

Production fruitière chez *Garcinia kola* Heckel en zone Guinéo-congolaise au Bénin : Déterminants et Evaluation

TITRE COURANT

Production fruitière chez *Garcinia kola* Heckel au Bénin

AZALOU-TINGBE Nondégnissè Claude*, ASSOGBADJO E. Achille, AHANHANZO Corneille, IDOHOU Rodrigue, HOUEDJISSIN Sètonджи Serge, AKIN Yaï Yanik, CACAÏ Habib Todjro Gilles

Résumé

Garcinia kola est une espèce indispensable en médecine, en alimentation, en industrie, en culture et en spiritualité. Malheureusement sa surexploitation et sa mauvaise gestion ont contribué à la diminution de ses populations au Bénin et à son inscription sur la liste rouge de l'UICN. Ainsi, dans le but d'améliorer la gestion, la conservation et la restauration de cette espèce, il urge d'évaluer les facteurs influençant sa production fruitière intra et inter districts phytogéographiques au Bénin. Un échantillonnage stratifié a été réalisé sur 42 arbres qui ont été sélectionnés parmi ceux en cours de production de fruits dans deux phytodistricts (celui de Pobè et celui de la vallée de l'Ouémé) dans lesquels l'espèce est actuellement présente au Bénin. La collecte des données a concerné le nombre de fruits par arbre, le diamètre à hauteur de poitrine, la hauteur totale, le nombre de branches, l'âge et le type de sol, ainsi que la pluviométrie, le type de district phytogéographique et la saison de fructification. Des régressions linéaires généralisées (glm) de la famille de poisson (ajustement négative binomiale) ont été réalisées sous le package MASS grâce au logiciel R.3.6.0, afin de tester l'effet des facteurs sur la production fruitière de *Garcinia kola*. Les résultats ont montré que la production fruitière de *Garcinia kola* au Bénin est influencée par le phytodistrict, la période de fructification, le type de sol, l'âge, la pluviométrie, le nombre de branches, le diamètre et la hauteur des arbres.

Mots clés : Conservation, Restauration, Abiotique, Âge, Diamètre, UICN, Phytodistrict.

Abstract

Fruit production in *Garcinia kola* Heckel in the Guineo-Congolese zone in Benin: Determinants and Evaluation

Garcinia kola is an indispensable species in medicine, food, industry, culture and spirituality. Unfortunately its overexploitation and mismanagement have contributed to the reduction of its populations in Benin and its inclusion on the IUCN Red List. Thus, in order to improve the management, conservation and restoration of this species, it is urgent to assess the factors influencing its fruit production within and between phytogeographic districts in Benin. Stratified sampling was carried out on 42 trees which were selected from those in fruit production in two phytodistricts (that of Pobè and that of the Ouémé valley) in which the species is currently present in Benin. The data collected concerned the number of fruits per tree, the diameter at breast height, the total height, the number of branches, the age and the type of soil, as well as the rainfall, the type of phytogeographic district and the fruiting season. Generalized linear regressions (glm) of the fish family (negative binomial adjustment) were performed under the MASS package using R.3.6.0 software, in order to test the effect of the factors on the fruit production of *Garcinia kola*. Results showed that *Garcinia kola* fruit production in Benin is influenced by phytodistrict, fruiting period, soil type, age, rainfall, number of branches, diameter and height trees.

Keywords: Conservation, Restoration, Abiotic, Age, Diameter, IUCN, Phytodistrict.

AZALOU-TINGBE Nondégnissè Claude* : Doctorant, Université d'Abomey-Calavi (UAC), Département de Génétique et des Biotechnologies (D/GB), Laboratoire Central des Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes (LCBVAP) ; Département de l'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles (D/AGRN), Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), 01 BP : 1534, Abomey-Calavi, Email : azaloutingbenondegnisseclaude@yahoo.com. [Il est l'auteur correspondant.](#)

ASSOGBADJO E. Achille : Professeur Titulaire (PT), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Département de l'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles (D/AGRN), Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), 05 BP : 1752, Cotonou, Email : assogbadjo@yahoo.fr

AHANHANZO Corneille : Professeur Titulaire (PT), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Département de Génétique et des Biotechnologies (D/GB), Laboratoire Central des Biotechnologies végétales et d'Amélioration des Plantes (LCBVAP) ; Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique (CBRST), 01 BP : 526 Cotonou, Email : corneillea@yahoo.com

IDOHOU Rodrigue : Docteur (PhD), Université d'Abomey-Calavi, Département

de l'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles (D/AGRN), Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimation Forestières (LABEF), 04 BP : 1525, Cotonou, Email : rodrigodhou@gmail.com

HOUEDJISSIN Sètonджи Serge : Docteur (PhD), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Département de Génétique et des Biotechnologies (D/GB), Laboratoire Central des Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes (LCBVAP), 01 BP : 526 Cotonou, Email : sergesth01@yahoo.fr

AKIN Yaï Yanik : Master of Science (MSc), Université d'Abomey-Calavi, Département de l'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles (D/AGRN), Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimation Forestières (LABEF) ; Université de Parakou (UP) ; Département : Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF), BP : 123 Parakou, Email : yanakinde22@gmail.com

CACAÏ Habib Todjro Gilles : Maître Assistant (MA), Université d'Abomey-Calavi, Département de Génétique et des Biotechnologies (D/GB), Laboratoire Central des Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes (LCBVAP), 01 BP : 526 Cotonou, Email : caghat@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Au Bénin, les populations rurales dépendent étroitement des ressources végétales pour leurs besoins quotidiens en alimentation, fourrage, bois énergie, pharmacopée, artisanat et autres produits (Sop *et al.*, 2012). Parmi ces ressources végétales, Dadjo (2019) a identifié *Garcinia kola* Heckel, qui occupe au Bénin la troisième place parmi les plantes médicinales en termes de nombre de recettes dans lesquelles l'espèce est incorporée. *Garcinia kola* Heckel est une espèce

forestière appartenant à la famille des Clusiaceae. Cette espèce est présente dans toute l'Afrique occidentale et centrale, de la Sierra Leone au Gabon et à la République démocratique du Congo. En Afrique de l'Ouest, *G. kola* pousse en Sierra Leone, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Togo, au Bénin et au Nigéria. En Afrique centrale, on la trouve au Cameroun, au Gabon, en République centrafricaine et en Guinée équatoriale (Agyili *et al.*, 2006; Vivien et Faure, 2011 ; Osazuwa *et al.*, 2014). Au Bénin, elle se retrouve surtout dans le district

