

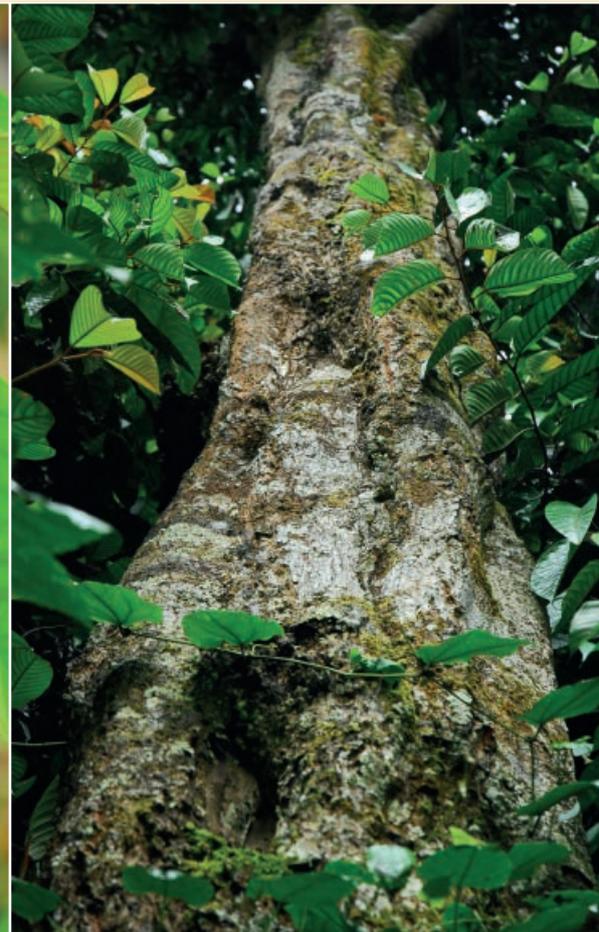
# Essais de propagation par semis et marcottage aérien de *Coula edulis* Baill. et perspectives pour sa domestication

Christian MOUPELA<sup>1, 2</sup>  
Jean-Louis DOUCET<sup>2</sup>  
Kasso DAÏNOU<sup>2</sup>  
Quentin MEUNIER<sup>3</sup>  
Cédric VERMEULEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université des sciences  
et techniques de Masuku  
BP 941  
Franceville  
Gabon

<sup>2</sup> Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech  
Unité de gestion des ressources forestières  
et des milieux naturels  
Laboratoire de foresterie des régions tropicales  
et subtropicales  
Passage des Déportés 2  
5030 Gembloux  
Belgique

<sup>3</sup> Nature +  
Projet Dacefi 2  
s/c Www-Carpo  
Montée de Louis  
PO 9144, Libreville  
Gabon



*Coula edulis*, une espèce des forêts sempervirentes africaines (à droite), avec ses fleurs et ses fruits immatures (à gauche), fournissant des fruits appréciés par les populations. Photos Q. Meunier.

## RÉSUMÉ

### ESSAIS DE PROPAGATION PAR SEMIS ET MARCOTTAGE AÉRIEN DE *COULA EDULIS* BAILL. ET PERSPECTIVES POUR SA DOMESTICATION

Le noisetier d'Afrique, *Coula edulis* Baill. Olacaceae, est un arbre des forêts denses humides africaines. Il produit des graines d'une grande valeur nutritive qui sont régulièrement récoltées et commercialisées par les populations d'Afrique centrale et de l'Ouest. Cependant, le manque d'informations relatives aux techniques de multiplication de l'espèce est la principale contrainte à sa domestication et à son intégration dans les systèmes agroforestiers locaux. L'étude, conduite parallèlement en pépinière et en milieu naturel, vise à mieux caractériser la germination de *C. edulis* et à déterminer ses aptitudes au marcottage aérien. Les résultats obtenus indiquent que la germination de *C. edulis* est très lente et échelonnée avec des taux de levée très faibles, voire nuls. De plus, les prétraitements appliqués aux graines se sont révélés inefficaces pour améliorer la vitesse et le taux de levée des semences. En revanche, le marcottage aérien permet de produire des plants de *C. edulis* d'une vigueur bien supérieure et dans un délai plus court que les semis en pépinière. Les résultats préliminaires du marcottage aérien sont prometteurs et ouvrent des perspectives intéressantes pour la multiplication et la domestication de l'espèce. L'intégration de *Coula edulis* dans les systèmes agroforestiers des plants issus du marcottage aérien est donc envisageable.

**Mots-clés :** *Coula edulis*, germination, marcottage aérien, domestication, propagation, PFNL, Gabon.

## ABSTRACT

### PROPAGATION TRIALS WITH *COULA EDULIS* BAILL. USING SEEDS AND AIR LAYERING; PROSPECTS FOR DOMESTICATION

The African walnut, *Coula edulis* Baill. Olacaceae, is a species found in Africa's moist forests. It produces seeds of high nutritional value that are widely harvested and marketed by Central and West African populations. However, the lack of information on propagation techniques is the main obstacle to domestication of the species and to its use as part of local agroforestry systems. The aim of this study, conducted in parallel in a nursery and in the natural environment, was to improve the characterisation of *C. edulis* germination and determine the suitability of the species for aerial layering propagation. The results show that *C. edulis* germination occurs after several months, with very low to zero success rates. The pre-treatments applied to the seeds had no effect on the duration and success rate of germination. Air layering method, on the other hand, produced far more vigorous *C. edulis* plants within a much shorter time than nursery-raised seedlings. Preliminary results with air layering are promising, with good prospects for propagation and domestication of the species. The use in agroforestry systems of *Coula edulis* plants obtained by air layering should therefore be considered.

**Keywords:** *Coula edulis*, germination, air layering, domestication, propagation, NTFP, Gabon.

## RESUMEN

### ENSAYOS DE PROPAGACIÓN POR SIEMBRA Y POR ACODO AÉREO DE *COULA EDULIS* BAILL. Y PERSPECTIVAS PARA SU DOMESTICACIÓN

El "avellano de África", *Coula edulis* Baill. Olacaceae, es un árbol de las selvas húmedas africanas. Produce frutos de alto valor nutritivo que son regularmente recolectados y comercializados por las poblaciones de África Central y Occidental. Sin embargo, la falta de información sobre las técnicas de multiplicación de esta especie es el principal factor limitante para su domesticación e integración en los sistemas agroforestales locales. El estudio, realizado de modo paralelo en vivero y en medio natural, intenta caracterizar mejor la germinación de *C. edulis* y determinar sus aptitudes para el acodo aéreo. Los resultados obtenidos indican que la germinación de *C. edulis* es muy lenta y escalonada, con tasas de emergencia muy bajas o nulas. Además, los pretratamientos aplicados a las semillas se mostraron ineficaces para mejorar la velocidad y la tasa de emergencia de la simiente. Por el contrario, el acodo aéreo permite producir plantas de *C. edulis* mucho más vigorosas y en un plazo de tiempo más corto que las siembras en vivero. Los resultados preliminares del acodo aéreo son esperanzadores y abren interesantes perspectivas para la multiplicación y domesticación de la especie. Se puede, por tanto, considerar la integración de *Coula edulis* en sistemas agroforestales de plantas procedentes de acodos aéreos.

