



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

ÉCOLOGIE DE REPRODUCTION DU DOUSSIÉ, *AFZELIA BIPINDENSIS* HARMS, EN FORÊT DENSE HUMIDE TROPICALE GABONAISE

QUENTIN EVRARD

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS

ANNÉE ACADÉMIQUE 2014 – 2015

(CO)-PROMOTEUR(S): J.-L. DOUCET & A. DONKPEGAN

Copyright © Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de l'Université de Liège – Faculté Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

ECOLOGIE DE REPRODUCTION DU DOUSSIÉ, *AFZELIA BIPINDENSIS* HARMS, EN FORÊT DENSE HUMIDE TROPICALE GABONAISE

QUENTIN EVRARD

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS

ANNÉE ACADÉMIQUE 2014 – 2015

(CO)-PROMOTEUR(S): J.-L. DOUCET & A. DONKPEGAN

Université de Liège/Faculté 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



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

Société d'exploitation forestière *Precious Woods Gabon* – *Compagnie Équatoriale
des Bois (PWG – CEB)*.

Quartier Batterie IV, BP 2262
Libreville – Gabon



PRECIOUS WOODS

Nature +, asbl. s/c Laboratoire de Foresterie des Régions Tropicales et Subtropicale
/ Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels / ULg –
GxABT.

Rue Bourgmestre Gilisquet, 57
B- 1457 Walhain – Belgique



Remerciements

En ce moment très précis, beaucoup d'évènements ayant toujours été considérés comme un rêve se sont finalement réalisés. Tout ceci n'aurait pas pu se faire sans l'aide, le soutien et les encouragements de ma famille qui, non seulement au cours de ce TFE mais également tout au long de mes études, ont été des personnes essentielles à mon parcours. Pour ceci, je leur serai éternellement reconnaissant et remercie du fond du cœur Estelle, Robin, Virginie, Papa, Maman, Amélie, Jean-Luc, et toute autre personne ayant participé de près ou de loin à ce projet.

Bien sûr, qui dit « famille » à Gembloux Agro-Bio Tech, en considère deux types. Le deuxième étant ce qu'on aime appeler notre « famille gembloutoise ». De cette dernière j'aimerais remercier tous ceux qui ont contribué au bon déroulement de l'ensemble de mes années d'études et du travail lors du TFE. Dans ce cadre j'aimerais remercier profondément l'ensemble des étudiants de la section Gestion des Forêts et des Espaces Naturels de ma promotion mais plus particulièrement cette bonne vieille Dream Team avec qui le travail acharné était perçu comme agréable même s'il fallait pour cela terminer au beau milieu de la nuit.

Ensuite, j'aimerais remercier le Fond de Mobilité ULg qui, par son aide financière a rendu possible la mission en Afrique.

Merci également à l'ASBL Nature + pour son soutien logistique, son aide financière à l'obtention de médicaments anti-malaria et le prêt de matériel. Dans le même cadre, merci à l'Axe de Gestion des Ressources Forestières pour leur prêt de matériel de terrain utilisé au Gabon.

J'aimerais également adresser un grand merci tout particulièrement à mes deux co-promoteurs Jean-Louis Doucet et Armel Donkpegan pour leurs conseils, leur patience et leur appui tout au long de ce travail ainsi que pour leur considérable travail de relecture.

Merci aux autres membres de mon jury : Jacques Hébert, Adeline Fayolle, Cédric Vermeulen, Yves Brostaux et Kasso Daïnou qui ont accepté d'évaluer, de juger ce travail et pour leur aide précieuse, Barbara Haurez pour ses bons conseils, ses idées et son aide bibliographique très précieuse, Franck Trolliet pour son aide à l'élaboration d'une partie du travail de terrain et Marie-Laure Fauconnier pour les pistes de réflexions chimiques éventuelles.

Pour terminer, ce projet ne serait rien sans la participation active de la société *Precious Woods Gabon – Compagnie Equatoriale des Bois* qui a accepté de m'accueillir. Je tiens à remercier tout particulièrement :

- Frédéric Ober, Directeur Général de la CEB, pour son accueil chaleureux ;
- Philippe Jeanmart, Chef de site de la CEB, pour son aide précieuse quant à l'organisation logistique sur le terrain et pour les apprentissages réalisés grâce à lui ;
- Armand Boubady, responsable inventaire et pépinière, pour les sorties terrain et la transmission de ses connaissances tropicales ;
- Peya Aymard Davy Yondza, journalier à ses débuts, pour m'avoir accompagné dans mes péripéties (parfois très marécageuses) sans broncher et sans ralentir la cadence ;
- Gérard Audibert, responsable de la menuiserie et du mess, pour la gestion de repas copieux très appréciés ;
- Augustin Assam, Jean-Félix Toka et Jean-Bosco Bokomba, tous 3 employés à la pépinière pour leur aide et leur rigueur dans la collecte des données de germination après mon départ ;
- Léo Mboumba et Ghislain Mvong Aboghe, affiliés et responsable du service cartographique et suivi aménagement pour leur aide tant sur le terrain qu'après mon départ en me procurant régulièrement les scans dont j'avais besoin pour réaliser cette étude ;
- Enfin, un grand merci à tous les autres cadres de la société qui m'auront permis de découvrir le Gabon sous un autre angle et fait goûter aux mets locaux capables d'en rendre malade plus d'un.

Résumé – Abstract

EVARD Q., 2015. *Ecologie de reproduction du doussié, Afzelia bipindensis Harms, en forêt dense humide tropicale gabonaise*. Mémoire : Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech, 22 p.

Résumé

Le doussié rouge (*Afzelia bipindensis*) est une espèce ligneuse précieuse, reconnue pour la qualité de son bois et classée vulnérable par l'IUCN. Afin d'améliorer les connaissances actuellement lacunaires sur l'écologie de reproduction de cette espèce, ce mémoire a visé à : (1) identifier les animaux disperseurs/prédateurs des graines par des méthodes d'observations directes et indirectes, (2) quantifier cette dispersion/prédation, (3) étudier la dynamique de germination de ces graines en fonction de facteurs susceptibles de l'influencer et, (4) modéliser la croissance des plantules. Elle a été réalisée dans la concession forestière attribuée à la société forestière *Precious Woods* et située dans les forêts sempervirentes de l'est du Gabon. Après plus de 100 heures d'observation directes et 3.000 heures de prise d'images par piège photographique, il s'est avéré que quatre espèces (*Cricetomys emini*, *Epixerus wilsoni*, *Protoxerus stangeri* et des *Muridae* indéterminés) seraient les principales espèces animales s'intéressant aux graines du doussié rouge. Elles prélèveraient plus de 90% des graines et seraient essentiellement des prédateurs. Les tests de germination ont quant à eux révélé une influence significative de l'arille sur le taux de germination et de la durée de conservation et du volume de la graine sur la vitalité du plant. Enfin, la modélisation de la croissance des plantules de doussié a révélé une très faible valeur d'accroissement moyen au cours du temps comparativement à des données équivalentes collectées au Cameroun et une mortalité très élevée, probablement suite à une prédation élevée par les céphalophes.

Mots-clefs :

Dispersion, prédation, germination, piège photographique, croissance, *Afzelia bipindensis*, Gabon, *Cricetomys emini*, écologie.

Abstract

The species *Afzelia bipindensis* is a precious woody tree known for its wood quality and considered vulnerable by the IUCN. In order to improve the current knowledge gaps about its reproductive ecology, the goals of this study are: (1) identify animal dispersers/predators of the seeds with direct and indirect observation methods, (2) quantify the dispersion/predation, (3) test the germination dynamics of those seeds under some circumstances that are likely to influence it, (4) model the growth of juveniles depending upon the access to light. This study was realized in the forest concession attributed to the Precious Woods society and situated in evergreen forests in East Gabon. After more than 100 hours of direct observation and 3.000 hours of image capture by camera-trap, only four species (*Cricetomys emini*, *Epixerus wilsoni*, *Protoxerus stangeri* and some undetermined *Muridae*) would be the main animal species to get interested to *Afzelia* seeds. Those would take more than 90 % of the seeds and would be essentially predators. The results of the germination test revealed a significant influence of the aril on the germination rate. The conservation time and the volume of the seed had also a significant influence over its fitness. Finally, the modeling of growth showed a very low average growth value over time compared to equivalent data collected in Cameroon and a very high mortality rate, probably due to a high predation rate by duikers.

Key-words:

Dispersal, predation, germination, camera-trap, growth, *Afzelia bipindensis*, Gabon, *Cricetomys emini*, ecology.

Table des matières

Remerciements.....	I
Résumé – Abstract.....	II
Résumé	II
Abstract	II
Table des matières	III
Tables des figures et tableaux.....	V
Table des figures.....	V
Table des tableaux.....	VI
1 Introduction.....	1
1.1 Cadre conceptuel	1
1.1.1 La dispersion.....	1
1.1.2 La prédation	2
1.1.3 Le recrutement.....	3
1.1.4 Identification des agents de dispersion et de prédation	3
1.2 Objectifs	4
2 Matériels et méthodes.....	5
2.1 Modèle biologique	5
2.2 Zone d'étude	8
2.3 Identification des disperseurs et prédateurs potentiels des graines d' <i>A. bipindensis</i>	9
2.3.1 Sélection des individus pour l'étude de la dispersion	10
2.3.2 Observations directes.....	10
2.3.3 Observations indirectes.....	11
2.4 Évaluation du rôle des consommateurs majoritaires et de leur potentiel de dispersion sur la régénération d' <i>A. bipindensis</i>	12
2.5 Suivi du prélèvement des graines par les animaux.....	12
2.6 Évaluation de l'influence de la présence de l'arille sur de la germination d' <i>A. bipindensis</i> en fonction des caractéristiques morphologiques de la graine.....	12
2.7 Modélisation de la croissance des plantules	13
2.8 Analyse des données.....	13
2.8.1 Observations directes et indirectes.....	13
2.8.2 Production fruitière et taux de prélèvement des graines	14
2.8.3 Test de germination	15
2.8.4 La croissance en fonction du couvert.....	15
3 Résultats.....	16
3.1 Production en fruits et taux de prélèvement des graines par les animaux.....	16
3.2 Prédateurs et disperseurs des graines d' <i>A. bipindensis</i>	17
3.3 Germination en fonction des caractéristiques morphologiques de la graine et des durées de conservation.....	18
3.3.1 Taux de germination.....	18

