pp 1-10, 2013.

Effets non linéaires de court terme de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc : Analyse empirique à changement de régime

[Short-run non-linear effects of fiscal policy on economic activity in Morocco : Switching regime empirical analysis]

Anouar Ghazi

Département des sciences économiques, Faculté des sciences économiques juridiques et sociales Souissi,
Université Mohamed V de Rabat, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper aims to evaluate the non-linear macroeconomic effects of fiscal policy on activity in Morocco. We estimate a three-variable MS-VAR over the period from 1990 to 2015 (quarterly basis). The results reveal that the economic activity in Morocco experienced at least one regime change in 1998. Indeed, two regimes emerge: i) the first one occurs over the period 1999 to 2015 and the ii) the second one from 1990 to 1998. In both regimes, fiscal policy does not significantly affect economic activity, and so its effects can be qualified as non-expansionist. Moreover, fiscal policy is found to be pro-cyclical especially over the period from 1999 to 2015, displaying a non-Keynesian behavior. In other words, the fiscal policy in Morocco does not play its role of stabilization policy.

KEYWORDS: Fiscal policy, economic activity, regime change, non-linear effects, non-linear VAR.

RESUME: Ce travail se propose d'évaluer les effets macroéconomiques non linéaires de la politique budgétaire sur l'activité au Maroc. Sur la période allant de 1990 à 2015 (base trimestrielle) nous estimons un MS-VAR à trois variables. Les résultats dégagés indiquent que l'activité économique au Maroc a connu au moins un changement de régime vers l'année 1998. En effet, deux régimes émergent : i) le 1^{er} régime correspond à la période 1999 à 2015 et le ii) le 2^{ème} régime concerne la période allant de 1990 à 1998. Sur les deux régimes, la politique budgétaire n'affecte pas de manière significative l'activité économique, et donc ses effets peuvent être qualifiés de non expansionnistes. De plus, la politique budgétaire est trouvée pro-cyclique surtout sur la période allant de 1999 à 2015, affichant ainsi un comportement, d'un point de vue théorique, non Keynésien. En d'autres termes, la politique budgétaire au Maroc ne joue pas son rôle de politique de stabilisation conjoncturelle censée être contra-cyclique.

MOTS-CLEFS: Politique budgétaire, activité économique, changement de régime, effets non linéaires, VAR non linéaire.

1 INTRODUCTION

Les effets macroéconomiques de la politique budgétaire sur l'activité est un sujet qui a toujours l'objet d'un grand débat à la fois théorique et empirique. Sur le plan théorique, la théorie keynésienne nous enseigne que l'augmentation des dépenses budgétaires exerce un effet positif sur la demande privée et donc sur la production (effet multiplicateur). En revanche, la théorie néoclassique qui repose sur l'équivalence Ricardienne, les anticipations rationnelles, et l'effet signal, suggère que l'augmentation des dépenses encourage l'activité du secteur privé stimulant ainsi l'économie dans son ensemble (effet non keynésien ou anti-keynésien).

Ce débat théorique a conduit à l'émergence d'une littérature récente traitant les effets non linéaires de la politique budgétaire et qui suggère que les deux théories peuvent avoir raison, mais à des périodes économiques différentes. Ainsi, la

réponse de l'économie à la politique budgétaire peut changer selon que l'économie est en expansion (haut du cycle) ou en récession (bas du cycle).

Cette évolution théorique s'est appuyée sur le développement des outils économétriques et informatiques en l'occurrence la modélisation non linéaire. Ainsi, sur le plan empirique, bien qu'il existe des études qui trouvent un support pour l'une ou l'autre théorie, la littérature empirique récente fournit des preuves que les deux effets (keynésien ou anti-keynésien) peuvent coexister et que généralement la politique budgétaire est keynésienne dans les périodes de récession c'est-à-dire lorsque l'économie est en ralentissement.

Récemment, la crise financière et économique de 2008 semble justifier l'usage des instruments de la politique budgétaire contra-cyclique pour stimuler l'activité économique surtout que l'efficacité de la politique monétaire s'est affaiblie avec des taux d'intérêt nominaux de court terme égal ou proche de zéro limitant la capacité des banques centrales à stimuler l'activité économique.

Sur le plan empirique, la modélisation linéaire des séries chronologiques et la modélisation en équilibre général ne réussissent pas à capter les éventuelles asymétries, irrégularités, et effets non linéaires de la politique budgétaire sur l'économie. Par conséquent, le recours aux modèles non linéaires à l'instar des modèles VAR à changement de régime, les modèles VAR à effet de seuil, les modèles VAR à transition lisse semble judicieux pour traiter, évaluer et analyser les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique.

Dans ce cadre, ce chapitre se propose de tester les preuves théoriques et empiriques récentes des effets non linéaires de la politique budgétaire pour le cas du Maroc, et ce à l'aide d'un modèle VAR markovien à changement de régime. L'objectif est de proposer un moyen pour évaluer les effets de la politique budgétaire sur la dynamique économique dans vision non linéaire.

Nous partons de l'hypothèse de base de ce chapitre, que la politique budgétaire stimule l'activité économique en période de récession plus qu'en période d'expansion. Sur la période allant de 1990 à 2015 (base trimestrielle), nous estimons un MSVAR à trois variables (solde budgétaire structurel, l'output gap, l'inflation) pour répondre aux questions suivantes : Comment la politique budgétaire affecte-t-elle l'activité économique au cours du cycle ? L'effet de la politique budgétaire sur l'activité économique est-il symétrique tout au long de la période étudiée ? Existence-t-ils des changements de régime dans la relation politique budgétaire activité économique ?

Pour répondre à ces questions ce chapitre sera organisé comme suit: i) la première section dresse une revue de littérature empirique traitant les effets non linéaires de la politique budgétaire, ii) la deuxième section présente les variables de l'étude et les tests usuels de racine unitaire, iii) la 3^{ème} section présente la méthodologie d'estimation du modèle VAR markovien à changement de régime et les méthodes probabilistes d'estimation notamment la méthode d'espérance-maximisation de Hamilton 1989 et la méthode MCMC (chaîne de Markov à la monte Carlo). VI) la 4^{ème} section analyse les résultats des estimations en s'appuyant sur les fonctions de réactions impulsionnelles, et V) la 5^{ème} conclut.

2 REVUE DE LITTÉRATURE EMPIRIQUE

Cette section dresse une revue de littérature empirique traitant les effets non linéaires de la politique budgétaire sur l'activité économique. Dans ce cadre, l'ensemble des travaux examinés ci-dessous s'appuie sur la modélisation VAR non linéaire, en l'occurrence les VAR à changement de régime, et les VAR à effet de seuil.

Dans leurs articles F.Hoppner et al (2000), estiment un modèle VAR markovien à changement de régime sur la période allant de 1973 à 1993 pour évaluer les effets non linéaires de la politique budgétaire sur la consommation privée en Allemagne. L'article fournit une identification des non-linéarités possibles de la politique budgétaire dans un cadre statistique à-théorique, celui du modèle MSVAR qui est devenu selon les auteurs un outil populaire dans les travaux de recherche portant sur les cycles économiques (business-cycle research), car il permet d'analyser les changements entre les régimes surtout ceux qui présentent une sorte de persistance. Ils concluent qu'il existe deux régimes différents ; l'un peut être interprété de keynésien et l'autre correspond aux prédictions néoclassiques. Le second régime a émergé pendant les périodes 1972-74, 1979-82, 1992-93 et révèle des effets non Keynésien de la politique budgétaire sur la consommation privée en Allemagne. Toutefois l'auteur souligne que ces dates ne correspondent pas aux périodes de « contraction budgétaire expansionniste » que la littérature a soulevé pour l'économie Allemande.

Dans le cadre des effets non linéaires de la politique budgétaire, S. Herbert (2014) estime un vectoriel-autorégressif à transition lisse (STVAR) à trois variables. L'objectif étant d'évaluer les multiplicateurs budgétaires variant dans le temps (time-variant fiscal multipliers) pour l'économie de la France, l'Allemagne, l'Italie et les États-Unis. Les résultats suggèrent que pour l'économie de la France, les États-Unis, et l'Allemagne, le multiplicateur de dépense est significativement plus élevé dans les périodes de récession.

En d'autres termes, l'auteur soutient la preuve empirique et théorique selon laquelle les multiplicateurs budgétaires sont plus importants en récession qu'en période de récession, et souligne que les estimations issues de la modélisation VAR-linéaire masque les différences substantielles qui peuvent exister entre les régimes économiques. Cette asymétrie est plus persistante lorsqu'il introduit la politique monétaire.

Paweł Baranowski et al (2015), en se basant sur un modèle vectoriel à changement de régime déterministe analysent l'efficacité de la politique budgétaire à relancer l'activité économique, pour quatre pays de l'Europe occidentale et orientale à savoir : la République tchèque, la Hongrie, la Pologne et la Slovaquie. Leurs résultats suggèrent que les multiplicateurs budgétaires pour ces pays diffèrent selon la phase du cycle économique, et que les multiplicateurs de dépenses est significativement plus élevés lorsque l'écart de production est négatif (période de récession) pour les quatre économies étudiées. En revanche, les multiplicateurs de taxe, ont une valeur absolue plus élevée pendant les expansions.

Selon les auteurs, ceci fournit une justification supplémentaire en faveur de la politique budgétaire anticyclique qui augmente les dépenses budgétaires pendant les récessions et les diminuent pendant les expansions d'une part, et montre que les plans d'austérité en période de ralentissement économique peuvent entraîner une baisse durable du PIB d'autre part. En outre, P. Baranowski et al (2015) soulignent que leurs résultats sont généralement cohérents avec les analyses réalisées à l'aide des modèles DSGE (dynamic stochastic general equilibrium) et que le multiplicateur de dépense obtenu est plus élevé en comparaison avec ceux des États-Unis et l'Europe occidentale.

La littérature récente montre que les multiplicateurs budgétaires dans les économies développées sont plus élevés pendant la récession que l'expansion. Jusqu'à présent, des analyses empiriques similaires ont manqué pour les pays d'Europe centrale et orientale.

Anja Baum et al (2011) à l'aide d'un VAR à effet de seuil (TVAR) de trois variables évalue les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique pour l'économie allemande sur la période 1976 à 2009. L'article se fixe comme objectif de répondre à question suivante : est-ce que l'état du cycle économique a une incidence sur les effets d'un choc de politique budgétaire sur le PIB. En d'autres termes, l'article fournit une évaluation des effets de la politique budgétaire selon que l'économie est en période de récession ou en période d'expansion. Et fournit aussi une vérification de l'asymétrie de la politique budgétaire sur la période étudiée. Les auteurs concluent, que dans le cadre du VAR linéaire le multiplicateur de dépense à court terme est d'environ 0,70, tandis que le multiplicateur de taxe s'élève à -0,66. De plus, dans le cadre du VAR à effet de seuil (TVAR) les multiplicateurs de dépense sont beaucoup plus importants en période de récession (écart de production négatif), et un effet très limité en période d'expansion (écart production positif).

Par conséquent, les auteurs suggèrent que la politique budgétaire visant à renforcer la collecte de recette ne doit être menée que dans les périodes d'expansion (output gap positif), tandis que, les mesures de dépenses discrétionnaires destinées à stimuler l'économie ont un impact plus important en période de ralentissement économique (écart de production négatif).

A. Chibi et al (2014), en utilisant un modèle de Markov Switching Vector Autoregressive (MSVAR), évaluent les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique en Algérie sur la période allant de 1970 à 2011. L'article fournit des preuves sur l'asymétrie des effets de la politique fiscale en fonction de l'état du cycle économique (régime de ralentissement et boom). Leurs résultats montrent que dans les deux régimes, les multiplicateurs de dépense et des taxes sont faibles à court terme. En outre, un choc de politique budgétaire a un impact plus important en période de crise économique qu'en période d'expansion, confirmant ainsi l'hypothèse de l'existence d'effets asymétriques de la politique budgétaire.

Cependant, l'impact de la dépense publique est plus fort que l'impact de la recette publique en période de récession, par conséquent, dans le court terme, une politique de déficit semble plus efficace en matière de stabilisation de l'économie plutôt qu'une politique de réduction des impôts.

Selon ces auteurs, les décideurs de la politique budgétaire interagissent avec une vision anti-keynésienne (pro-cyclique), du fait qu'ils augmentent les dépenses et les recettes dans les périodes d'expansion et inversement dans les périodes de ralentissement économique. Ceci explique selon les auteurs, la faiblesse de l'efficacité des actions de la politique budgétaire dans les pays émergents et en développement.

Partant de la question suivante : comment les effets de la politique budgétaire en Espagne ont-ils varié dans le temps ? Alejandro Ricci-Risquete et al estiment un modèle vectoriel autorégressif à changement de régime sur la base des données trimestrielles sur la période allant de 1986 à 2012. Leurs résultats indiquent l'existence de deux régimes ; dans le premier régime, l'augmentation du déficit ne réussit pas à stimuler l'activité économique, dans le deuxième régime une augmentation du déficit budgétaire primaire affecte négativement l'activité économique (effet non Keynésien). Ce dernier régime prévaut depuis la ratification du traité de Maastricht par l'Espagne en novembre en 1993. Pour les auteurs, les mesures visant à accroître le déficit budgétaire pour sortir des ralentissements économiques ou d'une crise comme celles des années 2000,

2005 et 2009, n'ont pas atteint leurs objectifs socio-économiques. Par conséquent, pour stimuler l'activité économique, l'action budgétaire doit porter sur l'augmentation des recettes, la réduction des dépenses et l'augmentation de la stabilité budgétaire.

3 DONNEES DE L'ETUDE

Cette section sera consacrée, à définir les variables utilisées dans l'estimation du modèle MS-VAR, à analyser leurs évolutions sur de la période étudiée, et à tester leur stationnarité à l'aide des tests usuels de racine unitaire.

3.1 DEFINITION DES VARIABLES

En s'inspirant des travaux examinés dans la revue de littérature ci-dessous qui s'appuient sur le modèle MS-VAR pour évaluer les effets non linéaires de la politique budgétaire sur l'activité économique, nous spécifions un modèle à trois variables ; i) l'écart de production ou l'output gap comme indicateur de l'activité économique, ii) Le solde budgétaire structurel comme variable de la politique budgétaire, et iii) l'inflation comme variable de la politique monétaire. Ces variables, sont collectées des bases de données, de Bank Al Maghreb, du Haut commissariat au plan (HCP) et du ministère de l'économie et des finances (MEF).

La spécification d'un MSVAR à trois variables au lieu de cinq, est motivée par des raisons de parcimonie. En effet, le nombre de coefficients à estimer pour un MS-VAR à cinq variables est très important ce qui est susceptible d'affecter la fiabilité des estimations surtout avec un nombre limité d'observations.

3.1.1 L'ÉCART DE PRODUCTION

L'écart de production (output gap en anglais) est une grandeur économique mesurée par la différence entre la production effective et la production potentielle, celle-ci correspond au niveau maximal que la production peut atteindre lorsque l'économie fonctionne avec toutes ses capacités (absence de chômage). Lorsque, l'écart de production est négatif l'économie fonctionne au-dessous de son potentiel (Ralentissement économique). Lorsqu'il est positif l'économie fonctionne au-dessus de son potentiel (Expansion économique). Plusieurs méthodes sont utilisées pour estimer cette variable : i) les méthodes structurelles qui se réfèrent à la théorie économique, et ii) les méthodes statistiques d'extraction de la tendance et du cycle (notamment le filtre HP). Les premières méthodes fournissent une estimation de la croissance potentielle, alors que les secondes évaluent la croissance tendancielle.

Dans ce travail, le calcul de l'écart de production de la période 1990 à 2016 est effectué à l'aide du filtre Hodrick-Prescott (HP). Le Filtre HP consiste à minimiser le programme mathématique suivant : $\text{Min } \sum [(y_t - y_t^p)^2 + \lambda((y_t^p - y_{t-1}^p) - (y_{t-1}^p - y_{t-2}^p))^2]$. Avec λ paramètre de lissage. Pour les données trimestrielles $\lambda = 1600$ permet une meilleure estimation de la tendance.

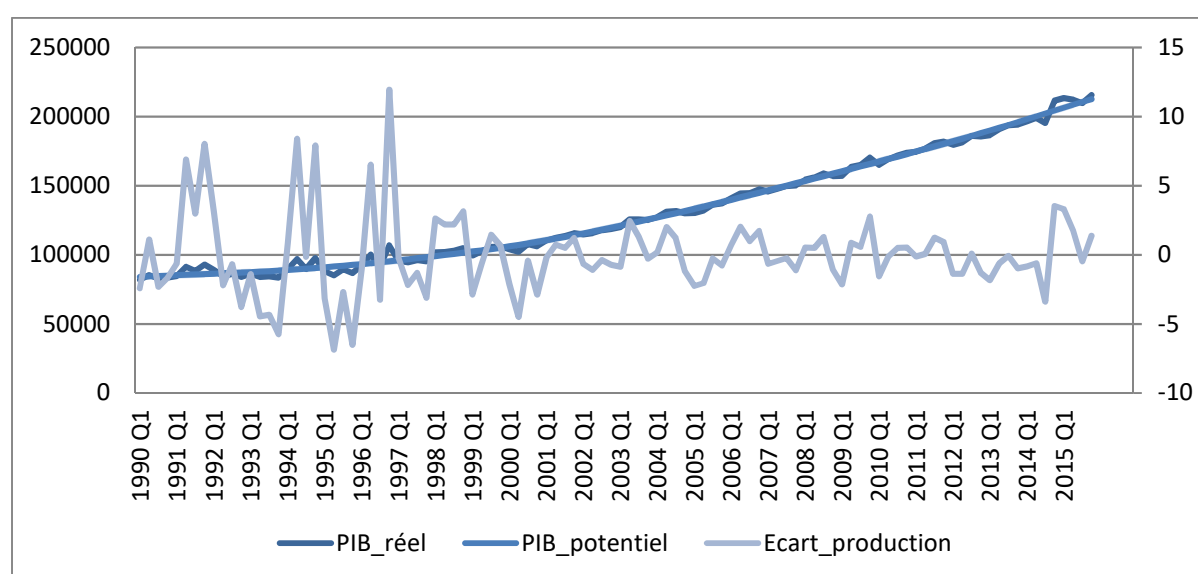


Fig. 1. Ecart de production (filtre HP)

3.1.2 LE SOLDE BUDGÉTAIRE STRUCTUREL

Le solde budgétaire structurel est indicateur d'orientation de la politique budgétaire. Il est suivi par un la plupart des institutions économiques et financières (FMI, OCDE, commission européenne) afin de suivre la situation financière publique des leurs Etats membres. L'analyse de l'évolution du solde budgétaire seulement peut conduire à une lecture erronée de la politique budgétaire.

Le solde budgétaire structurel résulte d'une part de la décision discrétionnaire du gouvernement et d'autre part, de la conjoncture économique. Ainsi, en cas de ralentissement économique les recettes fiscales sont faibles et par conséquent le solde se dégrade ; en revanche, en période de reprise de l'économie le solde s'améliore automatiquement. Par conséquent, pour assurer un bon suivi de la finance publique de l'Etat, il est nécessaire de ne pas se baser seulement sur le déficit effectif mais de le corriger pour estimer le déficit structurel corrigé selon la position du cycle. En d'autres termes, il s'agit d'isoler la partie conjoncturelle et de ne garder que la partie résultant de la décision discrétionnaire des autorités financières publique.