phytogéographique côtier, dans le district phytogéographique de Pobè, dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé et dans le district phytogéographique du Plateau (Neuenschwander *et al.*, 2011). Elle colonise les forêts denses humides et forêts riveraines, tout comme quelques habitations (Neuenschwander *et al.*, 2011). Mais force est de constater que cette espèce aux multiples usages est sujette à de graves menaces telles que l'urbanisation (Savi, 2018 ; Codjia *et al.*, 2018), les préjugés locaux (Codjia *et al.*, 2018), la difficulté de la germination des graines (Savi, 2018), l'absence de méthodes de gestion et de conservation de l'espèce (Dadjo, 2019) et sa surexploitation (Vivien et Faure, 2011). Cette réduction de la disponibilité de l'espèce s'est remarquée dans tous les pays faisant partie de sa zone de distribution mondiale (Benin, Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Liberia et Sierra Leone) et a causé une très faible disponibilité de ses organes dans les marchés (Kouame *et al.*, 2016 ; Codjia *et al.*, 2018). Cette espèce forestière endémique aux forêts tropicales humides (Agyili *et al.*, 2007) est très menacée d'extinction (Eyog *et al.*, 2007). En conséquence, sa densité régresse de façon alarmante au fur et à mesure de l'évolution du temps (Adomou *et al.*, 2011 ; Codjia *et al.*, 2018) et *Garcinia kola* s'est retrouvé sur la liste rouge de l'«Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN)» à l'échelle mondiale comme une espèce vulnérable (Cheek, 2004 ; IUCN, 2020) mais éteinte et épuisée à l'état sauvage au Bénin (Neuenschwander *et al.*, 2011 ; Dadjo, 2019). L'espèce a ainsi besoin d'être urgemment conservée et réintroduite dans ses zones agroécologiques (Cheek, 2004 ; IUCN, 2020). En raison de son importance et de son statut de conservation, cette espèce a été classée parmi les dix espèces prioritaires qui doivent être évaluées et améliorées au Bénin (Assogbadjo *et al.*, 2017). La valorisation, la conservation et la restauration d'une espèce dans son habitat naturel, passe nécessairement par la connaissance non seulement de sa production fruitière (Kouyaté *et al.*, 2016 ; Badou *et al.*, 2017 ; Hamawa *et al.*, 2019), mais aussi des facteurs qui influencent cette production (Kouyaté *et al.*, 2016 ; Agbani *et al.*, 2017). L'objectif général de cette étude est donc de contribuer à une meilleure connaissance de l'influence des variables dendrométriques et environnementales sur la production fruitière intra et inter district phytogéographique de *Garcinia kola* au Bénin, afin de fournir aux gestionnaires forestiers, aux chercheurs, aux producteurs et aux exploitants, des informations importantes pour améliorer les mesures de gestion et de conservations de l'espèce dans son habitat naturel. De façon spécifique, cette étude vise à analyser les variables biologiques et écologiques influençant la production fruitière inter et intra district phytogéographique chez *Garcinia kola* au Bénin ; l'hypothèse qui en découle stipule que les variables dendrométriques et environnementales influencent la production fruitière chez *Garcinia kola* au Bénin.

2. METHODES

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone climatique Guinéo-Congolaise du Bénin qui est l'aire de répartition naturelle de *Garcinia kola* au Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006 ; Neuenschwander *et al.*, 2011). Cette zone, la plus humide du Bénin est située dans sa partie méridionale et s'étend de la côte à la latitude de la Commune de Djidja. Le climat est subéquatorial avec un régime pluviométrique bimodal. On distingue quatre saisons dont deux saisons pluvieuses et deux

saisons sèches. La pluviométrie annuelle varie de 900 mm à l'Ouest à 1300 mm à l'Est. Cette zone est en étroite relation avec le phénomène énigmatique du « Dahomey Gap » qui est une interruption de la ceinture forestière devant relier les deux blocs forestiers de l'Afrique centrale et de l'Afrique occidentale. La forêt dense humide n'existe que sous forme de petits îlots et l'unité sempervirente de terre ferme y est complètement absente. Deux des trois genres endémiques de la région Soudanienne (*Vitellaria* et *Pseudocedrela*) y sont même notés. Plus à l'Est dans la Commune de Grand-Popo où il pleut souvent moins de 900 mm/an subsistent encore quelques pieds de *Balanites aegyptiaca*, espèce typique du Sahel (Neuenschwander *et al.*, 2011). L'humidité relative varie entre 69% et 97% (Neuenschwander *et al.*, 2011).

Les sols sont soit ferrallitiques profonds, soit riches en argile, humus et minéraux (Neuenschwander *et al.*, 2011).

La végétation indigène est constituée de forêts denses semi-décidues et de savanes guinéennes. La période de végétation active dure 7 à 8 mois (Neuenschwander *et al.*, 2011). Cette zone climatique comprend 4 districts phytogéographiques à savoir : le district phytogéographique côtier, le district phytogéographique de Pobè, le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé et le district phytogéographique du Plateau (Neuenschwander *et al.*, 2011).

2.2. Description de l'espèce

Garcinia kola est une espèce dont l'écorce est brune foncée, lisse et marquée de lignes horizontales (Vivien et Faure, 2011). Cette écorce apparemment sans rhytidome et épaisse, émet un latex jaune collant moins abondant (Eyog Matig *et al.*, 2006). *Garcinia kola* est un arbre qui possède des feuilles persistantes, opposées, simples, elliptiques à nombreuses nervures latérales peu visibles et à pétioles légèrement épaissi et ailé à la base (Vivien et Faure, 2011). Ses feuilles montrent des canaux sécréteurs noirs visibles à la face inférieure et parallèles aux nervures latérales (Akoègninou *et al.*, 2006). Les fleurs de *Garcinia kola* sont blanc-verdâtres, unisexuées, mâles ou femelles (Agyili *et al.*, 2006). Les fruits de *Garcinia kola* sont des baies veloutées de forme sphérique ou ovoïde dont le diamètre varie de 5cm à 10 cm avec une masse comprise entre 30g et 50 g (Esiegwu *et al.*, 2014). Ces fruits constituant une baie globuleuse à pulpe jaune orange contient 3 à 4 graines ellipsoïdes (Akoègninou *et al.*, 2006).

2.3. Echantillonnage

Une phase exploratoire a été réalisée en 2018, afin d'actualiser la présence physique de l'espèce dans tous les quatre (4) districts phytogéographiques cités plus haut. Après cette exploration réalisée, seulement quelques pieds de *Garcinia kola* ont été recensés dans deux des districts phytogéographiques : il s'agit du district phytogéographique de Pobè qui couvre les communes de Adjarra, Avrankou, Porto-Novu, Akpro-Misséréte, Ifangni et une partie de Dangbo puis du district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé qui couvre une partie de la commune de Calavi jusqu'à la forêt communautaire de Lokoli à Zogbodomey.

Un échantillonnage stratifié et raisonné a été réalisé. La strate ici constitue les arbres en cours de production de fruits et exempts de mutilation (Vihotogbé, 2012). Au cours de la phase exploratoire, le plus faible effectif d'arbre de *Garcinia kola* en cours de production de fruits est vingt-et-un (21) par district phytogéographique. Ainsi, 21 pieds de l'espèce ont

été choisis par district phytogéographique, soit au total 42 arbres pour la taille de l'échantillon dans la zone d'étude. La *Figure 1* illustre la répartition géographique des communes au sein desquelles les arbres ont été échantillonnés.

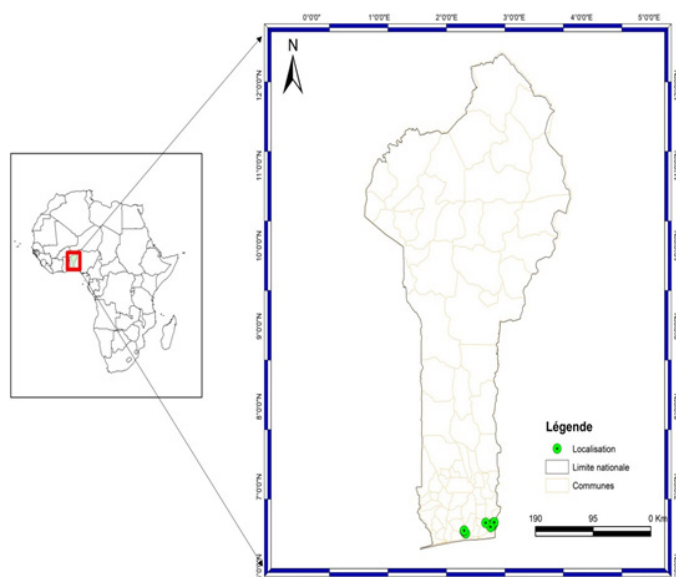


Figure 1 : Répartition géographique des communes au sein desquelles les arbres ont été échantillonnés.