3.3.2	Vitalité des graines	19
3.4	Trajectoires de croissance, mortalité et accroissements moyens des plantules en plantation ..	21
4	Discussion	22
4.1	Le rôle des disperseurs/prédateurs principaux des graines d' <i>A. bipindensis</i> dans sa dissémination	22
4.2	La germination et la vitalité des graines	23
4.3	Dynamique évolutive de l'accroissement des plantules.....	24
5	Conclusion et perspectives.....	25
6	Références bibliographiques.....	26
	Annexe 1. Schéma de détermination du statut social d'un arbre/arbuste (MORAVIE et al., 1999).	31
	Annexe 2. Position des doussiés dans les plantations Ndambi 2 (a) et PK 15 (b)	32
	Annexe 3. Répartition des détections de chaque animal au pied des 3 doussiés en observation indirecte.....	33
	Annexe 4. Résultats des ANOVA de vitalité et de germination des graines.....	34
	Annexe 5. Tableau récapitulatif des caractéristiques de chaque doussié étudié	40

Tables des figures et tableaux

Table des figures

Figure 1. Les 5 patrons alternatifs de recrutement de MCCANNY (1985) représentés comme des combinaisons particulières des courbes de dispersion, survie et d'établissement : (a) le patron de J-C (Janzen-Connell) ; (b) la compensation exacte ; (c) le patron de Hubbell ; (d) la survie invariante ; (e) le patron de McCanny. Les courbes exponentielles originales de McCanny (linéaires dans un plot semi-logarithmique) ont été modifiées pour éviter l'augmentation exponentielle paradoxale de la survie des graines et pour mieux adhérer aux patrons observés (non réalisable pour (b), correspondant à l'hypothèse d'évasion exprimée par HOWE & SMALLWOOD (1982)) (NATHAN & CASAGRANDE, 2004).....	3
Figure 2. Aire de répartition d' <i>A. bipindensis</i> établie sur base de localisation d'échantillons collectés dans les herbiers du Jardin Botanique de Meise, du Musée National d'Histoire Naturelle de Paris, du Nationaal Herbarium Nederland de Leiden et du Royal Botanic Gardens KEW de Londres (BRACONNIER et al., 2014).....	5
Figure 3. Feuille (à gauche) et graines (à droite) d' <i>Afzelia bipindensis</i> . Le fruit est caractéristique d' <i>Afzelia bella</i> (MEUNIER et al., 2015).....	6
Figure 4. Carte représentant les différents types de forêt présents au sein de la Concession Forestière d'Aménagement (CFAD) de la société <i>Precious Woods Gabon – Compagnie Equatoriale des Bois (PWG – CEB)</i> (TEREA, 2007).	9
Figure 5. Structure de population du doussié blanc au sein de la CFAD gérée par <i>Precious Woods Gabon – Compagnie Equatoriale des Bois</i>	9
Figure 6. Emplacement cartographique des 36 doussiés prospectés au sein de la Concession Forestière sous Aménagement Durable (CFAD) gérée par <i>PWG – CEB</i> . En rouge, les doussiés sélectionnés pour les observations directes et indirectes.	10
Figure 7. Représentation schématique d'une plantule d' <i>Afzelia bella</i> avec la matérialisation des points de repères utilisés lors de la mesure des paramètres de germination.	13
Figure 8. Photographies des consommateurs principaux des graines d' <i>A. bipindensis</i> avec (a) le rat palmiste (<i>Cricetomys emini</i>), (b) les <i>Muridae</i> indéterminés, (c) l'écureuil de Wilson (<i>Epixerus wilsoni</i>), et (d) l'écureuil géant d'Afrique (<i>Protoxerus stangeri</i>).	18
Figure 9. Boîtes à moustaches des influences du volume de la graine sur différents paramètres mesurés dont (a) la hauteur finale du plant, (b) la longueur moyenne des premières feuilles, (c) la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après deux mois de suivi, et (d) le nombre de feuilles présentes par plant après deux mois de suivi. Les catégories de volume, en abscisse, sont « A » pour les graines ayant un volume inférieur ou égal à 2,30 cm ³ , « B » pour celles comprises entre 2,30 et 2,95 cm ³ et « C » pour celles dont le volume est supérieur ou égal à 2,95 cm ³	19
Figure 10. Boîtes à moustaches des influences des durées de conservation de la graine sur différents paramètres mesurés dont (a) la longueur moyenne des premières feuilles, (b) la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après deux mois de suivi, et (c) le nombre de feuilles présentes par plant après deux mois de suivi. Les durées de conservation en silicagel sont « A » pour 0 semaine, « B » pour une semaine, « C » pour deux semaines, « D » pour 3 semaines, « E » pour 4 semaines, « F » pour 5 semaines et « G » pour 6 semaines.....	20
Figure 11. Trajectoires de croissance en diamètre (a) et en hauteur (b) selon le temps passé en plantation de plantules de doussié (<i>Afzelia bipindensis</i>). En gris, les trajectoires de 75 doussié plantés au Cameroun (<i>Pallisco</i>), en noir, celles de 50 doussiés de la plantation PK 15 et en rouge, celles des 25 doussiés de la plantation Ndambi 2. Ces deux dernières sont situées au Gabon (<i>PWG – CEB</i>).	21
Figure 12. Répartition des doussiés exploitables (dhp ≥ 70 cm) au sein de l'AAC 2015-2019 à l'est de la CFAD de <i>Precious Woods Gabon - Compagnies Equatoriale des Bois</i>	23

Table des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques permettant de distinguer les quatre espèces appartenant au genre <i>Afzelia</i> Sm (<i>A. bella</i> , <i>A. bipindensis</i> et <i>A. pachyloba</i>) des forêts denses humides guinéo-congolaises du point de vue de leurs caractéristiques foliaires, floristiques et de leurs fruits (DONKPEGAN et al. 2014).	6
Tableau 2. Coordonnées géographiques des doussiés observés.	10
Tableau 3. Proportion de graine appartenant à une catégorie de fruit pour l'ensemble de la production des 6 doussiés échantillonnés. Fg correspond aux fruits contenant des graines en germination, Fo à ceux naturellement ouverts, Fr à ceux rongés, Ft à ceux colonisés par les termites et Fu aux demi-fruits. On retrouve également le nombre de quadrat par pied et la proportion de la surface de leur cime qui a été échantillonnée. ...	16
Tableau 4. Taux de prélèvement des graines de doussiés sous les semenciers.....	16
Tableau 5. Bilan des détections de présence animale lors des phases d'observation directe.....	17
Tableau 6. Evénements de présence des animaux détectés les plus fréquemment par caméra trappe répartis selon les doussiés concerné ainsi que de leur activité globale.....	17
Tableau 7. Taux de germination des semis d' <i>A. bipindensis</i> selon les différents traitements. Avec, pour les catégories de volume, « A » $\leq 2,30 \text{ cm}^3$, « B » entre 2,30 et 2,95 cm^3 et « C » $\geq 2,95 \text{ cm}^3$	18
Tableau 8. Significativité de l'influence du volume, de la durée de conservation et du traitement de la graine sur différents paramètres des plantules de doussiés.....	19

1 INTRODUCTION

1.1 CADRE CONCEPTUEL

1.1.1 LA DISPERSION

La dispersion des graines, définie par BECKMAN & ROGERS (2013) comme étant le mouvement de la graine depuis son arbre parent, est un phénomène réputé bénéfique pour les végétaux. En effet, la probabilité de survie des graines dispersées est fonction de sa distance au pied mère. Généralement, plus la graine est dispersée loin, plus sa probabilité de survie est grande (NYIRAMANA et al., 2011).

Il existe trois hypothèses pouvant expliquer le rôle fondamental de la dispersion des graines dans le cycle de vie d'un végétal (SCHUPP, 1993 ; WENNY, 2001) :

- L'hypothèse d'évasion : Les pathogènes, les champignons et les herbivores spécifiques à une espèce végétale occupent l'espace proche de l'arbre mère avec une plus grande densité. Ce phénomène augmenterait donc la mortalité des semis lorsque ceux-ci sont situés à proximité du semencier ;
- L'hypothèse de colonisation : La dispersion des graines augmente la probabilité que celles-ci atteignent un nouveau site favorable où elles seront potentiellement capables de germer et de s'établir ;
- L'hypothèse de dispersion dirigée : Les agents disperseurs déposeront spécifiquement les graines au sein de certains sites particulièrement favorables à la germination et au recrutement.

Le patron de dispersion d'une espèce végétale est fortement influencé par l'identité des vecteurs de dispersion. Entre 70 et 90% des espèces végétales font l'objet d'une première dispersion par les animaux (zoochorie) (HOWE, 1977 ; POULSEN et al., 2002 ; BABWETEERA & BROWN, 2010 ; CHAPMAN et al., 2010 ; KITAMURA, 2011 ; MARKL et al., 2012 ; BEAUNE et al., 2013a ; BEAUNE et al., 2013b ; BECKMAN & ROGERS, 2013).

L'efficacité de la dispersion serait le produit de deux composantes : sa quantité et sa qualité (SUN et al., 1997). La quantité est le nombre de graines dispersées et la qualité est la probabilité que celle-ci produise un nouvel adulte ; elles dépendront des trois hypothèses de HOWE & SMALLWOOD (1982) énoncées ci-dessus (SCHUPP, 1993 ; BATIONO et al., 2000 ; CHAPMAN et al., 2010). Elle correspond donc à la contribution de la dispersion des graines à la future reproduction d'une plante (BECKMAN & ROGERS, 2013). Cette dispersion constitue une interaction trophique clé qui influence un grand nombre de processus écologiques tels que le recrutement des plantes et leur démographie, l'assemblage des communautés, voire même le maintien et l'entretien de la diversité spécifique d'un massif (LAZURE & ALMEIDA-CORTEZ, 2006 ; STEELE et al., 2011).