**Palabras clave:** *Coula edulis*, germinación, acodo aéreo, domesticación, propagación, PFNM, Gabón.

## Introduction

De nombreux végétaux ligneux jouent, depuis des siècles, un rôle alimentaire et socio-économique important pour les populations forestières d'Afrique centrale (MOUPELA *et al.*, 2011). L'intérêt d'une meilleure utilisation des produits forestiers non ligneux (Pfnl) pour satisfaire les besoins des populations selon un mode de gestion durable est maintenant reconnu (VERMEULEN *et al.*, 2011). Mais la majorité des espèces générant des Pfnl sont encore soumises à une pression anthropique élevée qui réduit leur régénération naturelle. De nombreuses populations d'espèces ligneuses se trouvent ainsi dans une dynamique régressive caractérisée par la raréfaction ou l'absence d'individus jeunes (ENDRESS *et al.*, 2006 ; BELLEFONTAINE *et al.*, 2010 ; SANOGO *et al.*, 2013). Selon AGYILI *et al.* (2007), l'exploitation et la commercialisation des Pfnl en Afrique sont à ce jour prioritairement destinées à accroître les revenus individuels des cueilleurs sans souci de gestion durable, laquelle nécessiterait de prendre en compte les modes de régénération des espèces sollicitées et de promouvoir leur domestication afin de réduire la pression exercée sur les populations naturelles (OUEDRAOGO *et al.*, 2006). De nombreuses espèces tropicales à valeur nutritive ou marchande se régénèrent de façon méconnue (BELLEFONTAINE *et al.*, 2010). La reproduction des ligneux par voie sexuée reste le mode de propagation le plus courant. Toutefois, pour certaines espèces, le manque de graines ou les faibles capacités germinatives restreignent la production de semis en pépinière (TCHOUNDJEU *et al.*, 2004). En pareil cas, la multiplication végétative peut constituer une alternative avantageuse.

*Coula edulis* Baill., encore appelé noisetier d'Afrique ou noisetier du Gabon, s'inscrit dans ce contexte. *Coula edulis* est un arbre typique des forêts sempervirentes d'Afrique, prisé pour ses Pfnl (feuilles, fruits et graines, tiges, écorces, racines, etc.) qu'il procure aux populations locales (TAMOKOU *et al.*, 2011). Ses graines germent faiblement (10 à 20 %) et de façon très échelonnée (3 à 24 mois) (DE LA MENSBRUGE, 1966 ; MIQUEL, 1987). Rien ne permet à ce jour de savoir si l'espèce est capable de se reproduire par voie végétative bien que BONNÉHIN (2000) ait montré que les boutures et les marcottes développaient des cals sans jamais initier de racine, ce qui l'a amené à considérer *C. edulis* comme inapte à ce type de multiplication. Les difficultés de germination et le manque de connaissances relatives aux techniques de multiplication végétative de *C. edulis* seraient les principales causes de son absence des systèmes agroforestiers locaux. Ces aspects ont été étudiés à travers la mise en place d'essais de germination en pépinière après l'application de divers prétraitements, faciles à réaliser, et accessibles aux populations et de multiplication végétative par marcottage aérien eu égard aux succès obtenus dans des contextes similaires pour d'autres espèces arborescentes (MEUNIER *et al.*, 2008).

## Matériel et méthodes

### Espèce étudiée

*Coula edulis* Baill. (Olacaceae) est une espèce arborescente de taille moyenne (30 m de hauteur) des étages inférieurs de la forêt dense humide sempervirente et dont l'aire naturelle s'étend de la Sierra Leone à la République démocratique du Congo (VIVIEN, FAURE, 1996). Il préfère les terrains argileux. Sa phénologie se caractérise par une floraison et une fructification annuelles et régulières qui s'étalent au Gabon sur environ quatre mois, entre janvier et avril (MOUPELA *et al.*, 2014).

Les graines de *Coula edulis* jouent un rôle non négligeable dans l'économie locale africaine. Consommées crues, elles produisent une huile jaune, inodore, de saveur suave et de grande valeur nutritive (TCHIEGANG *et al.*, 1998). Son écorce est utilisée en médecine traditionnelle en décoction pour la purgation ou contre les douleurs lombaires (TAMOKOU *et al.*, 2011).

### Site d'étude

L'étude a été menée, en pépinière (pour les essais de germination) et en milieu naturel (pour la récolte des fruits et le marcottage), dans une concession forestière sous aménagement durable gérée par la société Precious Woods Gabon (0°44'S ; 12°58'E). Le climat est de type équatorial marqué par deux saisons de fortes précipitations (mars-mai et septembre-décembre) et deux saisons à pluviosité moindre (juin-août et janvier-février). La pluviosité moyenne annuelle est de 1 700 mm (RICHARD, LÉONARD, 1993). La température moyenne annuelle est d'environ 26 °C. Les pics de température surviennent de février à avril tandis que les minima sont observés de juillet à août.

Les sols dominants sont de type ferrallitique à faciès jaune où tous les éléments de la roche-mère sont hydrolysés et la plus grande partie des bases exportée. Dans l'ensemble, les sols ont donc une faible richesse chimique mais leurs caractéristiques physiques sont correctes et les teneurs en argile sont suffisantes (MARTIN *et al.*, 1981).

