

Phénophases de *Garcinia kola* au Bénin: Influence du phytodistrict et de l'âge des sujets

N. C. AZALOU-TINGBE¹, A. E. ASSOGBADJO¹, C. AHANHANZO¹, R. IDOHO¹, G. T. H. CACAÏ¹, Y. Y. AKIN¹

(Reçu le 23/09/2021; Accepté le 12/12/2021)

Résumé

Garcinia kola est une espèce à usage multiple dont la mauvaise gestion contribue à sa rareté. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) l'a déclarée «vulnérable». L'objectif de cette étude est de déterminer l'influence du phytodistrict et de l'âge sur les phénophases de *Garcinia kola* au Bénin. Un échantillonnage stratifié a été réalisé sur 42 arbres qui ont été aléatoirement sélectionnés parmi ceux en cours de production de fruits dans les districts phyto-géographiques de Pobè et de la Vallée de l'Ouémé. Des relevés et observations phénologiques ont été effectués chaque mois. Les données collectées ont été utilisées pour calculer et analyser les fréquences relatives des différents processus phénologiques (feuillaison, floraison, fructification) en considérant les âges et les districts grâce au logiciel R. Les résultats ont montré que les périodes de phénophases varient suivant le district phyto-géographique et l'âge de l'espèce. Ces résultats impliquent que la restauration de l'espèce ainsi que sa conservation *in situ* en zone guinéo-congolaise au Bénin, peuvent significativement se réaliser aussi bien dans le district phyto-géographique de Pobè que dans celui de la Vallée de l'Ouémé, avec un avantage de précocité des phénophases dans le district phyto-géographique de Pobè.

Mots clés: *Garcinia kola*, feuillaison, floraison, fructification, Sud-Bénin

Garcinia kola phenophases in Benin: Influence of phytodistrict and age of subjects

Abstract

Garcinia kola is a multiple-use species whose poor management contributes to its scarcity. The International Union for Conservation of Nature (IUCN) has declared it "vulnerable". The objective of this study is to determine the influence of phytodistrict and age on the phenophases of *Garcinia kola* in Benin. Stratified sampling was carried out on 42 trees which were randomly selected from those currently producing fruit in the phytogeographic districts of Pobè and the Ouémé Valley. Recordings and phenological observations were made every month. The data collected were used to calculate and analyze the relative frequencies of the different phenological processes (leafing, flowering, fruiting) by considering the ages and the districts thanks to the R software. The results showed that the periods of phenophases vary according to the phytogeographic district and the age of the species. These results imply that the restoration of the species as well as its *in situ* conservation in the Guinean-Congolese zone in Benin can be significantly achieved both in the phytogeographic district of Pobè and in that of the Ouémé Valley, with an advantage of early phenophases in the phytogeographic district of Pobè.

Keywords: *Garcinia kola*, leaves, flowering, fruiting, South-Benin

INTRODUCTION

Au Bénin, 106 espèces à usages multiples et réparties sur 103 genres et 44 familles sont menacées au Bénin (Neuenschwander *et al.*, 2011). Parmi ces espèces, Dadjo (2019) a identifié *Garcinia kola*, qui occupe au Bénin la troisième place parmi les plantes médicinales en termes de nombre de recettes dans lesquelles l'espèce est incorporée (Souza de, 2001; Eyog-Matig *et al.*, 2007). En effet, *Garcinia kola* communément appelé «petit cola», appartient à la famille des Clusiaceae (anciennement les Guttiferae). L'espèce est retrouvée dans toute l'Afrique occidentale et centrale, de la Sierra Leone au Gabon et à la République démocratique du Congo. Au Bénin, l'espèce était majoritairement retrouvée dans tous les districts phyto-géographiques de la zone Guinéo-congolaise du Sud Bénin (Neuenschwander *et al.*, 2011). De nos jours, la surexploitation de *Garcinia kola* et la déforestation pour des nouvelles terres cultivables, ont entraîné un épuisement constant de ses populations naturelles (Dadjo, 2019). Du fait des menaces qui pèsent sur l'espèce, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) classe *Garcinia kola* comme espèce vulnérable à l'échelle mondiale (UICN, 2001; Cheek, 2004; IUCN, 2020) et éteinte à l'état sauvage au Bénin (Neuenschwander *et al.*, 2011). 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 (Assogbadjo *et al.*, 2017). *Garcinia kola* fait partie des espèces présentes sur la liste rouge de l'IUCN (Cheek, 2004; IUCN, 2020) et qui font face aux menaces d'ordres anthropiques et climatiques sur leur survie (Assogbadjo, 2006). Cette espèce comme celles en danger, mérite non seulement des actions de restauration et de conservation pour assurer sa pérennité et sa disponibilité pour les utilisations alimentaires, médicales et commerciales (Cheek, 2004; IUCN, 2020), mais aussi l'acquisition du plus grand nombre d'informations sur elle, en vue de sa conservation et de sa bonne gestion dans les systèmes agroforestiers traditionnels (Assogbadjo, 2006). Cette réussite de la restauration, de la conservation et d'une très bonne gestion d'une espèce, ainsi que l'acquisition du plus grand nombre possible d'informations sur elle, passe nécessairement par la connaissance de ses phénophases et de sa phénologie (Dao, 2012; Vihotogbé, 2012; Vihotogbé *et al.*, 2013; Oludayo *et al.*, 2015; Mabrouk *et al.*, 2016; Badou *et al.*, 2017).

Des facteurs comme le district phyto-géographique et l'âge peuvent influencer les phénophases et la phénologie des espèces végétales (Chuine *et al.*, 2001). Maatallah *et al.* (2015) et Diallo *et al.* (2016) ont révélés dans leurs études que la précocité d'obtention de l'optimum de lumière pour la photosynthèse des plantes, fait que certains districts phyto-géographiques influencent les phénophases comme