2.4. Collecte de données

Les données ont été collectées sur le terrain entre Mars 2019 et Février 2020. La production en nombre de fruits par branche (Nfb) par arbre a été déterminée par le comptage du nombre total de fruits sur toutes les branches suivant chaque arbre pendant toute l'année civile d'observation ; l'arbre fructifie deux fois l'an (une grande saison fruitière et une petite saison fruitière).

Le diamètre a été mesuré grâce à un ruban diamètre. La hauteur totale de l'arbre a été déterminée grâce à la croix du bûcheron et au clinomètre Suunto.

L'âge des arbres a été déterminé grâce à la méthode « de comptage des cernes, du cœur à l'écorce » de la dendrochronologie (Massenet, 2010). La *Photo 1* présente les cernes d'un tronc de *Garcinia kola*.



Photo 1 : Image montrant des cernes de *Garcinia kola* après coupure
Photo : Claude N. AZALOU-TINGBE (26-04-2019).

En effet, après la coupure transversale dans le tronc de l'espèce par les exploitants locaux, un arbre par district phytogéographique a fait l'objet d'étude de dendrochronologie, suite à leur coupure à 1,30 m du sol. L'âge de ces arbres

étudiés étant connu, la détermination de l'âge des autres arbres de chaque district phytogéographique a été réalisée en déterminant en cm, le segment de diamètre produit par l'arbre chaque année, à travers la division du diamètre à hauteur de poitrine par le nombre de cernes comptés, du cœur à l'écorce de l'arbre (Massenet, 2010).

La pluviométrie du district phytogéographique de Pobè a été obtenue à partir des données climatiques de la Direction Départementale de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (DDEAP), et celle du district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé a été obtenue à partir du Rapport final de l'Étude d'Impact Environnemental et Social (l'ÉIES) (Ministère du cadre de vie et du développement durable, 2018) des 8 900 logements sociaux et économiques.

Les types de sols ont été déterminés grâce aux informations tirées des études d'Amadjì (2010), du Centre National de Télédéttection du Bénin (CENATEL, 2012) et d'Igue et al. (2013).

2.5. Analyse des données

Pour tester l'effet de l'âge, du district phytogéographique, de la période de fructification, du type de sol et des variables dendrométriques sur le nombre de fruits produits par *Garcinia kola*, des régressions linéaires généralisées (glm) de la famille de poisson (ajustement négative binomiale) ont été réalisées sous le package MASS (Ripley et al., 2002). Des boîtes à moustache ont été réalisées pour illustrer les résultats. Aussi, les statistiques descriptives (Moyenne, Erreur Type) des paramètres structuraux et de la pluviométrie suivant les districts ont été calculées.

Par ailleurs, la matrice des coefficients de corrélation et des probabilités afférentes a été par la suite construite pour mettre en évidence l'existence de la corrélation entre le nombre de fruits, le diamètre, la hauteur, le nombre de branches, la température et la pluviométrie sous le package ggcorplot (Alboukadel, 2019). Les analyses statistiques ont été réalisées sous le Logiciel R.3.6.0 (R Core Team, 2018).

3. RESULTATS

3.1. Variation de la production fruitière de *Garcinia kola* en fonction de la pluviométrie et des paramètres dendrométriques

Les paramètres que sont le nombre de fruits, le diamètre à hauteur de poitrine, l'âge, la hauteur et la pluviométrie, varient d'un district phytogéographique à un autre au Bénin (*Tableau 1*). En effet, la production fruitière dans le district phytogéographique de Pobè (9496,33 fruits en moyenne annuelle) est supérieure à celle dans le district phytogéographique de la vallée de l'Ouémé (7127,19 fruits en moyenne annuelle).

Aussi, le diamètre (1,90 m), l'âge moyen (162,67 ans) et la hauteur moyenne des arbres (31,33 m) dans le district phytogéographique de Pobè sont respectivement supérieurs au diamètre (1,20 m), à l'âge moyen (105,95 ans) et à la hauteur moyenne (19,15 m) des arbres dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé. En revanche, la hauteur de pluie moyenne annuelle cumulée (1179,86 mm) dans le district phytogéographique de Pobè est légèrement inférieure à celle déterminée (1300,00 mm) dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé.

Tableau I : Paramètres structuraux et variables environnementales des arbres étudiés dans les deux districts

Variables	DPPOBE		DPVO	
	Moy	ET	Moy	ET
Nombre de fruits	9496,33	465,89	7127,19	346,01
Diamètre (m)	1,90	0,17	1,20	0,14
Age (ans)	162,67	22,17	105,95	17,40
Hauteur (m)	31,33	3,31	19,15	2,14
Pluviométrie (mm)	1179,86	19,47	1300,00	0,00

Moy : Moyenne, ET : Erreur Type, DPPOBE : District Phytogéographique de Pobè, DPVO : District Phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé

3.1.1.1. Variation des paramètres structuraux des arbres

Le diamètre moyen des arbres ayant un âge inférieur à 80 ans est 0,81 m pour le district de Pobè et 0,72 m pour celui de la Vallée de l’Ouémé tandis que le diamètre moyen des arbres ayant un âge inférieur à 100 ans est 1,18 m pour le district de Pobè et 0,72 m pour celui de la vallée de l’Ouémé. Le diamètre moyen des arbres ayant un âge supérieur à 100 ans est 2,44 m pour le district de Pobè et 1,98 m pour celui de la Vallée de l’Ouémé (Tableau II).

La hauteur moyenne des arbres ayant un âge inférieur à 80 ans est 11,57 m pour le district de Pobè et 12,24 m pour celui de la Vallée de l’Ouémé tandis que la hauteur moyenne des arbres ayant un âge inférieur à 100 ans est 17,10 m pour le district de Pobè et 12,24 m pour celui de la Vallée de l’Ouémé. La hauteur moyenne des arbres ayant un âge supérieur à 100 ans est 42,01 m pour le district de Pobè et 30,40 m pour celui de la Vallée de l’Ouémé (Tableau II).

Tableau II : Moyennes et écarts-types des paramètres structuraux des arbres

District	Classe	Classe de 80 ans				Classe de 100 ans				
		Diamètre		Hauteur		Diamètre		Hauteur		
		Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	
DPPOBE	Inf80	0,81	0,12	11,57	1,44	Inf100	1,18	0,20	17,10	2,92
	Sup80	2,34	0,07	39,24	2,44	Sup100	2,44	0,06	42,01	2,45
DPVO	Inf80	0,72	0,07	12,24	0,91	Inf100	0,72	0,07	12,24	0,91
	Sup80	1,98	0,01	30,40	1,70	Sup100	1,98	0,01	30,40	1,70

Moy : Moyenne, ET : Erreur Type, DPPOBE : District Phytogéographique de Pobè, DPVO : District Phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé, INF 250 : Arbre ayant un âge inférieur à 250 ans, SUP 250 : Arbre ayant un âge supérieur à 250 ans

3.1.1.2. Typologie des sols exploités par les arbres

Dans le district phytogéographique de Pobè, 76,20% des arbres de *Garcinia kola* échantillonnés se développent sur le sol brun et les autres 23,80% sur un sol ferrallitique. Concernant le district Phytogéographique de la Vallée de Ouémé, 100 % des arbres échantillonnés se développent sur le sol ferrallitique (Figure 2).