### Étude de la germination de *Coula edulis* en pépinière

Des fruits ont été récoltés à maturité en février 2009 sous 26 semenciers en fructification puis triés par flottage dans l'eau. Au total, 1 600 fruits de *C. edulis* provenant des 26 semenciers (sélectionnés sur base de leur bon état végétatif : absence d'attaques, issus de fûts droits et de couronnes régulièrement développées) ont été répartis en quatre lots mélangés (400 semences chacun) pour les besoins de l'étude. Chaque lot comporte des représentants de chaque semencier. Les quatre lots correspondent aux quatre traitements dans cette étude. Chaque lot a ensuite été scindé en deux parties de 200 graines chacune, afin d'avoir deux répétitions par traitement. Un lot n'a subi aucun prétraitement pour servir de témoin (traitement 1). Les semences des autres lots ont subi trois prétraitements différents : la scarification manuelle (une entaille faite dans l'endocarpe à l'aide d'un couteau) avec application d'un produit anti-fourmis (Cermas-D contenant de la deltamé-

thrine à 100 g/l) car les amandes sont fréquemment consommées par des fourmis (obs. pers.) (traitement 2) ; la scarification manuelle de l'endocarpe (traitement 3) ; le dénoyautage des fruits (graines débarrassées de l'endocarpe ; traitement 4). Les semis ont été effectués dans des sachets en polyéthylène de 12 cm de diamètre et 25 cm de hauteur. Les semences ont été disposées en terre à une profondeur égale à leur hauteur (4 cm). Le substrat était constitué de terreau tamisé et débarrassé d'éléments grossiers indésirables. Les soins administrés aux semis et aux plantules ont consisté à effectuer un arrosage tous les deux jours en l'absence de pluies, à créer une ombrière au moyen de feuilles de palmier reposant sur des piquets verticaux de 2 m de haut, et enfin à réaliser un désherbage et un binage périodiques. Compte tenu de la faible vitesse de germination de *C. edulis*, le suivi de germination s'est étalé sur trois ans, du 26 février 2009 au 23 avril 2012, avec un relevé hebdomadaire des germinations. Une graine était considérée comme ayant germé (photos 1) lors de l'émergence de la radicule (germination épigée *sensu* DE LA MENSBRUGE, 1966). Le mécanisme de germination et la croissance des plantules ont été étudiés à travers les paramètres suivants :

- le délai de germination défini comme le temps écoulé entre la date du semis  $t_0$  et la première germination  $t_1$  ;
- le taux de germination (T) ou faculté germinative qui rend compte de la capacité des graines à se développer après avoir été mises dans des conditions favorables à la germination :  $T = G \times 100/N$  (avec G = nombre de graines germées et N = nombre de graines mises à germer par traitement) ;
- l'évolution du taux de survie ( $T_s$ ) (qui témoigne de la capacité des plantules à survivre durant toute la période d'observation :  $T_s = (N_p \times 100)/N_g$  (avec  $N_p$  le nombre total de plantules et  $N_g$  le nombre total de graines germées) ;
- la croissance en hauteur (mesure mensuelle de la hauteur du collet au bourgeon terminal).



a



b



c



d



e



f

#### Photos 1.

Étapes de la germination épigée de *Coula edulis* en pépinière : (a) ouverture du noyau en 3 fentes ; (b) élongation de l'hypocotyle ; (c) dans la grande majorité des cas, l'hypocotyle se rompt sous le poids du noyau contenant les cotylédons ; (d) apparition de bourgeons (néoformés) ; (e) et (f) rejet ou formation des premières feuilles et phases de croissance du jeune axe feuillé. Photos C. Moupela et J. L. Doucet.

## Potentiel de multiplication végétative de *Coula edulis*

Parmi les nombreuses techniques de multiplication végétative utilisées en agroforesterie (greffage, bouturage, marcottage, drageonnage), le marcottage aérien a été privilégié pour sa simplicité et son faible coût de mise en œuvre dans le contexte des villages africains (HARIVEL *et al.*, 2006 ; MEUNIER *et al.*, 2008). La présente expérimentation de marcottage a été réalisée sur des rameaux de tiges de *C. edulis* (photos 2), ayant un diamètre moyen de  $12,9 \pm 2,1$  mm, avec un minimum de 9 mm et un maximum de 19 mm. Sur ces tiges lignifiées et branches choisies en fonction de leur diamètre, une annélation complète de 5 cm de long a été pratiquée. La partie cambiale mise à nu par l'annélation corticale est immédiatement recouverte d'un manchon en polyéthylène transparent qui renferme un mélange humidifié composé de mousse (8 volumes, prélevée sur des arbres en forêt) et de terre (2 volumes). L'ensemble est maintenu autour de la tige grâce à un ruban adhésif attaché aux extrémités de façon à éviter le dessèchement du substrat. Ce manchon est laissé en place pendant toute la période requise pour la néoformation des racines adventives (rhizogenèse). Dès que les racines apparaissent sous la surface du film plastique, la branche est sectionnée à 3 ou 4 cm sous la partie entaillée à l'aide d'un sécateur. Les marcottes prélevées subissent une taille consistant à supprimer certains rameaux afin de faciliter leur reprise et le renforcement de leur système racinaire. Elles sont ensuite placées individuellement en pépinière (à l'ombre) dans des seaux de 5 litres de terreau et sont régulièrement arrosées.

L'essai de marcottage aérien a été réalisé en novembre 2011 sur 140 rameaux. Les observations effectuées mensuellement ont consisté à contrôler : l'apparition et le développement des racines dans le substrat à travers le sac transparent ; les signes éventuels de dépérissement des marcottes sur l'arbre (flétrissement du feuillage, destruction par les insectes ou autres).

### Analyse des données

Afin de vérifier séparément une éventuelle influence des répétitions et traitements sur le nombre de graines germées, les données ont été soumises à des tests  $\chi^2$  au seuil de signification de 5 %. La croissance en hauteur des plantules a été comparée entre traitements à l'aide d'une analyse de la covariance (Ancova) (DAGNELIE, 1992), la durée de suivi (à partir de la date de germination des individus) étant considérée comme une covariable de la croissance.

D'une manière générale, le marcottage aérien est connu pour avoir davantage de chances de réussir lorsqu'il est pratiqué sur de jeunes rameaux, l'âge de ceux-ci pouvant être estimé par leur diamètre (MEUNIER *et al.*, 2008). Pour ce faire, une régression logistique a été réalisée pour évaluer la probabilité de succès du marcottage suivant le diamètre de la branche ou du rejet.

Les paramètres quantitatifs (taux de germination des graines, croissance en hauteur, diamètre des rameaux qui ont pu être marcottés, etc.) ont été présentés dans les résultats sous forme de valeurs moyennes (écarts-types). Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistica 6.0 (STATSOFT, 2004).