¹ Faculté des Sciences et Techniques, de l'Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin

la feuillaison des espèces végétales dans certains phytodistricts. De même, l'écotype ou le phytodistrict influence les phénophases comme la feuillaison, la floraison et la fructification, compte tenu de leurs caractéristiques édafo-climatiques (Wahbi *et al.*, 2012; Ahohuendo *et al.*, 2012; Mabrouk *et al.*, 2016; Jdaidi et Hasnaoui, 2016). D'un autre côté, Diallo *et al.* (2016) ont prouvé que l'âge des arbres peut influencer les fréquences relatives d'apparition et de manifestation des événements phénologiques des phénophases de plusieurs espèces végétales ligneuses comme *Faidherbia albida*, *Acacia senegal* (L.) Willd., *Acacia tortilis* var. *raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. Cette présente étude s'est donc donné pour objectif général, d'évaluer l'influence du phytodistrict et de l'âge sur les phénophases de *Garcinia kola* au Bénin, afin de fournir aux gestionnaires forestiers des recommandations sur les mesures de gestion, de restauration et de conservation de l'espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone Guinéo-Congolaise du Bénin, l'aire de répartition naturelle de *Garcinia kola* au Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006). Les précipitations annuelles moyennes sont de 1200 mm (Neuschwander *et al.*, 2011). L'humidité relative varie entre 69% et 97%, et les températures moyennes quotidiennes varient entre 25°C et 29°C. Les sols sont soit ferrallitiques profonds, soit riches en argile, humus et minéraux. La végétation indigène est constituée de forêts denses semi-décidues et de savanes guinéennes. La période de végétation active dure 7 à 8 mois. Cette zone climatique comprend quatre (4) districts

phyto-géographiques à savoir: le district phyto-géographique côtier, le district phyto-géographique de Pobè, le district phyto-géographique de la Vallée de l'Ouémé et le district phyto-géographique du Plateau (Neuschwander *et al.*, 2011). Ces régions ont été sélectionnées à partir de la collecte d'informations sur la présence de *Garcinia kola* à travers les documentations scientifiques (Neuschwander *et al.*, 2011), l'herbier national du Bénin, la flore béninoise et la base de données du Système Mondial d'Information sur la Biodiversité (GBIF) (GBIF.org, 2017).

Une phase exploratoire a été réalisée en 2018, afin d'actualiser la présence physique de l'espèce dans tous ces 4 districts phyto-géographiques. Après cette exploration réalisée, la présence de l'espèce n'a été notée que dans deux (2) districts phyto-géographiques; il s'agit du district phyto-géographique de Pobè et du district phytogéographique de la Vallée de l'Ouémé. La Figure 1 présente la répartition géographique des arbres échantillonnés dans la zone Guinéo-Congolaise du Bénin.

Échantillonnage

Un échantillonnage stratifié a été réalisé. La strate ici constitue les arbres en cours de production de fruits et exempts de mutilation. Ainsi, les arbres ont été aléatoirement sélectionnés parmi ceux en cours de production de fruits et exempts de mutilation (Vihotogbé, 2012; Vihotogbé *et al.*, 2013). Au cours de la phase exploratoire, la plus faible densité d'arbre en cours de production de fruits et exempts de mutilation est vingt-et-un (21) par district phyto-géographique. Ainsi, 21 pieds de l'espèce ont été choisis par district phyto-géographique, soit au total 42 arbres pour la taille de l'échantillon dans la zone d'étude. La figure 2 illustre la répartition géographique des arbres échantillonnés.

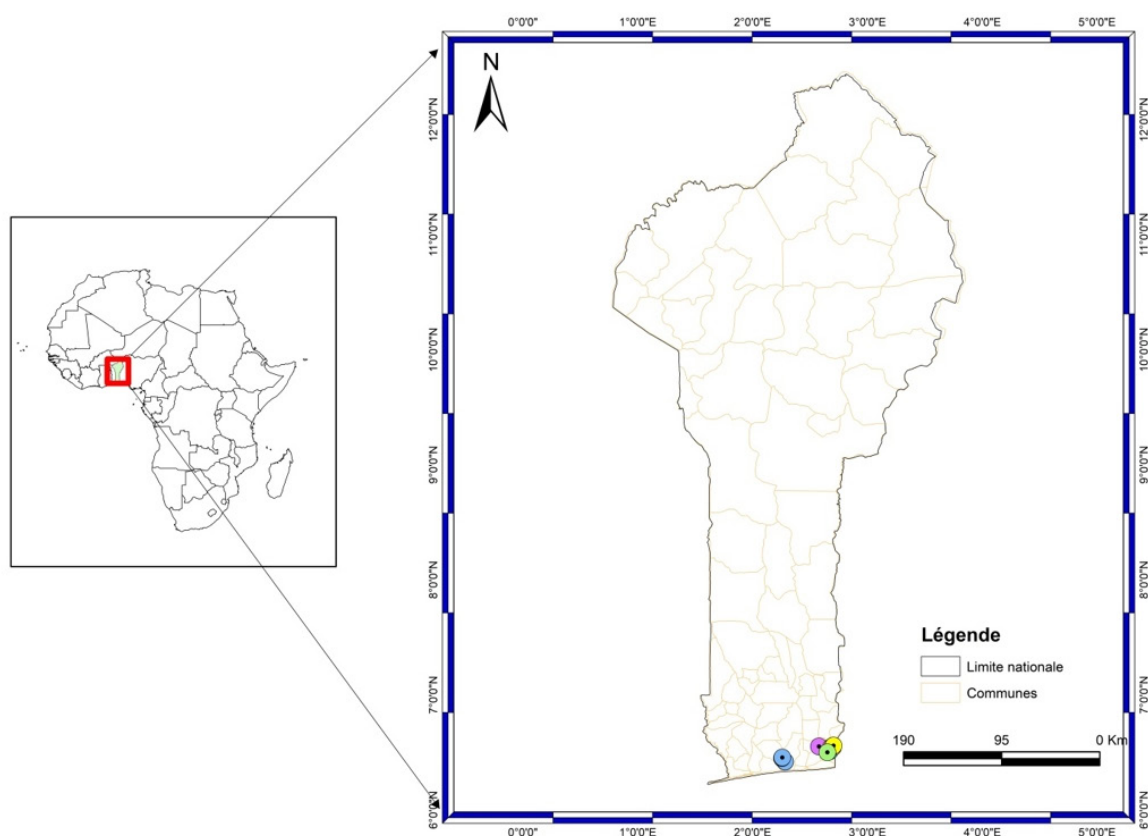


Figure 1 : Répartition géographique d'arbres échantillonnés

Collecte de données

Les données ont été collectées sur le terrain entre Mars 2019 et Février 2020. Une étude préliminaire a été réalisée pour explorer l'espèce, son habitat, les populations qui interagissent avec elle ainsi que sa phénologie et son écologie. Des relevés phénologiques dans la zone d'étude ont été réalisés pour la phase de collecte de données. Par district phyto-géographique, les observations ont été effectuées dans la matinée à l'œil nu (observation visuelle et directe) et à l'aide de loupe (Vihotogbé, 2012; Vihotogbé *et al.*, 2012a, 2012b; 2013) et de jumelle pour la cime des arbres (Kouyaté *et al.*, 2006). Les observations ont été effectuées chaque mois et plus précisément dans la deuxième et dans la troisième semaine de chaque mois. À chaque relevé phénologique, la présence ou non des feuilles, fleurs et fruits a été notée. Les arbres ont été numérotés et localisés géographiquement à l'aide d'un GPS. Les paramètres qui ont été enregistrés pour l'évaluation des différentes phénophases ont été inscrits sur des fiches numérotées qui comportent les informations suivantes:

- *Pour la phénophase de feuillaison*: Défeuillaison (Début défeuillaison, évolution de la défeuillaison, défeuillaison totale), apparition et développement de jeunes feuilles (apparition de nouvelles feuilles, développement des nouvelles feuilles), maturation des feuilles nouvelles (début de maturation des feuilles, fin feuillaison);
- *Pour la phase de floraison*: Apparition de boutons floraux, ouverture des fleurs, tombée des fleurs et fin feuillaison;
- *Pour la phase de fructification*: Apparition des fruits immatures, Apparition des fruits matures mais non complètement mûrs et apparition des fruits matures et complètement mûrs.