Le solde budgétaire structurel peut être calculé par un ensemble de techniques que prévoit la littérature. La majorité de ces techniques nécessitent un scénario de référence économique (une trajectoire potentielle) [7] entre autres, la méthode en deux étapes. La première étape consiste à estimer l'écart de production, la seconde à supprimer l'influence du cycle dans les variations du déficit budgétaire observé.

Dans ce travail, après avoir désaisonnalisé les recettes ordinaires et les dépenses globales, on calcule le déficit primaire qui est donné par la différence entre les recettes ordinaires et les dépenses globales. Nous avons opté pour le déficit au lieu du solde pour faciliter l'interprétation. Une relation négative entre le déficit budgétaire et l'écart de production signifie qu'on est dans une optique non Keynésienne. Une relation positive s'inscrit dans l'optique Keynésienne. Une relation nulle ou statistiquement non significative signifie une relation non Keynésienne.

- Elasticité de recette : La régression de l'équation ci-dessous à l'aide de la MCO donne une élasticité $\alpha = 1.13$. Il est à signaler que A. Tlidi (2013) trouve une élasticité recette de 1.33.

$$\log(\text{Recette}) = \alpha \cdot \log(\text{PIB}) + \varepsilon \text{ avec } \hat{\alpha} = \frac{\Delta \log(\text{RECETTE})}{\Delta \log(\text{PIB})}$$

- Elasticité de la dépense : pour l'élasticité de la dépense par rapport au PIB, nous supposons qu'elle est égale à zéro, car il est difficile d'estimer la réaction de la dépense à l'activité économique ($\beta = 0$).
- Solde budgétaire structurel : est égal à la différence entre les recettes structurelles et les dépenses structurelles

$$\text{SBS} = (\text{Rec} - \alpha \cdot \text{Rec. Ecart}) - (\text{Dep} - \beta \cdot \text{Dep. Ecart})$$

Avec :

- Rec : Recettes ordinaires
- Dep : Dépenses globales
- Ecart : Ecart de production (première variable du modèle)
- α et β : Elasticités budgétaires

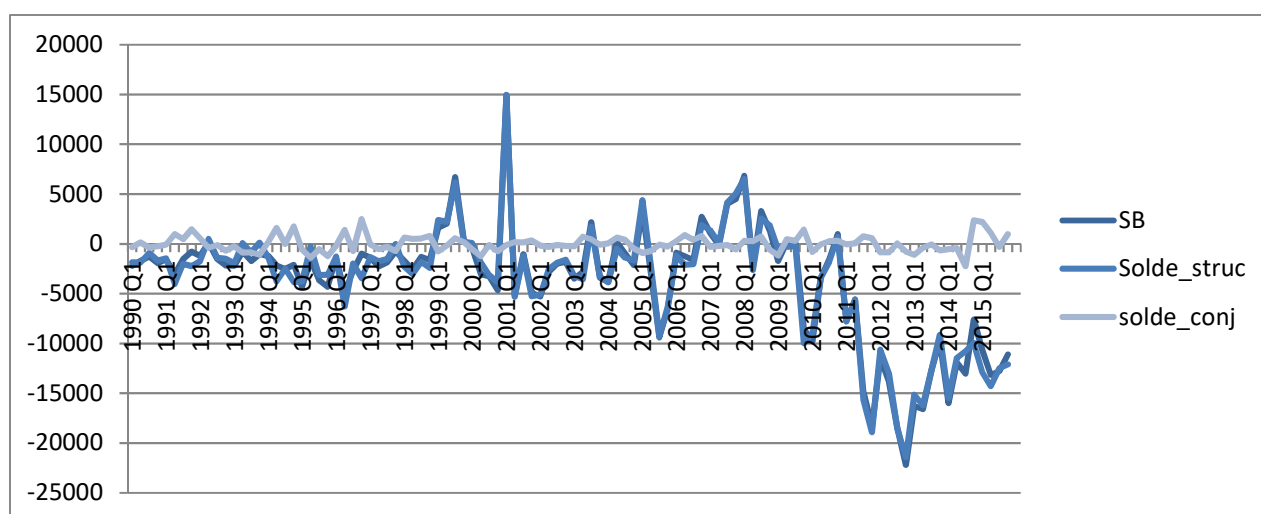


Fig. 2. solde budgétaire, solde budgétaire structurel, solde budgétaire conjoncturel

Le solde budgétaire structurel au Maroc sur la période allant de 1990 à 2015 a affiché une évolution remarquable. En effet les solde budgétaire est souvent négatif sauf pour quelques années en l'occurrence les années 1999, 2001 (T1), 2006 (T4), 2007, et 2008.

En effet, sur la période allant de 1990 à 1998 le solde budgétaire a enregistré une évolution négative moyenne moins prononcée que dans la période allant de 1998 à 2015. Cela s'explique surtout par l'augmentation des dépenses globales par rapport aux recettes surtout depuis l'année 2011. Le solde structurel s'est aggravé depuis pour atteindre des niveaux historiques.

3.1.3 LE TAUX INFLATION

Le taux d'inflation est introduit pour tenir compte de la critique de Lucas et pour introduire une variable de la politique monétaire. Le taux d'inflation est calculé à partir de l'IPC.

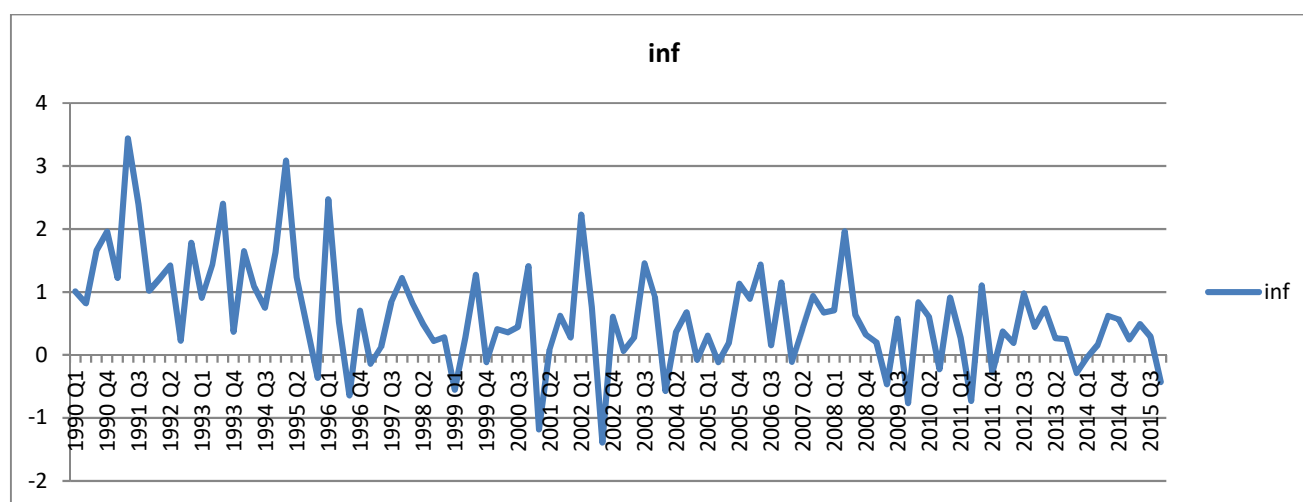


Fig. 3. Le taux d'inflation

3.2 TESTS USUELS DE RACINE UNITAIRE

Une étape préalable à toutes les estimations en série chronologique est l'étude de la stationnarité des séries statistiques. Ainsi, avant de procéder à l'estimation du modèle MSVAR (le modèle VAR à changement markovien), il est nécessaire de tester l'existence des racines unitaires via les tests usuels de racine unitaire en l'occurrence le test ADF, KPSS et PP nous testons l'existence des racines unitaires.

En fait, une série statistique peut être générée par un processus stationnaire ou par un processus non stationnaire. Pour ce dernier cas, une transformation de la série doit être effectuée avant l'estimation. Dans ce cadre, la littérature prévoit deux classes de processus non stationnaire : le processus TS et le processus DS.

3.2.1 LE TEST ADF (AUGMENTED DUCKY FULLER)

Ce test est basé sur l'estimation par la méthode des moindres carrées ordinaires de trois modèles autorégressif d'ordre 1 ; i) le modèle sans constante, ii) le modèle avec constante, iii) le modèle avec constante et tendance.

Le test DF et ADF consiste à tester l'hypothèse nulle (H_0) d'absence d'existence de racine unitaire (stationnarité) contre l'hypothèse alternative d'existence de racine unitaire (non stationnarité). Le test ADF appliqué sur les variables de l'étude fait ressortir que les séries sont stationnaire en niveau.

Tableau 1. Résultats du test ADF

	Le modèle 1 (avec constante)	Le modèle 2 (avec constante et tendance)	Le modèle 3 (sans constante sans tendance)
L'output gap	I(0) en niveau ***	I(0) en niveau ***	I(0) en niveau ***
Le solde budgétaire structurel (SBS)	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***
L'inflation	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***

*** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%

3.2.2 LE TEST KPSS

Le teste KPSS (Kwiatkowski, Philips, Schmidt et Shin) 1992 consiste à tester l'hypothèse H_0 de stationnarité contre l'hypothèse alternative d'existence d'une racine unitaire. Il se base sur la statistique du multiplicateur de Lagrange.

Ce test appliqué sur les variables de notre modèle, donne les résultats résumés dans le tableau ci-dessous. Quand la série est I(0), elle est stationnaire en niveau, toutefois quand elle est I(1) c'est-à-dire que la série est stationnaire en différence première.

Tableau 2. Résultats du test KPSS

	Avec constante	Avec constante et tendance
L'output gap	I(0) en niveau ***	I(0) en niveau ***
Le solde budgétaire structurel (SBS)	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***
L'inflation	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***

*** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%

3.2.3 LE TEST PP

Le test de Philips et Perron (1988) consiste aussi à tester l'hypothèse H_0 de stationnarité contre l'hypothèse alternative H_1 présence de racine unitaire. Ce test indique que les trois variables sont stationnaires en niveau.

Tableau 3. Résultats du test PP

	Le modèle 1 (avec constante)	Le modèle 2 (avec constante et tendance)	Le modèle 3 (sans constante sans tendance)
L'output gap	I(0) en niveau ***	I(0) en niveau ***	I(0) en niveau ***
Le solde budgétaire structurel (SBS)	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***
L'inflation	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***	I(0)/ en niveau ***

*** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%

Il est à signaler que les tests usuels de racine unitaire mentionnés ci-dessus en l'occurrence le test ADF, KPSS, et PP sont critiquable par la littérature empirique. En effet, ces tests ne sont valables que dans cadre linéaire, toutefois, les variables économiques et financières peuvent afficher un comportement non régulier.

Les variables économiques peuvent connaître des changements structurels (suite à une crise ou un progrès technologique), d'où la nécessité de mener une analyse empirique non linéaire qui peut capter les changements structurels.

4 METHODOLOGIE D'ESTIMATION : VAR MARKOVIE A CHANGEMENT DE REGIME

Le modèle MSVAR introduit par Hamilton en 1989 constitue un outil économétrique important pour capter les non linéarités ou les asymétries dans les processus économiques. Ces modèles ont été proposé comme une alternative aux modèles linéaires à paramètres constants prévus par la modélisation de Box et Jenkins (1970) [10].

En effet, les MSVAR sont utilisés dans la littérature pour rendre compte et capter les ruptures structurelles qui peuvent impacter fortement l'évolution des variables économiques dans le temps à l'instar d'une action de la politique économique ou guerre ou une crise etc.

4.1 PRÉSENTATION DU MSVAR

L'idée sous-jacente du MSVAR que le processus générant une série chronologique Y_t dépend d'une variable régime inobservable $S_t \in (1, \dots, M)$ qui représente la probabilité d'être dans un régime particulier. Le modèle MSVAR spécifié dans ce chapitre peut être décrit par l'équation (1) suivante.

$$Y_t = \begin{cases} v_1 + \beta_{11}Y_{t-1} + \dots + \beta_{p1}Y_{t-p} + A_1u_t & \text{si } S_t = 1 \\ v_2 + \beta_{12}Y_{t-1} + \dots + \beta_{p2}Y_{t-p} + A_2u_t & \text{si } S_t = 2 \end{cases}$$

Selon ce modèle, Y_t le vecteur des variables endogènes est expliqué par la constante v_i ($i=1,2$), les termes autoregressifs β avec p retard, et les résidus A_iu_t avec $u_t \sim N(0, I)$. Ces paramètres peuvent changer entre le régime 1 ($S_t = 1$) et le régime 2 ($S_t = 2$).

La matrice variance-covariance des résidus A_iu_t dépend du régime ($i=1,2$) et suit la forme suivante :

$$\Sigma_i = E(A_iu_tu_t'A_i') = A_i E(u_tu_t')A_i' = A_iI_kA_i' = A_iA_i'$$

Une généralisation de l'équation (1) est possible pour m régime, toutefois pour le présent article, on considère seulement deux régimes (récession et expansion).

Dans l'équation (1), le régime S_t est supposé suivre une chaîne de Markov à deux états inobservables. S_t est spécifié par les probabilités de transition $p_{ij} = (i, j = 1, 2)$. La probabilité d'être dans un régime j dans la période future est conditionnelle au régime courant i et supposée exogène et constante.

$$p_{ij} = P(S_{t+1} = j / S_t = i)$$

Les probabilités de transition sont définies par la matrice de transition P .

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \text{ Avec } p_{11} + p_{12} = p_{21} + p_{22} = 1$$

4.2 ESTIMATION DU MSVAR

Pour estimer le MSVAR, la littérature empirique prévoit plusieurs méthodes en l'occurrence i) le maximum vraisemblance (ML), ii) l'espérance-maximisation (EM), iii) la chaîne de Markov à la Monte Carlo (MCMC). Dans le présent article, nous nous concentrons sur la méthode proposée par Hamilton (1990) à savoir l'espérance-maximisation ou l'algorithme Espérance-maximisation. Cette méthode est effectuée en deux étapes.

La première étape celle de l'espérance consiste à inférer de manière optimale la chaîne de Markov cachée $\xi = P(S_t = i)$ pour $i=1,2$ en choisissant des paramètres de départ. ξ est un vecteur de dimension 2 estimée comme suit :

$$\hat{\xi}_{t/t} = P(S_t = i / Y_t) = \frac{\hat{\xi}_{t/t-1} \odot \eta_t}{1^T(\hat{\xi}_{t/t-1} \odot \eta_t)}$$

$$\hat{\xi}_{t/t+1} = P(S_{t+1} = i / Y_t) = P^T \hat{\xi}_{t/t}$$

Avec η_t est le vecteur des densités conditionnelles des deux régimes.

La deuxième étape celle de la maximisation consiste à re-estimer les paramètres du MSVAR pour la ξ trouvée à l'étape 1. L'estimation de la vraisemblance du MSVAR est équivalente à la méthode des moindres carrés ordinaires pondérées par ξ_t estimée [9].

4.3 IDENTIFICATION DU MSVAR

Pour déterminer la relation entre les distributions fondamentales (erreur) et les variables de chaque régime, il faut identifier les matrices A_1 et A_2 . Pour ce faire, la littérature empirique prévoit d'imposer des restrictions d'ordre théorique économique sur les paramètres estimés du modèle non restreint de l'équation (1).

Le choix de la méthode d'identification ou des restrictions à imposer est sujet de la littérature du VAR principalement Sims (1980), qui prévoit une variété de schémas d'identification. Dans notre travail, nous identifions notre MSVAR à l'aide de la méthode de Cholsky (discuté dans le chapitre 2). Dans le cadre de la modélisation VAR, les fonctions de réaction impulsionnelles

(FRI) présentent les effets d'un choc dans une variable du modèle sur les autres variables. Elles constituent un outil important pour mesurer les dépendances entre les variables du modèle VAR en général et le modèle MSVAR en particulier.

Pour calculer les IRF, nous avons besoin d'estimer la matrice B_i . L'algorithme EM estime seulement la matrice de variance-covariance $\Sigma_1, \dots, \Sigma_m$ mais pas les matrices $B_1, \dots, B_m$. Pour identifier ses dernières nous imposons des restrictions sur les modèles non restreint (pour notre cas, on opte pour la méthode de triangularisation de cholsky).

Dans le modèle MSVAR, la réaction d'une variable endogène Y_t de l'équation (1) à un choc d'un écart-type par rapport à la $K^{\text{ème}}$ perturbation au temps t pour un horizon h , se présente comme suit :

$$\left(\frac{\partial E_t Y_{t+h}}{\partial u_{k,t}} \mid s_t = \dots = s_{t+h} = i \right) = \theta_{ki,h}$$

Dans son article de base pour la modélisation MSVAR Erhmann et al. (2003) démontrent que les fonctions de réaction impulsionnelles suivent:

$$\begin{aligned} \hat{\theta}_{ki,0} &= \hat{B}_i \varepsilon_0 \\ \hat{\theta}_{ki,h} &= \sum_{j=1}^{\min(h,p)} \hat{A}_{ji}^{h-j+1} \hat{B}_i \varepsilon_0 \end{aligned}$$

5 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Dans cette section, nous présentons les résultats des estimations du modèle MSVAR spécifié dans la section 3. L'analyse des probabilités lissées, des probabilités de transition, et des fonctions de réactions impulsionnelles, permet d'évaluer les effets de la politique budgétaire au Maroc dans un cadre non linéaire à changement de régime.

L'estimation du modèle MSVAR spécifié à l'équation (1) fait ressortir que généralement la modélisation non linéaire est plus adaptée pour évaluer les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique. En effet, les estimations indiquent qu'il existe deux régimes ou deux états économiques (le régime 1 et le régime 2) et confirment ainsi la présence des asymétries importantes dans le cycle économique pour l'économie marocaine.

Le régime 1 qui émerge sur la période allant de 1999-2013 semble persistant avec une probabilité $P_1 = 0.95$ et une probabilité de transition vers le 2ème régime $q_1 = 1 - P_1 = 0.05$; ceci-dit, que lorsque l'économie entre dans le régime 1, il est difficile d'en sortir une autre fois vers le régime 2.

Tableau 4. Probabilités de transition entre les régimes

	Régime 1	Régime 2
Régime 1	0.95	0.05
Régime 2	0.07	0.93

La durée de vie moyenne de 1^{er} régime est évaluée à 20 trimestres. La probabilité inconditionnelle du régime 1 s'élève à 0.54. Par conséquent, le nombre d'observation classée dans ce régime est égal à 58.

L'examen des probabilités lissées estimées en calculant l'algorithme Espérance-Maximisation (Hamilton 1989) indique que le régime 1 a émerge sur la période allant de 1999-2013. Sur cette période l'activité économique a connu un changement structurel dans son rythme comparativement au régime 2 (grand projet structurant, marge de main œuvre budgétaire plus importante, croissance de moins en moins dépendante de l'agriculture).

Compte tenu de ces évolutions le régime 2 correspond à une période de ralentissement économique comparativement au régime 1.