## Résultats

### Taux de germinaux : influence des traitements

Au bout de 165 semaines d'observation, le traitement T4 n'a donné aucune germination, les amandes ayant pourri. La scarification de l'endocarpe avec ou sans application d'insecticide anti-fourmis (T2 et T3) a donné des résultats médiocres, avec des taux de germination de 6 à 7 % (tableau I). En définitive, c'est le traitement témoin (T1) qui, avec 17 % de germination, s'est avéré être significativement le meilleur ( $\chi^2 = 33,82$  ;  $df = 2$  ;  $p < 0,001$ ). Il est à noter que les taux de germination sont indépendants des répétitions pour chaque traitement ( $\chi^2 = 0,07$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,790$  pour le traitement 1,  $\chi^2 = 1,60$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,207$  pour le traitement 2 et  $\chi^2 = 0,36$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,550$  pour le traitement 3). Les délais de germination sont importants, s'étalant en moyenne de 41 à 51 semaines, soit presque un an (figure 1). Les observations laissent supposer que la germination de *C. edulis* peut se prolonger au-delà de la période de suivi, surtout chez les graines non traitées.



**Photos 2.**

(a) Mise en place des marcottes aériennes sur *Coula edulis*.

(b) Néoformation des racines adventives sur une marcotte aérienne de *Coula edulis*.

Photo C. Moupela.

**Tableau I.**Germination de *C. edulis* en pépinière après 165 semaines d'observation.

	Traitement 1 (témoin)		Traitement 2 (scarification et anti-fourmis)		Traitement 3 (scarification)		Traitement 4 (dénoyautage total)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Nombre de graines germées	33	35	15	9	12	15	0	0
Nombre de graines non germées	167	165	185	191	188	185	200	200
Taux de germination moyen par répétition (%)	16,5	17,5	7,5	4,5	6	7,5	0	0
Taux de germination par traitement (% ; moyenne $\pm$ écart-type)	(17,0 $\pm$ 0,7)		(6,0 $\pm$ 2,1)		(6,8 $\pm$ 1,1)		/	
Délai de germination (nombre de semaines ; moyenne $\pm$ écart-type)	(22,8 $\pm$ 7,5)	(54,9 $\pm$ 17,6)	(42,2 $\pm$ 4,1)	(50,4 $\pm$ 11,9)	(37,8 $\pm$ 8,3)	(61,5 $\pm$ 17,7)	/	/
Délai de germination par traitement (nombre de semaines ; moyenne $\pm$ écart-type)	(41,0 $\pm$ 23)		(45,3 $\pm$ 8,7)		(51,1 $\pm$ 18,5)		/	

**Tableau II.**

Influence du traitement sur la levée et la croissance des plantules.

	Traitement 1 (témoin)	Traitement 2 (scarification et anti-fourmis)	Traitement 3 (scarification)	Traitement 4 (dénoyautage total)
Nombre de germinations obtenues	68	24	27	0
Nombre de plantules obtenues	61	21	25	0
Taux de survie (%)	89,7 ( $\pm$ 30,6)	87,5 ( $\pm$ 33,8)	89,3 ( $\pm$ 31,5)	/
Croissance en hauteur en cm/an ; moyenne ( $\pm$ écart-type)	16,5 ( $\pm$ 7,1) <sup>a</sup>	17,0 ( $\pm$ 5,4) <sup>a</sup>	12,7 ( $\pm$ 2,2) <sup>b</sup>	/

Les lettres <sup>a</sup> et <sup>b</sup> désignent les différences significatives ou non suite à l'analyse de la covariance (Ancova), la durée de suivi des plantules ayant été considérée comme une covariable de la croissance en hauteur.

### Description de la germination, levée et développement des plantules

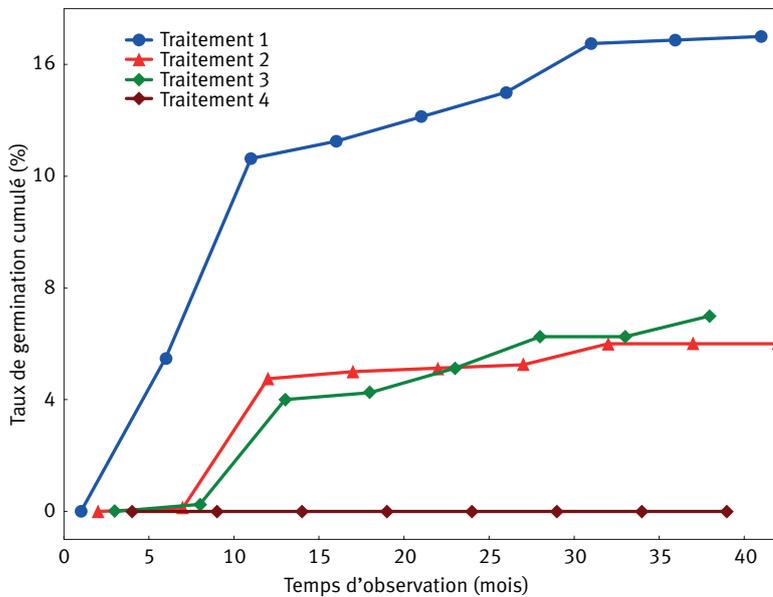
La germination de *C. edulis* semble atypique (photos 1). Elle se caractérise par une sortie en crosse de l'hypocotyle après une ouverture de trois fentes au niveau de l'endocarpe sclérifié (noyau). L'ouverture du noyau et l'allongement de l'hypocotyle sont intervenus en moyenne durant la 41<sup>e</sup> semaine d'observation pour le traitement témoin. L'hypocotyle est très renflé à la base. Le développement des plantules de *C. edulis* s'accompagne de l'accumulation de réserves nutritives mobilisables pendant la phase de croissance. Pour une grande partie des graines ayant germé, l'hypocotyle s'est rompu sous le poids du noyau et des cotylédons qu'il renferme. Malgré la perte des cotylédons, la néoformation de bourgeons latéraux s'est faite au niveau de la cassure sauf pour 10,3 à 12,5 % des semis, lesquels ont germé normalement, de façon épigée. Les premières feuilles se sont développées au niveau de la cicatrice de

l'hypocotyle, sans recours aux réserves cotylédonaires disparues. Les taux de survie semblent similaires entre traitements (tableau II).