A ces données, se sont ajoutées les informations fixes ci-après:

- Période où les données ont été prises (jour, mois et année);
- N° ou code de l'arbre concerné (numéro de dénombrement de l'arbre au moment de l'installation du circuit phénologique);
- Habitat de l'arbre concerné (brève description du milieu dans lequel l'arbre croit);
- Localisation de l'arbre dans le circuit phénologique (coordonnées géographiques de l'arbre);
- Informations sur les variables dendrométriques (diamètre du tronc à hauteur de poitrine, hauteur totale, nombre total de branches) de chaque arbre.

Après la coupure de pied de l'espèce par les exploitants locaux, un arbre par district phyto-géographique a fait l'objet d'étude de dendro-chronologie, 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 phyto-géographique 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).

L'âge des arbres a été déterminé grâce à la méthode «de comptage des cernes, du cœur à l'écorce» de la dendro-chronologie (Massenet, 2010).

Analyse des données

Pour déterminer la variation inter et intra district phyto-géographique des phénophases de *Garcinia kola* au Bénin, suivant l'âge de ses sujets, les données collectées à partir des observations sur le terrain ont été utilisées pour calculer les fréquences relatives des différents processus phénologiques (feuillaison, floraison, fructification) de l'espèce en considérant les tranches d'âges et les districts, grâce au logiciel statistique R.3.6.0 (R Core Team, 2018).

RÉSULTATS

Phénophase de feuillaison

En zone Guinéenne, les observations directes ont montré que la feuillaison de *Garcinia kola* varie suivant le phytodistrict et l'âge des sujets. Cette phénophase prend en compte plusieurs sous-phénophases que sont: la défeuillaison, l'apparition de jeunes feuilles et leur développement puis la maturation des feuilles. La variation de la feuillaison de *Garcinia kola* suivant le phytodistrict et l'âge est illustrée par la figure 2.

Il ressort de l'analyse de cette figure que les sous-phénophases de la feuillaison varient suivant le phytodistrict et l'âge des arbres. La figure 2a illustre que la feuillaison se déroule annuellement pendant six (6) mois et une (1) semaine dans les deux (2) districts phyto-géographiques à l'exception qu'elle démarre plus vite dans le district phyto-géographique de Pobè (DPPOBE) que dans le district phyto-géographique de la vallée de l'Ouémé (DPVO). La feuillaison se déroule d'Août à Décembre et de Janvier à la première semaine de Février dans le district phyto-géographique de Pobè tandis qu'elle se déroule de Septembre à Janvier et de Février à la première semaine de Mars dans le district phyto-géographique de la Vallée de l'Ouémé. La précocité du démarrage de la feuillaison au niveau du district phyto-géographique de Pobè coïncide non seulement avec celle de la fraîcheur climatique des mois les plus froids (l'harmattan pour Janvier et la fraîcheur pour Août), mais aussi avec son type de sol brun qui constitue le principal substrat sur lequel, ont naturellement poussé les arbres de *Garcinia kola* dans ce district.

De l'analyse de la figure 2b, il est noté que la défeuillaison se déroule du mois d'Août à mi-Septembre ainsi que la première semaine de Janvier dans le district phyto-géographique de Pobè et du mois de Septembre à mi-October ainsi que la première semaine de Février dans le district phyto-géographique de la Vallée de l'Ouémé. Ces résultats montrent que la défeuillaison se déroule au total pendant sept (7) semaines dans les deux (2) districts phyto-géographiques au Bénin à la différence qu'elle est plus précoce dans le district phyto-géographique de Pobè que dans celui de la Vallée de l'Ouémé. De l'analyse de la figure 2c, Il est noté que la sous-phénophase d'apparition et de développement des jeunes feuilles se déroule suivant deux grandes différentes périodes annuelles: la période couvrant la deuxième semaine du mois d'Août à Novembre et celle couvrant la deuxième semaine de Janvier à la première semaine de Mars. Pendant chacune de ces périodes, la sous-phénophase d'apparition et développement des jeunes feuilles se déroule différemment suivant les districts phyto-géographiques. En effet, dans la première période