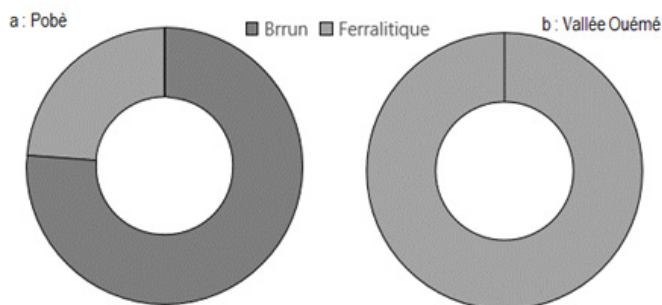


Figure 2 : Diagramme d’exploitation des sols par district phytogéographique chez *Garcinia kola*. a) Exploitation des sols dans le district phytogéographique de Pobè, b) Exploitation des sols dans le district phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé.

3.1.1.3. Variation des pluviométries des saisons de fructification chez *Garcinia kola*

Au Bénin, quel que soit le district phytogéographique, la grande saison de fructification a une pluviométrie plus grande (792,73 mm) que la petite saison (343,58 mm) de fructification (Données de terrain, 2018).

3.1.2. Variation de la production fruitière en fonction de la pluviométrie et des variables dendrométriques

La production fruitière chez *Garcinia kola* varie en fonction des variables dendrométriques et de la pluviométrie (Tableau III).

Tableau III : Effet du district phytogéographique, de la période de fructification, du type de sol, de l’âge, de la température, de la pluviométrie, du nombre de branches, du diamètre et de la hauteur sur le nombre de fruits produits. a) Probabilités des paramètres généraux ; b) Probabilités de quelques paramètres spécifiques.

a)

Source de variation	Ddl	Déviante résiduelle	Pr (>Chi)
District Phytogéographique (DP)	1	418585	<0,001
Période de fructification (PF)	1	22950	<0,001
Type de sol	1	21400	<0,001
Classe d’âge	3	8891	<0,001
Température	1	8886	0,026
Pluviométrie	1	8865	<0,001
Nombres de branches	1	7896	<0,001
Diamètre	1	7850	<0,001
Hauteur	1	7726	<0,001
DP X PF	1	7648	<0,001

Source : Données de terrain (2019, 2020).

b)

Sources de variation	Coefficients	ET	Valeur de Z	Pr(> z)
(Intercept)	4,16	2,14	1,95	0,051
Type de sol: ferrallitique	0,02	0,01	1,82	0,069
Age: >250	-0,04	0,01	-3,38	0,001

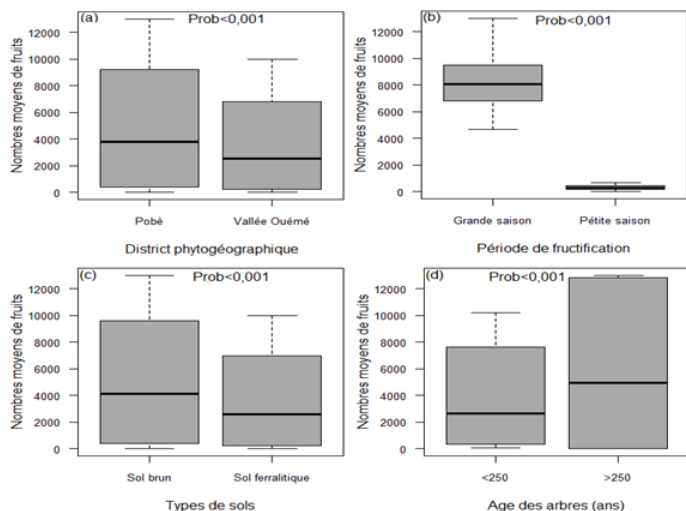
ET : Erreur Type, Pr : Probabilité de significativité à 5%.

Source : Données de terrain (2019, 2020).

Il ressort de l’analyse du tableau III que le district phytogéographique, la période de fructification, le type de sol, l’âge, la température, la pluviométrie, le nombre de branches, le diamètre et la hauteur des arbres ont tous un effet très significatif positif sur la production de fruits (nombre de fruits produits par arbre et par saison). En effet, les probabilités de significativité de ces différents paramètres, sont largement inférieures au seuil de 5% : P <0,001 pour le district phytogéographique, P <0,001 pour la période de fructification, P <0,001 pour le type de sol, P <0,001 pour l’âge, P = 0,026 <0,001 pour la température, P <0,001 pour la pluviométrie, P <0,001 pour le nombre de branches, P <0,001 pour le diamètre à hauteur de poitrine et P <0,001 pour la hauteur des arbres.

3.2. Variation de la production fruitière suivant le district phytogéographique, la période de fructification, le type de sols et l’âge des arbres

La variation de la production fruitière suivant le district phytogéographique, la période de fructification, le type de sols et l’âge des arbres, est illustrée par la Figure 3.



Source : Données de terrain (2018, 2019, 2020).

Figure 3: Comparatif des moyennes pluviométriques de chaque saison.

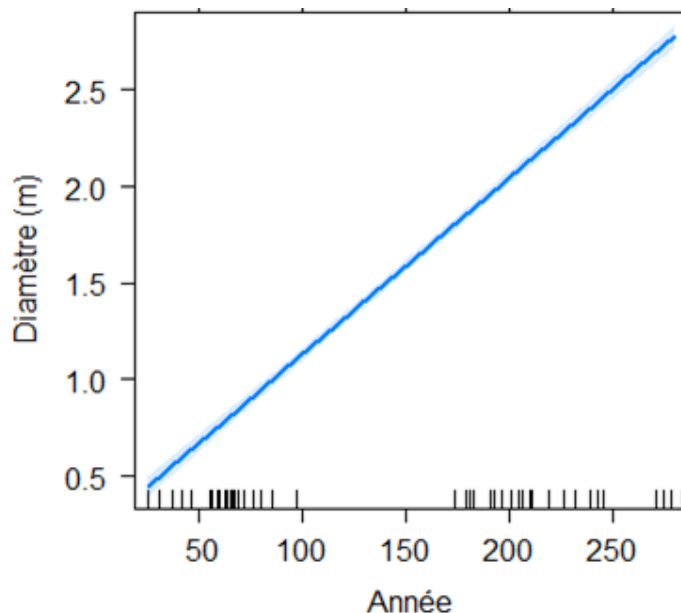
La Figure 3(a) indique que la production fruitière saisonnière par arbre chez *Garcinia kola* diffère significativement d'un district phytogéographique à un autre au Bénin. En effet, la production en nombre de fruits par arbre de *Garcinia kola* est significativement plus élevée dans le district phytogéographique de Pobè (4921,55 fruits en moyenne) que dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé (3673,60 fruits en moyenne).

La Figure 3(b) montre que la production en nombre de fruits par arbre chez *Garcinia kola* au Bénin, diffère d'une saison de fructification à une autre. En effet, la production en nombre de fruits de *Garcinia kola* est largement plus élevée au cours de la grande saison (8311,76 fruits en moyenne) de fructification qu'au cours de la petite saison de fructification (283,38 fruits en moyenne). La grande saison de fructification chez *Garcinia kola* au Bénin (tout district phytogéographique confondu) se déroule véritablement en moyenne pendant 5 mois successifs (Mars à Juillet) tandis que la petite saison de fructification chez *Garcinia kola* au Bénin (tout district phytogéographique confondu) se déroule véritablement en 3 mois successifs (Septembre à Novembre).