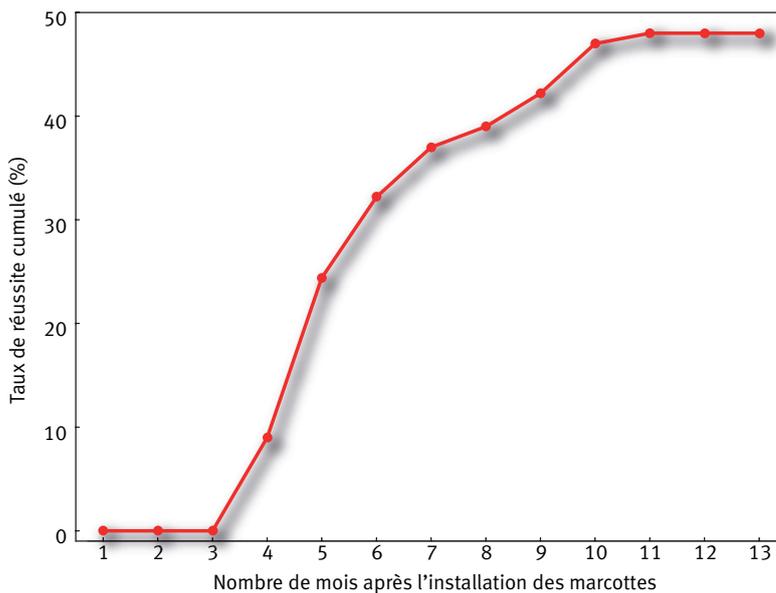
La vitesse de croissance et les taux de survie entre les trois traitements sont similaires. La durée de suivi affecte logiquement la hauteur des plants (Ancova,  $F(1 ; 108) = 5,26 ; p = 0,024$ ), ce qui n'est pas le cas des traitements ( $F(2 ; 108) = 0,99 ; p = 0,375$ ) dont la croissance annuelle varie de 12,7 cm  $\pm$  2,2 à 17,0 cm  $\pm$  5,4 (tableau II). Il n'y a pas d'interactions entre les deux variables ( $F(2 ; 108) = 1,68 ; p = 0,190$ ).

### Aptitudes de *Coula edulis* au marcottage aérien

La figure 2 montre la réussite des marcottes en fonction du temps. La formation des racines adventives sur la marcotte débute probablement plus tôt mais elles ne sont visibles qu'à partir du quatrième mois. En effet, les manchons ne sont pas ouverts pendant le suivi, afin de ne pas perturber



**Figure 1.** Évolution de la germination de *Coula edulis* en fonction du temps. Traitement 1 : témoin ; traitement 2 : scarification et application d'un produit anti-fourmis (Cermas-D contenant de la deltaméthrine) ; traitement 3 : scarification ; traitement 4 : dénoyautage total.



**Figure 2.** Taux de réussite des marcottes aériennes en fonction du temps.

l'hygrométrie et/ou de ne pas sectionner les premières racines. L'évolution du taux de réussite est régulière et atteint la valeur maximale de 48 %, 11 mois après le marcottage. À cette période d'observation, le développement des racines a été jugé suffisant et les marcottes ont pu être sectionnées des branches-mères (photo 3) pour être sevrées.

Le succès du marcottage dépend du diamètre des branches. Ainsi, une probabilité de succès d'au moins 95 % correspond à un diamètre compris entre 14,5 et 15,9 mm. *A contrario*, cette probabilité est par exemple inférieure à 15 % pour les diamètres compris entre 10,5 et 11,9 mm (figure 3).

### Estimation des investissements financiers et temporels pour la multiplication de *Coula edulis*

Le tableau III récapitule les coûts et investissements humains estimés dans le contexte du Gabon, pour produire des plants plantables de *C. edulis* par semis en pépinière et marcottage aérien. Les plants plantables issus du marcottage aérien peuvent être obtenus dans un délai relativement court ( $20,6 \pm 2,1$  contre  $56 \pm 16$  semaines) et pour un coût inférieur (900 Fcfa) à celui des plants issus des semis (1 171 Fcfa). Ces coûts sont par ailleurs susceptibles de varier en fonction du nombre de graines semées et du nombre de marcottes posées.

## Discussion

### Germination et développement des plantules chez *Coula edulis*

DE LA MENSBRUGE (1966) et MIQUEL (1987) avaient signalé que la germination du noisetier d'Afrique est très lente et très étalée dans le temps (3 à 24 mois) avec un taux de germination de l'ordre de 10 à 20 % conformément aux observations de cette étude. Les graines requérant plus de quatre mois avant de germer en conditions favorables peuvent être qualifiées de dormantes selon BASKIN et BASKIN (1998). Toutefois, l'argument d'une dormance tégumentaire évoquée par DE LA MENSBRUGE (1966) et MIQUEL (1987) au sujet de *C. edulis* est discutable au vu des résultats révélés lors de cette étude. En effet, la scarification partielle ou totale (traitements 2, 3 et 4) donne de piètres résultats (0 à 6,8 % de germination) qui se sont avérés bien en deçà des valeurs issues du lot témoin. Si l'effet du tégument qui entoure l'embryon était l'unique responsable des difficultés de germination, le délai de germination aurait été plus court chez les graines scarifiées que dans le lot témoin. Par ailleurs, de nombreux cas de pourriture, après exposition de l'embryon aux intempéries, ont été constatés. Ces résultats tendent à démontrer que la dormance physique ou mécanique (au sens de BASKIN et BASKIN, 1998) ne serait pas la cause de la lenteur et de la faible germination chez *Coula edulis*.

BASKIN et BASKIN (2005) avaient signalé la présence de dormance morphologique ou morphophysologique chez 11 espèces d'Olacaceae des forêts sempervirentes et semi-

sempervirentes tropicales. La dormance morphologique est causée par un embryon sous-développé ou immature mais non dormant (BASKIN, BASKIN, 1998, 2005). Outre les Olacaceae, ce type de dormance serait répandu chez les Annonaceae et les Euphorbiaceae (MIQUEL, 1987). La dormance morphophysiological est provoquée simultanément par un embryon immature et par l'inhibition physiologique des mécanismes de germination. Elle est donc plus difficile à lever dans la mesure où elle nécessite aussi bien le développement préalable de l'embryon que la disparition des substances inhibitrices. Sans qu'on puisse être définitive-

ment affirmatif, il est probable que les graines de *Coula edulis* soient sujettes à une de ces deux formes de dormance endogène. Cela expliquerait l'échelonnement de la germination sur plusieurs années.