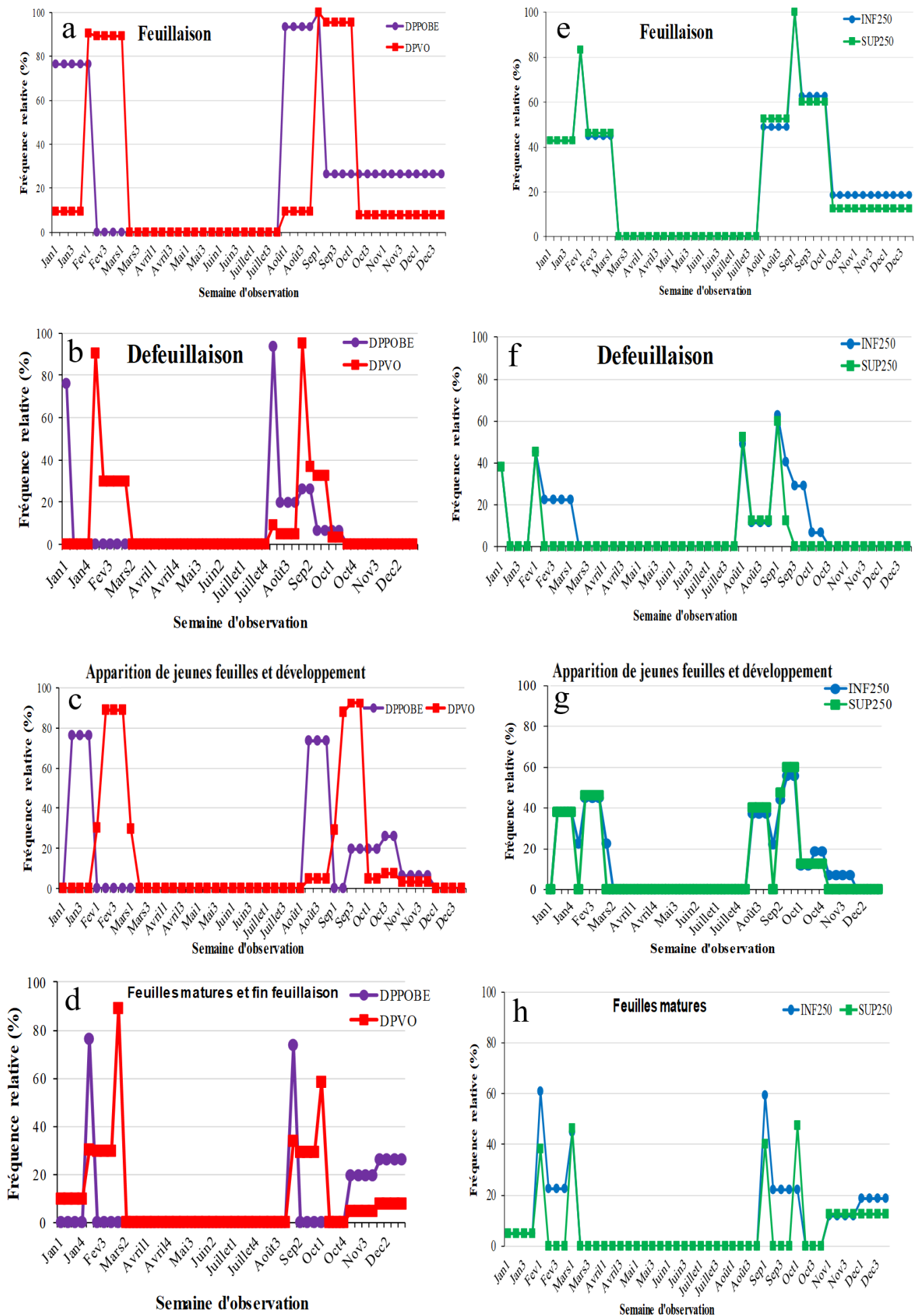


Figure 2: Variation de la feuillaison de *Garcinia kola* suivant le phytodistrict et l'âge

phénologique, cette sous-phénophase se déroule pendant les trois dernières semaines d’Août et de la troisième semaine de Septembre à Novembre dans le district phytogéographique de Pobè et de la deuxième semaine d’Août jusqu’à la fin du mois de Novembre dans le district phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé. Dans la deuxième période phénologique, cette sous-phénophase se déroule uniquement durant les trois dernières semaines de Janvier dans le district phytogéographique de Pobè et de février à la première semaine de Mars dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé. Ces résultats montrent que le déroulement de la sous-phénophase d’«apparition et développement des jeunes feuilles» est variable suivant chaque district phytogéographique. En effet, dans la première période phénologique, cette sous-phénophase dure 13 semaines dans le district phytogéographique de Pobè tandis qu’elle dure 15 semaines dans le district phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé. Dans la deuxième période phénologique, elle dure 3 semaines dans le district phytogéographique de Pobè et 5 semaines dans le district phytogéographique de la Vallée de l’Ouémé. Ces résultats indiquent que la sous-phénophase d’«apparition des jeunes feuilles et développement» est beaucoup plus lente dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé que dans celui de Pobè. De la figure 2d, il ressort que la sous-phénophase de maturation des feuilles se déroule également suivant deux grandes différentes périodes annuelles: la première période couvrant le mois de septembre à celui de Décembre et la deuxième période couvrant le mois de Janvier au mois de Mars. Dans chacune de ces périodes, la sous-phénophase de maturation des feuilles se déroule différemment suivant les districts phytogéographiques. En effet, dans la première période phénologique, la sous-phénophase de maturation des feuilles dure 9 semaines (elle se déroule dans la première semaine de septembre et de novembre à Décembre ainsi que dans la première semaine de Février) dans le district phytogéographique de Pobè. Elle dure 13 semaines (elle se déroule de Septembre à la première semaine d’octobre et de Novembre à la première semaine de Mars) dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé. Dans la deuxième période phénologique, elle dure 1 semaine (première semaine de février) dans le district phytogéographique de Pobè et 9 semaines (de Janvier à la première semaine de Mars) dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé. Ces résultats indiquent que non seulement la maturation des feuilles est beaucoup plus lente dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé que dans celui de Pobè, mais aussi que le district phytogéographique de Pobè expérimente une précocité et une durée plus courte du déroulement de la sous-phénophase «Maturation des feuilles». De l’exploitation des figures 2d, 2e, 2f et 2g, il ressort que quel que soit l’âge, la phénophase de feuillaison se déroule de Janvier à la première semaine de Mars et d’Août à Décembre (figure 2d). Les arbres ayant un âge inférieur à 250 ans font deux fois plus la défeuillaison (pendant 16 mois) que ceux plus âgés (pendant 8 mois) (figure 2e). De même, les arbres ayant un âge inférieur à 250 ans font plus l’apparition de jeunes feuilles et leur développement (pendant 23 mois) que ceux plus âgés (16 mois) (figure 2f). Ce constat est pareil pour la sous phénophase de maturation des feuilles au cours de laquelle les arbres ayant un âge inférieur à 250 ans font plus cette sous-phénophase (pendant 22 semaines)

que ceux plus âgés (pendant 16 semaines) (figure 2g). La figure 3 illustre des images des différentes phénophases de la feuillaison.



Figure 3: Phénophase de feuillaison

Phénophase de floraison

En zone Guinéenne, la floraison de *Garcinia kola* varie suivant le phytodistrict et l’âge des sujets. Cette phénophase prend en compte plusieurs sous-phénophases que sont: l’apparition des boutons floraux, l’ouverture et le développement des fleurs et la tombée des fleurs. La variation de la floraison de *Garcinia kola* suivant le phytodistrict et l’âge est illustrée par la figure 4.

Il ressort de l’exploitation de cette figure que les sous-phénophases de la floraison varient suivant le phytodistrict et l’âge des arbres. De l’analyse de la figure 4a, il ressort que la floraison se déroule annuellement pendant quatre (4) mois dans les deux (2) districts phytogéographiques à l’exception que non seulement elle démarre plus vite dans le district phytogéographique de Pobè (déjà à partir de Janvier) que dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé mais aussi elle a une plus grande fréquence et est plus élevée dans le district phytogéographique de Pobè (déjà à partir de Janvier) que dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé. La floraison se déroule de Décembre à Mars dans le district phytogéographique de Pobè tandis qu’elle se déroule de Février à Mars ainsi qu’en Septembre et en Décembre dans le district phytogéographique de la vallée de l’Ouémé. La plupart des mois d’apparition de l’événement phénologique «floraison», coïncide avec les mois secs au sud du Bénin. De l’exploitation de la figure 4e, il ressort que quel que soit l’âge, la phénophase de floraison se déroule surtout de Janvier à Mars (grande saison de floraison), ainsi qu’une petite saison en Septembre et en Décembre. Il ressort de l’exploitation des figures 4e, 4f, 4g et 4h, que l’âge de *Garcinia kola*, évolue en fonction des fréquences relatives observées au niveau des événements phénologiques liés à

la floraison. En effet, plus l'arbre grandit, il porte plus de fleurs (16,8433% en moyenne total de toutes les fréquences relatives pour les arbres ayant plus de 250 ans contre 16,58745087% en moyenne total de toutes les fréquences relatives pour les arbres ayant moins de 250 ans). Ceci

s'observe également pour chaque sous-phénophase de la floraison que sont: l'apparition des boutons floraux (figure 4f), l'ouverture des fleurs et développement (figure 4g) ainsi que la tombée des fleurs (figure 4h). La figure 5 illustre des images des différentes phénophases de la floraison.