De plus, certains animaux tels que les rats peuvent contribuer à la dispersion secondaire des graines malgré le fait qu'ils soient typiquement considérés comme des prédateurs. Le recrutement végétal pourrait donc être d'une meilleure qualité pour des espèces végétales possédant des vecteurs de dispersion multiples qui procurent des services de dissémination complémentaires (BECKMAN & ROGERS, 2013). Le maintien de la diversité des forêts tropicales est donc fortement dépendant du maintien des populations de mammifères et oiseaux frugivores. Ces derniers étant les plus importants disperseurs de graines pour la grande majorité des végétaux ligneux tropicaux (BEAUNE et al., 2013a & 2013b).

Dans cette optique, le processus appelé « défaunation », définie comme l'extinction locale des grands vertébrés, réduit le mécanisme vital de dispersion et de survie des diaspores. Cette défaunation résulte généralement du braconnage et de la chasse non contrôlée, extirpant en priorité et de manière disproportionnée les grands oiseaux et/ou mammifères qui finissent par disparaître complètement de certains fragments forestiers. Une dispersion réduite mène plus ou moins directement à une réduction du recrutement des espèces zoochores en donnant l'avantage aux espèces anémochores (TERBORGH, 2013) ou autochores (BEAUNE et al., 2013b).

La défaunation est dépendante de nombreux facteurs tels la croissance des populations rurales, l'activité minière, l'exploitation forestière et la construction d'infrastructures. Cependant, le facteur le plus important dans ce processus reste la chasse excessive (MARKL et al. 2012 ; POULSEN et al., 2013 ; BECKMAN & ROGERS, 2013). L'exploitation forestière, par la construction de routes et les besoins alimentaires de sa main d'œuvre, peut être à

l'origine de fortes augmentations locales de la pression de chasse, se traduisant à terme par un changement de la structure et composition du massif (MARKL et al., 2012 ; BEAUNE et al., 2013b ; POULSEN et al., 2013). En effet, un dysfonctionnement des interactions espèces végétales – espèces animales menant à une homogénéisation de certains traits physiques des graines dans les communautés végétales pourrait se faire ressentir (MARKL et al., 2012) et, avec le temps, se traduire par la présence d'une proportion plus élevée d'essences à croissance rapide et à faible densité de bois (POULSEN et al., 2013). Il pourrait finalement en résulter une moindre résilience aux changements climatiques (OUEDRAOGO et al., 2013).

1.1.2 LA PRÉDATION

Les processus de dispersion des graines impliquent de complexes et nombreuses interactions plante – animal qui sont relativement difficiles à évaluer de manière collective. Dans un grand nombre d'écosystèmes tempérés, subtropicaux et tropicaux, beaucoup d'espèces végétales dépendent de quelques espèces de mammifères ou d'oiseaux pour la dispersion. En outre, certains agissent tant comme disperseurs que comme prédateurs (STEELE et al., 2011).

Plus spécifiquement, l'établissement des semis dépendra fortement des décisions déterminant ce qui est mangé, ce qui est stocké et combien de temps cela sera stocké (STEELE et al., 2011).

La prédation peut être définie comme la destruction d'une graine par sa consommation empêchant toute possibilité de former un nouvel individu. Elle affecte le succès reproducteur en réduisant le stock de graines disponibles (CHAPMAN et al., 2010 ; MOUPELA et al., 2013). La prédation des graines est souvent le fait de diverses espèces de rongeurs.

Malgré que la plupart des graines cachées, notamment par certains rongeurs, soient ultérieurement consommées, certaines pourraient être oubliées et capables de germer et recruter. La prédation des graines post-dispersion affecte considérablement la dynamique du recrutement des semis (FEER & FORGET, 2002), et, d'une manière plus globale, la dynamique des communautés végétales (MOUPELA et al., 2013). Les caractéristiques de dispersion primaire des graines, ainsi que leurs patrons de densité, de distribution et de fructification d'individus végétaux conspécifiques, jouent un rôle très important dans l'influence des niveaux de prédation post-dispersion (FEER & FORGET, 2002).

1.1.3 LE RECRUTEMENT

Qu'ils soient inféodés à une seule espèce (LIU et al., 2012) ou à un ensemble d'hôtes étroitement liés du point de vue évolutif (NOVOTNY et al., 2002 ; AGRAWAL & FISHBEIN, 2006 ; GILBERT & WEBB, 2007), les prédateurs s'attaquent généralement aux zones à fortes densités de graines ou de semis. Or, celles-ci sont plus élevées à proximité du pied producteur (JANZEN, 1971). En conséquence, les chances de survie et de développement des diaspores sont généralement considérées comme optimales à une certaine distance du pied producteur (SCHUPP & JORDANO, 2011). Toutefois, les patrons d'établissement des semis sont extrêmement variables (Figure 1). En 1985, McCANNY a démontré qu'il existe 5 types de recrutement possibles.

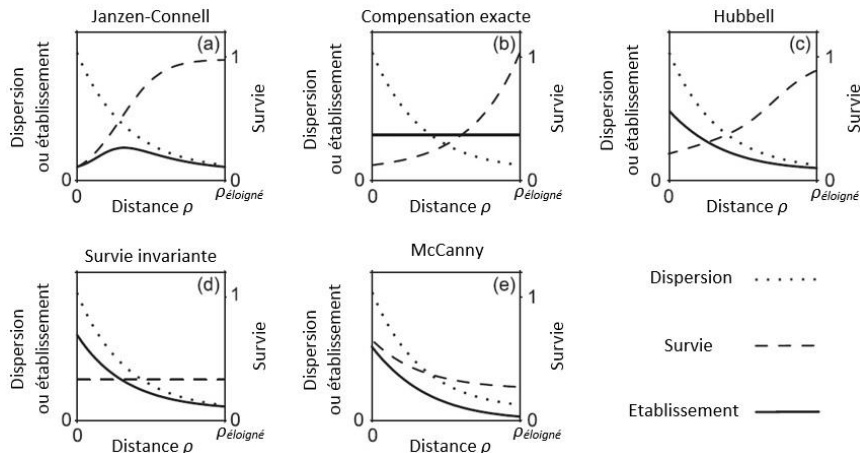


Figure 1. Les 5 patrons alternatifs de recrutement de McCANNY (1985) représentés comme des combinaisons particulières des courbes de dispersion, survie et d'établissement : (a) le patron de J-C (Janzen-Connell) ; (b) la compensation exacte ; (c) le patron de Hubbell ; (d) la survie invariante ; (e) le patron de McCanny. Les courbes exponentielles originales de McCanny (linéaires dans un plot semi-logarithmique) ont été modifiées pour éviter l'augmentation exponentielle paradoxale de la survie des graines et pour mieux adhérer aux patrons observés (non réalisable pour (b), correspondant à l'hypothèse d'évasion exprimée par HOWE & SMALLWOOD (1982)) (NATHAN & CASAGRANDE, 2004).

Dans tous les cas, la quantité de graines dispersées diminue avec la distance mais la variation du taux de survie diffère selon les espèces. En effet, si Janzen-Connell (JANZEN & CONNELL, 1971) considère qu'il augmente avec la distance au semencier, d'autres (par exemple TAKEUCHI & NAKASHIZUKA, 2007) ont démontré qu'il diminuait suite à la satiété du prédateur dans les zones où la nourriture est abondante. Il en résulte des types de recrutement qualitativement différents. Ceux-ci permettent la coexistence d'espèces végétales différentes et le maintien de la richesse spécifique (SCHUPP & JORDANO, 2011).

1.1.4 IDENTIFICATION DES AGENTS DE DISPERSION ET DE PRÉDATION

Il existe différentes méthodes d'identification des agents de dispersion et de prédation des graines. Premièrement, il est possible de capturer les potentiels consommateurs de graines par la fabrication et la mise en place de pièges au pied des arbres étudiés (STEELE et al., 2011 ; WU et al., 2014). Deuxièmement, une fouille des terriers de certains animaux pourrait donner une indication de leur régime alimentaire (GRIVET et al., 2005 ; STEELE et al., 2011). Troisièmement, il est envisageable de pister certains animaux et inspecter ce qui est retrouvé dans leurs fèces (GAUTHIER-HION et al., 1985 ; POULSEN et al., 2001 ; GRIVET et al., 2005 ; CHAPMAN et al., 2010 ; GROSS-CAMP & KAPLIN, 2011 ; WU et al., 2014). Cependant, ces trois méthodes ne donneront aucune indication du taux de fréquentation des arbres appartenant à une espèce particulière et donc du taux de prédation/dispersion qu'elle subit. C'est pourquoi les observations dites directes (sous la cime des semenciers) et indirectes (par les biais de caméras trappes) peuvent être considérées comme particulièrement pertinentes dans le cadre des études relatives à l'autécologie d'une espèce végétale.

Les caméras automatiques, dites « caméras trappes » sont considérées comme un des outils les plus performants dans le cadre de la recherche sur la faune sauvage (ROVERO et al., 2010). Elles sont programmées pour photographier les animaux en utilisant un détecteur de mouvement infra-rouge (MOHD. AZLAN & LADING, 2006). Elles possèdent les avantages de ne pas perturber les animaux et de permettre l'identification des disperseurs et/ou prédateurs nocturnes (MOUPELA et al., 2013 ; MEEK et al., 2014).

De plus, cet outil devient de plus en plus populaire car sa technologie a été améliorée pour des coûts continuellement décroissants. Les caméras ont été utilisées dans des contextes d'études diversifiés (FONSECA et al., 2004 ; MUGERWA et al., 2012 ; ROVERO et al., 2010) et peuvent servir, sur le long terme, comme outil de gestion des populations animales (FONSECA et al., 2004).