La Figure 3(c) laisse voir que la production de fruits par arbre chez *Garcinia kola* diffère d'un type de sol à un autre au Bénin. En effet, la production en nombre de fruits par arbre de *Garcinia kola* est largement plus élevée sur les sols bruns hydromorphes (5155,50 fruits en moyenne, tout district phytogéographique confondu) que sur les sols ferrallitiques (3769,62 fruits en moyenne, tout district phytogéographique confondu).

La Figure 3(d) montre que la production en nombre de fruits par arbre chez *Garcinia kola* varie suivant l'âge de l'arbre quel que soit le district phytogéographique considéré. Cette production évolue de manière proportionnelle avec l'âge de l'arbre. En effet, le nombre moyen de fruits produits (5990,71 fruits en moyenne) par les arbres ayant 250 ans et plus est plus élevé que le nombre moyen de fruits produits (3958,94 fruits) par les arbres ayant moins de 250 ans. Aussi, il est très important de préciser que l'âge des arbres évolue également de manière proportionnelle avec le diamètre des arbres (Figure 4).

Il ressort de l'exploitation conjointe des Figure 3(d) et 4, que la production fruitière saisonnière et annuelle évolue proportionnellement non seulement avec le diamètre des arbres de *Garcinia kola*, mais aussi avec l'âge des arbres. La Photo 2 quant à elle, présente l'espèce et ses fruits.



Source : Données de terrain (2018, 2019, 2020).

Figure 4 : Evolution du diamètre à hauteur de poitrine en fonction de l'âge des arbres. Légende : Année (ans).

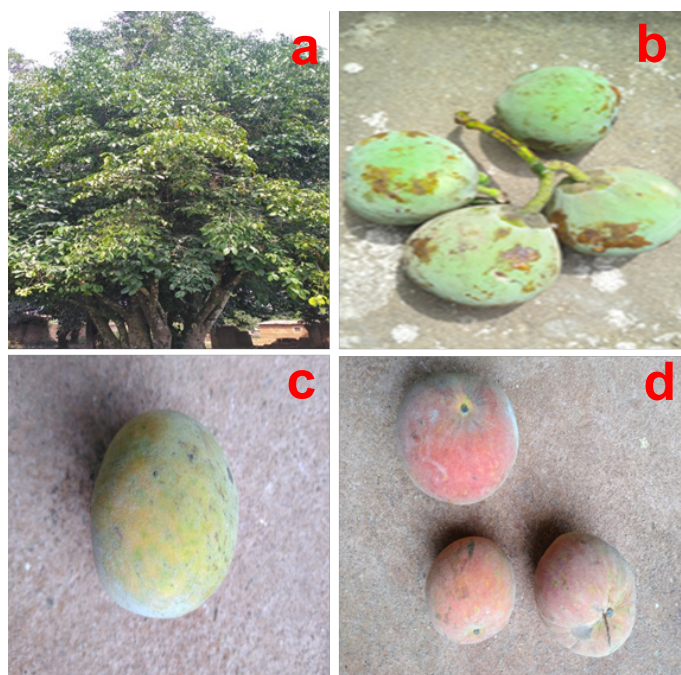


Photo 2 : *Garcinia kola* et ses fruits, photo de Claude N. AZALOU-TINGBE (20-03-2019). a) arbre de *Garcinia kola* ; b) fruits immatures de *Garcinia kola* ; c) fruits matures mais non complètement mûrs ; d) fruits matures mais complètement mûrs.

4. DISCUSSION

4.1. Variation de la production fruitière de *Garcinia kola* en fonction de la pluviométrie et des variables dendrométriques

La pluviométrie annuelle moyenne déterminée dans le district phytogéographique de Pobè (1179,86 mm) et dans celui de la Vallée de l'Ouémé (1300,00 mm) confirment les travaux de Neuenschwander *et al.* (2011) qui ont stipulé que la moyenne pluviométrique annuelle favorable pour la croissance et le développement de *Garcinia kola* dans le district phytogéographique de Pobè et dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé varie de 1 100 mm à 1 300 mm. Nos résultats justifient alors l'absence de *Garcinia kola* dans les districts phytogéographiques de la

zone soudanienne dont la moyenne pluviométrique annuelle est comprise entre 900 mm/an et 1150 mm/an avec un climat typiquement soudanien et un sol de type ferrugineux tropical (Neuenschwander *et al.*, 2011).

La hauteur moyenne des arbres de *Garcinia kola* dans la zone Guinéo-congolaise du Bénin qui est de 25,24 m se situe dans l'intervalle ([20 m et plus]) des hauteurs moyennes de *Garcinia kola* enregistrées par Kamga *et al.* (2018) à Makénénié et à Ndikinimeki qui sont des localités camerounaises situées dans la zone Guinéo-congolaise du Cameroun. Cette hauteur moyenne trouvée au Bénin est alors confirmée par les travaux de Kamga *et al.* (2018).

Les probabilités de significativité des tests effectués par rapport à l'effet du district phytogéographique ($P < 0,001$), de la période de fructification ($P < 0,001$), du type de sol ($P < 0,001$), de la pluviométrie ($P < 0,001$ pour la pluviométrie), du diamètre ($P < 0,001$) et de la hauteur des arbres ($P < 0,001$) sur la production fruitière de *Garcinia kola*, se rapprochent des travaux de Vihotogbé (2012) qui ont révélé également des probabilités inférieures à 0,05 % au cours de leur étude liée aux tests d'influence de ces mêmes facteurs sur la production fruitière des arbres d'*Irvingia gabonensis* dans la zone Guinéo-congolaise du Bénin et du Togo.

Les résultats des diamètres moyens des arbres de *Garcinia kola* ayant un âge inférieur à 80 ans et 100 ans, confirment ceux de Dadjo (2019) qui a obtenu des diamètres de 0,1178 m à 0,9231 m sur les pieds étudiés dans ses travaux. De même, les résultats des hauteurs moyennes des arbres de *Garcinia kola* ayant un âge inférieur à 80 ans et 100 ans confirment ceux de Dadjo (2019) qui a obtenu des hauteurs de 7 m à 20,71 m sur les pieds étudiés dans ses travaux. Ces résultats de Dadjo (2019) se trouvant dans l'intervalle des diamètres moyens et des hauteurs moyennes des arbres de *Garcinia kola* ayant un âge inférieur à 100 ans, illustrent que les arbres échantillonnés par Dadjo (2019) avaient des âges inférieurs à 100 ans.