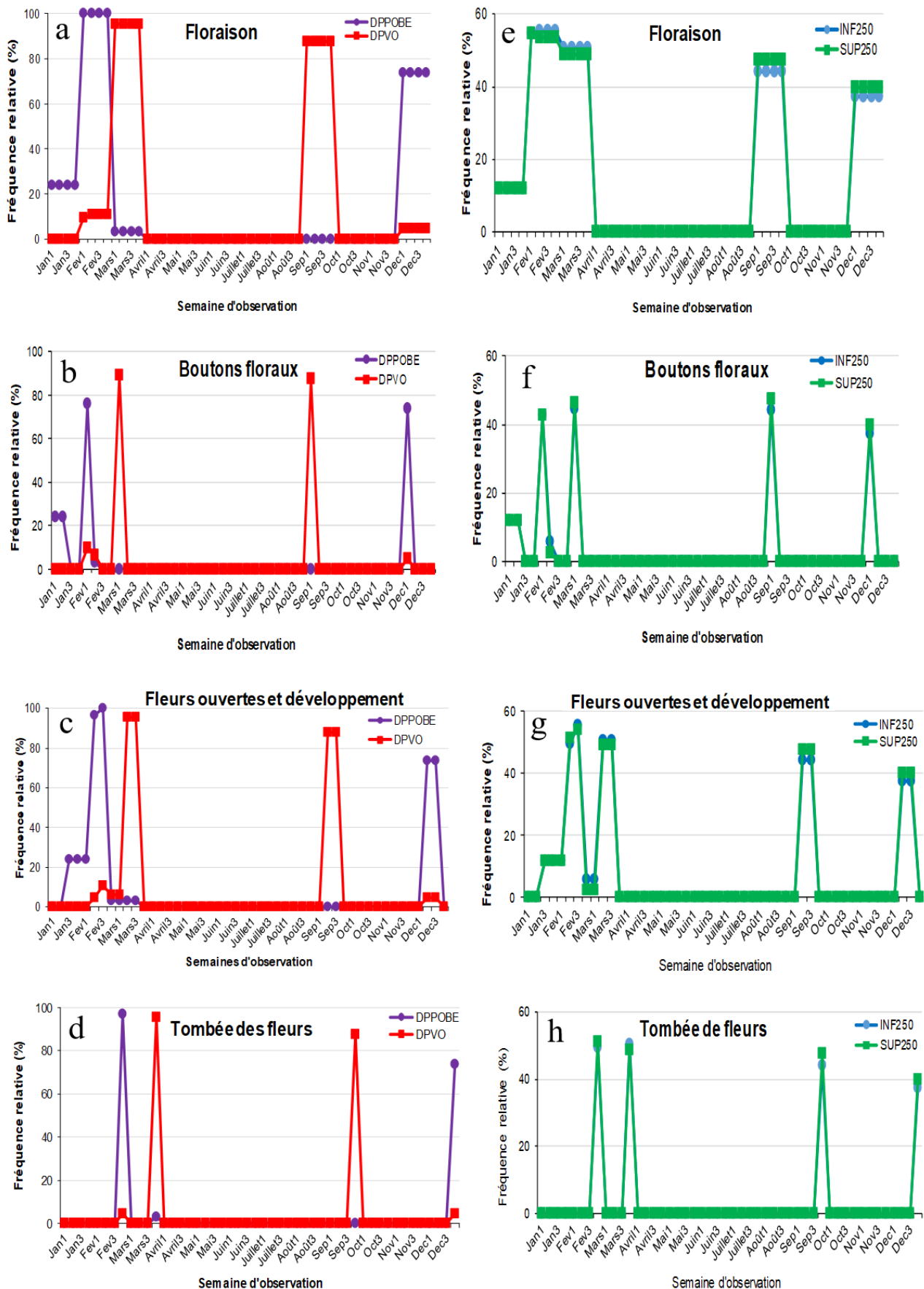


Figure 4: Phénophase de floraison



Figure 5: Floraison de *Garcinia kola*

Phénophase de fructification

En zone Guinéenne, la fructification de *Garcinia kola* varie suivant le phytodistrict et l'âge des sujets. Cette phénophase prend en compte plusieurs sous-phénophases que sont: l'apparition des fruits immatures, l'apparition des fruits matures mais non complètement mûrs, et l'apparition des fruits matures complètement mûrs. La variation de la fructification de *Garcinia kola* suivant le phytodistrict et l'âge est présentée dans la figure 6.

Il ressort de l'exploitation de cette figure que les sous phénophases de la fructification varient suivant le phytodistrict et l'âge des arbres. De l'analyse des figures 6a, 6b, 6c, 6d, il ressort que la fructification chez *Garcinia kola* démarre plus vite dans le district phyto-géographique de Pobè que dans celui de la vallée de l'Ouémé; en témoigne les figures 6b et 6c. De l'exploitation des figures 6e, 6f, 6g et 6h, il ressort que tous les arbres échantillonnés (100%) réalisent la fructification d'Avril à Juillet: c'est la grande saison de fructification qui démarre véritablement depuis Mars (suite à la floraison de Janvier et Février) et auxquelles participent massivement toutes les classes d'âges. Ensuite on note une petite saison annuelle de fructification (qui dure de Septembre à Novembre) auxquelles participent plus activement les arbres âgés de moins de 250 ans afin d'accroître la production de leur nombre de fruits qui est faible par rapport à celle produite par les arbres ayant