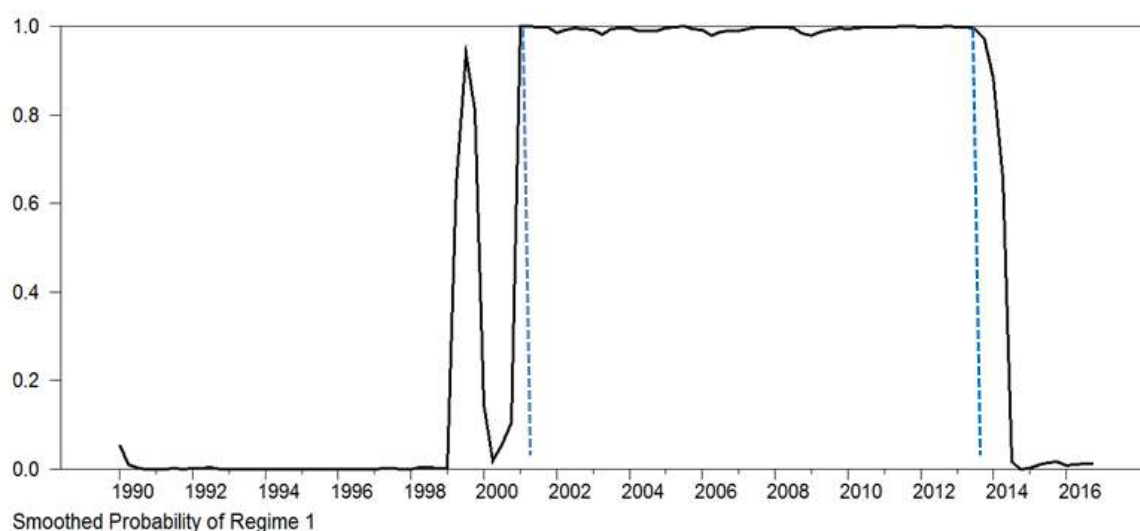


Fig. 4. Probabilité lissée pour le régime 1

Le régime 2 qui émerge sur la période allant de 1990-1998 semble persistant avec une probabilité $P_1 = 0.95$ et une probabilité de transition vers le 2ème régime $q_1 = 1 - P_1 = 0.05$; ceci-dit, que lorsque l'économie entre dans le régime 2, il est difficile d'en sortir une autre fois vers le régime 1.

La durée de vie moyenne de 2^{ème} régime est évaluée à 20 trimestres. La probabilité inconditionnelle du régime 1 s'élève à 0.54. Par conséquent, le nombre d'observation classée dans ce régime est égal à 46.

L'examen des probabilités lissées estimées en calculant l'algorithme Espérance-Maximisation indique que le régime 1 a émerge sur la période allant de 1990-1998. Ce régime a été caractérisé par une croissance économique volatile et faible en raison du ralentissement de l'investissement public et privée, des années de sécheresses fréquentes, et de la baisse de la compétitivité des exportations marocaines. Le taux de croissance moyen été autour de 1.4 %. Sur le plan budgétaire, la situation des finances publiques est restée fragile avec un déficit budgétaire avoisinant les 3.7%. Tenant compte de ces évolutions, le régime 2 peut être qualifié d'expansionniste par rapport au régime 1.

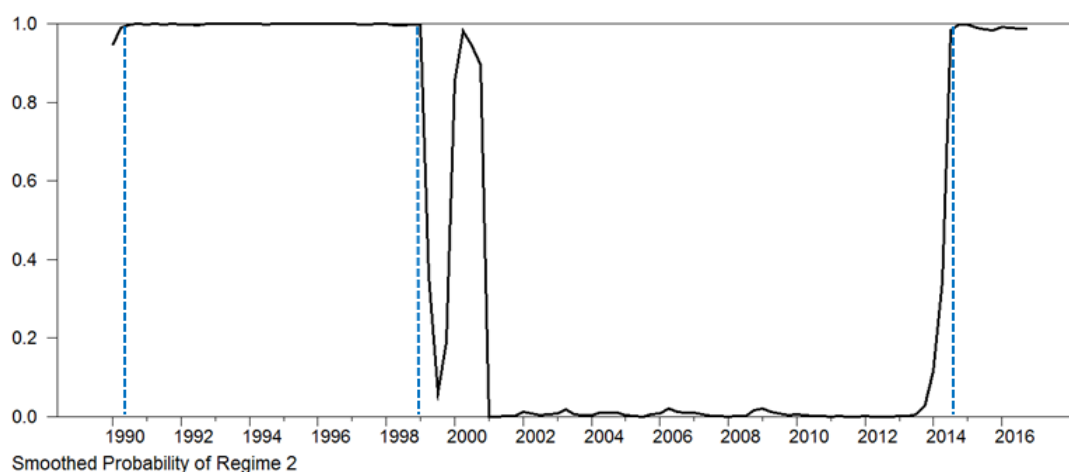


Fig. 5. Probabilité lissée pour le régime 2

Un outil important de la modélisation VAR est les fonctions de réactions impulsionnelles. Ces dernières sont obtenues à l'aide du code proposé par Ehrmann et al (2003) sous le logiciel RATS.

D'un point de vue économique, la réaction de l'output gap à un choc du solde budgétaire représente l'effet d'une politique budgétaire discrétionnaire. Trois cas de figure peuvent se présenter :

- Une réponse de signe positif implique un effet anti-keynésien (AK), c'est-à-dire que l'amélioration du solde budgétaire stimule l'activité économique.

- Inversement une réponse de signe négatif reflète un effet keynésien où l'amélioration du solde budgétaire freine l'activité économique (K).
- Un choc budgétaire n'a pas d'effet significatif sur l'output gap, cela implique un effet non keynésien (NK) pour la politique budgétaire.

Nous définissons comme «statistiquement significatives» les fonctions de réactions pour lesquelles la bande d'erreur ne comprend pas zéro [13]

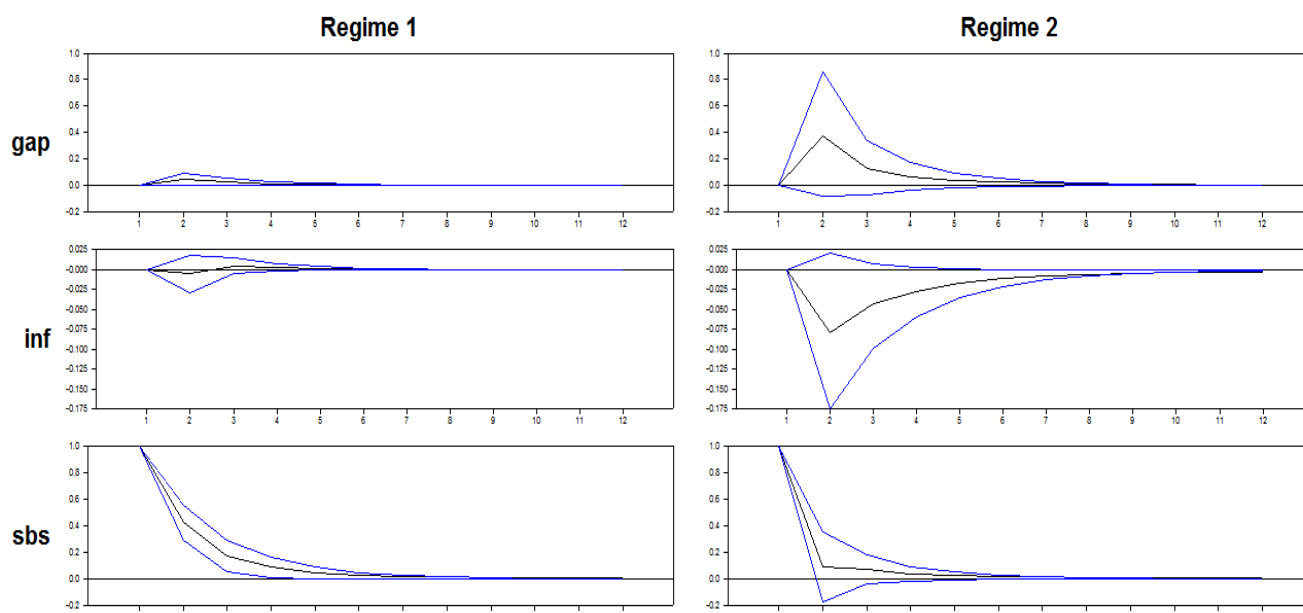


Fig. 6. Réponses à un choc de solde budgétaire structurel

L'analyse des fonctions de réactions laisse conclure que la réponse des variables d'intérêt à savoir l'output gap et l'inflation suite à un choc de 1% du solde budgétaire structurel est plus prononcé lorsque l'économie est sous le régime 1 que lorsque l'économie est sous le régime 2. Ceci dit, qu'un choc budgétaire engendre plus d'effet lorsqu'il intervient en période de déséquilibre économique comparativement à une période stable.

Selon les fonctions de réaction ci-dessus, un choc positif du solde budgétaire structurel (amélioration du solde à travers la diminution des dépenses ou l'augmentation des recettes), exerce un effet statistiquement non significatif sur l'activité économique mesurée par l'output gap et par l'inflation.

En effet, la fonction de réaction impulsionnelle de l'output gap et de l'inflation démarre par une valeur nulle (axe des abscisses), et donc effet statiquement non significative. Dans ce cadre, lorsqu'un choc budgétaire n'affecte pas l'activité économique de manière statistiquement significative, la littérature empirique qualifie la politique budgétaire dans ce cas de non keynésienne.

Tableau 5. politique budgétaire au Maroc et changement de régime

	Régime 1 (1999-2014)	Régime 2 (1990-1999)
Politique budgétaire	Non keynésienne	Non keynésienne

6 CONCLUSION

Pour évaluer les effets non linéaires de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc, un VAR markovien à changement de régime à trois variables a été spécifié pour le cas du Maroc sur la période allant de 1990 à 2015.

Pour ce faire ce chapitre été organisé autour de quatre sections : i) la première section a dressé une revue de littérature empirique traitant les effets non linéaires de la politique budgétaire, ii) la deuxième section a présenté les variables de l'étude et les tests usuels de racine unitaire, iii) la troisième section a traité les tests de non linéarité de l'ensemble des variables,

l'objectif de cette section est de fournir un test uni-varié et se prononcer sur l'utilité ou non de mener une étude non linéaire, iv) la 4ème section a été consacré à la méthodologie d'estimation du modèle VAR markovien à changement de régime et les méthodes probabilistes d'estimation notamment la méthode d'espérance-maximisation de Hamilton et la méthode MCMC (chaîne de Markov à la Monte Carlo). V) la 5ème section a analysé les résultats des estimations en s'appuyant sur les fonctions de réactions impulsionnelles.

Les résultats indiquent que l'activité économique a connu un changement structurel vers l'année 1998. En d'autres termes, sur l'ensemble de la période étudiée, il existe deux régimes :

- le 1er régime a émergé tout au long de la période 1999-2015 ; celui-ci peut être qualifié de stable économiquement comparativement au 2ème régime ;
- le 2ème régime a surgi sur la période allant de 1990 à 1998 et correspond à une période de ralentissement économique.

Les résultats concluent aussi que pour les deux régimes la politique budgétaire n'affecte pas l'activité économique de manière significative, et donc peut être qualifiée de politique budgétaire non Keynésienne.

En d'autres termes, c'est une politique non efficace au sens de Keynes à la fois dans les périodes de récession et dans les périodes de stabilité ou d'expansion. De plus, c'est une politique qui affiche un comportement régulier et symétrique tout au long de la période étudiée.

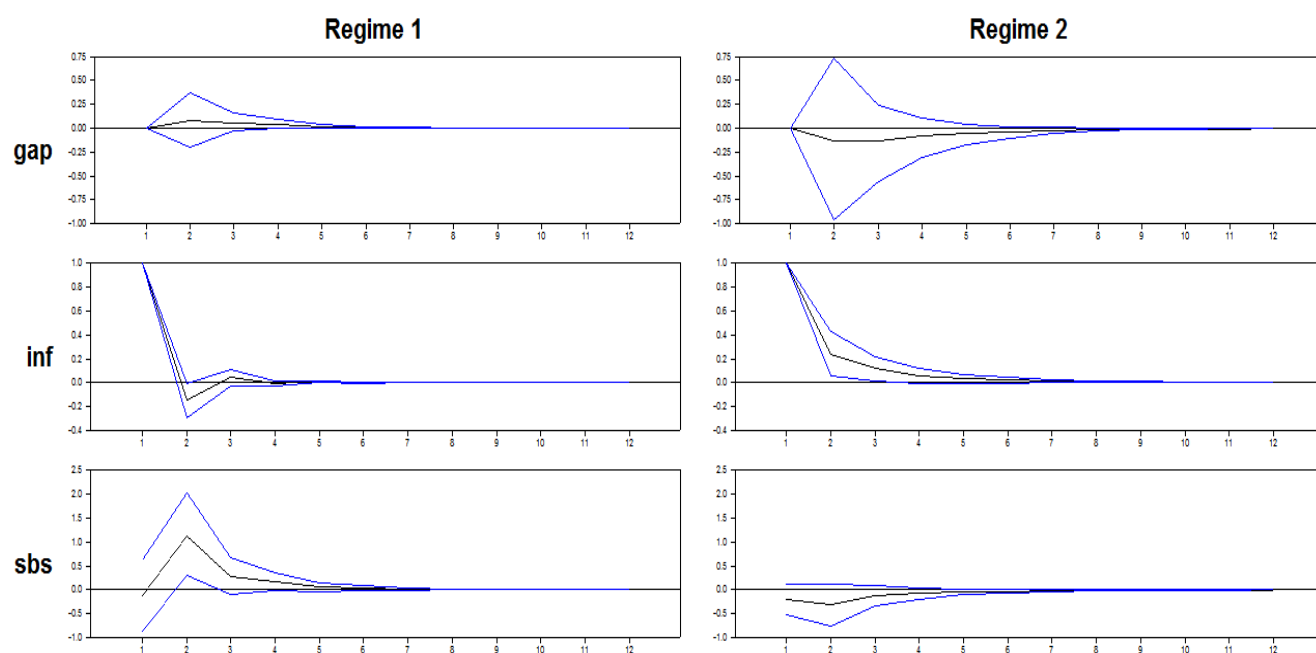
En bref, la politique budgétaire ne réussit pas ni à stimuler l'activité économique au Maroc ni atténuer les fluctuations en cas de ralentissement. Ceci s'explique en grande partie par l'effort d'ajustement et de viabilisation budgétaire qu'a entrepris le Maroc depuis la sortie du PAS.

Cependant, nos résultats ne doivent pas être interprétés comme des conseils politiques directs mais comme une évaluation du rôle de la politique budgétaire au Maroc qui doit passer d'un équilibre comptable (collecte des recettes pour couvrir les dépenses) à un équilibre économique (dépenser pour stimuler l'activité économique).

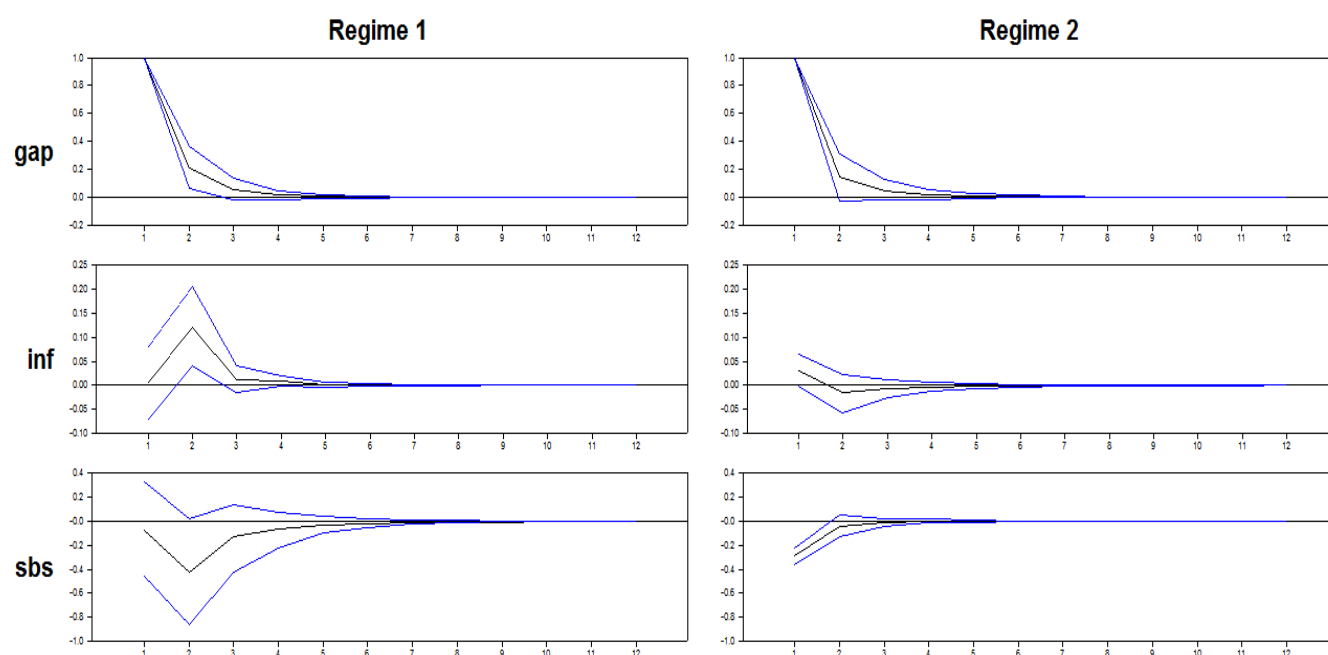
REFERENCES

- [1] J. D. Hamilton, "Analysis of time series subject to changes in regime", *Journal of Econometrics* 45, pp.39–70. 1990.
- [2] F. Höppner et K. A. Wesche, "Non-linear Effects of Fiscal Policy in Germany: A Markov Switching Approach", *Bonn Econ Discussion Papers*, No. 9/2000, 2000.
- [3] S. Herbert, "Econometric analysis of regime switches and of fiscal multipliers", *OFCE working paper*, 01-2014. 2014.
- [4] P. Baranowski, P. Krajewski, M. Mackiewicz, et A. Szymańska, "The Effectiveness of Fiscal Policy Over the Business Cycle: A CEE Perspective", *Emerging Markets Finance & Trade*, pp.1-12. 2015.
- [5] A. Baum et G. B. Koester, "The impact of fiscal policy on economic activity over the business cycle– evidence from a threshold VAR analysis", *Discussion Paper Series 1: Economic Studies No 03/2011*, 2011.
- [6] A. Chibi, M. Benbouziane et S. M. Chekouri, "The impact of fiscal policy on economic activity over the business cycle: an empirical investigation in the case of Algeria". *Economic research forum. Working paper*, pp.1-33. 2014.
- [7] A. Ricci-Risquete, J. Ramajo et F. D. Castro, "Time-varying effects of fiscal policy in Spain : a Markov-switching approach", *Applied Economics Letters*, vol 23. No 8, pp.597-600. 2016.
- [8] C. Bouthevillain et S. Garcia. "Limites des méthodes d'évaluation et pertinence du concept de déficit public structurel ». *Revue française d'économie*, volume 15, n°1, 2000. pp. 75-121. 2000
- [9] A. Tlidi, "The Calculation of Structural Budget Balance: Case of Morocco", *International Journal of Economics and Financial Issues*, Vol. 3, No. 4, 2013, pp.932-937. 2013.
- [10] H. M. Krolzig et J. Toro, J., "A New Approach to the Analysis of Shocks and the Cycle in a Model of Output and Employment", *European University Institute Working Paper ECO No. 99/30*, 1999.
- [11] M. Ehrmann, M. Ellison, et N. Valla, "Regime-dependent impulse response functions in a Markov switching vector autoregression model", *Economics Letters* 78, pp. 295–299. 2003.
- [12] C.A Sims. "Macroeconomics and reality", *Econometrica* 48, pp. 1–48. 1980.
- [13] C. Schalck, "Effects of Fiscal Policies in Four European Countries: A Non-linear Structural VAR Approach". *Economics Bulletin*, Vol. 5, No. 22, pp. 1-7. 2007

ANNEXE 1. RÉPONSES SUITE À UN CHOC D'INFLATION



ANNEXE 2. RÉPONSES SUITE À UN CHOC D'OUTPUT GAP



Analyse des déterminants de la rentabilité du coton biologique et conventionnel au Bénin

[Analyzing the determinants of profitability of organic and conventional cotton in Benin]

Tovignan D. Silvère¹, Sodjinou Epiphane¹, Laurent C. Glin³, Hinvi Jonas², Bonou-zin Dossi Clarisse Regina¹, Koussahoué Stanislas¹, and Gian Nicolay³

¹Département d'Economie et de Sociologie Rurale, Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Benin

²Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Benin

³Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Switzerland

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study analyses the profitability of organic and conventional cotton in Benin and assesses their determinant factors. The research was carried out in three districts including Glazoue, Banikoara, and Tanguieta. Those localities belong to different agro ecological areas. For the purpose of this research, we used a quantitative approach based on structured interviews. We adopted a stratified sampling in three stages (national, regional and local levels). In all, we interviewed 215 household-heads (males and females), of which 111 conventional farmers and 104 organic farmers. It stands out that cotton production (both conventional and organic) is profitable in all the three areas. Organic cotton is more profitable than conventional cotton in spite of its lower yields. In fact, organic cotton farmers make use of locally available inputs, which are cheaper than the chemical inputs employed by conventional farmers. Moreover, organic cotton farmers benefit from premium, which combined with the low costs of production compensate the yield gap. Overall, the main determinants of the profitability of cotton (conventional and organic) include: the intensity of technical support, amount of credit, quantity of family labor force, level of education, practice of fallow, and the quantity of family labor devoted to pesticide sprays.