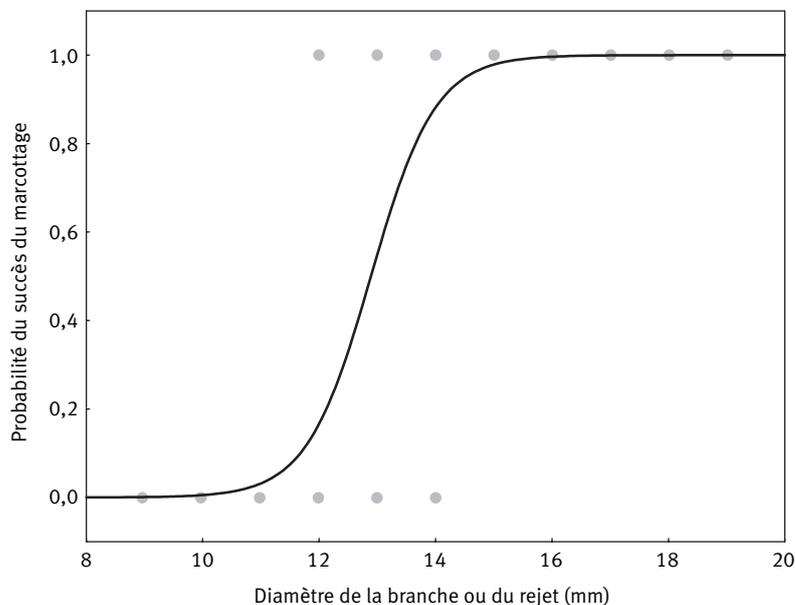
L'échelonnement de la germination due à la dormance est une stratégie de survie relativement courante en forêt dense humide tropicale. Toutefois, ce fait a davantage été observé chez les espèces pionnières ou de forêts secondaires (DAÏNOU *et al.*, 2011). Des auteurs tels que DALLING et BROWN (2009) ont révélé que les diaspores de ces groupes de plantes à tendance héliophile pouvaient persister 2 à 30 ans dans le sol, leur permettant ainsi d'optimiser leurs chances de s'installer en forêt fermée, au hasard des ouvertures de la canopée. Les cas d'espèces à tendance sciaphile affichant une adaptation à une dormance prononcée sont rares dans la mesure où ces taxons doivent pouvoir germer et croître sous la voûte forestière (GARWOOD, 1989). En réalité, le tempérament de *Coula edulis* est peu documenté (DOUCET, 2003) ; mais, vu la position de l'arbre dans le peuplement, l'espèce est plus que vraisemblablement tolérante à l'ombrage. La germination différée pourrait être une adaptation à la prédation par les rongeurs, souvent très friands des graines fraîchement germées d'Olacaceae (DOUCET, comm. pers.).

Le développement atypique des semis de *C. edulis* avait été évoqué par DE LA MENSBRUGE (1966). La présente étude précise que ce phénomène n'est pas systématique (10,3 à 12,5 % germent normalement). La privation brutale et précoce de l'accès aux ressources cotylédonaires suite à la rupture de l'hypocotyle est probablement compensée par un pivot racinaire hypertrophié contenant d'importantes réserves alimentaires et énergétiques. En effet, MIQUEL (1987) signale qu'une tige renflée peut s'expliquer par le transfert des réserves contenues dans l'albumen de la graine vers la base de la tige. Une telle adaptation est par exemple typique des zones de savanes, ainsi que rapportée par OUEDRAOGO *et al.* (2006). Les pousses latérales qui se forment consécutivement à la rupture de l'hypocotyle donnent un aspect de baïonnette à la plantule. Ces pousses pourraient provenir du non-redressement de l'hypocotyle en forme de crosse (DE LA MENSBRUGE, 1966).

Compte tenu des très faibles taux de germination et d'une vitesse de croissance faible, *C. edulis* affiche clairement des caractéristiques de reproduction sexuée peu propices à sa domestication. Autrement dit, la multiplication par semis ne paraît pas adaptée au contexte des communautés villageoises et des systèmes agroforestiers traditionnels. La procédure de multiplication végétative, d'une manière générale ou que ce soit celle testée par la présente étude, semble pouvoir remédier efficacement et à peu de frais aux limites de la régénération par graines (MEUNIER *et al.*, 2008).



**Photo 3.**  
Appareil racinaire néoformé particulièrement vigoureux sur une marcotte aérienne de *Coula edulis* qui vient d'être récoltée pour être sevrée en pépinière.  
Photo C. Moupela.



**Figure 3.**  
Probabilité du succès du marcottage en fonction du diamètre des branches. Régression logistique :  $y = e^{(-23,33 + (1,81x))} / (1 + e^{(-23,33 + (1,81x))})$ , où  $y$  = probabilité du succès du marcottage, et  $x$  = diamètre de la branche ou du rejet de souche (mm).

**Tableau III.**Coûts de production comparés pour les plants de *C. edulis* issus de semis en pépinière et de marcottage aérien.

Technique appliquée	Nombre de graines semées et de marcottes posées	Nombre de plants produits	Matériel nécessaire et activités <sup>1</sup>	Investissement temporel <sup>2</sup>	Fréquence de suivi (par mois)	Durée (mois)	Coûts (Fcfa)	Délai moyen d'obtention d'un plant en semaines (± écart-type)	Hauteur moyenne des plants en cm (± écart-type)					
Semis en pépinière	1 600	107	Sachets de pépinière				30 000	56 (± 16)	53,4 (± 10,8)					
			Sachets de récolte des fruits				3 000							
			Substrat : terreau <sup>4</sup>				-							
			<b>Mise en place et suivi</b>											
			Recherche et récolte des fruits	16 heures			7 200							
			Remplissage des sachets de pépinière	85 heures			38 250							
			Tri, étiquetage, semis	8 heures			3 600							
			Suivi germination	10 minutes	4	36	10 800							
			Arrosage en saison sèche	15 minutes	12	9	16 200							
			Désherbage	30 minutes	1	27	6 075							
			Charges sociales liées aux activités				10 210							
			Coût/plant produit				1 171							
			Marcottage aérien	140	67	Sécateur						10 000	20,6 (± 2,1)	82,7 (± 25)
						Couteau						800		
Sachets de récolte de mousse							3 000							
Sacs plastiques							1 500							
Ruban adhésif							1 000							
Marqueur							1 000							
Vaporisateur							5 500							
Lime							1 500							
Substrat : terreau et mousse							-							
<b>Mise en place et suivi</b>														
Récolte de la mousse	28 heures pour 7 ballots <sup>3</sup>						12 600							
Pose des marcottes	23 h 40						10 650							
Réparation des sacs	1 h 30	1				13	8 775							
Charges sociales liées aux activités							3 985							
Coût/plant produit				900										

Les coûts sont estimés dans le contexte gabonais.

<sup>1</sup> L'estimation des coûts liés à la mise en place de la pépinière, des ombrières et des bacs n'a pas été prise en compte dans la présente étude.<sup>2</sup> Le coût de la main-d'œuvre a été calculé en considérant 8 heures de travail par jour, soit en moyenne 3 600 Fcfa, et pour des charges sociales équivalent à 445 Fcfa pour un ouvrier au Gabon.<sup>3</sup> Un ballot correspond à la quantité de mousse contenue dans un sachet plastique (10 l) disponible dans les commerces.<sup>4</sup> Disponible sur place.