1.2 OBJECTIFS

La présente étude a pour objectif de contribuer à l'amélioration des connaissances sur l'autécologie d'*Afzelia bipindensis* Harms, une espèce de grande importance commerciale dont l'écologie demeure méconnue. Spécifiquement, elle vise à : (i) identifier les disperseurs/prédateurs par des observations directes et indirectes, (ii) quantifier la proportion de graines dispersées/prédatées, (iii) décrire la dynamique de la germination des graines et identifier les facteurs qui l'influencent, (iv) modéliser la croissance des plantules en fonction du couvert végétal.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MODÈLE BIOLOGIQUE

Afzelia bipindensis Harms (*Fabaceae*, *Caesalpinioideae*) est une espèce africaine sub-endémique des forêts denses humides de la région guinéo-congolaise débordant sur les zones de transition adjacentes (DOUCET, 2003 ; DONKPEGAN et al., 2014). On la retrouve essentiellement de la Côte d'Ivoire jusqu'en RDC (GÉRARD & LOUPPE, 2011 ; *Figure 2*). C'est un arbre dont le fût peut atteindre des hauteurs de 20 mètres (DONKPEGAN et al., 2014) et pouvant mesurer plus de 150 cm (dhp ou « diamètre à hauteur de poitrine ») (CHUDNOFF, 1980).

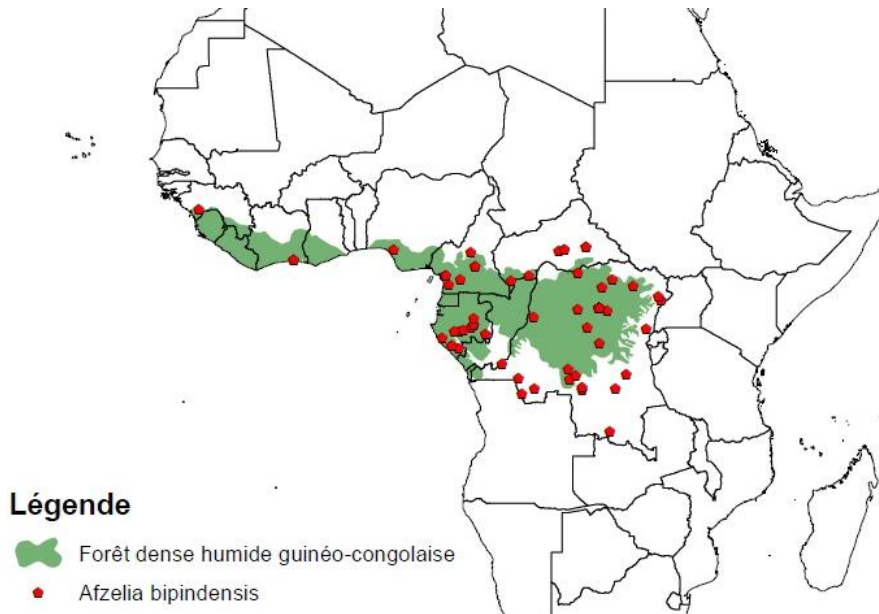


Figure 2. Aire de répartition d'*A. bipindensis* établie sur base de localisation d'échantillons collectés dans les herbiers du Jardin Botanique de Meise, du Musée National d'Histoire Naturelle de Paris, du Nationaal Herbarium Nederland de Leiden et du Royal Botanic Gardens KEW de Londres (BRACONNIER et al., 2014).

Il s'agit d'une espèce hermaphrodite fertile dès 20 cm de diamètre, dont les inflorescences sont disposées en grappes ou panicules. Ses fleurs sont solitaires, terminales et axillaires des feuilles supérieures. Elles ont un seul grand pétale et 4 sépales (DONKPEGAN et al., 2014).

Les feuilles, brièvement caduques, sont composées d'un nombre pair de folioles. Les fruits sont de larges gousses ligneuses ovales renfermant des graines arillées rouges (DONKPEGAN et al., 2014 ; *Figure 3*).



Figure 3. Feuille (à gauche) et graines (à droite) d'*Afzelia bipindensis*. Le fruit est caractéristique d'*Afzelia bella* (MEUNIER et al., 2015).

En région guinéo-congolaise, *A. bipindensis* se distingue des espèces forestières voisines par les caractéristiques reprises dans le *Tableau 1*.

Tableau 1. Caractéristiques permettant de distinguer les quatre espèces appartenant au genre *Afzelia* Sm (*A. bella*, *A. bipindensis* et *A. pachyloba*) des forêts denses humides guinéo-congolaises du point de vue de leurs caractéristiques foliaires, floristiques et de leurs fruits (DONKPEGAN et al. 2014).

Caractéristiques		<i>A. bella</i>	<i>A. bipindensis</i>	<i>A. pachyloba</i>
Feuilles	Folioles	3 à 6 paires	5 à 6 paires	7 à 10 paires
	Dimensions (cm)	6 à 16 x 2,5 à 7	7 à 13 x 4,5	2 à 6 x 1 à 2
	Forme	Glabres oblongues-elliptiques pointues ou acuminées	Glabres, coriaces, oblongues, elliptiques ou ovales obtus	Pubescentes dessous, oblongues ou oblongues lancéolées
	Nervures secondaires	7 à 13 paires	Jusqu'à 15 paires	10 à 13 paires
	Pétiole (mm)	3 à 6	3 à 7	≈ 2
Fleurs	Pédicelle	4 à 12 mm	5 à 12 mm	6 à 9 mm
	Réceptacle	1 à 2,7 cm de long	1 à 2,5 cm de long	1,5 à 2 cm de long
	Staminodes	6 à 15 mm de long	3 à 21 mm de long	Environ 10 mm de long
	Pétale	Blanc avec une grosse tache rouge (2,5 à 4 x 4 à 6,5 cm)	Rouge avec une bordure blanche (2 à 2,5 x 3 à 4,5 cm)	Blanc taché de rouge (2 à 2,5 x 3 à 4 cm)
Fruits	Gousses	Réniformes, 9 – 14 cm de long et 3 – 6 cm de large	Réniformes, 11 – 19,5 cm de long et 5,5 – 8 cm de large	Réniformes, 13 – 20 cm de long et 9 – 13 cm de large
	Graines	2 – 3,1 cm de long	2,5 – 4,5 cm de long	3 – 4,5 cm de long
	Arille	Profondément bilobé	Profondément bilobé	Cupuliforme à +/- bilobé, jaune citron, couvre la graine sur ¼ de sa longueur

Globalement, l'accroissement annuel des *Azelia* tourne autour de 0,4 cm/an (CJB, 2007). Le diamètre minimum d'exploitation (DME) est de 80 cm au Cameroun (CJB, 2007), 60 cm en République Centrafricaine et 70 cm au Gabon (GERARD & LOUPPE, 2011). Cette espèce fait partie des bois dits « de classe 4 » grâce à son excellente stabilité dimensionnelle, sa très bonne résistance à l'action des agents d'altérations tant biotiques qu'abiotiques et sa grande densité (autour de 800 kg/m³ en moyenne). Le bois d'*A. bipindensis* constitue donc un matériau très précieux utilisé en menuiserie tant extérieure qu'intérieure, dans la fabrication de parquets, châssis, etc. (CTFT, 1980 ; CIRAD, 2009).

A. bipindensis est une espèce très disséminée (moins de 2 pieds par hectare pour un diamètre à hauteur de poitrine ≥ 20 cm) considérée comme vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN (DONKPEGAN et al., 2014). A cause de son importance économique et de sa densité de bois élevée (CTFT, 1980), cette espèce serait soumise à une exploitation et une commercialisation grandissante (DONKPEGAN et al., 2014).

2.2 ZONE D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée au sein de la Concession Forestière sous Aménagement Durable (CFAD) de la société *Precious Woods Gabon – Compagnie Equatoriale des Bois (PWG – CEB)* située à Lastourville entre 0°30' – 1°00' Sud et 12°30' – 14°00' Est qui gère une forêt de 674.000 hectares.

La *Compagnie Equatoriale des Bois (CEB)*, qui est une filiale de *Precious Woods Gabon*, a reçu le certificat FSC (*Forest Stewardship Council*) à la mi-octobre 2008. Depuis 2009, la totalité de la chaîne de production de *Precious Woods Gabon* est certifiée FSC¹.

La société est implantée au cœur de la forêt dense humide tropicale sempervirente et le climat qui y règne est de type équatorial avec des précipitations annuelles d'environ 1700 mm (TEREA, 2007 ; MOUPELA et al., 2013). Le relief est composé d'un assemblage de larges plateaux et collines, très marqués par de nombreux cours d'eau menant quelquefois à la formation de pentes importantes (TEREA, 2007). Le substrat géologique est composé de formations du socle Précambrien et les sols sont caractérisés comme ferrallitiques typiques (MAPANGOU, 2004).

Parmi les espèces d'*Afzelia*, deux seraient présentes dans la zone : *A. bella* et *A. bipindensis*. Ces deux espèces sont inventoriées et commercialisées sous un seul et unique vocable : « doussié ». Bien que globalement peu abondant, le doussié fréquente davantage les zones où la canopée est dominée par la famille des légumineuses (*Fabaceae – Caesalpinioïdeae*) dont le genre *Afzelia* est issu. En effet, en considérant les quatre types de forêt (TEREA, 2007 ; *Figure 3*) présents dans la concession forestière, les densités suivantes ont été obtenues (dhp ≥ 20 cm) :

- Forêt âgée à bois divers et okoumé (FAOK, 295.905 ha) : 0,18 / ha ;
- Forêt âgée à bois divers sans okoumé (FAssOK, 92.340 ha) : 0,01 / ha ;
- Jeune forêt à okoumé (FJOK, 139.262 ha) : 0,02 / ha ;
- Très jeune forêt à okoumé (FTJOK, 89.203 ha) : 0,01 / ha.

¹ Source : Precious Woods Gabon. s.d. « Gabon ». In *Preciouswoods.com / location – Gabon*. En ligne. <http://www.preciouswoods.com/site/index.cfm?id_art=92652&actMenuitemID=42572&vsprache/EN/Preciouswoods_com____locatio.cfm>. Consulté le 20 mai 2015.