KEYWORDS: financial performance, determinant factors, organic cotton, conventional cotton, Benin.

RESUME: L'objectif de l'article est de faire une analyse financière comparative de la production du coton biologique et du coton conventionnel ainsi que les déterminants de leur rentabilité. L'étude a été conduite dans les communes de Glazoué, Banikoara et Tanguéta appartenant à trois zones agro écologiques différentes. Dans chacune de ces communes, les données ont été collectées, dans des villages produisant les deux types de coton, sur un échantillon aléatoire stratifié de 215 producteurs (111 producteurs conventionnels et 104 biologiques). Il ressort des résultats obtenus que le coton biologique et le coton conventionnel sont rentables dans les trois zones d'étude. Le coton biologique a présenté les meilleures performances financières. D'une manière générale les principaux facteurs déterminant la rentabilité du coton sont de trois ordres : institutionnel (intensité de l'encadrement, montant du crédit), socio démographique et économique (nombre d'actifs agricoles et niveau d'instruction) et technique (pratique de la jachère et quantité de main d'œuvre familiale allouée aux traitements phytosanitaires).

MOTS-CLEFS: performance financière, coton biologique, conventionnel, Bénin.

1 INTRODUCTION

L'agriculture joue un rôle important dans l'économie des pays ouest africains en général et dans celle du Bénin en particulier. En effet, le secteur agricole emploie environ 70% de la population active et contribue pour près de 36% du PIB (Produit Intérieur Brut) du Bénin [1]. Le coton constitue la principale culture de rente qui représente 40% des entrées de devises 13% du PIB en 2011 avec une production record de 420 000 tonnes en 2004 [1]. Malgré les énormes efforts consentis par le Gouvernement et ses partenaires pour son développement, la filière coton reste confrontée à plusieurs difficultés depuis quelques années. En effet, outre les fluctuations des cours mondiaux, d'autres handicaps internes de plus en plus persistants ont engendré une chute drastique de la production ces dernières années. Il s'agit notamment de la baisse de la fertilité des sols, les aléas climatiques, les problèmes phytosanitaires, l'insuffisance d'encadrement technique des producteurs et les dysfonctionnements au sein des familles professionnelles évoluant dans la filière [1].

Pour pallier de façon durable certains de ces problèmes, notamment la dégradation de la fertilité des sols et leurs corollaires socioéconomiques, le coton biologique a été introduit au Bénin en 1996. Cette option de production met au centre la valorisation des ressources naturelles locales, les avantages écologiques et les connaissances des producteurs dans une perspective de durabilité. Il vise le développement de systèmes de production agricoles durables, la préservation de la santé des producteurs et des consommateurs et la sauvegarde de l'environnement, surtout dans le contexte actuel de changement climatique. Depuis son introduction, l'importance de la filière s'est accrue au fil des années. Ainsi, de 40 producteurs en 1996 [2], on dénombre aujourd'hui environ 1500 producteurs engagés dans le coton biologique avec une production de l'ordre de 780 tonnes de coton graine [3].

En dépit de ces performances relatives, il existe encore un déficit de connaissances sur les avantages réels de la production du coton biologique en particulier sur le plan socioéconomique. Diverses études ont abordé le sujet mais avec des résultats mitigés. Certaines études [4 ; 5] ont montré que l'agriculture biologique est plus rentable que l'agriculture conventionnelle lorsqu'un premium est payé aux produits biologiques. En Inde, il a été prouvé que le coton biologique offre en moyenne une marge brute meilleure à celle du coton conventionnel [6]. Par contre, [7] a relevé qu'il n'y a pas une tendance générale en ce qui concerne la rentabilité relative des systèmes de production alternatifs ou biologiques comparativement aux systèmes conventionnels. Dans la sous-région ouest africaine et au Bénin en particulier, la question de la rentabilité comparée des systèmes de production biologique et conventionnelle reste entièrement posée. En outre, les professionnels et acteurs intervenants dans l'agriculture biologique sont intéressés par les facteurs qui déterminent la rentabilité du coton biologique afin de savoir sur quel levier agir pour en améliorer les performances. C'est pour répondre à ce double objectif que cette étude a été entreprise. Elle s'inscrit dans le cadre du projet Syprobio (Projet Système de production biologique), une initiative régionale impliquant des institutions nationales de recherche, des Organisations Non Gouvernementales (ONG) et des organisations de producteurs actives en agriculture biologique en Afrique de l'Ouest notamment au Bénin, Burkina-Faso et Mali.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CHOIX DE LA ZONE D'ÉTUDE ET ÉCHANTILLONNAGE

L'étude a été réalisée dans trois zones agro-écologiques du Bénin à savoir la zone cotonnière du Nord-Bénin (zone 2), la zone Ouest Atacora (zone 4) et la zone cotonnière du Centre Bénin (zone 5). Les communes de Banikora, de Tanguiéta et de Glazoué ont été retenues respectivement pour la zone 2, la zone 4 et la zone 5. Le choix de ces localités a été fait suivant les critères : la présence des systèmes biologique et conventionnel de production de coton ; le degré de pression foncière ; l'ancienneté dans la production du coton. Dans chacune de ces communes, les villages d'étude ont été retenus en tenant compte de trois critères que sont l'existence d'agriculture biologique (certifiée) et conventionnelle, l'année d'introduction de l'agriculture biologique (au moins 3 ans) et l'accessibilité physique en toute saison de l'année. Ainsi les villages de Bonhanrou, Kokey et Atabénou ont été retenus dans la commune de Banikora, celui de Batia dans la commune de Tanguiéta et les villages de Lohoué lohouédji, Kpodjikiki et Sowignandji pour ce qui est de la commune de Glazoué.

L'unité d'observation est le producteur de coton biologique ou conventionnel. Dans chaque commune, la sélection des exploitants a été faite de façon aléatoire sur la base de la liste des producteurs suite à un recensement systématique effectué dans les villages. Un taux d'échantillonnage de 31% a été appliqué. Le tableau 1 présente la répartition des enquêtés par zone et par type de coton.

Tableau 1. Répartition des enquêtés par zone et par type de coton

Zones agro-écologiques	Commune	Villages	Producteurs biologiques	Producteurs conventionnels	Ensemble
Zone cotonnière du Nord-Bénin	Banikoara	Bonhanrou	12	8	20
		Kokey	10	16	26
		Atabénou	10	10	20
		Sous total	32	34	66
Zone cotonnière du centre Bénin	Glazoué	Agondji	8	4	12
		Kpodjikiki	7	17	24
		Lohoué lohouédji	21	7	28
		Sowignandji	0	10	10
		Sous total	36	38	74
Zone Ouest Atacorot	Tanguiéta	Batia	36	39	75
Total			104	111	215

2.2 TYPES DE DONNÉES COLLECTÉES

Les données collectées portent sur les caractéristiques socioéconomiques des exploitants (niveau d'instruction, nombre d'actifs agricoles), la production du coton (superficies emblavées, quantité et prix des intrants (semences, bio pesticides, engrais minéraux, pesticides chimiques de synthèse, fumures organiques etc.), les types et quantité de main d'œuvre de même que leurs coûts, la quantité de coton produite et son prix de vente); les facteurs institutionnels (accès au crédit et aux services de vulgarisation) et les facteurs techniques (pratique de la jachère et intégration de légumineuse dans le plan de rotation).

2.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

La statistique descriptive et les estimations économétriques ont été utilisées pour l'analyse des données collectées. La statistique descriptive s'est faite au moyen du calcul des fréquences de distribution, les moyennes de même que les écart-types. Quant aux estimations économétriques, elle s'est basée sur l'estimation d'un modèle de régression linéaire à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires pour analyser l'influence des facteurs socio-économiques, institutionnels et techniques sur le niveau de rentabilité des producteurs.

Pour analyser la rentabilité des systèmes de production cotonnière, les coûts variables de production de même que des indicateurs de rentabilité tels que la marge brute, la productivité de la main-d'œuvre familiale et le taux de rentabilité ont été calculés par type de coton et par zone agro-écologique.

2.3.1 ESTIMATION DES COÛTS DE PRODUCTION

Seuls les coûts variables (CV) ont été pris en compte dans la présente étude. Ils comprennent les coûts des intrants (fumure organique, bio pesticides, engrais minéraux, pesticides chimiques), de la main-d'œuvre salariée occasionnelle et autres (transport, nourriture donnée aux ouvriers agricoles lors de leur prestation).

2.3.2 ESTIMATION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ

Le produit brut en valeur (PBV) correspond au rendement (Rdt) multiplié par le prix unitaire de vente (PU).

$$PBV = Rdt * PU$$

La marge brute (MB) représente le gain de l'exploitant une fois acquitté de toutes les charges courantes (coûts variables) de production :

$$MB = PBV - CV$$

La productivité de la main-d'œuvre familiale (PmL) est donnée par le rapport entre la marge brute et la quantité du travail familiale (MOF) réellement engagée dans la production pour chaque type de coton. Elle est donnée par la formule suivante :

$$PmL = MB / MOF$$

Le taux de rentabilité est donné par le rapport entre la marge brute et les coûts variables engagés dans la production pour chaque type de coton.

$$TR = MB / CV$$

Les tests de comparaison de moyenne (test de Student et analyse de variance) sont utilisés pour tester les différences observées entre système et entre zone.

2.3.3 SPÉCIFICATION DU MODÈLE EMPIRIQUE D'ESTIMATION DES DÉTERMINANTS DE RENTABILITÉ

Le modèle empirique adopté pour l'analyse des déterminants de la rentabilité se présente comme suit :

$$MB_i = \alpha_0 + \alpha_1 NAA + \alpha_2 MONTCRED + \alpha_3 NIVINS + \alpha_4 NVISIT + \alpha_5 PJACH + \alpha_6 NPRC + \alpha_7 MOTPH + e_i$$

Avec MB_i la marge brute pour d'un producteur i donné, e_i le terme d'erreur, α_0 le terme constant puis α_j les coefficients de régression à estimer. Les variables explicatives du modèle sont :

- Nombre d'actifs agricoles du ménage (NAA). Cette variable traduit la disponibilité de la main d'œuvre familiale au sein des exploitations. La main d'œuvre familiale représente la principale source de main d'œuvre au sein de l'exploitation. Ainsi, plus une exploitation agricole dispose d'actifs agricoles, moins elle investira dans la main d'œuvre qui est l'un des principaux facteurs de production.
- Montant du crédit (MONTCRED). L'agriculture nécessite un investissement au début de la campagne pour mobiliser les intrants et labourer les champs. En outre, la disponibilité en liquidité favorise un démarrage à temps de la préparation du sol et du semis car le retard dans l'installation des champs ou du semis provoquent des pertes considérables au niveau du rendement du coton-graine et par conséquent une détérioration de la productivité. Dans ces conditions, le montant du crédit reçu devrait être proportionnel aux besoins réels en investissement du producteur. Un montant de crédit insuffisant implique le plus souvent un manque à gagner et un remboursement difficile pour l'exploitant.
- Niveau d'instruction (NIVINS). Il représente dans cette étude le nombre d'années passées à l'école (redoublement non compris). En effet, l'éducation accroît la capacité créative et innovatrice des producteurs [8]. Ainsi, les producteurs ayant un niveau d'instruction donné seraient plus aptes à accéder aux informations et aux formations et auraient, en conséquence, une plus grande aptitude à la gestion efficace de leurs exploitations.
- Nombre de visites de la structure de vulgarisation depuis janvier 2012 (NVISIT). Cette variable regroupe les visites d'échanges fructueuses ou de travail effectuées par l'encadrement technique dans la période considérée. Le contact avec les vulgarisateurs favorise chez le producteur l'accès à des informations fiables sur les innovations [9]. Le NVISIT traduirait le taux de suivi réel des exploitations cotonnières. Toute chose susceptible de permettre au producteur d'améliorer la production agricole en générale et celle cotonnière en particulier.
- Pratique de la jachère (PJACH). La jachère, rarement rencontrée dans les zones à forte pression foncière, est un moyen qui favorise la restauration de la fertilité des sols. En effet, au cours des années de production, les cultures qui se succèdent sur une parcelle donnée y tirent leurs éléments nutritifs. Dans le cas de la production cotonnière plus spécifiquement, ces derniers sont retournés au sol à travers la fertilisation minérale et/ou organique. Cependant, elle ne parvient pas toujours à fournir tous les éléments utiles à la restauration de la fertilité originelle du sol. D'où la nécessité de pratiquer la jachère après une certaine durée d'utilisation du sol.
- Nombre de précédent cultural légumineuse (NPRC). Les légumineuses fixent l'azote atmosphérique et le restitue au sol grâce à leur système racinaire et après enfouissement des résidus de récoltes. La production d'une légumineuse favorise ainsi la restauration de la fertilité du sol. Elle permet de surcroît l'amélioration du rendement de la culture qui la succède.
- Main d'œuvre familiale pour le traitement phytosanitaire (MOTPH). Le traitement phytosanitaire est l'une des opérations d'entretien les plus importantes et délicates pour le cotonnier. La main d'œuvre familiale est plus facilement accessible au producteur que celle salariée qui nécessite souvent beaucoup plus d'investissement. Le premier serait plus efficace pour le traitement en raison du fait que la prestation est donnée par le producteur lui-même et/ou les membres de sa famille sans oublier les entraides. D'une façon générale, l'objectif principal d'une manœuvre salariée est le profit tiré de sa prestation tandis que l'exploitant vise un meilleur rendement.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 ANALYSE ÉCONOMIQUE COMPARATIVE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION COTONNIÈRE

3.1.1 ANALYSE DES COÛTS VARIABLES DE PRODUCTION

Les coûts variables de production du coton conventionnel sont significativement ($p < 0,01$) plus élevés que ceux obtenus pour la production du coton biologique, soit respectivement 89 683 FCFA/ha et 51 577 FCFA/ha (tableau 2). Le coût de la main-d'œuvre salariée représente plus de 50% des coûts variables totaux pour le coton biologique (figure 1), contre 20% pour le coton conventionnel. La part occupée par le coût des intrants est plus élevée au niveau du coton conventionnel que pour le coton biologique, soit respectivement 80% et 47% des coûts variables. Les résultats de la main d'œuvre confirment les travaux de [10] qui ont montré que les systèmes biologiques sont plus exigeants en main d'œuvre que celle conventionnel. Les principales raisons explicatives de la part la plus importante de la main d'œuvre au niveau du coton biologique serait le nombre de traitement et le non recours aux herbicides pour l'entretien des parcelles. D'abord, le nombre de traitement phytosanitaire au niveau du coton conventionnel est de six (06) tandis qu'il va jusqu'à douze (12) chez les producteurs biologiques. Par ailleurs, le recours aux herbicides par les producteurs conventionnel limite la masse de travail, le nombre de sarclage et l'usage à la main d'œuvre pour réaliser le travail.

La faiblesse du coût de production du coton biologique montre que les producteurs pourraient donc courir moins de risque d'endettement dans la production de ce type de coton que dans celle du coton conventionnel. Ces résultats sont similaires à ceux de [11] au Bénin et ceux obtenus sur divers systèmes biologiques et conventionnels [6 ; 12].