4.2. Variation de la production fruitière suivant les variables abiotiques et l'âge

Selon Kouelo *et al.* (2012) et Mahamat-Saleh *et al.* (2015), le facteur « type de sol » constitue également un facteur très important dans la production fruitière chez les espèces végétales. Ces auteurs ont révélé que le type de sol agit fortement sur la production fruitière au niveau des arbres tropicaux. Dans le cas de cette étude, il a été retenu que les sols bruns hydromorphes sans concrétions ainsi que les sols ferrallitiques de texture limono-sableuse à limono-argileuse sont toutes favorables à la fructification chez *Garcinia kola* avec un plus grand avantage fruitier pour les sols bruns hydromorphes sans concrétions. C'est la raison pour laquelle, le district phytogéographique de Pobè a une meilleure production fruitière que le district phytogéographique de la vallée de l'Ouémé parce que 76,20 % des arbres de *Garcinia kola* du district phytogéographique de Pobè se sont développés sur les sols bruns hydromorphes sans concrétions tandis que les arbres de *Garcinia kola* du district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé ne se sont développés que sur les sols ferrallitiques de texture limono-sableuse à limono-argileuse. En effet, au Sud du Bénin, les sols bruns hydromorphes sans concrétions sont beaucoup plus riches et fertiles que les sols ferrallitiques de texture limono-sableuse à limono-argileuse parce que ces sols bruns contiennent des taux de Matière

Organique, d'Azote et de Phosphore-Total, supérieurs à ceux des sols ferrallitiques (respectivement 8,22 % ; 0,294 % et 47,70 ppm pour les sols bruns puis 1,76 % ; 0,087 % et 10,15 ppm pour les sols ferrallitiques) (Igue *et al.*, 2013). La Matière Organique, l'Azote et le Phosphore-Total, sont des éléments très importants dans la croissance et la fructification des espèces végétales (Igue *et al.*, 2013). Il est aisé de comprendre ainsi que la faible production fruitière (7127,19 fruits contre 9496,33 dans le phytodistrict de Pobè) chez *Garcinia kola* dans le district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé, est liée à l'absence du sol brun comme substrat au niveau des arbres de ce district phytogéographique où les arbres ne se sont développés en totalité que sur des sols ferrallitiques. La probabilité de 0,069 relative aux sols ferrallitiques dans cette étude, confirme les travaux d'Igue *et al.* (2013) qui ont démontré que les sols bruns sont beaucoup plus fertiles et beaucoup plus riches que les sols ferrallitiques qui malgré leur bonne fertilité, ne sont pas assez riches pour favoriser comme les sols bruns, une meilleure productivité agricole des espèces végétales du Sud du Bénin. Enfin, le fait que les sols hydromorphes et ferrallitiques sont propices à une bonne fructification de *Garcinia kola*, confirme les travaux de Vihotogbé (2012) qui a trouvé que ces sols sont également propices à une bonne fructification des fruits de *Irvingia gabonensis* qui est également une espèce fruitière forestière qui se développe au Bénin. Dans cette même logique, Vihotogbé (2012) va jusqu'à stipulé que tous les sols dont la teneur en gravier est comprise entre 0 et 3 % permettent à plusieurs espèces végétales forestières d'atteindre leurs pics de présence physique et de production fruitière.

La différence entre les productions fruitières (tous districts confondus) selon les saisons (8311,76 fruits en moyenne pendant la grande saison et 283,38 fruits en moyenne pendant la petite saison) est due à la grande pluviométrie (792,73 mm contre 343,58 mm) et au microclimat existant pendant la grande saison de fructification de *Garcinia kola* et qui coïncident avec la grande saison de pluie au Sud du Bénin. En effet, la longue période de fructification au niveau de la grande saison de fructification coïncide avec la grande saison régulière de pluie dans le Sud du Bénin (Avril à Juillet), tandis que la longue période de fructification au niveau de la petite saison de fructification coïncide avec la petite saison régulière des pluies (Septembre à Novembre) dans le Sud du Bénin. Ces résultats confirment les travaux de Neuenschwander *et al.* (2011) et Vihotogbé (2012) qui ont stipulé que la pluviométrie est un facteur très déterminant et très significatif qui influence positivement la production fruitière des espèces ligneuses au Sud du Bénin lorsque sur une année civile, la grande et la petite saison pluvieuse produisent entre 1100 mm et 1300,00 mm. Ces résultats corroborent également les travaux de Kouyaté (2005), de Clark *et al.* (2010), de Wagner *et al.* (2014) et de Vihotogbé (2012) qui ont révélé qu'une bonne pluviométrie et le microclimat qui en résultent, influent sur la production fruitière des espèces végétales tropicales, à travers une apparition d'un nombre élevé de fleurs, un meilleur épanouissement total des fleurs, un faible avortement des fruits et par conséquent une bonne production fruitière.

Toutes ces explications corroborent les travaux de Chuine *et al.* (2000) qui stipulent que la production fruitière des arbres tropicaux est influencée par des facteurs écologiques (biotiques, climatiques, édaphiques).

Les résultats liés à l'évolution proportionnelle du diamètre et

de l'âge des arbres de *Garcinia kola*, confirment les travaux de Therrell et al. (2007) en Afrique australe, qui ont effectué les mêmes observations au niveau de *Pterocarpus angolensis* D.C. qui est également une espèce végétale ligneuse. De même, les résultats liés à l'évolution proportionnelle de la production fruitière et du diamètre des arbres, confirment les travaux de Kouyaté et al. (2006) et d'Agbani et al. (2017) sur *Detarium microcarpum* Guill. & Perr; *Vitex doniana* Sweet et *Kigelia africana* (Lam.) Benth, respectivement en Afrique sub-saharienne et dans la forêt de Nassou en zone soudanienne du Bénin. Cette influence du diamètre se justifie par le fait que les espèces à gros diamètre ont une tendance à avoir plus de branchage que celles de petit diamètre, comme l'ont expliqué Kouyaté et al. (2006). Ces résultats confirment aussi les travaux de Detienne et al. (1998), qui ont stipulé que, plus l'âge d'une espèce végétale ligneuse augmente, plus son diamètre et sa production saisonnière et annuelle augmente également ; cela a été le cas pour *Tryplochiton scleroxylon* K. Schum., *Entandrophragma cylindricum* (Sprague) Sprague, *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg, *Entandrophragma candollei* Harms, *Entandrophragma utile* (Dawe & Sprague) Sprague et *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC. (Detienne et al., 1998). Il faut également noter que d'autres études font état du fait que plus un arbre vieillit plus son potentiel de fructification et sa croissance diminuent (Fétéké et al., 2016 ; Yevidé et al., 2011). Fétéké et al. (2016) ont expliqué que la production chez *Baillonella toxisperma* Pierre, *Entandrophragma cylindricum* et *Erythrophleum suaveolens* (Guill. & Perr.) Brenan qui sont toutes des espèces végétales ligneuses tropicales, diminue avec l'âge des arbres parce que le vieillissement du feuillage engendre chez ces arbres, une baisse de l'activité photosynthétique. Les arbres de *Garcinia kola* les plus âgés rencontrés et sélectionnés dans notre étude ont un intervalle d'âge compris entre 250 ans et 284 ans. La forte production de ces arbres échantillonnés par rapport à ceux de moins de 250 ans s'explique alors par le bon renouvellement du feuillage ainsi que la bonne exposition de ces arbres à la lumière ; ce qui permet aux arbres de disposer d'avantage d'assez de ressources nécessaires pour assurer à la fois un accroissement optimal de leur diamètre, une meilleure reproduction et ainsi une meilleure fructification ; c'est ce qu'expliquent Menga et al. (2012) ainsi que Fétéké et al. (2015) respectivement chez *Millettia laurentii* De Wild., *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Baillonella toxisperma* Pierre, *Entandrophragma cylindricum* et *Erythrophleum suaveolens*, qui sont toutes des espèces végétales ligneuses tropicales dont la production devient de plus en plus forte au fur et à mesure que l'âge s'intensifie. Cette forte production fruitière au niveau des arbres de *Garcinia kola* ayant un âge compris entre 250 ans et 284 ans, pourrait aussi s'expliquer par le fait qu'à 284 ans, *Garcinia kola* n'aurait pas encore atteint le pic de sa vieillesse qui devrait réduire son potentiel de fructification. Cette analyse rejoint les travaux de Patrut et al. (2010) qui ont révélé que pour certains arbres tropicaux africains comme *Adansonia digitata* L., l'âge au cours duquel le potentiel de croissance et de production baisse (âge de vieillesse) va jusqu'à 1015 ans et les baobabs africains atteindraient leur faible taux de croissance et de production à l'âge référence minimum de 650 ans (Patrut et al., 2010). De même, de nouvelles études sur les baobabs de Mayotte ont montré que l'âge au cours duquel le potentiel de croissance et de production des arbres locaux de cette île baisse, oscillent

autour de 420 ans (cet âge étant inférieur à l'âge référence « 650 ans » de faiblesse de potentiel de croissance et de production parce que Mayotte est situé sur le chemin des cyclones tropicaux avec des vents très forts qui perturbent la croissance de ses arbres) (Patrut et al., 2020).