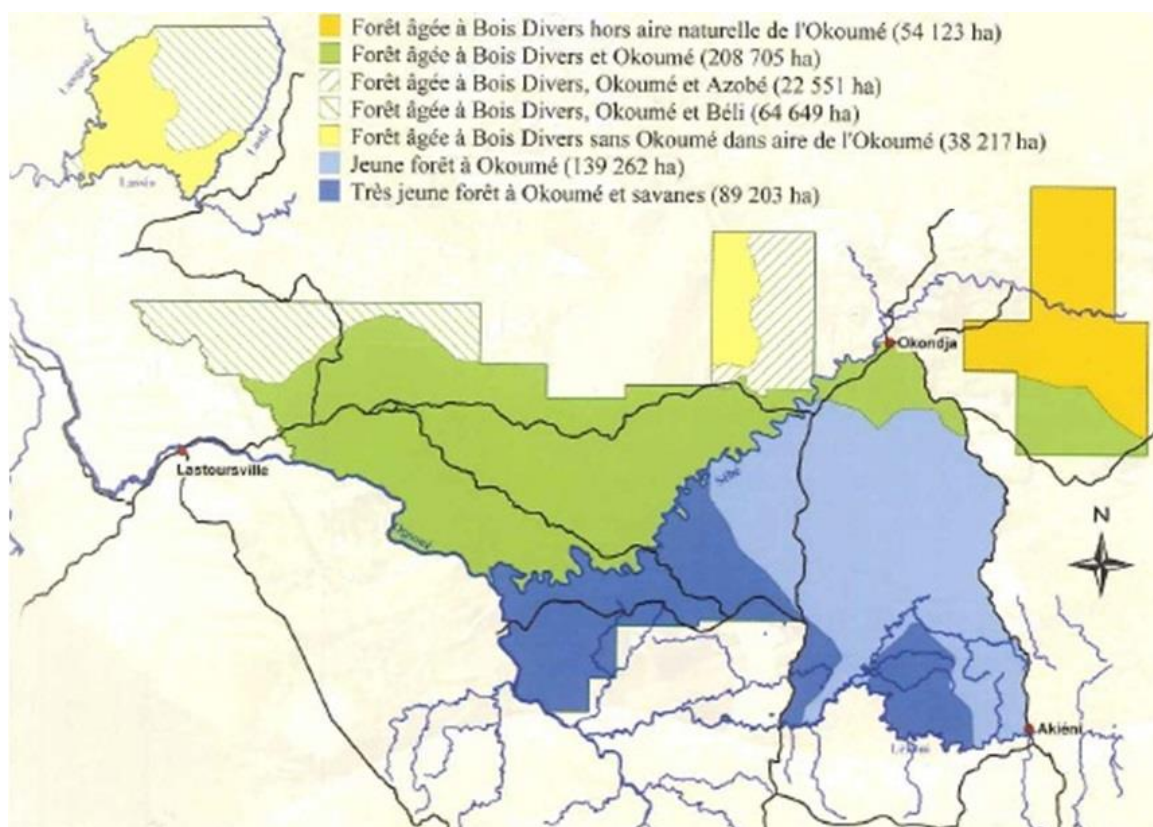


Figure 4. Carte représentant les différents types de forêt présents au sein de la Concession Forestière d'Aménagement (CFAD) de la société *Precious Woods Gabon – Compagnie Equatoriale des Bois (PWG – CEB) (TEREA, 2007)*.

Sur base des résultats de l'inventaire d'exploitation réalisé par la société, le doussié est présent dans la CFAD à raison de 0,0013 pied exploitable par hectare ($d_{hp} \geq 70$ cm).

La structure de population, dressée sur base des inventaires d'aménagement est donnée par la Figure 4 (LAPORTE & DOUCET, 2013).

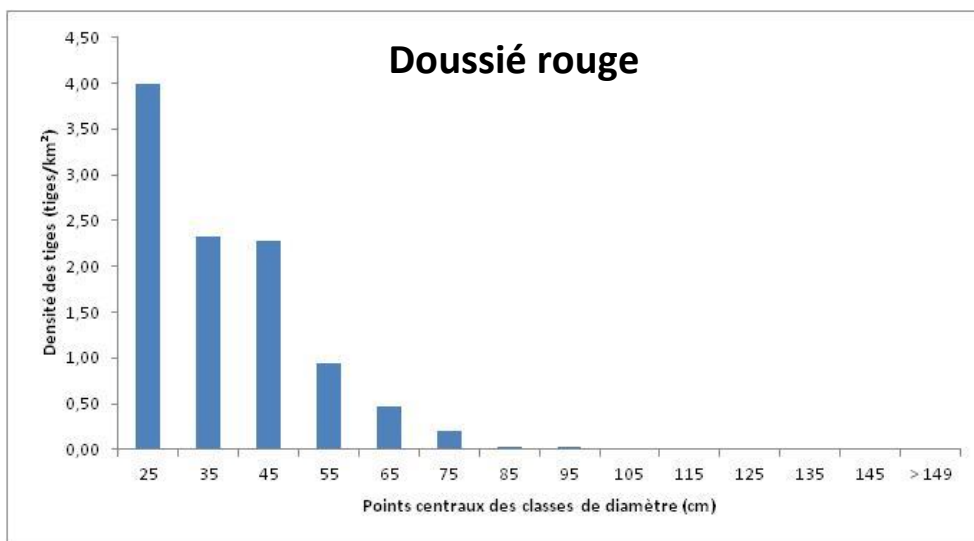


Figure 5. Structure de population du doussié blanc au sein de la CFAD gérée par *Precious Woods Gabon - Compagnie Equatoriale des Bois*.

2.3 IDENTIFICATION DES DISPERSEURS ET PRÉDATEURS POTENTIELS DES GRAINES D'*A. BIPINDENSIS*

Idéalement, pour assurer l'indépendance des observations, les arbres sélectionnés pour les observations directes et indirectes doivent être distants d'au moins 1,5 km (bien que 500 m soit suffisant dans la majorité des cas) tout en gardant à l'esprit que cette distance est modulable en fonction de l'amplitude du territoire occupé par les animaux intervenant (BABWETEERA & BROWN, 2009 ; CADMAN & GONZALEZ-TALAVAN, 2014).

2.3.1 SÉLECTION DES INDIVIDUS POUR L'ÉTUDE DE LA DISPERSION

Des semenciers potentiels d'*Afzelia bipindensis* (36 au total) ont été identifiés durant les deux dernières semaines du mois de février 2015, sur base d'une étude préliminaire qui avait été réalisée en mai 2014.

Au vu de la faible disponibilité des pieds en fruits, tous ceux ayant été recensés comme fructifiant (6 au total) ont été soumis aux observations directes et indirectes selon une répartition décrite aux paragraphes 2.3.2 et 2.3.3. Quatre pieds situés dans l'Assiette Annuelle de Coupe Bambidie 2013 (AAC 2313 bloc 2) ont été retenus, ainsi que deux à proximité du village de Bambidie (Figure 6). Il s'agit des doussiés Do36, Do28, Do24 (du côté de la route de Mbelata), Do01, Do02 (à proximité du village Bambidie et de la scierie) et Do30 (près de la route NKB – A/3). Le Tableau 2 donne leurs coordonnées géographiques.

Tableau 2. Coordonnées géographiques des doussiés observés.

Numéro de doussié	Latitude (Sud)	Longitude (Est)
Do01	0°45'9''	12°58'11''
Do02	0°45'8''	12°58'8''
Do24	0°41'53''	12°54'42''
Do28	0°43'56''	12°56'3''
Do30	0°41'6''	12°54'44''
Do36	0°41'11''	12°54'44''

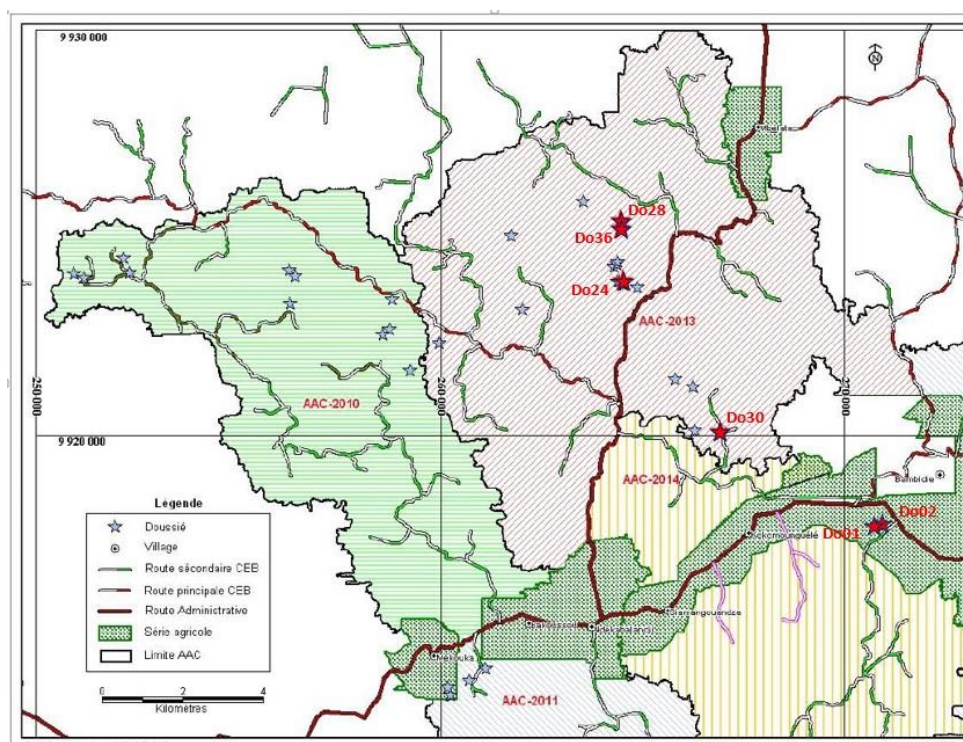


Figure 6. Emplacement cartographique des 36 doussiés prospectés au sein de la Concession Forestière sous Aménagement Durable (CFAD) gérée par PWG – CEB. En rouge, les doussiés sélectionnés pour les observations directes et indirectes.

Pour chaque semencier, les paramètres suivants ont été prélevés : diamètre, hauteur, statut social (selon MORAVIE et al., 1999 ; Annexe 1), pourcentage de la cime couvert par les fruits et position GPS.