Tableau 2. Coûts variables moyens par hectare (FCFA) et par type de coton

Éléments du coût variable	Biologique	Conventionnel	t-test
Coût fertilisant (FCFA/ha)	15904 (17547,30)	37412 (18184,57)	8,821***
Coût herbicide (FCFA/ha)	0	5624,3 (4472,09)	12,824***
Coût pesticide (FCFA/ha)	8456 (6660,01)	28366 (18184,58)	10,523***
Coût de la main d'œuvre salariée (FCFA/ha)	27217 (30404,39)	18280 (27390,57)	-2,267**
Coût variable (FCFA/ha) (=CV)	51577 (35952,69)	89683 (49102,13)	6,457***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

*** et ** représentent la signification respectivement au seuil de 1% et 5%.

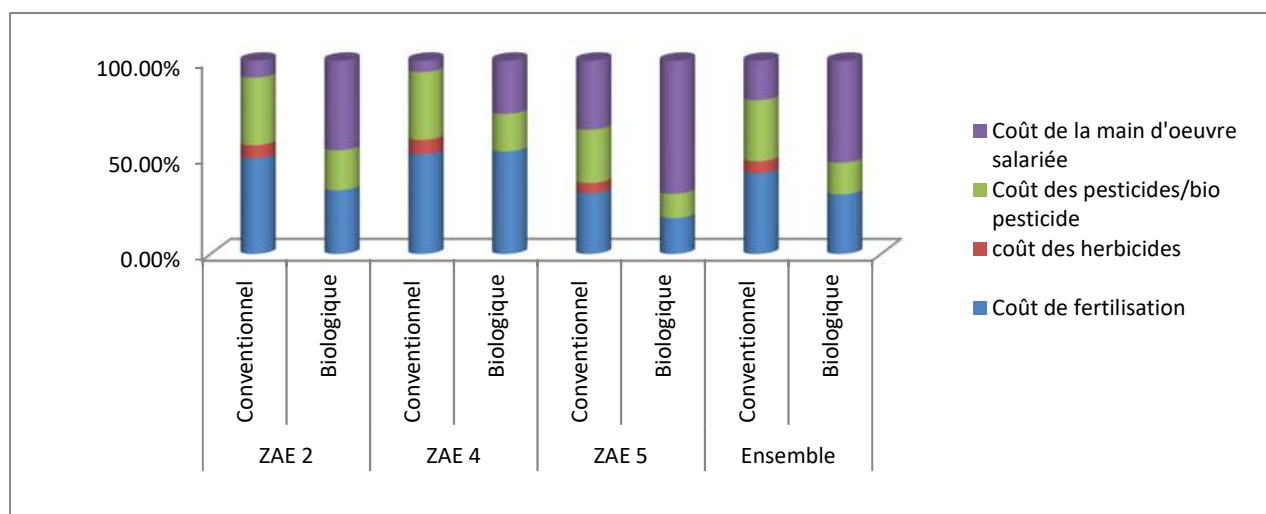


Fig. 1. Composantes du coût variable par zone agro-écologique et par système de production cotonnière

L'analyse des coûts détaillés par zone agro-écologique entre type de coton (tableaux 3) révèle les mêmes tendances entre les différentes zones. Par ailleurs, la comparaison des coûts variables de production par zone (tableau 4 et 5) montre que, quel que soit le type de coton considéré (biologique et conventionnel), les producteurs interviewés à Glazoué engagent plus de dépenses que leurs homologues de Tanguiéta et de Banikoara. En moyenne, les coûts variables totaux chez les producteurs de Glazoué s'élèvent à 96 714 FCFA/ha contre 73 420 FCFA/ha et 44 216 FCFA/ha respectivement pour les producteurs des zones de Banikoara et Tanguiéta (Tableau 3).

Tableau 3. Comparaison des coûts variables de production par type de coton et par zone agro-écologique

Éléments du coût variable	Zone agro-écologique											
	ZAE 2				ZAE 4				ZAE 5			
	Conven	Bio	Ensemble	t-test	Conven	Bio	Ensemble	t-test	Conven	Bio	Ensemble	t-test
Superficie en hectare (ha)	3,45 (2,43)	0,49 (0,45)	2,01 (2,31)	3,89***	2,03 (1,25)	1,00 (0,98)	1,54 (1,24)	4,33***	2,75 (1,95)	3,09 (1,89)	2,92 (1,92)	-0,98
Coût fertilisant (FCFA/ha)	49947 (25258)	14639 (17805,2)	32828 (28129,4)	7,15***	26532 (8424,72)	19331 (20775)	23075 (15927,9)	2,37**	37363 (8334,12)	13600 (13218,7)	25803 (16185,9)	9,49***
Coût pesticide (FCFA/ha)	35257 (26042)	9170,5 (6887,89)	22609 (23227,70)	6,06***	18029 (7512,02)	7083,7 (4906,65)	12775 (8406,52)	6,52***	32811 (11988,14)	9193,1 (7840,53)	21321 (15606,7)	10,14***
Coût herbicide (FCFA/ha)	6783,20 (4372,62)	0	3494,38 (4623,44)	3,29***	3850,93 (3593,51)	0	2002,48 (3222,22)	6,74***	6407,55 (4895,30)	0	3290,36 (4747,98)	5,02***
Coût de la main d'œuvre salariée (FCFA/ha)	8773,53 (16539,8)	20560 (27423,9)	14488 (23082,5)	-2,05**	2997,15 (6958,51)	10010 (18141,6)	6363,41 (13891,4)	-2,27**	42471 (31724,7)	50341 (28812,6)	46300 (30394,6)	-0,91
Coûts variables totaux (FCFA/ha)	100760 (55499,5)	44370 (37514,6)	73420 (55149,6)	5,25***	51408 (15221,1)	36425 (26460)	44216 (22514,6)	1,85*	119050 (40496,1)	73134 (33100,7)	96714 (43479,5)	5,70***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

***, ** et * représentent la signification respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%.

Tableau 4. Coûts variables moyens par hectare et par zone agro-écologique chez les producteurs biologiques

Éléments du coût variable	Zones agro-écologiques				ANOVA test
	ZAE 2	ZAE 4	ZAE 5	Ensemble	
Superficie en hectare (ha)	0,49 (0,45)	1 (0,98)	3,09 (1,89)	1,57 (1,70)	40,63***
Coût fertilisant (FCFA/ha)	14639,47 (17805,21)	19331,02 (2774,98)	13600,13 (13218,67)	15903,69 (17547,30)	1,08
Coût bio pesticide (FCFA/ha)	9170,51 (6887,89)	7083,74 (4906,65)	9193,11 (7840,53)	8455,99 (6660,01)	1,17
Coût de la main d'œuvre salariée (FCFA/ha)	20560,26 (27423,88)	10010,19 (18141,60)	50341,24 (28812,58)	27217,11 (30404,39)	24,76***
Coûts variables totaux (FCFA/ha)	44370,24 (37514,57)	36424,95 (26460,05)	73134,47 (33100,67)	51576,80 (35952,69)	12,64***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

***, ** et * représentent la signification respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%.

Tableau 5. Coûts variables moyens par hectare (FCFA) et par zone agro-écologique chez les producteurs conventionnels

Éléments du coût variable	Zones agro-écologiques				ANOVA test
	ZAE 2	ZAE 4	ZAE 5	Ensemble	
Superficie en hectare (ha)	3,45 (2,43)	2,04 (1,25)	2,75 (1,95)	2,71 (1,98)	4,95***
Coût fertilisant (FCFA/ha)	49947,49 (25258,38)	26531,54 (8421,72)	37363,41 (8334,12)	37412,20 (18160,98)	20,43***
Coût pesticide (FCFA/ha)	35257,38 (26041,95)	18028,82 (7512,02)	32810,55 (11988,14)	28366,45 (18184,58)	11,82***
Coût herbicide (FCFA/ha)	6783,20 (4372,62)	3850,93 (3593,51)	6407,55 (4895,30)	5624,34 (4472,09)	5,15***

Coût de la main d'œuvre salariée (FCFA/ha)	8773,53 (16539,80)	2997,15 (6958,51)	42471,35 (31724,73)	18280,18 (27390,57)	38,64***
Coûts variables totaux (FCFA/ha)	100761,60 (55499,54)	51408,44 (15221,06)	119052,86 (40496,11)	89683,17 (49102,13)	29,69***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

*** représente la signification au seuil de 1%.

3.1.2 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ DES SYSTÈMES DE PRODUCTION COTONNIÈRE

Le tableau 6 indique que d'une manière générale, le rendement du coton conventionnel est significativement ($p < 0,01$) plus élevé que celui du coton biologique (628,12 kg/ha pour le coton conventionnel contre 444,76 kg/ha pour le coton biologique). La marge brute est positive aussi bien pour le système biologique que pour le système conventionnel, dans les trois zones d'étude. Cette marge brute est plus élevée pour le coton biologique que pour le coton conventionnel avec une différence de 14 422 FCFA/ha. Le taux de rentabilité est de 3,43 chez le coton biologique et 1,20 pour le coton conventionnel. Ces résultats montrent que lorsqu'un FCFA (1 FCFA) est investi dans la production cotonnière, le coton biologique procure environ 3,43 FCFA tandis que le coton conventionnel donne 1,20 FCFA. Ainsi, le coton biologique rémunère mieux le capital investi que le coton conventionnel. Quant à la productivité de la main-d'œuvre familiale, elle n'est pas significativement différente pour les deux options de coton. Toutefois, elle est plus élevée pour le coton biologique (626,42 contre 546,25 FCFA/homme heure pour le conventionnel).

Somme toute, ces résultats montrent que le coton biologique présente des performances financières meilleures à celles du coton conventionnel malgré son rendement relativement bas. Cela s'explique par le peu de dépenses dans l'acquisition des intrants, localement mobilisés, et le prix du kilogramme du coton biologique plus élevé en raison de la prime biologique (20% supérieur au prix du coton conventionnel¹). Ces résultats confirment ceux obtenus dans d'autres études [13 ; 14 ; 11 ; 6 ; 15 ; 16].

Tableau 6. Indicateurs de rentabilité par type de coton

Indicateurs de rentabilité	Type de coton		t-test
	Biologique	Conventionnel	
Rendement (kg/ha)	444,76 (331,93)	628,12 (308,93)	17,600***
Marge brute (FCFA/ha) (MB)	87901,40 (92955,31)	73479,50 (76528,90)	1,550
Main d'œuvre familiale (homme heure)	149,20 (93,40)	187,70 (117,77)	2,644**
Taux de rentabilité (TR)	3,43 (4,72)	1,2 (1,31)	22,956***
Productivité de la main d'œuvre familiale (PmL)	626,42 (998,94)	546,25 (945,54)	-0,605

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

***, ** et * représentent la signification respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%.

En comparant les résultats des différentes zones d'étude, on constate que la zone de Glazoué présente les meilleures performances pour le coton biologique aussi bien pour le rendement que les indicateurs de rentabilité (Tableau 7). Deux raisons majeurs pourraient expliquer cette situation. D'une part, la zone de Glazoué jouit de conditions agro-pédologiques relativement meilleures à celles des deux autres zones. Le niveau de fertilité des sols y est relativement plus élevé et la pression foncière plus faible. D'autre part, la zone de Glazoué en particulier la localité de Aklampa fait partie des premières localités d'introduction du coton biologique au Bénin. La production du coton biologique nécessitant des connaissances et des

¹ La prime bio était de 52 FCFA le kilo de coton graine

techniques spécifiques, la maîtrise du paquet technologique par les producteurs s'accroît avec les expériences. A noter que le rendement coton à Glazoué étaient en moyenne plus élevés pour le bio que le conventionnel.

Pour le coton conventionnel (Tableau 8), le rendement le plus élevé est obtenu dans la zone de Glazoué alors que les indicateurs de performance économique sont meilleurs à Batia (zone de Tanguiéta). Ce résultat confirme l'argument précédemment avancé en ce qui concerne le niveau de fertilité des sols dans cette zone. Les meilleures performances économiques réalisées à Batia pourraient se justifier par les tailles d'opération (emblavure) relativement faibles qui permettent un bon entretien et suivi des exploitations de coton. Les superficies totales emblavées sont en moyenne de 3,20 ha, 6,85 ha et de 17,89 ha respectivement pour les zones de Batia (Tanguiéta), Banikoara et de Glazoué. En outre, la localité de Batia se situant dans la périphérie de la réserve de biosphère de la Pendjari, se trouve coincée entre la zone cynégétique d'un côté et la chaîne de l'Atacora de l'autre offrant peu de marge de manœuvre en ce qui concerne les superficies cultivables. Les producteurs sont alors contraints d'opérer sur des superficies limitées. En témoignent les superficies moyennes disponibles dans les différentes zones qui sont de 3,84 ha, 8,61 ha et de 34,57 ha respectivement pour Batia (Tanguiéta), Banikoara et Glazoué.

Tableau 7. Indicateurs de rentabilité par zone agro-écologique chez les producteurs biologiques

Indicateurs de rentabilité	Zones agro-écologiques				ANOVA test
	ZAE 2	ZAE 4	ZAE 5	Ensemble	
Rendement (kg/ha)	266,25 (127,85)	361,29 (233,37)	686,91 (398,35)	444,76 (331,93)	21,43***
Prix (FCFA/kg)	312	312	315	-	
Produit brut (FCFA/ha)	83068,59 (39889,27)	112722,15 (72812,11)	216376,10 (125481)	139478,19 (104577)	21,88***
Marge brute (FCFA/ha)	38698,35 (56177,94)	76297,21 (62127,79)	143241,63 (115201)	87901,40 (92955,32)	13,94***
Main d'œuvre familiale (homme heure)	127,51 (121,15)	149,45 (72,76)	168,23 (81,10)	149,20 (93,41)	1,63
Taux de rentabilité	4,26 (6,04)	3,73 (5,15)	2,40 (2,18)	3,43 (4,72)	1,43
Productivité de la main d'œuvre familiale	178,96 (1189,86)	661,82 (678,41)	988,75 (950,27)	626,42 (998,94)	6,16***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

*** représentent la signification respectivement au seuil de 1%.

Tableau 8. Indicateurs de rentabilité par zone agro-écologique chez les producteurs conventionnels

Indicateurs de rentabilité	Zones agro-écologiques				ANOVA test
	ZAE 2	ZAE 4	ZAE 5	Ensemble	
Rendement (kg/ha)	650,01 (368,58)	582,05 (231,58)	655,80 (322,53)	628,12 (308,93)	0,67
Produit brut FCFA/ha)	169003,25 (95830,13)	151332,20 (60212,01)	170078,70 (84174,14)	163162,67 (80420,07)	0,65
Marge brute CFA/ha)	68241,65 (89134,81)	99923,76 (57788)	51025,84 (74938,80)	73479,50 (76528,90)	4,29**
Main d'œuvre familiale (homme heure)	195,18 (135,65)	184,87 (125,45)	183,90 (92,67)	187,70 (117,77)	0,098
Taux de rentabilité	0,95 (1,28)	2,12 (1,33)	0,49 (0,61)	1,20 (1,31)	21,66
Productivité de la main d'œuvre familiale	677,35 (1172,02)	781,70 (954,19)	187,30 (539,66)	546,25 (945,54)	4,55

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

** représente la signification au seuil de 5%

Tableau 9. Comparaison des indicateurs de rentabilité par type de coton et par zone agro-écologique

Indicateur de rentabilité	Zone agro-écologique											
	ZAE 2				ZAE 4				ZAE 5			
	Conven	Bio	Ensemble	t	conven	Bio	Ensemble	t	Conven	bio	Ensemble	t
Rendement (kg/ha)	650,01 (368,58)	266,25 (127,85)	463,94 (337,81)	5,36***	582,05 (231,58)	361,29 (233,37)	476,08 (256,18)	4,11***	655,80 (322,53)	686,91 (398,35)	670,94 (356,24)	-0,40 ns
Produit brut (FCFA/ha)	169003,2 (95830)	83068,59 (39889)	127337,96 (85405,3)	4,49***	151332 (60212)	112722 (72812)	132799,3 (68893,8)	2,40***	170078,7 (84174)	216376,1 (125481)	192601,7 (108089)	-1,92*
Marge brute (FCFA/ha)	68241,65 (89134)	38698,35 (56177)	53917,63 (75895,5)	0,65	99923,76 (57788)	76297,21 (62127,79)	88583,01 (60676,83)	1,71*	51025,84 (74938,80)	143241,63 (115201)	95887,58 (106596)	- 4,34***
Main d'œuvre familiale (homme heure)	195,18 (135,65)	127,51 (121,15)	162,37 (132,30)	- 4,68***	184,87 (125,45)	149,45 (72,76)	167,87 (104,42)	-2,17**	183,90 (92,67)	168,23 (81,10)	176,28 (87)	1,11 ns
Taux de rentabilité	0,95 (1,28)	4,25 (6,04)	2,55 (4,59)	- 3,44***	2,12 (1,33)	3,73 (5,15)	2,89 (3,76)	-1,96*	0,49 (0,61)	2,40 (2,18)	1,42 (1,84)	- 3,92***
Productivité de la main d'œuvre familiale	677,35 (1172)	178,96 (1189,86)	435,71 (1198,16)	2,34**	781,70 (954,19)	661,82 (678,41)	724,16 (829,98)	-0,22 ns	187,30 (539,66)	988,75 (950,27)	577,20 (862,10)	- 3,10***

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type.

***, ** et * représentent la signification respectivement au seuil de 1%, 5% et 10%.

3.2 DÉTERMINANTS DE LA RENTABILITÉ ET DE LA PRODUCTIVITÉ DE LA PRODUCTION DU COTON BIOLOGIQUE

3.2.1 STATISTIQUE DESCRIPTIVE DES VARIABLES DU MODÈLE

En résumé, les variables introduites dans le modèle de régression et les signes attendus sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10. Statistique descriptive et signe attendu des variables introduites dans le modèle de régression

Variables du modèle	Type de coton		Signe attendu
	Biologique	Conventionnel	
Nombre d'actifs agricoles (équivalent adulte)	3,51 (2,38)	3,70 (2,43)	+
Montant du crédit agricole (FCFA)	204000 (150175)	159704 (131230)	+
Nombre d'années de scolarisation du chef de ménage	1,16 (2,45)	2,94 (3,64)	+
Nombre de visite de l'agent de vulgarisation	5,43 (3,45)	3,17 (2,97)	+
Pratique de la jachère	-	-	+
Nombre de précédent cultural (légumineuse)	0,48 (0,64)	0,34 (0,51)	+
Main d'œuvre familiale pour le traitement phytosanitaire (homme heure)	31,05 (23,78)	26,12 (22,27)	+

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

3.2.2 ANALYSE DES DÉTERMINANTS DE LA MARGE BRUTE DES DIFFÉRENTES OPTIONS DE COTON

Les résultats des modèles de régression sont récapitulés dans le tableau 11. De ces résultats, il ressort que six variables affectent significativement la marge brute du coton biologique et conventionnel. Il s'agit des : variables institutionnelles (montant du crédit reçu et nombre de visites du vulgarisateur) ; variables socio démographiques et économiques (nombre d'actifs agricoles, niveau d'instruction) ; variables techniques (pratique de la jachère, quantité de main d'œuvre familiale pour la protection phytosanitaire).

LES DÉTERMINANTS INSTITUTIONNELS

Le nombre de visites rendues à l'agriculteur par les services d'appui-conseils et de vulgarisation influence significativement la marge brute dans les deux systèmes avec le respect du signe positif attendu du coefficient. Ceci indique l'importance de l'accompagnement technique (formation, suivi et conseils) de l'agriculteur en production cotonnière. Les services d'appui conseils et de vulgarisation sont apportés par les techniciens des Centres Communaux pour la Promotion Agricole (CeCPA) pour le cas du coton conventionnel et les techniciens de Helvetas-Bénin, Union des Associations Villageoises de Gestion des Réserves et de Faunes (U-AVIGREF) et Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agricole Biologique (OBEPAB) pour le cas du coton biologique. En outre, le montant du crédit reçu affecte aussi positivement la marge brute du coton biologique au seuil de 1%. Il n'a cependant pas une influence significative sur la marge brute du coton conventionnel. En effet, la politique agricole du secteur coton au Bénin accorde aux producteurs du coton conventionnel des facilités d'accès aux crédits intrants (engrais chimiques et pesticides). Le recours au crédit d'appoint est donc essentiellement destiné au financement des opérations culturales. En agriculture biologique, le crédit intrant est faible. Ainsi, le besoin en financement vise à la fois l'acquisition des intrants (graines de neem, mobilisation de la fumure organique, etc.) et la prise en charge des opérations culturales dont l'intensité en main d'œuvre est relativement plus élevée comparativement au système conventionnel. Du fait de l'inexistence d'un mécanisme spécifique de facilité de crédit aux producteurs du coton biologique, ceux-ci font recours à divers canaux (informel et formel) pour subvenir à leurs besoins en financement. On pourrait déduire des résultats obtenus que les producteurs du coton biologique valorisent plus efficacement les crédits étant donné que la marge brute évolue significativement dans le même sens que le montant du crédit mobilisé.