5. CONCLUSION

La présente étude a révélé que la production fruitière de *Garcinia kola* au Bénin est influencée par le district phytogéographique. De même, au sein d'un même district phytogéographique comme entre les deux districts phytogéographiques, la production fruitière chez *Garcinia kola* est influencée par la période de fructification, le type de sol, l'âge, le nombre de branches, le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur des arbres. Dans le district phytogéographique de Pobè, cette production fruitière s'est révélée beaucoup plus grande que dans celui de la vallée de l'Ouémé. Cette étude implique que les gestionnaires forestiers qui ont pour objectif de réaliser des plans de gestion et de restauration de l'espèce, doivent non seulement surtout privilégier ce district phytogéographique du Sud du Bénin qui offre assez de potentialités agronomiques pour l'espèce, mais aussi faire des opérations de reboisement et de restauration de l'espèce sur des sols bruns hydromorphes de ce district phytogéographique. Ce sol brun hydromorphe est le substrat sur lequel se développent mieux en termes de croissance et de fructification, les pieds de *Garcinia kola* au Bénin. Mais il faut également noter que dans cette étude, nous n'avons pas pu analyser les taux d'avortement de fruits, ni évaluer les taux de pollinisation au niveau de chaque district phytogéographique. Il serait alors très utile de réaliser des évaluations des taux d'avortements et de pollinisation chez *Garcinia kola* au Bénin ainsi que des évaluations des phénomènes inter et intra district phytogéographique afin de non seulement optimiser la production fruitière de cette espèce, mais aussi de rendre complète sa restauration et sa conservation.

6. REMERCIEMENTS

Nous remercions le Gouvernement de la République du Bénin d'avoir financé cette étude à travers son Programme « Appui aux Doctorants (PAD) ». Nous remercions également le Laboratoire Central des Biotechnologies Végétales et d'Amélioration des Plantes (LCBVP) du Département de Génétiques et des Biotechnologies (D/GB) de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) et le Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), du Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (D/AGRN), de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

7. LISTE DES REFERENCES

- Adomou A.C., Agbani O.P. and Sinsin B. (2011). Plantes. In : Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin, Neuenschwander P., Sinsin B. and Goergen G. (Eds) (2011), 365p. International Institute of Tropical Agriculture: Ibadan, Nigeria, 21-46.
- Agbani O.P., Gandji K., Tovissodé F., Hahn K. and Brice B. (2017). Production fruitière de quatre essences ligneuses dans la forêt de Nassou en zone soudanienne du Bénin. European Scientific Journal, 36(13), 352-367. Doi: 10.19044/esj.2017.v13n36p352. ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p352>.

- Agyili J.J., Sacande M.M., Koffi E.E., Pehrah T.T. (2007). Improving the collection and germination of West African *Garcinia kola* Heckel seeds, *New Forests* November 34(3): 269-279.
- Agyili J., Sacande M. and Kouame C. (2006). *Garcinia kola* Heckel. Seed Leaflet, (113).
- Akoègninou A., van der Burg W.J. and van der Maesen L.J.G. (2006). Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Wageningen, 1034p.
- Alboukadel K. (2019). Ggcorplot : Visualization of a Correlation Matrix using 'ggplot2'. R package version 0.1.3. <https://CRAN.R-project.org/package=ggcorplot>.
- Amadji G. (2010). Sols du Bénin et couvertures végétales. In Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Eds Sinsin B. and Kampmann D. 726p. Tome 1.
- Assogbadjo A.E., Idohou R., Chadare F. J., Salako V.K., Djagoun C. A.M.S., Akouehou G. and Mbairamadji J. (2017). Diversité et hiérarchisation des produits forestiers non ligneux aux fins d'évaluation économique au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Revue africaine de développement rural*, 2(1), 105-115.
- Badou R.B., Yédomonhan H., Adomou A.C. and Akoègninou A. (2017). Phénologie florale et production fruitière de *Syzygium guineense* (Willd.) DC. subsp. *macrocarpum* (Myrtaceae) en zone soudano-guinéenne au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5), 2466-2480. Doi: 10.4314/ijbcs.v11i5.41. Available online at <http://www.ifgdg.org>. Original paper, <http://ajol.info/index.php/ijbcs>, <http://indexmedicus.afro.who.int>. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
- CENATEL (2012). Centre National de Télédétection du Bénin : Carte du sol du Bénin. Document jpeg, 1p.
- Cheek, M. (2004). *Garcinia kola*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T34715A9884648. The IUCN Red List of Threatened Species™. 6p. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T34715A9884648.en>. ISSN 2307-8235 (online).
- Chuine I., Belmonte J. and Mignot A. (2000). A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *Journal of Ecology*, 88 (4), 561-570. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00468.x>.
- Clark D.B., Clark D.A. and Oberbauer S.F. (2010). Annual wood production in a tropical rain forest in N.E. Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO₂. *Global Change Biology*, 16, 747-759. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02004.x.
- Codjia S., Aoudji A., Koura K. and Ganglo J.C. (2018). Systèmes agroforestiers à *Garcinia kola* Heckel au Sud-Est du Bénin : Distribution géographique, connaissances endogènes et retombées financières. In *European Scientific Journal*, 12(14), 188-208. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n12p188. URL : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p188>. ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Dadjo C.P.A.F. (2019). Caractérisation génétique et régénération *in vitro* du *Garcinia kola* (Heckel) : une espèce médicinale menacée au Bénin (Afrique de l'ouest). PhD Thesis. Biologie moléculaire et biotechnologie. 189 p.
- Detienne P., Oyono F., Durrieu de Madron L., Demarquez B. and Nasi R. (1998). L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. CIRAD-Forêt, Campus International de Baillarguet, 43 p.
- Esiegwu A.C., Okoli I.C., Emenalom O.O., Esonu B.O. and Udedibie A.B.I. (2014). The Emerging Nutritional Benefits of the African Wonder Nut (*Garcinia kola* Heckel): A Review *Journal of Animal Scientific Research*, 2(2).
- Eyog-Matig O., Aoudji A.K.N., Linsoussi C. (2007). *Garcinia kola* Heckel seeds dormancy-breaking. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(1): 63-71.
- Eyog Matig O., Ndoye O., Kengue J. and Awono A. (2006). Les fruitiers Forestiers Comestibles du Cameroun. IPGRI, 204p.
- Fétéké F., Perin J., Fayolle A., Dainou K., Bourland N. and Kouadio Y. L. (2015). Modéliser la croissance de quatre essences pour améliorer la gestion forestière au Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, 325(3), 5-20. <https://doi.org/10.19182/bft2015.325.a31269>. I.F.0.264. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_325_5-20.pdf.
- Fétéké F., Fayolle A., Dainou K., Bourland N., Dié A., Lejeune P., Doucet J.-L. and Beeckman H. (2016). Variations saisonnières de la croissance diamétrique et des phénologies foliaire et reproductive de trois espèces ligneuses commerciales d'Afrique centrale. *Bois et forêts des tropiques*, 330 (4), 3-21. Doi: <https://doi.org/10.19182/bft2016.330.a31315>.
- Hamawa Y., Balna J. and Souare K. (2019). Structure écologique et production fruitière de *Haematostaphis barteri* Hook. F en la zone sahéenne du Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 130, 13232 – 13243. ISSN 1997-5902. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v130i1.10>.
- Igue A.M., Saidou A., Adjanohoun A., Ezui G., Attiogbe P., Kpagbin G., Gotoechan-Hodonou H., Youl S., Pare T., Balogoun I., Ouedraogo J., Dossa E., Mando A. and Sogbedji J.M. (2013). Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, numéro spécial, Fertilisation du maïs, 12-23. ISSN sur papier (on hard copy), 1025-2355 et ISSN en ligne (on line), 1840-7099. BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net>.
- IUCN (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. ISSN 2307-8235 (online). <https://www.iucnredlist.org>. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T34715A9884648.en>. <https://www.iucnredlist.org/species/34715/9884648>. Consulted in April 2020.
- Kamga Y.B., Nguetsop V.F. and Momo S.M.C. (2018). Diversité Floristique Des Ligneux Et Structure Des Formations À *Garcinia kola* Heckel Dans Les Régions Du Centre Et De l'Est, Cameroun. *European Scientific Journal*, Vol.14, No.21, 451-484. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p451. ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p451>.
- Kouame N.M.-T, Ake C.B., Mangara A., N'guessan K. (2016). Analyse de l'intérêt socio-économique des graines de *G. kola* Heckel (Clusiaceae) dans la commune de Koumassi (Abidjan), Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 10(6): 2587-2595. <http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>
- Kouelo A.F., Badou A., Hounngandan P., Francisco M.M.F., G. C. J.-B. and Sochime D.J. (2012). Impact du travail du sol et