2.3.2 OBSERVATIONS DIRECTES

Après prospection et constat du faible taux de fructification en 2015, 3 pieds ont été retenus pour les observations directes (Do28, Do30 et Do02). Ces arbres ont été observés aux jumelles pour un total d'environ 101h avec 30h d'observation minimum par pied pendant toute la durée de la fructification. Les heures d'observation ont été réparties sur plusieurs jours et couvrent toutes les plages horaires d'une journée (de l'aube

au crépuscule). Les observations ont été réalisées à partir d'endroits où les animaux avaient le moins de chance de voir les observateurs, en allant parfois jusqu'à la construction de caches/abris en feuilles et branchages. Les paramètres relevés sont : le nombre d'animaux, leur comportement vis-à-vis des fruits (consommation, non consommation), l'heure et le temps passé sur le semencier.

2.3.3 OBSERVATIONS INDIRECTES

Les observations indirectes ont été réalisées avec des caméras trappes. Six d'entre-elles ont été placées au pied de 3 doussiés ayant des fruits matures (Do36, Do24 et Do01). Celles-ci étaient accompagnées de leur boîtier respectif, de cadenas et d'un jeu de 14 cartes SD de 4 à 8 Go chacune. Lors de leur installation, elles ont été programmées pour prendre 4 photos à la suite lorsqu'elles détectaient un mouvement. Deux caméras par pied ont été fixées à proximité de ceux-ci et braquées sur un lot de 20 graines. Au vu de la faible disponibilité de doussiés en fruits, la distance minimale conseillée entre sites d'observation n'a pas strictement été respectée de manière à garantir un nombre suffisant d'observations. Les images ont été relevées chaque semaine avec renouvellement des appâts en cours de semaine afin que l'odeur laissée sur la caméra ne perturbe pas trop l'activité animale.

2.4 ÉVALUATION DU RÔLE DES CONSOMMATEURS MAJORITAIRES ET DE LEUR POTENTIEL DE DISPERSION SUR LA RÉGÉNÉRATION D'*A. BIPINDENSIS*

Cette évaluation s'est faite sur base de la littérature déjà existante sur les animaux qui ont été observés ainsi que sur base d'observations personnelles réalisées par le réglage des caméras trappes en mode « vidéo » lors de la dernière semaine d'observation. En effet, ceci a permis d'identifier les interactions entre l'animal et la graine en mettant en avant le traitement qu'il lui applique. Les 3 catégories suivantes ont été retenues : disperseur, prédateur primaire et prédateur secondaire. Le prédateur primaire consomme la graine directement sur place en éliminant immédiatement toute possibilité de germination. Le prédateur secondaire, quant à lui, emporte la graine à un autre endroit dans le but de la cacher et/ou de la consommer plus tard. Ce type de comportement laisse une chance de germination à une faible proportion des graines transportées car celles-ci, bien qu'en très faible quantité, pourront soit tomber lors du transport, soit être oubliées dans leur cache par l'animal (NYIRAMANA et al., 2011).

2.5 SUIVI DU PRÉLÈVEMENT DES GRAINES PAR LES ANIMAUX

Le rayon moyen de cime des doussiés en fruits a été calculé sur base de 4 rayons suivant les points cardinaux Nord, Sud, Est et Ouest pour pouvoir quantifier l'aire moyenne couverte par cette cime. Ensuite, des quadrats de 1m² correspondant à 5% de la surface de la cime ont été installés aléatoirement sous les semenciers. Ce nombre varie donc selon la surface de la cime afin de garder un effort d'échantillonnage constant.

Un relevé unique du nombre de fruits et de graines par quadrats a été réalisé à la fin de la période de fructification. En outre, les fruits ont été classés en 5 catégories (selon BOISSIER et al., 2014) : (1) fruit contenant une ou des graines en germination, (2) fruit ouvert naturellement, (3) fruit ouvert de manière forcée (rongé), (4) fruit colonisé par les termites, (5) demi-fruit. Grâce à ces relevés, le taux de prélèvement de graine et la productivité des pieds ont été déterminés. Ce taux a été déterminé par comptage du nombre de graines absentes dans les quadrats sur base de leur quantité théorique estimée sur base du nombre de loges dans chaque fruit retrouvé. La productivité a été calculée en extrapolant les valeurs obtenues dans chaque quadrat sur la surface totale de la cime.

2.6 ÉVALUATION DE L'INFLUENCE DE LA PRÉSENCE DE L'ARILLE SUR DE LA GERMINATION D'*A. BIPINDENSIS* EN FONCTION DES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE LA GRAINE

L'objectif de cette expérimentation est de caractériser l'efficacité de la germination des graines d'*A. bipindensis* en fonction de leur taille, de la présence de l'arille et de la durée de conservation. Trois classes de volume assimilé à un cylindre ont été définies sur base d'un lot de 231 graines :

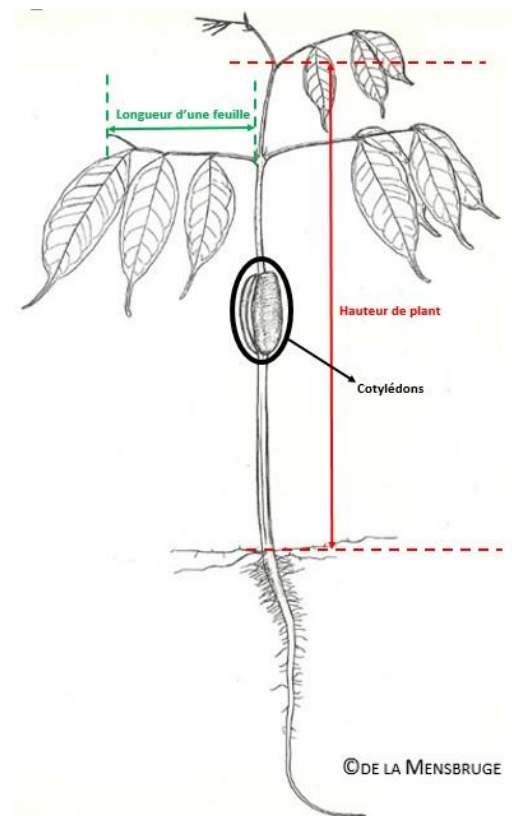
- Catégorie A : Volume inférieur ou égal à 2,30 cm³ ;
- Catégorie B : Volume entre 2,30 et 2,95 cm³ ;
- Catégorie C : Volume supérieur ou égal à 2,95 cm³.

À chacune de ces catégories 2 types de traitement ont été appliqués :

- Traitement 0 : Graine sans aucun type de traitement (graine témoin) ;
- Traitement 1 : Graine dont l'arille a été enlevée.

Enfin, 7 durées de conservation ont été définies (de 0 à 6 semaines). La conservation a été réalisée par déshydratation dans du silicagel.

Pour l'expérimentation, 336 graines ont été sélectionnées aléatoirement parmi un total de 557 : 8 individus x 3 tailles x 2 traitements x 7 durées de conservation.



Les graines ont été semées en pépinière sur un même substrat. Pour éviter tout biais lié à l'éclaircissement, une randomisation aléatoire de leur position a été effectuée lors des semis ainsi qu'au début de l'expérimentation.

Travaillant en conditions réelles, en pépinière et durant la saison des pluies, la quantité d'eau administrée par plants n'a pas pu être contrôlée. Elle peut néanmoins être considérée comme répartie de manière équivalente entre les plants.

Figure 7. Représentation schématique d'une plantule d'*Afzelia bella* avec la matérialisation des points de repères utilisés lors de la mesure des paramètres de germination.

Au cours de l'expérimentation, les différentes dates de germination ont été relevées et notées afin de déterminer le délai de germination. A la fin de cette expérience, différents paramètres (*Figure 7*) ont été mesurés pour caractériser l'efficacité de la germination (TICKNER et al., 2001) à savoir :

- Le nombre total de feuilles 2 mois après le semis ;
- La longueur des premières feuilles (de la base du pétiole jusqu'à l'acumen) ;
- La longueur des plus grandes feuilles 2 mois après le semis ;
- La hauteur du plant (de la base du collet jusqu'au bourgeon terminal) 2 mois après le semis ;
- Le nombre d'individus ayant germé et survécu après deux mois.

2.7 MODÉLISATION DE LA CROISSANCE DES PLANTULES

Dans le cadre de cette étude, deux plantations de doussiés, âgées de 2 et 5 années ont été visitées (respectivement Ndambi 2 et PK 15). La première est implantée dans une mosaïque forêt – savane, la seconde dans une forêt dégradée. Ces plantations ont été implantées dans le cadre d'un projet d'enrichissement forestier mis en œuvre par la société. Différentes espèces sont plantées par groupe de 25 individus espacés de 3 m (*Annexe 2*). Les plants sont mesurés lors de l'installation et chaque année à la même période. Les septante-cinq doussiés présents dans ces parcelles ont été remesurés en termes de hauteur, diamètre au collet et statut social (MORAVIE et al., 1999). Le taux de recouvrement du couvert végétal surplombant chacun des plants a également été mesuré par la méthode du point – quadrat (présence ou absence de couvert) pour les hauteurs situées entre 2 et 10 mètres, entre 10 et 20 mètres et au-delà de 20 mètres.

2.8 ANALYSE DES DONNÉES

2.8.1 OBSERVATIONS DIRECTES ET INDIRECTES

Les données collectées par les caméra-trappes ont été encodées en reprenant : les coordonnées GPS de la caméra, la date de photographie, l'heure, l'animal observé et son comportement (consommation ou non). Afin de garantir l'indépendance des observations, un évènement de présence est dissocié d'un autre quand les heures de détection sont espacées d'une demi-heure minimum (CADMAN & GONZALEZ-TALAVAN, 2014). Dans le cas où il y aurait plusieurs détections durant la même demi-heure, une heure moyenne d'activité a été calculée.

Les statistiques circulaire ont été utilisées afin de pouvoir identifier l'heure moyenne d'activité des animaux les plus représentés et de vérifier la significativité des données collectées.

Ces statistiques sont encore peu utilisées dans des domaines comme les études d'activité animale malgré le fait qu'elles constituent un atout majeur. En effet, les résultats sont faciles à comprendre et à interpréter et la réalisation d'un graphique circulaire permet une visualisation plus aisée de ce qu'elles représentent.