Tableau 11. Analyse des facteurs déterminant la marge brute du coton biologique et conventionnel

Variables	Type de coton					
	Biologique			Conventionnel		
	Coefficient	t	P value	Coefficient	t	P value
Constante		-0,711	0,479		-1,145	0,254
Nombre actifs agricoles	0,161**	1,980	0,051	-0,205***	-2,898	0,004
Montant de crédit reçu par le chef d'exploitation	0,293***	3,079	0,003	0,108	1,561	0,120
Niveau instruction du chef d'exploitant	0,294***	3,748	0,000	0,079	1,267	0,207
Nombre de visite de l'agent de vulgarisation	0,171**	2,080	0,040	0,213***	3,298	0,001
Pratique de la jachère	0,171**	1,853	0,057	0,134**	2,012	0,046
Nombre précédent cultural (Légumineuse)	0,081	1,013	0,314	0,005	0,071	0,944
Main d'œuvre pour le traitement phytosanitaire	0,032	0,433	0,666	0,554***	8,312	0,000
Statistique F		12,224			13,054	
Test de signification		0,000			0,000	
R-deux ajusté		0,440			0,318	

Les valeurs entre parenthèses représentent l'écart-type

*** et ** représentent la signification respectivement au seuil de 1% et 5%

LES DÉTERMINANTS SOCIO DÉMOGRAPHIQUES ET ÉCONOMIQUES

Les facteurs socio démographiques et économiques qui affectent significativement la marge brute du coton (conventionnel et biologique) sont le nombre d'actifs agricoles et le niveau d'instruction du chef d'exploitation. Le nombre d'actifs agricoles influence significativement la marge brute du coton biologique (au seuil de 5%) et du coton conventionnel (au seuil de 1%). Le signe positif attendu pour le coefficient est obtenu dans le système biologique montrant que plus la disponibilité en main d'œuvre familiale est grande, plus élevée est la marge brute. Cela se justifie par le caractère intensif de la main d'œuvre dans le système de production biologique. Par contre dans le système conventionnel, le signe obtenu est négatif, signifiant que moins la main d'œuvre familiale est disponible, plus élevée est la marge brute. Ce résultat paraît paradoxal à première vue. Mais à l'analyse, cela pourrait s'expliquer par l'efficacité relative de l'utilisation des herbicides et de la main d'œuvre salariée dont font plus recours les exploitations moins pourvues en main d'œuvre familiale. Le niveau d'instruction du chef d'exploitation a déterminé la marge brute du système biologique au seuil de 1% et n'a pas eu d'influence significative sur le système conventionnel. Contrairement au système conventionnel qui se base essentiellement sur une approche plus ou moins linéaire et calendaire avec au centre l'utilisation de produits chimiques de synthèse, l'agriculture biologique s'appuie plutôt sur une approche holistique mettant au centre la relation entre la plante/cotonnier et son écosystème. Cela requiert de nouvelles connaissances et aptitudes sur l'écologie et les cycles de vie des ravageurs et ennemis naturels, les modes d'action des plantes

à effet insecticide ou insectifuge, l'évaluation du niveau et des indicateurs de fertilité des sols [17]. Ainsi, les producteurs ayant un niveau d'instruction élevé ont plus de facilité à assimiler ces nouvelles connaissances et à mieux maîtriser le paquet technologique. Cela améliore leurs performances techniques et financières.

DÉTERMINANTS TECHNIQUES

La pratique de la jachère a affecté positivement la marge brute aux seuils de 10% et 5% respectivement pour le système biologique et le système conventionnel. Cela indique l'importance de la jachère pour les deux systèmes d'exploitation puisqu'elle est un moyen de régénération de la fertilité des sols à travers une mobilisation de la matière organique dont sont déficitaires la plupart des sols des exploitations agricoles au Bénin [18]. En outre la quantité de main d'œuvre familiale allouée aux traitements phytosanitaires a une influence positive sur la marge brute des cotonculteurs conventionnels au seuil de 1%. Ainsi, le recourt à la main d'œuvre familiale accroît l'efficacité de la protection phytosanitaire du coton conventionnel (en réduisant les risques de détournement et de mauvaises applications des produits liés à l'utilisation de la main d'œuvre salariée) avec un effet positif sur la marge brute. Cette influence de la main d'œuvre familiale n'est pas perceptible dans le cas du coton biologique en raison du fait que tous les producteurs utilisent cette main d'œuvre pour le traitement phytosanitaire des cotonniers.

4 CONCLUSION

Les résultats de cette étude démontrent l'importance de la culture du coton comme moyen d'accroissement des revenus des producteurs, et donc un instrument de réduction de la pauvreté rurale. En effet, la production du coton (conventionnel et biologique) est rentable financièrement dans les trois zones d'étude avec un prix de base d'au moins 312 FCFA le kilo de coton graine. Il ressort aussi que le coton biologique présente les meilleures performances financières en raison des coûts de production faibles et de la prime biologique qui compensent largement les pertes de rendement subies. D'une manière générale, les principaux déterminants de la rentabilité du coton conventionnel et du coton biologique incluent des facteurs institutionnels (intensité de l'encadrement, montant du crédit), socio démographiques et économiques (nombre d'actifs agricoles et niveau d'instruction) et techniques (pratique de la jachère et quantité de main d'œuvre familiale allouée aux traitements phytosanitaires). L'étude a aussi révélé que le système biologique valorise plus efficacement le crédit agricole que le système conventionnel. Enfin, la combinaison d'herbicides et de la main d'œuvre salariée détermine plus la marge brute que l'utilisation exclusive de la main d'œuvre familiale dans le système conventionnel.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet Syprobio, financé par le fond EuropeAid de la Commission de l'Union Européenne. Nous remercions Paul Hountondji et Barnabé Agalati pour leur assistance. Nous remercions également les producteurs de coton biologique et conventionnel qui ont bien voulu participer à cette recherche. Nous adressons enfin nos sincères remerciements à OBEPAB, Textile Exchange, Helvetas, Union des Associations Villageoises de Gestion des Réserves et de Faunes (U-AVIGREF) et à l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour leurs soutiens institutionnels.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche), 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), 116p.
- [2] Willer, H., L. Kilcher (Eds.), 2012. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2012. FiBL-IFOAM Report. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn
- [3] Textile Exchange, 2013. Farm and Fiber Report 2011-2012. Texas.
- [4] Dobbs, T.L., J.D. Smolik, 1997. Productivity and Profitability of Conventional and Alternative Farming Systems: A Long-Term On-Farm Paired Comparison, *Journal of Sustainable Agriculture*, 9:1, 63-79.
- [5] Brumfield, R., 2000. An examination of the Economics of Sustainable and Conventional Horticulture. *HortTechnology*, 10 (04): 687-691.
- [6] Eyhorn, F., M. Ramakrishnan, P. Mader, 2007. The viability of cotton-based organic farming systems in India. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 5(1): 25-38.

- [7] Fox, G., A. Weersink, G. Sarwar, S. Duff, B. Deen, 1991. Comparative economics of alternative agricultural production systems. *N.E. J. Agr. Resource Econ.* 20:124–142.
- [8] Ndambiri H. K., Ritho C., Mbogoh S.G., Ng'ang'a S. I., Muiruri E. J. Nyangweso P.M., Kipsat M. J., Omboto P. I., Ogada J. O., Kefa C., Kubowon P. C. et Cherotwo F. H., 2012. Analysis of Farmers' Perceptions of the Effects of Climate Change in Kenya: the Case of Kyuso District. *Journal of Environment and Earth Science*. Vol 2, No.10. pp: 74-81.
- [9] Tatlidil, F.F., E.I. Boz and H. Tatlidil, 2009. Farmers' perception of sustainable agriculture and its determinants: a case study in Kahramanmaraş province of Turkey. *Environ Dev Sustain*, 11: 1091-1106.
- [10] Cobanoglu, F., Kucukyilmaz, K., Cinar M., Bozkurt M., Catli AU., Bintas E., 2014. Comparing the Profitability of Organic and Conventional Broiler Production. *Brazilian Journal of Poultry Science* 16 (1) :89-96.
- [11] Matthess, A., E. van den Akker, D. Chougourou, S. Midingoyi, 2005. Compétitivité et durabilité de cinq systèmes culturaux cotonniers dans le cadre de la filière. GTZ-MAEP.
- [12] Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. R. Seidel, 2005. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*, 55(7):573-582.
- [13] Gbesso, C. A . 2000. Etude comparée de la rentabilité socioéconomique du coton biologique et du coton conventionnel. Mémoire de Maitrise, Université d'Abomey-Calavi.
- [14] Pacini, C., A. Wossink, G. Giesen, C. Vazzana R. Huirne, 2002. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95 : 273–288.
- [15] Helvetas (BF), 2009. *Etude d'impact du programme coton bio et équitable d'Helvetas au Burkina Faso*. Rapport final, Ouagadougou.
- [16] DEGLA, K. P., 2012. Rentabilité économique et financière des exploitations cotonnières basées sur la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols et des Ravageurs au Nord-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), Numéro spécial Coton. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099.
- [17] Glin, L.C., A.P.J. Mol, P. Oosterveer, D.S.Vodouhè. 2012. Governing the transnational organic cotton network from Benin. *Global Networks* 12: 333–354.
- [18] Dagbénonbakin, G., 2005. Productivity and water use efficiency of important crops in the Upper Oueme Catchment, Influence of nutrients limitations, nutrients balance and soil fertility. Thèse pour l'obtention du PhD, Université de Bonn.

Perceptions paysannes de *Moringa oleifera* Lam. (Moringacées) en zone soudano-sahélienne du Cameroun

[Famer's perceptions on *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in the Sudano-Sahelian zone in Cameroon]

C. Bayé-Niwah¹ and P.M. Mapongmetsem²

¹Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua ; BP. 55 Maroua, Cameroon

²Département de Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study is part of the Home Garden project and Domestication in the Sudano-Sahelian region of Cameroon. The aim of the work is to contribute to the promotion of *Moringa oleifera* Lam. for its better valorization in Cameroon. An ethnobotanical survey was conducted among 158 stakeholders of Moringaceae in 15 communities in the Sudano-Sahelian zone through the Rapid Participatory Research Method (RPRM). The questionnaire is based on the knowledge, practices and indigenous knowledge of the people on *M. oleifera*. It appears that the leaves and seeds are the most commercialize in the region. The leaves, roots and seeds are the parts used in traditional medicine. Famer's of the Sudano-Sahelian area of Cameroon treat 19 diseases with the different parts of the plant. Six diseases (dental caries, HIV / AIDS and malnutrition, diabetes, high blood pressure, sore eyes and typhoid) are commonly treated in the study area. The plant would be introduced in the Sudano-Sahelian zone of Cameroon by the Fulani to 17^{siècle}. The Guiziga, Mafa, the Moufou and Toupouri use six criteria based leaves, pods, seeds and trunk to distinguish each trees of *M. oleifera*. These qualitative criteria can be used baseline data for the morphological characterization of the species. These results can be used as database for the selection of ecotypes solicited by populations.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*, Sudano-Sahelian, indigenous knowledge, domestication, valorization.

RÉSUMÉ: La présente étude fait partie du projet Jardin de Case et Domestication dans la zone soudanienne du Cameroun. L'objectif de ce travail est un apport à contribution à la promotion de *Moringa oleifera* Lam. en vue de sa meilleure valorisation au Cameroun. Une enquête ethnobotanique a été conduite auprès de 158 paysans producteurs de la Moringaceae dans 15 localités de la zone soudano-sahélienne à travers la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP). Le questionnaire est basé sur la connaissance, les usages et le savoir traditionnel des populations sur *M. oleifera*. Il ressort que les feuilles et les graines sont les parties les plus commercialisées dans la zone. Les feuilles, les racines et les graines sont les parties les plus utilisées. Les paysans de la zone soudano-sahélienne du Cameroun soignent 19 maladies avec les différentes parties de la plante. Six maladies (carie dentaire, VIH/SIDA et la malnutrition, le diabète, l'hypertension artérielle, le mal des yeux et la typhoïde) sont traitées communément dans la zone d'étude. La plante serait introduite dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun par les Foulbé vers le 17^{siècle}. Les Guiziga, les Mafa, les Moufou et les Toupouri utilisent six critères à base des feuilles, des cosses, des graines et du tronc pour distinguer les individus de *M. oleifera*. Ces critères qualitatifs pourront servir des données de base pour la caractérisation morphologique de l'espèce. Ces résultats ainsi obtenus pourront servir des données de base pour la sélection des écotypes sollicités par les populations.

MOTS-CLEFS : *Moringa oleifera*, zone soudano-sahélienne, savoir traditionnel, domestication, valorisation..

1 INTRODUCTION

Les populations locales n'ont plus accès à tous les produits d'importance traditionnelle que l'on cueillait autrefois dans les forêts, en raison de la déforestation causée par l'agriculture moderne (1). Ainsi, la domestication des espèces d'intérêt socio-économique devient une alternative pour les exploitants agricoles qui veulent régénérer celles qui peuvent leur fournir des aliments, des médicaments et tous les autres produits nécessaires à la survie quotidienne. Cette domestication est particulièrement importante dans les pays où la plupart des ménages n'ont pas d'autres sources de revenus voire de soutien social. De nombreuses espèces agroforestières répondent à ces besoins (2). La recherche sur ces espèces vise à réduire la malnutrition sévère et la pauvreté afin d'améliorer le niveau de vie dans les pays en développement. *Moringa oleifera* fait partie de ces essences.

De par ses multiples usages, *M. oleifera* joue un rôle important dans la sécurité alimentaire et les économies locales et enfin entre dans les thérapies médicinales (3, 4, 5). En dépit de ces potentialités, la plante est souvent abandonnée dans les concessions ou dans les champs sans suivi. Au Cameroun, l'espèce se retrouve dans la zone septentrionale. Cependant, les études ethnobotaniques sur *M. oleifera* sont rares, et peu de données scientifiques existent sur les savoirs endogènes des populations locales et sur les systèmes d'exploitation dans lesquels la plante est cultivée dans la région. Ces données pourront aider à déterminer la véritable valeur de l'espèce, à développer les stratégies les plus efficaces pour sa gestion durable. Plusieurs études sur les perceptions paysannes des espèces indigènes ont été faites en Afrique de l'Ouest. Il s'agit notamment des travaux sur *Adansonia digitata* (6,7, 8), sur *Detarium microcarpum* (9,10), sur *Tamarindus indica* (11) et en fin sur *M. oleifera* (12). Mais au Cameroun en général et dans la Région de l'Extrême-Nord en particulier, de telles études sont rares pour ce qui est de *M. oleifera* malgré son importance dans le milieu rural.

L'objectif principal de cette étude est de répertorier les savoirs endogènes des populations dans la perspective de développer les stratégies efficaces pour la domestication et l'amélioration de *M. oleifera* dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Cette approche nécessite de répertorier les savoirs endogènes sur la plante auprès des populations locales de la région. Il s'agit plus précisément de :

- recenser les principaux usages de *M. oleifera* par les populations locales;
- cerner et analyser les principaux critères paysans de distinction des individus de *M. oleifera*.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

La présente étude s'est déroulée dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Dans cette zone, la pluviométrie varie de 400mm à 1000mm (13). Elle se situe entre 10° et 13° de latitude Nord et 12° et 15° de longitude Est. Le climat est du type sahélien et a des affinités subdésertiques. La végétation ligneuse et herbacée présente à la fois les éléments des savanes soudaniennes, des savanes sèches et des steppes (14). L'investigation ne s'est limitée qu'aux isohyètes 600mm, 700mm, 800mm et 900mm pour des raisons de logistiques. Leur répartition est la suivante: les localités de Pétté, Djouta bébal et Guirvidik (Isohyète 1 600mm); Papata, Bangana, Guidiguis et Yagoua (Hléké) (Isohyète 2 700mm); Maroua (Zeling et Makabaye), Salak, Gaklé, Boula et Gazawa (Isohyète 3 800mm) et Mokolo, Mandaka et Kosséhône (Isohyète 4 900mm).

A la suite des enquêtes préliminaires dans la zone, 15 localités réparties suivant les isohyètes sus citées ont été retenues (Figure1). Chaque localité retenue est parcourue transversalement; tous les systèmes d'utilisation des terres contenant *M. oleifera* sont identifiés et recensés. Au cours du transect, des observations directes sont faites sur l'environnement, des prises de vue sont également réalisées. Les différentes cultures et arbres associés à *M. oleifera* dans chaque système sont également recensés.

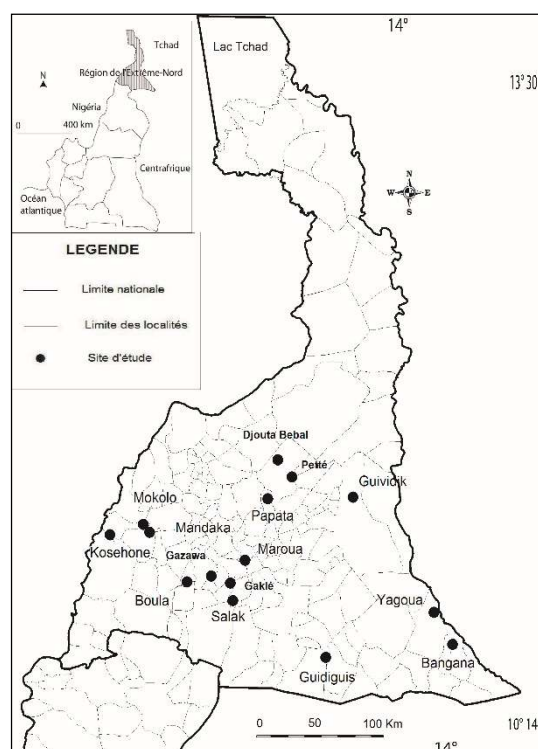


Fig. 1. Les différentes localités explorées

Source : Rapport d'activité de la DRSPE, 2010, Adaptation : Baska, 2011

2.2 MÉTHODOLOGIE

Une enquête ethnobotanique a été réalisée entre mars et septembre 2014. Les outils de la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP) nous ont permis d'administrer un questionnaire aux agriculteurs (interviews, transects, etc). Dans chaque village retenu, les interviews ont été réalisées auprès des chefs de ménages possédant des pieds de *Moringa oleifera*. Les interviews semi-structurées étaient effectuées à l'aide d'un questionnaire préalablement élaboré. Ce dernier comportait des questions fermées, des questions orientées et des questions ouvertes. Au total 158 personnes ont été interrogées dont 76 hommes et 82 femmes. Les personnes interviewées appartenaient à 17 ethnies différentes dont les plus représentatifs sont, par ordre décroissant, les Foulbé, les Toupouri, les Mafa, les Kapsiki, les Guiziga et les Bornoua. Les grandes lignes du questionnaire portaient sur: connaissance sur *M. oleifera* ; les usages de la plante (alimentaire, médicinale, commercialisation et autres); le savoir traditionnel, les critères utilisés dans la classification paysanne; les origines, les différentes variétés et les critères de distinction ; les contraintes d'exploitation de la plante au niveau paysan, etc.