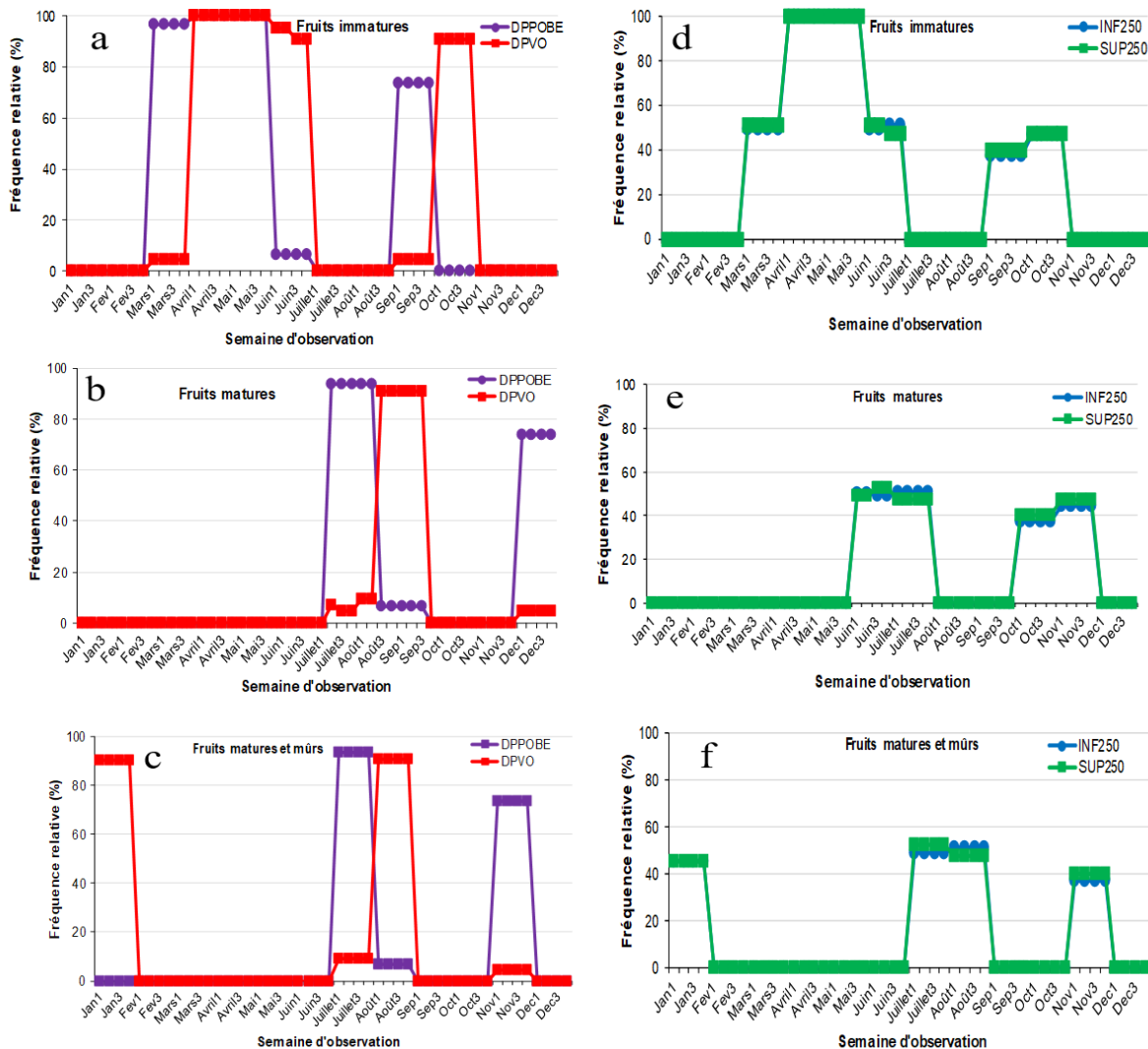


Figure 6: Phénophase de fructification

plus de 250 ans pendant la grande saison de fructification. C'est ainsi que les sous-phénophases «apparition de fruits immatures» (figure 6f), «apparition de fruits matures non complètement mûrs» (figure 6g) et «apparition des fruits matures et complètement mûrs» (figure 6h) se manifestent annuellement suivant chaque saison de fructification. La figure 7 illustre des fruits de *Garcinia kola* cueillis.



Figure 7: Différents types de fruits de *Garcinia kola* a) fruits immatures; b) fruit mature; c) fruits matures et complètement mûrs

DISCUSSION

Les périodes de réalisation des phénophases chez *Garcinia kola* varient suivant le phytodistrict et l'âge des sujets. L'influence de l'âge sur les différentes phénophases, confirme les travaux de Diallo *et al.* (2016) qui ont prouvé que le jeune âge des arbres influencent les fréquences relatives d'apparition et de manifestation des événements phénologiques de la phénophase de feuillaison de plusieurs espèces végétales ligneuses comme *Faidherbia albida*, *Acacia senegal* (L.) Willd., *Acacia tortilis* var. *raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. L'apparition et le développement des feuilles lors de la phénophase «feuillaison» prouve que l'optimum de lumière nécessaire à la photosynthèse, est atteint dans les deux districts phyto-géographiques. C'est ce qu'expliquent Broetto *et al.* (2007), Takahashi et Murata (2008), Hajlaoui *et al.* (2009), Maatallah *et al.* (2015) et Diallo *et al.* (2016) dans leurs travaux qui ont révélé que l'apparition des feuilles d'une espèce ainsi que leur développement est forcément induite par l'optimum de lumière atteint pour la réalisation de la photosynthèse des espèces végétales. Leurs réflexions illustrent aussi que l'atteinte rapide de l'optimum de lumière dans un milieu, favorise la précocité de l'apparition et du développement des jeunes feuilles des espèces végétales. Dans la présente étude, cet optimum est plus vite atteint dans le district phyto-géographique de Pobè que dans celui de la vallée de l'Ouémé. Cette précocité constatée dans le district phyto-géographique de Pobè serait certainement due aux conditions climatiques et au type de sol sur lequel ont poussé majoritairement les arbres de *Garcinia kola*. Ces résultats corroborent ceux de Diouf et Zaâfour (2003) qui ont énoncé que la précocité d'une phase phénologique à divers endroits et même dans un peuplement survient quand les