Cette technique consiste à convertir des données temporelles (des temps d'observation dans la présente étude) d'activité animale en angle compris entre 0 et 2π . Pour ce faire, une donnée correspondant à une heure numérique est, dans un premier temps, attribuée à chaque observation. Ensuite, pour travailler dans l'intervalle $[0 ; 360[$ et non $[0 ; 24[$, les valeurs obtenues ont été multipliées par 15 et transformées en radians. Les statistiques circulaires sont ensuite appliquées en déterminant un angle moyen correspondant à la direction d'un vecteur dans le cercle qui est ensuite reconvertit en heure numérique. A cette direction vectorielle est ajoutée sa longueur (entre 0 et 1) correspondant au taux d'agrégation de l'activité animale autour de l'angle moyen. En d'autres termes, plus cette valeur sera proche de 1, plus les données seront agrégées autour de la valeur de l'heure moyenne déterminée. Un test de Rayleigh est effectué afin de vérifier que l'activité animale est significativement non aléatoire (DAVIES & ASHTON, 1999). Cette analyse a été effectuée avec le package « CircStats » du logiciel R 3.0.2®.

2.8.2 PRODUCTION FRUITIÈRE ET TAUX DE PRÉLÈVEMENT DES GRAINES

Etant donné que les taux de prélèvement des graines ont été de 100% pour chaque placette, aucune analyse statistique n'a été effectuée.

2.8.3 TEST DE GERMINATION

L'analyse statistique des résultats s'est fait selon une ANOVA à 3 facteurs (AV3) croisés fixes en utilisant un modèle linéaire général grâce au logiciel R 3.0.2® après vérification des conditions d'application :

- 7 échantillons aléatoires, simples et indépendants ;
- 7 populations normales ;
- 7 populations de variances identiques.

Les variables dépendantes testées sont : la hauteur finale du plant, la longueur moyenne des premières feuilles et de la totalité de celles-ci après deux mois de suivi, le délai de germination, le nombre total de feuilles après deux mois de suivi et le taux de germination selon le traitement appliqué à la graine (arillée ou non), la durée de conservation de celle-ci et son volume cylindrique.

2.8.4 LA CROISSANCE EN FONCTION DU COUVERT

Les données de croissance ont été analysées par l'élaboration de trajectoires de croissance diamétrale et en hauteur des individus étudiés. Une comparaison avec un nombre égal d'individus observés pendant une durée équivalente dans des plantations appartenant à la concession forestière *Pallisco* a également été effectuée (DOUCET, communication personnelle). Sur base de ces trajectoires, l'accroissement moyen a été calculé par la réalisation de régressions linéaires entre le temps d'observation et les données de hauteur et diamètre au collet. Ces dernières ont permis de mettre en évidence une pente moyenne de croissance correspondant à l'accroissement moyen.

3 RÉSULTATS

3.1 PRODUCTION EN FRUITS ET TAUX DE PRÉLÈVEMENT DES GRAINES PAR LES ANIMAUX

Environ $80 \pm 25,49$ % des graines de l'ensemble des doussiés observés est issue de fruits trouvés au sol comme « naturellement ouverts ». Les fruits rongés et les demi-fruits interviennent respectivement pour $7 \pm 22,24$ % et $8 \pm 2,95$ %. Les pourcentages restants sont attribués à proportion presque équivalente aux graines trouvées en germination et aux fruits colonisés par les termites (*Tableau 3*).

Tableau 3. Proportion de graine appartenant à une catégorie de fruit pour l'ensemble de la production des 6 doussiés échantillonnés. Fg correspond aux fruits contenant des graines en germination, Fo à ceux naturellement ouverts, Fr à ceux rongés, Ft à ceux colonisés par les termites et Fu aux demi-fruits. On retrouve également le nombre de quadrat par pied et la proportion de la surface de leur cime qui a été échantillonnée.

<i>Catégories de fruits</i>	<i>Do01</i>	<i>Do02</i>	<i>Do24</i>	<i>Do28</i>	<i>Do30</i>	<i>Do36</i>	<i>Moyenne générale</i>
Fg	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,52%	0,00%	1,46%
Fo	88,07%	45,45%	91,57%	67,97%	86,37%	30,00%	82,20%
Fr	0,00%	0,00%	1,81%	21,09%	3,15%	56,00%	7,10%
Ft	0,00%	45,45%	3,01%	0,00%	0,00%	4,00%	1,09%
Fu	11,93%	9,09%	3,61%	10,94%	7,96%	10,00%	8,15%
Nombre de quadrats	11	13	13	20	14	10	13,5
Surface échantillonnée	5,65%	5,26%	4,97%	4,99%	5,04%	5,10%	5,17%

La production moyenne est de $3 \pm 1,7$ graines/m². On peut donc considérer qu'un doussié d'environ 70 cm de diamètre et dont les fruits couvrent environ 50 % de la cime produisent de 1,6 à 4 graines par m².

Le nombre total de graines produites calculé par extrapolation selon l'aire de la cime de chaque individu (en moyenne $263 \pm 75,7$ m²) est de $3.619 \pm 4.593,9$ graines.

Les taux de prélèvement de graines sont élevés et souvent proches des 100 %. Le doussié 2 subit un taux de prélèvement moindre, peut-être en raison d'une production moindre de graines ($0,58/\text{m}^2$) attirant moins de prédateurs.

Tableau 4. Taux de prélèvement des graines de doussiés sous les semenciers.

<i>Numéro de doussié</i>	<i>% de prélèvement</i>
Do01	100%
Do02	75%
Do24	98%
Do28	98%
Do30	100%
Do36	97%

3.2 PRÉDATEURS ET DISPERSEURS DES GRAINES D'*A. BIPINDENSIS*

Les observations directes ont consisté en 100h55 réparties en 37h15, 31h05 et 32h35 respectivement pour Do02, Do30 et Do28. Durant ces observations, uniquement 5 contacts avec les doussiés, correspondant à 0,41% du temps d'observation total, ont été relevés sans jamais y avoir d'interaction avec le fruit. Deux espèces d'oiseau et deux espèces de primates sont concernées (*Tableau 5*).

Tableau 5. Bilan des détections de présence animale lors des phases d'observation directe.

Espèce observée	Date d'observation	Heure d'observation	Temps passé sur l'arbre	Numéro du doussié
<i>Tockus fasciatus semifasciatus</i>	20-03-2015	8h25	15 minutes	Do30
<i>Cercopithecus pogonias</i>	20-03-2015	9h30	5 minutes	Do30
<i>Cercopithecus pogonias</i>	26-03-2015	9h57	1 minute	Do28
<i>Bycanistes fistulator</i>	26-03-2015	10h54	2 minutes	Do28
<i>Cercopithecus nictitans</i>	02-04-2015	7h54	2 minutes	Do28

Concernant les observations indirectes, ont été analysés 262 caméra-jours répartis en 89, 103 et 70 jours respectivement pour les doussiés Do01, Do24 et Do36. Le *Tableau 6* reprend les événements de présence des animaux les plus fréquemment détectés par les caméra-trappes. Il détaille également leur heure moyenne d'activité sur base des résultats des statistiques circulaires. L'ensemble des animaux détectés sont présentés en *Annexe 3*.

Tableau 6. Evénements de présence des animaux détectés les plus fréquemment par caméra trappe répartis selon les doussiés concerné ainsi que de leur activité globale.

Nom latin disperseur	Evènements de présence animale				Activité des animaux		
	Do01	Do24	Do36	Total	Heure moyenne d'activité	p-Valeur	R ²
<i>Cricetomys emini</i>	43	105	2	150	22h02	1,56E-64	0,69
<i>Epixerus wilsoni</i>	2	3	13	18	10h19	4,48E-08	0,65
<i>Muridae</i> indéterminé	56	75	88	219	00h07	4,90E-93	0,63
<i>Protoxerus stangeri</i>	3	3	1	7	11h55	-1,06E-04	0,52
Total	104	186	104	394			

Ce sont donc des rongeurs qui sont essentiellement observés. L'espèce la plus présente est le rat palmiste (*Cricetomys emini*) (*Figure 8a*), il s'agit d'un animal aux mœurs nocturnes qui a un pic d'activité vers 22 h. D'autres rongeurs de la famille des *Muridae* (*Figure 8b*), difficilement identifiables sur base des photos, ont également une activité nocturne. A l'inverse, les écureuils (*Epixerus wilsoni* et *Protoxerus stangeri* ; respectivement *Figures 8c* et *8d*) ont consommé les graines d'*A. bipindensis* entre 10 et 12 h. Lors de l'analyse des vidéos, il a été constaté que certains rongeurs (les *Muridae*) retirent l'arille de la graine sans la consommer avant d'emporter cette dernière.



Figure 8. Photographies des consommateurs principaux des graines d'*A. bipindensis* avec (a) le rat palmiste (*Cricetomys emini*), (b) les *Muridae* indéterminés, (c) l'écureuil de Wilson (*Epixerus wilsoni*), et (d) l'écureuil géant d'Afrique (*Protoxerus stangeri*).

3.3 GERMINATION EN FONCTION DES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE LA GRAINE ET DES DURÉES DE CONSERVATION

3.3.1 TAUX DE GERMINATION

Le *Tableau 7* présente les taux de germination en fonction des différents traitements. On constate que celui-ci est plus élevé pour les graines dont l'arille a été enlevé. Par ailleurs, le volume de la graine ne semble pas influencer significativement ce taux. Le taux de germination oscille grossièrement autour des 75% en fonction de la durée de conservation sans jamais différer significativement d'une semaine à l'autre (*Annexe 4*).

Tableau 7. Taux de germination des semis d'*A. bipindensis* selon les différents traitements. Avec, pour les catégories de volume, « A » $\leq 2,30 \text{ cm}^3$, « B » entre 2,30 et 2,95 cm^3 et « C » $\geq 2,95 \text{ cm}^3$.

	Catégorie de volume			Effet de l'arille		Durée de conservation (semaine)						
	A	B	C	Arillée	Non arillée	0	1	2	3	4	5	6
Taux de germination	53,57%	55,36%	58,04%	67,86%	78,57%	83,33%	75,00%	70,83%	68,75%	70,83%	64,58%	79,17%

Tandis que le volume de la graine et la durée de conservation n'influencent pas le taux de germination des graines (respectivement p-Valeur = 0,865 et 0,051), leur caractère arillé ou non l'influence significativement (p-Valeurs = 0,014) (*Annexe 4*).