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données d'enquête ont été regroupées par zone agro-écologique (isohyète), par village, par sexe et par ethnie pour pouvoir déterminer la fréquence des réponses (F) en fonction du type d'utilisation.

$$F = S/N \times 100$$

avec:

S: nombre de personnes ayant fourni une réponse par rapport à une utilisation donnée

N: nombre total de personnes interviewées

Des catégories d'utilisation de *M. oleifera* ont été constituées sur la base de la méthode présentée par (9). Il s'agit des utilisations médicinales, alimentaires et commerciales.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les populations de la zone soudano-sahélienne du Cameroun exploitent différemment *Moringa oleifera*.

3.1 IMPORTANCE SOCIO-ÉCONOMIQUE DE *MORINGA OLEIFERA*

M. oleifera est une plante qui rend d'importants services aux populations de l'Extrême-Nord (Fig. 2).

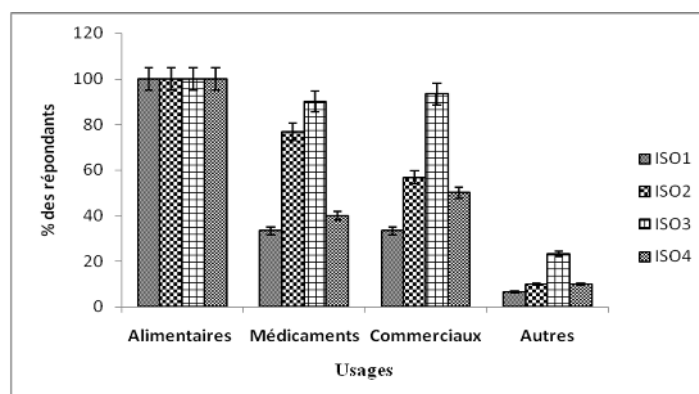


Fig. 2. Différents usages de *Moringa oleifera* en fonction des isohyètes.

ISO1 : Isohyète 1 ; ISO2 : Isohyète 2 ; ISO3 : Isohyète3 ; ISO4 : Isohyète4

L'alimentation, la médecine et dans une moindre mesure la commercialisation des graines et des feuilles sont citées par plus de 35% des répondants quelle que soit la zone explorée. L'usage alimentaire est reconnu par toutes les populations de la zone.

3.1.1 USAGES ALIMENTAIRES

Les feuilles représentent la partie de *M. oleifera* la plus utilisée dans l'alimentation humaine et animale. Elles sont la partie la plus consommée dans les différentes zones agro-écologiques explorées. La quasi-totalité de personnes interviewées (100%) l'attestent. Chez les musulmans, les feuilles fraîches sont préparées avec le niébé, la viande ou le poisson fumé associé aux arachides. Des résultats analogues sont rapportés sur la cuisson des feuilles (15). Chez les Toupouri, les feuilles fraîches sont préparées avec le niébé et le gombo frais ou sec. Ces sauces traditionnelles accompagnent le couscous. Les feuilles séchées sont consommées soit entières ou transformées en poudre. En Inde et en Afrique de l'Ouest, les feuilles de *M. oleifera* entrent dans l'alimentation humaine (5 ; 12 ; 16). Les feuilles ne sont pas les seules parties de la plante utilisées dans l'alimentation. Les fleurs sont souvent associées à certains mets traditionnels (10%). Les graines transformées en poudre substituent le sucre dans le café ou le thé dans certains ménages à en croire les populations. S'agissant de l'utilisation des feuilles dans l'alimentation animale, 0,64% des exploitants nourrissent leur volaille avec les résidus secs des feuilles en associant ces derniers aux sons de céréales. L'alimentation des animaux avec les feuilles de *M. oleifera* est rapportée par différents auteurs (17; 18; 19).

3.1.2 USAGES MÉDICINAUX

Des 158 exploitants interviewés, 55,13% n'ont aucune idée sur l'usage médicinale de la plante tandis que 44,87% affirment utiliser la Moringaceae dans le traitement de 19 maladies (Tableau 1). La carie dentaire, le diabète, l'hypertension artérielle, le mal des yeux, la malnutrition et le VIH/SIDA, et la typhoïde sont citées dans les 6 ethnies. De toutes les ethnies recensées, seuls les Foulbé, les Toupouri, les Guiziga, les Moufou, les Moundang et les Guidar ont la maîtrise sur la pharmacopée à base de *Moringa oleifera*.

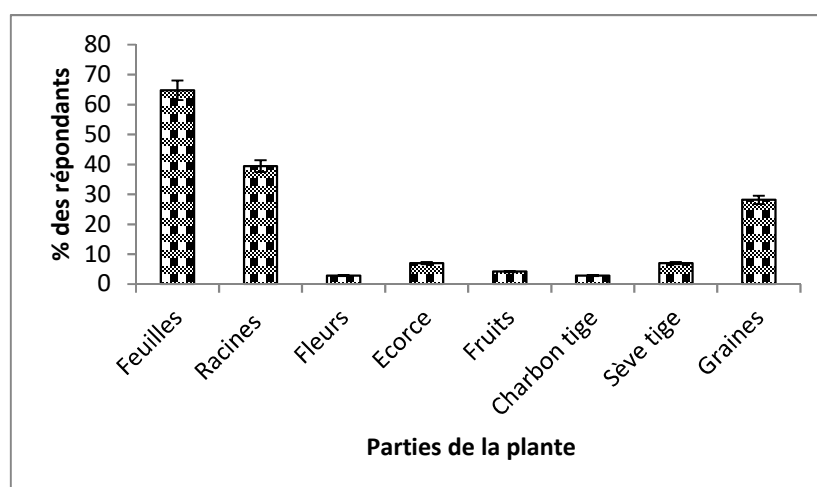
Tableau 1. Maladies ou symptômes soignées par *Moringa oleifera*.

Maladies /symptômes	Pourcentage des maladies par ethnie (%)					
	Foulbé	Toupouri	Guiziga	Mofou	Moundang	Guidar
Carie dentaire	45	25	45	40	10	10
VIH/SIDA et malnutrition	20	40	60	60	40	15
Diabète	10	12	20	30	15	10
Hypertension	10	40	25	25	10	10
Mal des yeux	20	60	45	55	45	20
Typhoïde	15	35	40	50	25	10
Maux de ventre	-	20	15	-	-	11
Maux gastriques	-	15	20	-	-	-
Reins et calcul rénal	-	-	-	15	-	11
Sorcellerie	45	-	-	-	-	-
Blessures, cicatrise	35	-	45	35	25	-
Panaris	-	-	-	-	40	-
Coqueluche	20	25	-	-	-	-
Difficultés après accouchement	-	-	45	-	-	-
Anémie	-	5	30	-	-	-
Morsure de serpent ou de scorpion	-	-	-	-	40	-
Asthme et toux	-	45	-	35	-	-
Stimulant sexuel	60	-	-	60	-	40
Fatigue générale	10	-	20	-	20	-

Le fait que ces six maladies soient reconnues par les six ethnies indique que le traitement de ces maladies par cette plante est avéré et se transmet de génération en génération. Autrement dit, la transmission de ce savoir serait due au brassage des mœurs entre les populations de ces différentes ethnies.

Trois maladies sont soignées exclusivement par certaines ethnies. Il s'agit du panaris et de la morsure du serpent ou du scorpion chez les Moundang ; et le traitement des difficultés après accouchement chez les Guiziga. Cette disparité est liée sûrement à la connaissance d'autres plantes pouvant traiter les mêmes symptômes ou maladies dans leur zone agro-écologique.

Toutes les parties de la plante se prêtent à l'usage médical (feuilles, tige, racines, graines, écorce, fleurs et les gousses). Cependant, les feuilles, les racines et les gaines sont les parties les plus utilisées par les paysans (Fig. 3). Ces résultats sont similaires à ceux des populations Béninoises pour ce qui est des parties les plus utilisées (16)

Fig. 3. Utilisations médicinales des différentes parties *Moringa oleifera*.

La poudre des feuilles est utilisée dans le traitement du diabète et de l'hypertension artérielle. Elle renforce également la capacité de résistance des personnes atteintes du VIH/SIDA et des enfants malnutris chez toutes les ethnies. Des résultats similaires sont rapportés au Togo (20-21). Le jus des feuilles macérées dans de l'eau traite le mal des yeux chez toutes les ethnies. Les traitements concordants sont signalés au Sénégal (12). L'infusion des jeunes feuilles soulage aussi le patient dans les crises d'asthme et de toux chez les populations Toupouri et Moundang. L'infusion des feuilles soigne la fièvre et les inflammations douloureuses (22). Les feuilles crues et mastiquées traitent les ulcères d'estomac. Par contre, frottées sur le front, elles soulagent les patients ayant les migraines au Nigéria (23). Le thé à base des feuilles traite l'ulcère d'estomac et la diarrhée (17). Les feuilles sont consommées par les Foulbé, les Moundang et les Guiziga pour combattre la fatigue générale de l'organisme. L'anémie est soignée par la poudre des feuilles en milieu Toupouri, Guiziga et Guidar. Les feuilles fraîches écrasées et déposées sur le panaris stoppent l'inflammation du doigt chez les Moundang.

Le décocté des racines associé parfois au sel-gemme traite la carie dentaire chez les six groupes d'ethnies. Le traitement des maux de dents par les racines est signalé par plusieurs travaux (3; 24). L'infusion des racines soigne également les maux de ventre en milieu Toupouri, Guiziga et Guidar. Chez les Toupouri, c'est plutôt la décoction des feuilles qui traite les maux de ventre. Ce résultat corrobore celui obtenu au Bénin où la décoction des feuilles traite également les maux de ventre (22). La consommation des racines macérées soulage des attaques sorcières chez les Foulbé. Au Sénégal, les racines traitent les abcès, soulagent aussi les rhumatismes et les douleurs articulaires (25; 26).

Les graines sont consommées pour traiter la typhoïde chez les six groupes ethniques. L'ulcère gastrique est aussi soigné en mâchant les graines chez les populations Toupouri et Guiziga. Une étude au Cameroun rapporte l'utilisation des graines dans le traitement des ulcères gastriques, de l'hypertension artérielle, de la fièvre typhoïde, du diabète et des vers intestinaux (27).

La décoction des cosses immatures soulage les femmes qui ont des douleurs au ventre après accouchement en milieu Guiziga. Des recherches en Afrique de l'ouest rapportent plutôt l'utilisation des racines du Nervédié contre l'hémorragie chez les femmes lors de l'accouchement (15). Par ailleurs ces gousses immatures ont aussi des effets aphrodisiaques selon les Foulbé et les Guidar. En effet, 5 minutes avant la fin de la cuisson d'une sauce, les cosses découpées en morceau y sont versées et servies à l'homme (Guidar). La consommation des graines stimule sexuellement les femmes chez les Foulbé. Les travaux en Inde ont aussi montré que la consommation des cosses immatures augmente la qualité et la quantité du sperme (28). Ces gousses immatures stimulent l'appétit grâce à leur saveur sucrée et épicée chez les indiens (24).

La tige de *Tapinanthus* sp. (Gui d'Afrique) prélevé sur *Moringa oleifera*, puis attachée au cou d'un enfant traite et/ou empêche la coqueluche chez les Foulbé et les Toupouri. Allant dans le même sens, *Tapinanthus globiferus* prélevé sur *Detarium microcarpum* est aussi utilisé par les Minianka dans le traitement des maladies au Mali (9).

Les Guidar et les Moufou utilisent la poudre du charbon de *Moringa oleifera* pour traiter le calcul rénal. Il suffit de consommer la poudre régulièrement dans les repas. Certains travaux révèlent plutôt que les feuilles sont utilisées dans le traitement des infections urinaires (3). L'application de la sève de la tige sur une plaie traite cette dernière et favorise sa cicatrisation en milieu Foulbé, Guiziga, Moufou et Moundang.

Seuls les Moundang utilisent l'écorce de la plante pour anéantir le venin du serpent ou du scorpion. En effet, l'écorce écrasée et appliquée au niveau de la blessure empêche la propagation du venin dans l'organisme. Des résultats similaires ont été obtenus aux Philippines et en Inde (29; 3). Ces auteurs rapportent que l'écorce mâchée et appliquée sur les morsures de serpent empêche le venin de se répandre dans le corps.

Dans nos enquêtes, l'utilisation de la gomme de *M. oleifera* n'a été mentionnée par aucun paysan. Cependant, elle est utilisée en Inde pour soulager les maux de tête et le rhumatisme (3).

3.1.3 USAGES COMMERCIAUX DE LA PLANTE

Les feuilles et les graines sont les parties les plus commercialisées. Les feuilles sont commercialisées dans toute la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Les populations de l'isohyète 3 commercialisent en majorité les feuilles. Elles ont plus facilement accès au marché urbain de Maroua. La demande en légumes feuilles y est forte. Cette forte demande se traduit par le développement des systèmes maraîchers à la périphérie et dans la ville de Maroua. Les feuilles sont vendues en tas de 3-5 feuilles à 25 frs au marché des villes. Le prix d'un kilogramme de feuilles varie entre 300frs et 500frs dans les exploitations. Ce prix est largement supérieur à celui des populations locales du Sénégal où un kilogramme de feuilles coûte 100frs (25). A cet effet, le prix moyen de vente des feuilles par exploitant varie de 30 000frs/mois à 150 000frs/mois. Dans les zones rurales éloignées des centres urbains, le prix moyen de la vente des feuilles varie de 3000frs à 6000frs par mois pendant la saison pluvieuse. Les ventes opérées permettent aux exploitants d'acheter les produits de première nécessité (du savon, du riz, de la viande, du sel, etc.).

Les graines sont davantage commercialisées dans les centres urbains. Une graine coûte environ 25 à 50 francs CFA selon les producteurs. Le prix de vente d'un kilogramme de graines oscille entre 35 000 frs et 45 000 frs dans la ville de Maroua.

La culture de *M. oleifera* reste à l'état traditionnel dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. En Afrique Australe (31) et en Afrique de l'Ouest (4), la culture de *M. oleifera* se fait plutôt à l'état industriel. Certains exploitants de la zone soudano-sahélienne du Cameroun ne commercialisent ni les feuilles, ni les graines. Seul le centre Bethléem de Mouda produit des feuilles pour améliorer la santé des enfants victimes de la malnutrition et atteints du VIH/SIDA. En dehors de cette structure, aucune autre ne transforme les feuilles en poudre comme en Inde ou dans d'autres pays d'Afrique. L'ONG ACRA poursuit des recherches dans la zone pour la production et la transformation des feuilles.

3.1.4 AUTRES USAGES

Les branches de l'espèce sont utilisées dans les ménages comme bois de chauffage. Sur le plan socioculturel, l'emplacement de la plante dans la concession a plusieurs significations chez les Foulbé. Si elle est plantée en pleine cour, elle attire la pauvreté et est porteuse de malédiction dans le ménage (18,65%). Par contre sa présence à l'extérieur de la concession neutralise tous les pouvoirs maléfiques qui tentent de faire irruption dans le ménage et protège ainsi la famille de toutes les mauvaises intentions des visiteurs. Au Sénégal, une considération analogue a été mentionnée (12). Les sociétés lui reconnaissent également des charges à la fois positives et négatives.

Chez les Foulbé, le lavage des mains d'un malade avec les racines macérées de *M. oleifera* permet de trancher entre une maladie naturelle et une issue de la sorcellerie. Si l'eau devient gluante, on conclut qu'il s'agit d'une attaque sorcière. Les racines ainsi macérées sont prélevées suivant les quatre coins cardinaux de la plante. Pour les Haoussa (0,63%) de l'isohyète 2, il est interdit d'utiliser *M. oleifera* comme bois de feu. Au Mali, beaucoup d'interdits frappent les espèces forestières (9). Les populations locales de la zone soudano-sahélienne du Cameroun utilisent plusieurs noms locaux pour désigner la plante.

3.2 PERCEPTIONS PAYSANNES DE *MORINGA OLEIFERA*

L'existence du nom local de *Moringa oleifera* chez certains groupes ethniques de la Région dénote de l'introduction ancienne de cette plante dans leur système d'exploitation. C'est pourquoi dix appellations locales ont été enregistrées lors de nos investigations (Tableau 2). Le nom le plus répandu est Guiliganja en langue Foulbé. Dans l'ethnie Mafa par exemple, le nom usuel de *M. oleifera* est un emprunt du fofoulé Guiliganja. Les ancêtres Mafa nommaient la plante « Galahalawai » (32, 33). Ce résultat annonce une perte de certaines valeurs culturelles traditionnelles chez les populations.

Près de 78% des exploitants ont obtenu les graines pour la première fois par don d'autres producteurs, 12,5 % ont acheté les graines tandis que 9,5% ont hérité la plante de leurs parents. Au Sénégal, l'approvisionnement de *M. oleifera* en semences se fait par l'auto production et rarement chez d'autres producteurs du village (12). Mais la quasi-totalité des exploitants maraîchers s'en achète. Pour ce qui est du don, sur les 78% d'exploitants, 57% ont reçu les graines de leurs voisins Foulbé ou dans les villages Foulbé.

Tableau 2. Noms vernaculaires de *Moringa oleifera* et leurs significations.

Noms vernaculaires	Groupes ethniques	Significations
Guiliganja	Foulbé	
Zoogala	Haoussa	
Haloum	Bornoua	
Garmacha	kapsiki	
Likonkéri ou Matikonkéri	Guidar	
Neeko' o	Toupouri	Légume de l'arbre
Wayanga paldana	Massa	«Tasba» (<i>Senna tora</i>) des Foulbé
Kaoyanga paldana	Moussaye	«Tasba» (<i>Senna tora</i>) des Foulbé
Lirbaï ou Lirplata	Moufou	Légume du chef ou des Foulbé
Naa- tikore	Moundang	Légume de la haie vive de la maison

3.2.1 PÉRIODE D'INTRODUCTION DE *MORINGA OLEIFERA* DANS LA ZONE

Tous les producteurs ayant hérité la culture de la plante de leurs parents sont majoritairement Foulbé (25%). À en croire les exploitants, la Moringaceae a été introduite dans la zone depuis de longues dates (vers le 17^{ème} siècle). Tout porte à croire

que ce sont les Foulbé (15,18%) qui l'ont introduite dans cette zone. La présence des Foulbé nomades dans le Nord- Cameroun (pourtour du Lac Tchad) a été signalée entre le 16^{ème} et 17^{ème} siècle (34). Cette période est celle de leur pénétration massive vers la zone soudanienne (35). L'introduction de la plante dans la zone a pu avoir lieu en cette période. Par ailleurs, la plante est cultivée dans la localité de Guidigué depuis plus de 65 ans, dans celle de Gazawa depuis plus de 70 ans et celle de Papata, depuis plus de 85ans. Ces sites sont habités par les Peuhls depuis des temps immémoriaux. A ce titre *M. oleifera* se retrouve plus dans la concession des Foulbé. Ils maîtrisent mieux les usages de la plante que les autres. Divers événements historiques pourraient expliquer sa propagation dans toute la zone soudano-sahélienne, d'autant plus que les nomades Foulbé étaient signalés déjà aux abords du Lac Tchad depuis les 16-17^{ème} siècles. Le premier événement serait la proclamation de la guerre sainte ou djihad au 19^{ème} siècle au cours de laquelle il y a eu renversement des rapports de force en faveur des Foulbé (35). On suppose que ces derniers, ayant vaincu les populations locales se sont installées et ont pu favoriser la dissémination de la plante dans toute la zone. Le second serait lié au pèlerinage de la Mecque. Les Foulbé et/ou les musulmans en rentrant de ce voyage religieux auraient ramené quelques graines du Moyen Orient. Au Burkina Faso la plante a été introduite par le biais des pèlerins qui revenaient de la Mecque (36).