### Aptitudes de *Coula edulis* au marcottage aérien

Le marcottage aérien correspondrait le mieux aux objectifs de valorisation de l'espèce dans un contexte agroforestier. Il a montré qu'il est envisageable de produire des plants de *C. edulis* à moindre coût, dans un délai relativement bref (1 an) et avec un taux de succès supérieur à ce que peut générer le semis de graines. Les résultats de cette étude confortent ceux de HARIVEL *et al.* (2006) et de MEUNIER *et al.* (2008) qui ont montré que le marcottage aérien permettait la production de plants en un laps de temps court, tout en gardant l'ensemble des caractéristiques génotypiques de la plante-mère. Au stade actuel, la présente étude n'a pas encore été suivie d'essais sur le comportement en plantation des marcottes après sevrage. Bien que la production racinaire importante des marcottes semble garantir le succès de la transplantation et le raccourcissement de leur maturité reproductive, cet aspect mérite davantage d'investigations. En effet, MOUPELA *et al.* (2014) estiment que, dans les conditions naturelles, il faut environ un siècle pour qu'un individu atteigne sa taille de fructification importante et régulière, soit 23 cm de diamètre à hauteur de poitrine. Il apparaît donc nécessaire de planter les marcottes produites pour étudier leur comportement et mesurer le temps requis pour atteindre la maturité reproductive. Les branches les plus grosses de l'échantillon ont donné les meilleurs résultats ; mais le diamètre maximum étudié était de 2 cm. Pour le safoutier, *Dacryodes edulis* Lam. par exemple, KENGUE (2003) suggère de choisir des branches de 3 à 5 cm de diamètre. TCHOUNDJEU *et al.* (2010) ont aussi observé que, chez le manguier sauvage, *Irvingia gabonensis* Aubry Lecompte, les marcottages effectués sur des branches de 3 à 5 cm de diamètre donnaient des résultats significativement meilleurs que ceux pratiqués sur des branches de 2 à 3 cm. Dans la plupart des cas, les taux de succès obtenus varient de 35 à 50 %, ce qui rend les résultats de l'étude sur *C. edulis* (48 %) tout à fait encourageants. Il est à noter que la pose des marcottes n'a été réalisée que sur une seule période (en novembre, durant la saison des pluies) et cela ne permet pas d'appréhender l'influence de la saison sur l'aptitude de *C. edulis* au marcottage aérien. De nombreuses études (HARIVEL *et al.*, 2006 ; BELLEFONTAINE, 2010) démontrent que la période de pose des marcottes aériennes aurait un effet significatif sur la rhizogenèse chez certaines espèces. C'est le cas de *Balanites aegyptiaca* L. dont le marcottage aérien effectué en octobre (fin de la saison des pluies et début de la saison sèche au Cameroun) aurait donné de très bon résultats (NOUBISSIÉ TCHIAGAM *et al.*, 2011). À l'inverse, d'autres auteurs estiment que la saison sèche retarderait, voire inhiberait, le développement des marcottes (HARIVEL *et al.*, 2006).

Les travaux antérieurs aux nôtres, consacrés à la propagation de *C. edulis*, furent ceux de DE LA MENSBRUGE (1966), de MIQUEL (1987) et de BONNÉHIN (2000). Si ces auteurs ont aussi relevé les difficultés de germination du noisetier d'Afrique, ils n'ont cependant pas pu mettre au point des méthodes de régénération efficaces de cette espèce pourtant localement très recherchée (TAMOKOU *et al.*, 2011). Les résultats obtenus (48 % de réussite) après 13 mois d'observation indiquent que *C. edulis* peut être

multiplié végétativement par marcottage aérien, contrairement aux résultats de BONNÉHIN (2000) qui n'avait constaté aucune aptitude à la multiplication végétative du noisetier. En cela, les données de l'étude constituent des informations de base pour le développement d'une stratégie sylvicole et permettent d'envisager l'intégration de l'espèce dans les systèmes agroforestiers locaux. Il est à noter enfin qu'en milieu naturel les fortes densités de rejets aux pieds des arbres traduiraient la tendance de *C. edulis* à privilégier la multiplication végétative comme mode de reproduction (ALEXANDRE, 1989). De plus, ces nombreux rejets lignifiés, observés à la base des arbres-mères, pourraient avoir un double avantage : ils permettraient d'envisager facilement le marcottage à grande échelle en facilitant l'accès au matériel végétal et ils présentent une vigueur et un potentiel de régénération plus élevés (MEUNIER *et al.*, 2010). Ainsi, les clones obtenus par le biais du marcottage présentent de réels atouts par rapport aux semis, nonobstant quelques inconvénients qui ne doivent pas être sous-estimés : les risques de chablis liés à une faible densité de l'enracinement des marcottes, et la transmission possible de maladies de l'arbre sélectionné aux clones obtenus (BELLEFONTAINE *et al.*, 2010).

### Conclusions et implications pour la domestication de *Coula edulis*

Ces premiers résultats obtenus avec le marcottage aérien sont prometteurs et ouvrent des perspectives intéressantes pour la multiplication et la domestication de *Coula edulis*. Cette technique de multiplication est peu onéreuse et relativement simple à mettre en œuvre. Son adoption par les communautés locales participerait grandement à la domestication et la conservation de cette espèce, à l'image de ce qui s'observe pour d'autres Pfnl davantage réputés. La bonne aptitude de *Coula edulis* au marcottage aérien ne doit toutefois pas occulter les exigences liées à la collecte de la mousse sur les arbres, nécessaire à la confection du substrat de marcottage. Le coût de cette activité et des autres phases du marcottage a été évalué. Par ailleurs, les taux de réussite obtenus pourraient certainement être améliorés. Pour cela, il serait nécessaire de mener des études complémentaires sur l'influence du type de substrat, de la date de pose des marcottes et des caractéristiques des éléments ligneux (position dans la cime de l'arbre, longueur de la marcotte, etc.) mais aussi sur d'autres techniques de multiplication végétative comme le bouturage ou le drageonnage.

#### Remerciements

Les auteurs remercient l'État gabonais par le biais du Pai-Drh pour son soutien financier aux travaux de doctorat de C. Moupela. Leurs remerciements vont également aux structures partenaires (Institut national supérieur d'agronomie et de biotechnologies/Université des sciences et techniques de Masuku, Precious Woods Gabon, Millet, Nature Plus et Gembloux Agro-Bio Tech/Université de Liège) et plus particulièrement à M. C. Decurtins, F. Ober, P. Geffroy, P. Jeanmart, P. Lejeune, Y. Brostaux, M. Federspiel, A. G. Boubady, A. Assame, R. Milemba, J. B. Bokomba et J. F. Toka.