- de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51, 3625– 3632 ISSN 1997–5902. Published online at www.m.elewa.org.
- Kouyaté A.M. (2005). Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali. Thèse de doctorat (PhD), University of Ghent, 207 p.
- Kouyaté A.M., Van Damme P. and Diawara M. (2006). Évaluation de la production en fruits de *Detarium microcarpum* Guil. & Perr au Mali. *Fruits* 61(4) : 267-272. Doi: 10.1051/fruits:2006024. www.edpsciences.org/fruits.
- Kouyaté A.M., Nacoulma B.M.I., Lykke A.M. and Thiombiano A. (2016). Estimation de la production fruitière des espèces ligneuses alimentaires en Afrique sub-saharienne. *Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE*, 69-78. ISSN 1659-5009.
- Mahamat-Saleh M., Diallo M.D., Ndiaye O., Niang K., Sane S., Touroumgaye G., Matty F. and Guisse A. (2015). Influence des caractéristiques physico-chimiques des sols sur la flore et la végétation ligneuse de trois stations du tracé de la grande muraille verte du Tchad. *Journal of Applied Biosciences*, 95, 8937–8949. Doi: 10.4314/jab.v95i1.3. ISSN 1997–5902. Published online at www.m.elewa.org.
- Massenet J.-Y. (2010). Chapitre III. : Forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce. Lycée forestier-Château de Mesnières – 76270 Mesnières-en-Bray. 12 p.
- Menga P., Bayol N., Nasi R. and Fayolle A. (2012). Phénologie et diamètre de fructification du wengé, *Millettia laurentii* De Wild. : implications pour la gestion. *Bois et Forêts des Tropiques*, 312(2), 31-41. Doi: <https://doi.org/10.19182/bft2012.312.a20501>. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_312_31-41.pdf.
- Ministère du cadre de vie et du développement durable (2018). Rapport final de l'EIES des 8 900 logements sociaux et économiques. Étude d'impact environnemental et social (EIES) du projet de construction de 11 500 logements sociaux et économiques à Ouèdo (Commune d'Abomey-Calavi). Programme 20 000 logements sociaux et économiques au Bénin. 143p.
- Neuenschwander P., Sinsin B. and Georgen G. (2011). Protection de la nature en Afrique de l'Ouest : liste rouge pour le Bénin. Conservation de la nature en Afrique de l'Ouest : Liste rouge pour le Bénin. Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigéria. 365 p.
- Osazuwa E., Amanze J.O., Asaah E.K., Esekhide T., Okwu C., Onaiwu B., Tchoundjeu Z. (2014). Bitter kola. World Agroforestry Center, technical handbook. Retrieved from www.worldagroforestry.org on 3rd October, 2016.
- Patrut A., Mayne D.H., von Reden K.F., Lowy D.A., Venter S., McNichol A.P., Roberts M.L. and Margineanu D. (2010). Age and Growth Rate Dynamics of an Old African Baobab Determined by Radiocarbon Dating. *Radiocarbon* 52(2), 727–734. doi: 10.1017/S0033822200045744, Source: OAI. Nr 2–3.
- Patrut A., Patrut R. T., Rakosy L. and von Reden K. F. (2020). Age and architecture of the largest African Baobabs from Mayotte, France. *DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy* 2020, 1, 33-47. doi:10.37281/DRCSF/1.1.5. Vol./Issue/Year: 1 (1).
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Ripley B.D. and Venables W.N. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Springer Science+Business Media New York. Edition Number 4(12). doi 10.1007/978-0-387-21706-2. eBook ISBN 978-0-387-21706-2, Hardcover ISBN 978-0-387-95457-8, Softcover ISBN 978-1-4419-3008-8, Series ISSN 1431-8784, 498p.
- Savi M.K. (2018). Project Rufford Update: March 2018. 3p. consulted August 5th, on <https://www.rufford.org/files/21717-2%20March%202018.pdf>.
- Sop T.K., Oldeland J., Bognounou F., Schmiedel U. and Thiombiano A. (2012). Ethnobotanical knowledge and valuation of woody plants species: a comparative analysis of three ethnic groups from the sub-Sahel of Burkina Faso. *Environ. Dev. Sustain.*, 14(5), 627-649.
- Therrell M.D., Stahle D.W., Mukelabai M.M. and Shugart H.H. (2007). Age and radial growth dynamics of *Pterocarpus angolensis* in Southern Africa. *Forest Ecology and Management*, 244, 24-31. doi:10.1016/j.foreco.2007.03.023.
- Vihotogbé R. (2012). Characterization of African bush mango trees with emphasis on the differences between sweet and bitter trees in the Dahomey Gap (West Africa). PhD Thesis, Wageningen University, 83–117.
- Vivien J. and Faure J.J. (2011). Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale, Edition Nguila Kerou. Editions Nguila Kerou. ISBN-10: 2954147326. ISBN-13: 978-2954147321. 945 p.
- Wagner F., Rossi V., Aubry-Kientz M., Bonal D., Dalitz H. and Gli-niars R. (2014). Pan-Tropical Analysis of Climate Effects on Seasonal Tree Growth. *PLoS ONE* 9(3): e92337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092337>. 15p
- Yevidé A.S.I., Ganglo J.C., Glèlè-kakaï R.L. and De Cannière C. (2011). Effet de la densité, de l'âge et des groupements végétaux de sous-bois sur la vigueur des plantations privées de teck (*Tectona grandis* L.f.) gérées en régime de taillis au sud-Bénin (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(3), 1215-1231. Doi: 10.4314/ijbcs.v5i3.72265. ISSN 1991-8631. <http://indexmedicus.afro.who.int>. Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>