3.2.2 CRITERES DE DIFFÉRENCIATION PAYSANNE DES INDIVIDUS DE *MORINGA OLEIFERA*

Les populations de la région de l'Extrême-Nord Cameroun disposent de bonnes connaissances endogènes sur *M. oleifera* qu'elles intègrent dans leur vie sociale, économique et culturelle. La multiplicité des noms vernaculaires et les différents usages dans les groupes ethniques l'attestent si bien. Parmi les ethnies enquêtées, 4 ethnies (Guiziga, Mafa, Moufou et Toupouri) ont une bonne connaissance des critères de différenciation des individus de *M. oleifera*. Ces critères se basent sur les caractères tels que les feuilles, les cosses, les troncs et les graines (Tableau 3). Les critères utilisés ainsi que leur nombre diffèrent selon les groupes ethnolinguistiques.

Tableau 3. Critères de classification paysanne de *Moringa oleifera*.

Organes/partie	Critères	Variantes	% Répondants
Feuille	Couleur	Verte Verdâtre	Guiziga 40% ; Mafa 10% Moufou 20% ; Toupouri 60%
	Taille foliole et goût	Petite et sucrée Grande et fade	Guiziga 0% ; Mafa 20% Moufou 35% ; Toupouri 0%
	Couleur Pétiole	Marron Vert	
Tronc	Couleur	Grisâtre ou noirâtre Beige	Guiziga 0% ; Mafa 0% Moufou 20% ; Toupouri 25%
Cosse	Dimension	Large Mince	Guiziga 10% ; Mafa 10% Moufou 40% ; Toupouri 0%
	Couleur	Marron Beige	Guiziga 5% ; Mafa 10% Moufou 40% ; Toupouri 5%
Graine	Couleur	Noir Marron	Guiziga 15% ; Mafa 10% Moufou 30% ; Toupouri 0%

Les Moufou utilisent six critères contre cinq pour les Mafa, quatre pour les Guiziga et trois pour les Toupouri. Les critères communs aux quatre groupes ethniques sont : la taille des folioles, la saveur des feuilles, la couleur des feuilles et des gousses.

Les critères les plus utilisés sont la taille et la saveur des feuilles. L'intérêt que portent les exploitants à ces critères trouve son importance dans la valeur alimentaire des feuilles, car les feuilles ont été toujours la principale préoccupation des exploitants de la région. Ces feuilles sont plus riches en vitamines, en sels minéraux et en protéines que d'autres légumes (37). Les vendeurs détaillants dans les marchés de Maroua pensent que la commercialisation des feuilles de *Moringa oleifera* est plus rentable que la vente des autres légumes-feuilles (33). L'utilisation des feuilles dans la sauce a été citée par 95,07% des enquêtés de la même ville. L'intérêt de *M. oleifera* chez les Massa et les Toupouri se résume à l'alimentation (38).

Les parties discriminées ainsi que les critères utilisés pour classer les individus sont analogues à ceux utilisés par d'autres ethnies. Elles les ont utilisés dans d'autres zones écologiques pour discriminer les morphotypes chez d'autres plantes. Mais, le nombre de critères utilisés par les ethnies de la région pour identifier les individus de *M. oleifera* reste faible, comparé à celui utilisé ailleurs sur d'autres plantes. En Afrique de l'Ouest les populations utilisent 21 critères pour distinguer les individus du baobab (*Adansonia digitata*) (39). D'autres études réalisées sur *A. digitata* au Bénin ont permis d'identifier huit morphotypes

en se basant sur les critères d'identification paysans tels que la couleur et la taille des graines, la précocité de la maturité, la productivité des arbres, la forme des capsules et le goût de la pulpe (6). De même, au Bénin, dix morphotypes de tamarin (*Tamarindus indica*) ont été identifiés en utilisant la classification paysanne basée sur le goût de la pulpe et les types d'habitats (11).

3.2.2.1 CLASSIFICATION DE *MORINGA OLEIFERA* À PARTIR DES FEUILLES

Les individus sont identifiés par la couleur et la taille de feuilles. C'est ainsi que les Guiziga (40 %) et les Toupouri (60 %) reconnaissent l'existence des catégories suivantes :

- les individus à larges folioles à goût fade. Les feuilles sont verdâtres et sont plus pubescentes ;
- les individus à petites folioles de saveur sucrées. Les feuilles sont vertes et moins pubescentes.

Pour ces mêmes critères, les Mafa (20 %) et les Moufou (35 %) ajoutent la couleur du pétiole. Pour ces ethnies, les individus verdâtres à grosses folioles ont aussi des pétioles verts tandis que les individus à feuilles vertes, à petites folioles ont des pétioles rouges. Le critère de classification basée sur la saveur des feuilles est plus utilisé par les femmes. Selon ces dernières, le critère saveur n'est pas lié à une zone agro-écologique, car deux individus situés côte à côte peuvent avoir des goûts différents. Des résultats analogues dans quatre pays d'Afrique de l'Ouest ont été obtenus sur *Adansonia digitata* (7). Les populations de cette région classifient les individus du baobab suivant la saveur des feuilles. Ainsi, on distingue les individus à feuilles sucrées de ceux à feuilles amères.

3.2.2.2 CLASSIFICATION DE *MORINGA OLEIFERA* À PARTIR DU TRONC

Les Toupouri (25%) et les Moufou (20%) distinguent les individus de *Moringa oleifera* à partir de la couleur du tronc. Deux variétés sont connues (Fig. 4):

- les individus à écorce noire ou grisâtre, l'écorce se détache parfois en lambeaux et est quelque fois lisse ;
- les individus à écorce beige dont l'écorce est souvent rugueuse.

L'usage de la couleur de l'écorce des plantes pour distinguer les individus d'une espèce n'est pas nouveau. Au Mali, il est fréquent de voir les paysans distinguer trois types de Baobab (*Adansonia digitata*) en tenant compte de la couleur de l'écorce, qui peut être noire, rouge ou blanche (40).

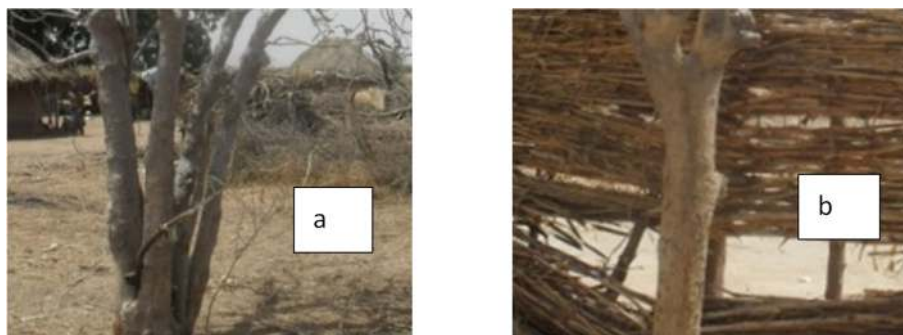


Fig. 4. Couleur du tronc de *M. oleifera* : noire(a) et beige(b).

Au Burkina Faso, en plus de la couleur de l'écorce, les populations locales identifient les individus du baobab en fonction de la structure de l'écorce. Les individus peuvent avoir une écorce lisse rose, lisse gris, rugueuse gris ou noir (7, 8).

3.2.2.3 CLASSIFICATION DE *MORINGA OLEIFERA* À PARTIR DES COSSES

Les exploitants de la région classent aussi les arbustes en se basant sur la dimension et la couleur des fruits. Pour la couleur des gousses, les Guiziga (5%), les Mafa (10%), les Mofou (40%) et les Toupouri (5%) différencient 2 types de *M. oleifera*. Il s'agit des individus à fruits marron et des individus à fruits beiges.

Une autre classification tient compte de la dimension des fruits. C'est ainsi que les Guiziga (10%), les Mafa (10%) et les Moufou (40%) distinguent les individus par la grosseur des cosSES. Deux types sont signalés : des arbustes à cosSES larges et

des arbustes à cosses minces. Ce critère est beaucoup plus utilisé par les maraîchers producteurs des graines. En Afrique de l'ouest, les paysans distinguent également les individus du baobab suivant la dimension des capsules (7 ; 8).

3.2.2.4 CLASSIFICATION DE *MORINGA OLEIFERA* À PARTIR DES GRAINES

La couleur des graines chez *M. oleifera* est un critère utilisé chez les producteurs Guiziga (15%), Mafa (10%) et Mofou (30%). Ces exploitants classent les graines en deux groupes: les graines de couleur noire et les graines de couleur marron (Figure 5).



Fig. 5. Graines de différentes de couleurs marron (a) et de couleur noire (b).

Au Bénin, une classification paysanne des Baobabs en trois types suivant la couleur des graines a été rapportée (41).

4 CONCLUSION

L'enquête socio-économique a permis de recenser les connaissances paysannes liées à la culture de *Moringa oleifera*. Ainsi, *M. oleifera* occupe une place de choix dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Les feuilles et les graines de la Moringaceae sont consommées et commercialisées. Différentes parties de la plante sont utilisées en médecine traditionnelle. Les feuilles constituent la partie la plus consommée et commercialisée. Un ensemble de 19 maladies sont traitées à base de *M. oleifera*. Les exploitants ont une bonne connaissance de la plante et utilisent six critères pour classer les individus. Les critères communs aux groupes ethniques sont la taille des folioles, la saveur, la couleur des feuilles et des gousses. Ces critères qualitatifs pourront servir de base pour les choix des écotypes dans les programmes d'amélioration de *M. oleifera* dans la zone.

REFERENCES

- [1] R.R.B Leakey, Les arbres des exploitations agricoles améliorent la durabilité agricole et renforcent la résilience au changement climatique. *The Overstory*, N° 234. 18p., 2011.
- [2] R.R.B Leakey, Z.Tchoundjeu, K.Schreckenberger, S. Shackleton, C.Shackleton, Agroforestry Tree Products (AFTPs): Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. *International Journal of Agricultural Sustainability* 3: 1-23., 2005.
- [3] J. W. Fahey, *Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. *Trees for Life Journal* 1: 5-15., 2005.
- [4] M. Gamatié, Description des filières feuilles de Moringa au Niger. CTA. *MoringaNews*.9p., 2006.
- [5] A. de Saint sauveur M. Broin, Produire transformer feuilles Moringa. *MoringaNews*. CTA. 36p., 2010.
- [6] A.E. Assogbadjo, T. Kyndt, F.J. Chadre, B. Sinsin, G. Gheysen, O. Eyog-Matig, P.Van Damme, Genetic fingerprinting using AFLP cannot distinguish traditionally classified baobab morphotypes. *Agroforestry Systems*.75: 157-165., 2008.
- [7] A. E. Assogbadjo, R. Glèlè kakaï, F. J. Chadare, L.Thomson, T. Kyndt, B. Sinsin, P. Van Damme, Folk Classification, perception, and preferences of Baobab products in West Africa: Consequences for species conservation and improvement. *Economic Botany*. 62(1): 74-84., 2008.
- [8] A. E. Assogbadjo, R. Glèlè Kakaï, T. Kyndt, B. Sinsin, Conservation Genetics of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in the Parklands Agroforestry Systems of Benin (West Africa). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(2): 136-140., 2010.
- [9] A. M. Kouyaté, P. Van Damme, B. De Meulenaer, H. Diawara, Contribution des produits de cueillette dans l'alimentation humaine. Cas de *Detarium microcarpum*. *Afrika Focus* 22 (1) : 77-88., 2008.

- [10] E. E De Caluwé, K. Halamová, P. Van Damme, *Tamarindus indica* L. A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika Focus*. 23(1): 11-51., 2010.
- [11] B. Fandohan, A. E. Assogbadjo, R. G. Kakaï, T. Kyndt, B. Sinsin, Quantitative descriptors confirm traditionally classified morphotypes of *Tamarindus indica* L. fruits. Faculty of Bioscience Engineering, University of Abomey-Calavi, Bénin. *Fruits*. (65): 11-19., 2010.
- [12] M. Diouf, M. Gueye, B. Faye, O. Dieme, C. Lo, Gningue D, C. O. Ba Ba T.B., Niang Y., Diao M. Ba, A. Tamba, A. A Mbaye, *Moringa oleifera* Lam (ou nebedaay ou woloff) un légume feuille d'avenir au Sénégal: utilisation et stratégies de conservation. In *Proceeding of regional workshop on Plant genetic resources for food and security in west and central africa*. 10p., 2004.
- [13] L'Hôte, Climatologie. In Atlas de la région de l'Extrême- Nord Cameroun. Eds Seignobos et Iyebi-Mandek. MINREST/INC/IRD. 179: 17-19., 2000.
- [14] E. Fotsing, Small Savannah : un Système d'Information pour l'analyse intégrée des changements d'utilisation de l'espace à l'Extrême-Nord du Cameroun. Thèse de PhD. Institut des Sciences environnementales de l'Université de Lieden, Pays-Bas. 373p., 2009.
- [15] I. Agbenoko, *Moringa oleifera*. L'arbre purificateur. Sylva, Réseau arbres tropicaux. *Le Flamboyant*. 34-35., 1991.
- [16] C. Alidou, A. Salifou, F. P. Tchobo, M. M. Soumanou, Connaissance endogène et utilisations du *Moringa oléifera* pour les populations autochtones de huit départements du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 13 (2): 316-326., 2015.
- [17] HDRA., *Moringa oleifera* A multi-purpose tree. 12p., 2002.
- [18] P. Tedonkeng, A. T Niba, F. A. Fonteh, F. Tedonkeng, J. R. Kana, B. Boukila, J. Tsachoung, Effet de la supplémentation au *Moringa oleifera* ou aux blocs multi nutritionnels sur l'évolution du poids post partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus* L.) *Livestock Research for Rural Development*. 4:17p., 2005.
- [19] F. Tedonkeng, B. Boukila, A. Beguide, T.E. Pamo, Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans la ration finition des poulets de chair. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*. 6p., 2009.
- [20] A. Tété-Bénissan, K. A. Lawson-Evi, K. Kokou, M. Gbéassor, Effet de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* Lam. sur l'évolution du profil de l'hémogramme des enfants malnutris au Togo: évaluation chez les sujets HIV positifs. *African Scholarly Science Communications Trust*. 12 (2): 6009-6029., 2012.
- [21] A. Tété-Bénissan, M. L. A. Quashie, K. Lawson-Evi, K. Kokou, M. Gbéassor, Récupération nutritionnelle chez les sujets malnutris VIH positifs et VIH négatifs après utilisation de feuilles de *Moringa oleifera* Lam. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 15(2): 2184-2199., 2012.
- [22] P. Delaveau, P. Boiteau, Huiles à intérêt pharmacologique, cosmétiques et diététique. Huiles du *Moringa oleifera*. *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, 14: 29-33., 1998.
- [23] J. C Okafor, R. Hum, Identification, utilisation et conservation des plantes dans le sud du Nigéria. In Thème de la biodiversité africaine. Bulletin N°3 ; 8p., 1999.
- [24] R. Hsu, S. Midcap, Arbainsyah, L. DeWitte, *Moringa oleifera*, Medicinal and Socio-Economic uses. International Course on Economic Botany, September 2006. National Herbarium Leiden, the Netherlands. 18p., 2006.
- [25] J. Kerharo, G. Adam, La pharmacopée sénégalaise traditionnelle, plantes médicinales et toxiques. Vigot, Paris. 112 p., 1994.
- [26] I.C. Ezeamuzie, A.W. Ambadedermo, F.O. Shode, S.C. Ekwebelem, Les effets anti-inflammatoires des extraits de racines de *Moringa oleifera*. *Journal International de Pharmacopée*, 34 (3): 212-270., 1996.
- [27] K. R. Dzoué, *Moringa oleifera*: sa soigne et c'est rentable. LVDP. Mensuel bilingue d'information, de formation et de débat sur le monde rural. pp. 9-16., 2009.
- [28] R.N. Chopra, Indigenous drugs of India—their medicinal and economic aspects. Art press Calcutta, pp. 344-347., 1938.
- [29] E. Quisumbing, *Moringa oleifera*, les plantes médicinales des Philippines. Karha publication company. pp. 346-349., 1999.
- [30] M. Diouf, M. Diop, C. Lo, K.A. Drame, E. Sene, C.O. Ba, M. Gueye, B. Faye, Prospection de légumes feuilles traditionnels de type africain au Sénégal. In Biodiversity of traditional leafy vegetables in Africa. Editors J.A Chweya and P. Eyzaguirre, International Plant Genetic Institute (IPGRI) Viadelle sette Chiese 14200145 Rome Italie. pp. 111-150., 1999.
- [31] M. Saqalli, Perspectives de développement et conflits autour de l'implantation et la diffusion du *Moringa oleifera*. Districts de Korogwe – Handeni, Province de Tanga république unie de Tanzanie. Mémoire du Diplôme d'Ingénieur en Agronomie Tropicale (D.I.A.T.) Foresterie Rurale et Tropicale. 141p., 2001.
- [32] L.J. Fuglie, The Miracle Tree. The Multiple Attributes of Moringa. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA: ACP-EU) and Church World Service, Dakar. 103p., 2001.
- [33] P.O. Madi, S. Bourou, N. Woin, Utilisations et importances socio-économiques du *Moringa oleifera* Lam. en zone de savanes d'Afrique Centrale. Cas de la ville de Maroua au Nord-Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*. 60: 4421– 4432., 2012.

- [34] E. Mohamadou, L'histoire des Peuhls du Diamaré: Maroua et Pétété. Tokyo. ILCAA. 409p., 1976.
- [35] C. Seignobos, Les Foulbé. In Atlas de la région de l'Extrême- Nord Cameroun. MINREST/INC/IRD. 179: 52-56., 2000.
- [36] B. A. Batino, La culture de *Moringa oleifera* au Burkina Faso. Améliorer la nutrition des tout petits et des plus grands. *Sahel Agroforesterie*, 9p., 2007.
- [37] M. Broin, Diagnostic préalable à la sensibilisation,. Visité le 12 février 2016. CTA-ACP-UE. <http://www.Moringanews.org>., 2010
- [38] J. Gormo, Les plantes et l'homme dans les sociétés Toupouri et Massa du Nord-Cameroun du XIXè au XXè siècle. Thèse de Doctorat PhD. Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines. Université de Ngaoundéré, 498p., 2005.
- [39] B. Sinsin, How far local use of taget plant species challenge their conservation in land use area in West Africa. Com. International Symposium. On indigenious fruit trees for dry land Africa. Domestication for use in changing environment Allada, Benin. 12p., 2010.
- [40] M. Sidibe, J.T. Williams, Baobab. *Adansonia digitata*. International Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK. 12p., 2002.
- [41] A. E. Assogbadjo, Diversité génétique du baobab au Benin. Manuel technique 2. *The Ruffor Small Grants Fondation*. 8p., 2010.