espèces font face à des facteurs climatiques et édaphiques qui leur ont été favorables. La précocité et la durée plus courte (16 semaines annuelles au total contre 20 semaines annuelles au total) du déroulement de la sous-phénophase « apparition et développement des jeunes feuilles » dans le district phyto-géographique de Pobè s'expliquerait par le fait que dans ce district, l'optimum de la quantité de lumière nécessaire à l'apparition et au développement des jeunes feuilles est non seulement plus vite atteinte mais aussi nécessite cumulativement un temps plus court (dans la précocité et dans la vitesse de développement des jeunes feuilles) que celle observée chez les arbres dans le district phyto-géographique de la vallée de l'Ouémé. Quand on considère toujours la feuillaison chez *Garcinia kola*, il est aisé de constater qu'elle démarre souvent dans les mois les plus frais (Août-septembre) et plus précocement dans le district phyto-géographique de Pobè (Août); cela signifie qu'une précoce fraîcheur dans les mois les plus frais, favorise le démarrage de la feuillaison. Cette explication corrobore les résultats de Jdaidi et Hasnaoui (2016) qui ont confirmé que pour la plupart des espèces végétales ligneuses (*Prunus avium*, ...), le démarrage de la feuillaison nécessite un microclimat relativement frais, souvent causée par les pluies et une bonne température libérée par l'ensoleillement. Le district phyto-géographique de Pobè atteint alors plus vite l'interaction «optimum climatique-conditions édaphiques» que celui de la vallée de l'Ouémé en ce qui concerne la feuillaison de *Garcinia kola*. La succession des sous-phénophases: défeuillaison, apparition et développement de jeunes feuilles et maturation des feuilles, confirme également les résultats de Jdaidi et Hasnaoui (2016) qui ont observé aussi la succession des mêmes sous-phénophases pour d'autres espèces végétales ligneuses comme *Prunus avium*. Les résultats liés à la période de démarrage de la floraison chez *Garcinia kola* dans les deux districts phyto-géographiques, confirment les travaux d'Arbonnier (2008), de Yédomonhan (2009) et de Jaouadi *et al.* (2012) qui ont révélé que la floraison des espèces végétales ligneuses démarre souvent dans les mois secs. La précocité de la floraison manifestée pour le peuplement du district phyto-géographique de Pobè, révèle une très légère variation inter districts phyto-géographiques. Cette précocité peut s'expliquer par des différences de caractéristiques édaphiques, des différences d'exposition à la lumière et d'altitude. Ces explications corroborent les travaux de Wahbi *et al.* (2012) qui ont stipulé que la précocité de la floraison d'un peuplement d'un site par rapport à un autre est due aux différences de caractéristiques édaphiques, d'exposition à la lumière et d'altitude de ces sites. En effet, l'apparition des boutons floraux ainsi que l'ouverture et le développement des fleurs, sont contrôlés par la photonastie traduisant le réflexe des plantes à la succession rythmée des jours et des nuits. En effet, la lumière joue un rôle important dans l'apparition des boutons floraux ainsi que le développement des fleurs en contrôlant l'ouverture et la fermeture des stomates qui contrôlent à leur tour le potentiel hydrique de la plante (Tsuji *et al.*, 2008; Wilkie *et al.*, 2008, Schwartz *et al.*, 2009; Ahoendo *et al.*, 2012). Également, la fructification a connu une précocité de ses sous-phénophases au niveau du district phyto-géographique de Pobè; ceci serait dû à la réunion précoce de tous les facteurs climatiques et édaphiques nécessaires au démarrage de la fructification. Cette précocité de la fruc-

tification observée sur le terrain au niveau du district phytogéographique de Pobè, confirme les travaux de Chuine *et al.* (2001), Menga *et al.* (2012), Wahbi *et al.* (2012), Vihotogbé (2012), Vihotogbé *et al.* (2012a, 2012b; 2013) puis Mabrouk *et al.* (2016), qui expliquent qu'au niveau de la phénologie des espèces végétales ligneuses, la précocité de la fructification dans certains écotypes dépend de la réunion précoce des caractéristiques édapho-climatiques favorables au développement de chaque sous-phénophase. Les résultats liés aux périodes de fructification corroborent ceux de Vayssières *et al.* (2010) et Badou *et al.* (2017) qui ont montré que les espèces ligneuses fruitières tropicales présentent des périodes de fructification qui s'échelonnent de Mars à Octobre au Bénin.

CONCLUSION

Cette étude a montré que les phénophases (feuillaison, floraison, fructification) de *Garcinia kola* sont influencées par le district phyto-géographique et l'âge des arbres. Aussi, cette étude a montré que les phénophases de *Garcinia kola* ont des démarrages précoces dans le district phyto-géographique de Pobè compte tenu de la réunion précoce des caractéristiques édapho-climatiques favorables à leur développement dans ce district. Ces résultats traduisent qu'au terme de cette étude, la restauration de *Garcinia kola* ainsi que sa conservation *in situ* en zone guinéo-congolaise au Bénin, peuvent aisément se réaliser aussi bien dans le district phyto-géographique de Pobè que dans celui de la Vallée de l'Ouémé, avec un avantage de précocité des phénophases dans le district phyto-géographique de Pobè. Mais pour que cette restauration et conservation de l'espèce soient parfaites, d'autres études comme les études de germinations *in situ* et de croissance juvénile de l'espèce, doivent être menées afin de connaître non seulement le déterminisme de la germination *in situ* de *Garcinia kola* dans chaque district phyto-géographique, mais aussi celui des premiers stades de croissance de l'espèce. Ces études de germination rentreront dans le cadre de conservation *in situ* qui consiste à maintenir les espèces menacées dans le milieu où elles ont développé leurs caractères distinctifs, de façon naturelle.

RÉFÉRENCES

Ahohuendo B.C., Sinébou V.C.O., Ahoton L.E., Etèka A.C., Dansi A., Ahanchédé A., Hounhouigan J.D., Sanni A., de Foucault B. (2012). Phénologie et biologie florale de *Sesamum radiatum* Schumacher & Thon., un légume feuille traditionnel en voie de domestication au Bénin. *Acta Botanica Gallica*, 159: 335-344.

Akoègninou A., van der Burg W.J., van der Maesen L.J.G. (2006). Flore Analytique du Bénin. Wageningen, Backhuys Publishers, 1034 p.

Arbonnier P.B.M. (2008). Ligneux du Sahel. Outil graphique d'identification V.1.0. CIRAD.

Assogbadjo A.E., Idohou R., Chadare F.J., Salako V.K., Djagoun C.A.M.S., Akouhou G., 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: 105-115.

Assogbadjo A.E. (2006). Importance socio-économique et étude de la variabilité écologique, morphologique, génétique et biochimique du baobab (*Adansonia digitata*) au Bénin. Thèse de doctorat, Belgium: Ghent University, Faculty of Bioscience Engineering, 213 p.

Badou R.B., Yédomonhan H., Adomou A.C., 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: 2466-2480.

Broetto F., Duarte H.M., Lüttge U. (2007). Responses of chlorophyll fluorescence parameters of the facultative halophyte and C3-CAM intermediate species *Mesembryanthemum crystallinum* to salinity and high irradiance stress. *Journal of Plant Physiology*, 164: 904-912.

Cheek M. (2004). *Garcinia kola*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T34715A9884648. 6p.

Chuine I., Belmonte J., Mignot A. (2010). A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *Journal of Ecology*, 88: 561-570.

Codjia J.T.C., Assogbadjo A.E., Ekué M.R.M. (2003). Diversité et valorisation au niveau local des ressources forestières alimentaires végétales du Bénin. *Cahiers Agricultures*, 12: 321-331.

Dadjio 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, Institut des sciences fondamentales, de la technologie et de l'innovation de l'Université panafricaine, 189 p.

Dao E.C.M. (2012). Biologie et écologie de la reproduction sexuée d'une Caesalpinioideae (Leguminosae): *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. Thèse de Doctorat de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina - Faso, 110 p.