## Références bibliographiques

- AGYILI J., SACANDE M., KOFFI E., PEPRAH T., 2007. Improving the collection and germination of West African *Garcinia kola* Heckel seeds. *New Forests*, 34: 269-279.
- ALEXANDRE D. Y., 1989. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire : stratégies écologiques des arbres de la voûte et potentiel floristique. Paris, France, Orstom, 102 p.
- BASKIN C. C., BASKIN J. M., 2005. Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. *Tropical Ecology*, 46 (1): 17-28.
- BASKIN C. C., BASKIN J. M., 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego CA, États-Unis, Academic Press, 666 p.
- BELLEFONTAINE R., FERRADOUS A., ALIFRIQUI M., MONTEUUIS O., 2010. Multiplication végétative de l'arganier, *Argania spinosa*, au Maroc : le projet John Goelet. Bois et Forêts des Tropiques, 304 (2) : 47-59.
- BONNÉHIN L., 2000. Domestication paysanne des arbres fruitiers forestiers. Cas de *Coula edulis* Baill. (Olacacée) et de *Tieghemella heckelii* Pierre (Sapotacée) autour du Parc National du Taï, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Wageningen, Pays-Bas, 140 p.
- DAGNELIE P., 1992. Statistique théorique et appliquée (tome 1). Gembloux, Belgique, Presses Agronomiques, 492 p.
- DAÏNOU K., BAUDUIN A., BOURLAND N., GILLET J.-F., FETEKE F., DOUCET J.-L., 2011. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. *Ecological Engineering*, 37: 1499-1506.
- DALLING J. W., BROWN T. A., 2009. Long-term persistence of pioneer species in tropical rain forest soil seed banks. *American Naturalist*, 173: 531-535.
- DE LA MENSBRUGE G., 1966. La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense de la Côte d'Ivoire. Nogent-sur-Marne, France, Ctft, 382 p.
- DOUCET J.-L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 390 p.
- ENDRESS B. A., GORCHOV D. L., BERRY E. J., 2006. Sustainability of a non-timber forest product: effect of alternative leaf harvest practices over 6 years on yield and demography of the palm *Chamaedorea radicalis*. *Forest Ecology and Management*, 234: 181-191.
- GARWOOD N. C., 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: *Ecology of soil seed banks*. New York, États-Unis, Academic Press, 149-209.
- HARIVEL A., BELLEFONTAINE R., BOLY O., 2006. Aptitude à la multiplication végétative de huit espèces forestières d'intérêt au Burkina Faso. Bois et Forêts des Tropiques, 288 (2) : 39-50.
- KENGUE J., 2003. Safou (*Dacryodes edulis*) : Manuel du Vulgarisateur. Southampton, Royaume-Uni, University of Southampton, International Centre for Underutilised Crops (ICUC), 32 p.
- MARTIN D., CHATELIN Y., COLLINET J., GUICHARD E., SALA G., 1981. Les sols du Gabon : pédogenèse, répartition et aptitudes. Paris, France, Orstom, 74 p.
- MEUNIER Q., LEMMENS R., MORIN A., 2010. Alternatives to exotic species in Uganda-Growth and cultivation of 85 indigenous trees. Kampala, Ouganda, Ambassade de France en Ouganda/Coopération technique belge, 210 p.
- MEUNIER Q., BELLEFONTAINE R., MONTEUUIS O., 2008. La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. Bois et Forêts des Tropiques, 295 (2) : 71-82.
- MIQUEL S., 1987. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. *Adansonia*, 1 : 101-121.
- MOUPELA C., DOUCET J.-L., DAÏNOU K., BROSTAU Y., FAYOLLE A., VERMEULEN C., 2014. Reproductive ecology of *Coula edulis* Baill.: source of a valuable non-timber forest product. *Tropical Ecology*, 55 (3) : 327-338.
- MOUPELA C., VERMEULEN C., DAÏNOU K., DOUCET J.-L., 2011. Le noisetier d'Afrique (*Coula edulis* Baill.). Un produit forestier non ligneux méconnu. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15 (3) : 485-495.
- NOUBISSIÉ TCHIAGAM J.-B., NDZIÉ J.-P., BELLEFONTAINE R., MAPONGMETSEM P.-M., 2011. Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au nord du Cameroun. *Fruits*, 66: 327-341.
- OUEDRAOGO A., THIOMBIANO A., HAHN-HADJALI K., GUINKO S., 2006. Régénération sexuée de *Boswellia dalzielii* Hutch., un arbre médicinaux de grande valeur au Burkina Faso. Bois et Forêts des Tropiques, 289 (3) : 41-48.
- RICHARD A., LÉONARD G., 1993. Le Gabon. Vanves, France, Edig/Edicef, 287 p.
- SANOGO S., SACANDÉ M., VAN DAMME P., N'DAYE I., 2013. Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (Meliaceae), une espèce utile en santé humaine et animale. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17 (2) : 321-331.
- STATSOFT, 2004. Statistica. Maisons-Alfort, France, StatSoft France.
- TAMOKOU J. D. D., KUIATE J. R., GATSING D., NKENG EFOUET A. P., NJOUENDOU A. J., 2011. Antidermatophytic and toxicological evaluations of dichloromethane-methanol extract, fractions and compounds isolated from *Coula edulis*. *Iran Journal of Medical Sciences*, 36: 111-121.
- TCHIEGANG C., KAPSEU C., PARMENTIER M., 1998. Chemical composition of oil from *Coula edulis* (Bail.) nuts. *Journal of Food Lipids*, 5: 103-111.
- TCHOUNDJEU Z., TSOBENG A. C., ASAAH E., ANEGBEH P., 2010. Domestication of *Irvingia gabonensis* (Aubry Lecompte) by air layering. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2: 171-179.
- TCHOUNDJEU Z., NGO MPECK M.-L., ASAAH E., AMOUGOU A., 2004. The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* (K. Schum), a highly threatened medicinal species of West and Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 188: 175-183.
- VERMEULEN C., DUBIEZ E., PROCES P., DIOWO MUKUMARY S., YAMBA YAMBA T., MUTAMBWE S., PELTIER R., MARIEN J.-N., DOUCET J.-L., 2011. Enjeux fonciers, exploitation des ressources naturelles et forêts des communautés locales en périphérie de Kinshasa, RDC. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15 (4) : 535-544.
- VIVIEN J., FAURE J.-J., 1996. Fruitiers sauvages d'Afrique : espèces du Cameroun. Clohars Carnoet, France, Éditions Nguila-Kerou, 416 p.