Diallo M.D., Mahamat-Saleh M., Diallo A., Bassene C., Ndiaye O., Niang K., Aliou D., Aliou G. (2016). Caractérisation de la variabilité des phénophases de cinq espèces végétales sahéliennes dans la zone nord Ferlo, Sénégal. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 27: 117-135.

Diouf M., Zaïfour M.S. (2003). Phénologie comparée d'*Acacia raddiana* au Nord et au Sud du Sahara. In: Grouzis M, Le Floch E (éds), Un Arbre au Désert: *Acacia raddiana*. Paris (France): Ird éditions, 103-118.

Eyog-Matig O., Aoudji A.K.N., Linsoussi C. (2007). Graines de *Garcinia kola* Heckel: levée de la dormance. *Écologie appliquée et recherche environnementale*, 5: 63-71.

GBIF (2017). <https://www.gbif.org>.

Hajlaoui H., El Ayeb N., Denden M. (2009). Effects of salt stress on photosynthesis, PS II photochemistry and thermal energy dissipation in leaves of two corn (*Zea mays* L.) varieties. *Photosynthetica*, 47: 517-526.

IUCN (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. <https://www.iucnredlist.org/species/34715/9884648>.

Jaouadi W., Hamrouni L., Khouja L.M. (2012). Phénologie d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* dans le parc national de Bou Hedma en Tunisie, effet du site sur les phénophases de l'espèce. *Bois et Forêts des Tropiques*, 312: 21-29.

Jdai N., Hasnaoui B. (2016). Influence des facteurs climatiques sur la phénologie de Merisier (*Prunus avium*) au Nord-Ouest de la Tunisie. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 4: 23-31.

Kouyaté A.M., Van Damme P., Diawara M. (2006). Évaluation de la production en fruits de *Detarium microcarpum* Guil. & Perr au Mali. *Fruits*, 61: 267-272.

Maatallah S., Hajlaoui H., Boughalleb F., Denden M. (2015). Effet de l'interaction lumière - salinité sur l'activité du photosystème II des feuilles excisées de maïs. *African Crop Science Journal*, 23: 221-226.

Mabrouk A., Abbas Y., Fakiri M., Bencheikroun M., El Kharrassi Y., El Antry-Tazi S., El Mzouri E. (2016). Phenological characterization among Moroccan ecotypes of cactus (*Opuntia* spp.) under soil and climatic conditions of the Chaouia-Ouardigha region. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7: 1396-1405.

Massenet J-Y. (2010). Forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce. In: Massenet J-Y (ed). Cours de dendrométrie. 76270 Mesnieres-en-Bray: Lycée forestier-Château de Mesnières, 1-12.

- Menga P., Bayol N., Nasi R., Fayolle A. (2012). Phénologie et diamètre de fructification du wengé, *Millettia laurentii* De Wild.: Implications pour la gestion. *Bois et Forêts des Tropiques*, 312: 31-41.
- Neuenschwander P., Sinsin B., Georgen G. (2011). Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: liste rouge pour le Bénin. Ibadan: Institut International d'Agriculture Tropicale, 365p.
- Oludayo O.E., Otieno-Ayayo N.Z., Omondi A.B., Ouali-N'goran M., Okwae K.F., Salah E.F.E. (2015). Livre des Résumés 21^{ème} Réunion et Conférence de l'Association Africaine des Entomologistes. Bénin: Palais des Congrès de Cotonou, 254 p.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing. URL <https://www.R-project.org/>.
- Schwartz C., Balasubramanian S., Warthmann N., Michael P.T., Lempe J., Sureshkumar S., Kobayashi Y., Maloof J.N., Borevitz J.O., Chory J., Weigel D. (2009). Cis-regulatory changes at flowering locus T mediate natural variation in flowering responses of *Arabidopsis thaliana*. *Genetics*, 183: 723-732.
- Souza de S. (2001). Rapport du Bénin. In: Eyog-Matig O., Adjanonhou E., Souza de S., Sinsin B. (eds), Compte rendu de la première réunion du Réseau «Espèces Ligneuses Médicinales» 15-17 décembre 1999. Bénin, Kenya: Station IITA Cotonou, Institut International des Ressources Phytogénétiques, 4-10.
- Takahashi S., Murata N. (2008). How do environmental stresses accelerate photoinhibition? *Trends Plant Sci.*, 13: 178-182.
- Tsuji H., Shojiro T.S., Reina K.R., Shimamoto K. (2008). Florigen and the photoperiodic control of flowering in rice. *Rice*, 1: 25-35.
- UICN (2001). Catégories et critères de l'UICN pour la liste rouge, version 3.1. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN, 32p.
- Vayssières J.-F., Sinzogan A., Adandonon A., Ayegnon D., Ouagoussounon I., Modjibou S. (2010). Principaux fruitiers locaux des zones guinéo-soudaniennes du Bénin: inventaire, période de production et dégâts dus aux mouches des fruits. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 4: 42-46.
- 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), Thesis Submitted in fulfilment of the requirements for the degree of doctor. Wageningen University, 189 p.
- Vihotogbé R., van den Berg R.G., Bongers F., Sinsin B., Sosef M.S.M. (2012a). Phenological diversity and discrimination within African bush mango trees (Irvingia: Irvingiaceae) in the Dahomey Gap (West Africa). In: Vihotogbé R (ed), Characterization of African bush mango trees with emphasis on the differences between sweet and bitter trees in the Dahomey Gap (West Africa). Wageningen University : PhD Thesis, 83-117.
- Vihotogbé R., van den Berg R.G., Bongers F., Sinsin B., Sosef M.S.M. (2012b). Backgrounds of the domestication process of African bush mango trees (Irvingiaceae) in the Dahomey Gap (West Africa). In: Vihotogbé R. (ed), Characterization of African bush mango trees with emphasis on the differences between sweet and bitter trees in the Dahomey Gap (West Africa). Wageningen University: PhD Thesis, 43-81.
- Vihotogbé R., van den Berg R.G., Sosef M.S.M. (2013). Morphological characterization of African bush mango trees (Irvingia species) in West Africa. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60:1597-1614.
- Wahbi S., Prin Y., Thioulouse J., Duponnois R. (2012). Impact of Wheat/Faba Bean Mixed Cropping or Rotation Systems on Soil Microbial Functionalities. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1-9.
- Wilkie J.D., Sedgley M., Olesen T. (2008). Regulation of floral initiation in horticultural trees. *J. Exp. Bot.* 59: 3215-3228.
- Yédomonhan H. (2009). Plantes mellifères et potentialités de production de miel en zone guinéenne et soudano-guinéenne au Bénin. Thèse de Doctorat. Université d'Abomey-Calavi (Bénin): Faculté des Sciences et Techniques, 273 p.