3.3.2 VITALITÉ DES GRAINES

Considérant que la plupart des interactions ne sont pas significatives (voir *Annexe 4*), le *Tableau 8* synthétise les résultats obtenus.

Tableau 8. Significativité de l'influence du volume, de la durée de conservation et du traitement de la graine sur différents paramètres des plantules de doussiés.

Paramètres influencés	Catégorie de volume		Durée de conservation		Effet de l'arille	
	p-Valeur	Significativité	p-Valeur	Significativité	p-Valeur	Significativité
Délai de germination	0,533	NS	0,089	NS	0,058	NS
Hauteur finale	0,016	*	0,238	NS	0,219	NS
Longueur moyenne des premières feuilles	0,013	*	1,733e-07	***	0,178	NS
Longueur moyenne des feuilles après 2 mois	0,019	*	7,043e-05	***	0,043	*
Nombre de feuilles après 2 mois	2,100e-04	***	8,414e-06	***	0,076	NS

Les codes étoilés correspondent à : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « NS » : Non significatif.

Le volume de la graine influence significativement l'ensemble des paramètres mesurés à l'exception du délai de germination. Systématiquement, lorsque le volume augmente, l'ensemble des variables augmentent (*Figure 9*).

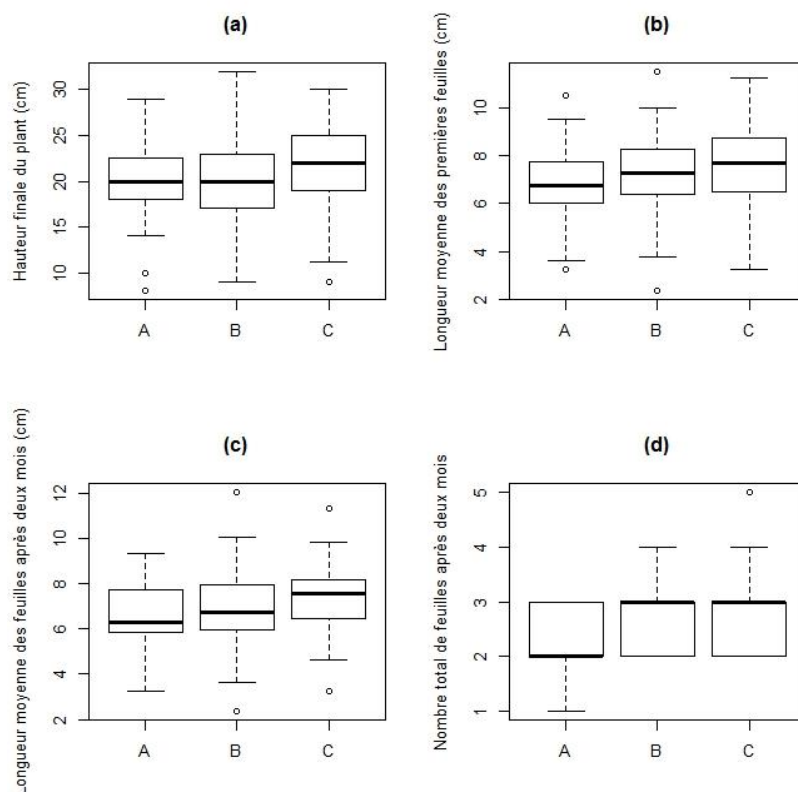


Figure 9. Boîtes à moustaches des influences du volume de la graine sur différents paramètres mesurés dont (a) la hauteur finale du plant, (b) la longueur moyenne des premières feuilles, (c) la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après deux mois de suivi, et (d) le nombre de feuilles présentes par plant après deux mois de suivi. Les catégories de volume, en abscisse, sont « A » pour les graines ayant un volume inférieur ou égal à 2,30 cm³, « B » pour celles comprises entre 2,30 et 2,95 cm³ et « C » pour celles dont le volume est supérieur ou égal à 2,95 cm³.

La durée de conservation n'influence significativement ni le délai de germination, ni la hauteur des plants. Par contre, son influence est significative sur la taille et le nombre de feuilles. Globalement, on observe une diminution des valeurs de mesure avec l'augmentation de la durée de conservation (*Figure 10*).

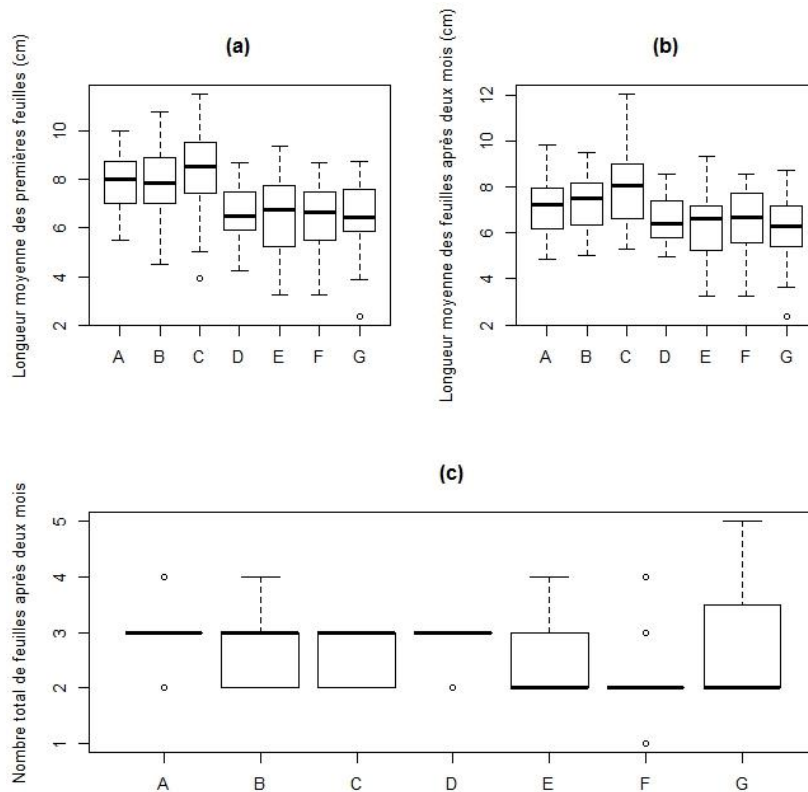


Figure 10. Boîtes à moustaches des influences des durées de conservation de la graine sur différents paramètres mesurés dont (a) la longueur moyenne des premières feuilles, (b) la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après deux mois de suivi, et (c) le nombre de feuilles présentes par plant après deux mois de suivi. Les durées de conservation en silicagel sont « A » pour 0 semaine, « B » pour une semaine, « C » pour deux semaines, « D » pour 3 semaines, « E » pour 4 semaines, « F » pour 5 semaines et « G » pour 6 semaines.

L'influence de l'arille n'est significative que pour la longueur moyenne des feuilles après 2 mois de suivi. Celle-ci diminue lorsque l'arille est enlevé (*Annexe 4*).

3.4 TRAJECTOIRES DE CROISSANCE, MORTALITÉ ET ACCROISSEMENTS MOYENS DES PLANTULES EN PLANTATION

Les accroissements diamétraux moyens sont de 5,57 mm/an au Cameroun (*Pallisco*) et 0,72 mm/an au Gabon (*PWG – CEB*). Les accroissements en hauteur moyens sont de 51,14 cm/an au Cameroun et 7,92 cm/an au Gabon. Une modélisation de leurs trajectoires de croissance est présentée en *Figure 11* illustrant cette différence flagrante d'accroissement sur une période de temps équivalente et pour un nombre égal d'individus étudiés. Au sein des deux plantations visitées, le taux de mortalité des plantules (majoritairement par abroutissement) est très élevé (42,67%) réparti en 24,00 et 56,00 % respectivement pour les plantations Ndambi 2 et PK 15.

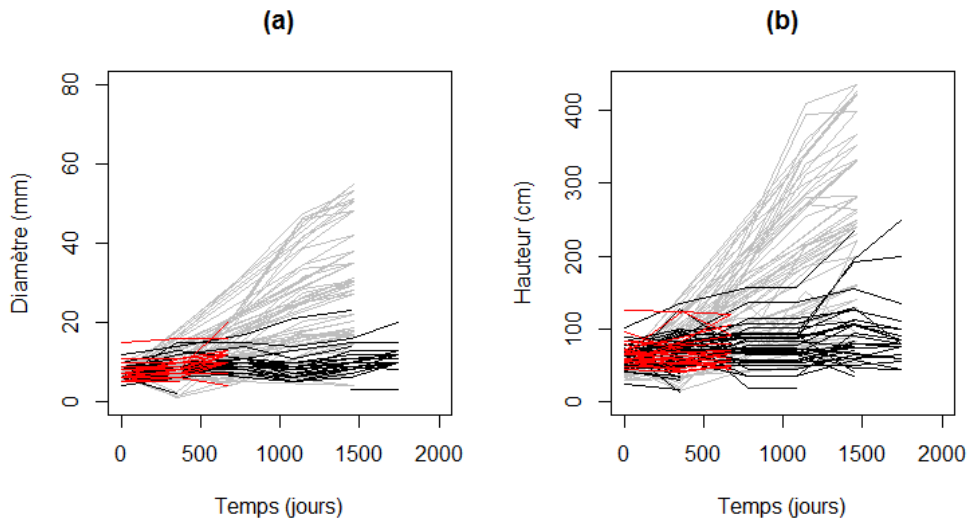


Figure 11. Trajectoires de croissance en diamètre (a) et en hauteur (b) selon le temps passé en plantation de plantules de doussié (*Afzelia bipindensis*). En gris, les trajectoires de 75 doussié plantés au Cameroun (*Pallisco*), en noir, celles de 50 doussiés de la plantation PK 15 et en rouge, celles des 25 doussiés de la plantation Ndambi 2. Ces deux dernières sont situées au Gabon (*PWG – CEB*).

4 DISCUSSION

4.1 LE RÔLE DES DISPERSEURS/PRÉDATEURS PRINCIPAUX DES GRAINES D'*A. BIPINDENSIS* DANS SA DISSÉMINATION

Les espèces animales et plus particulièrement les rongeurs semblent jouer un rôle déterminant dans la dynamique des populations d'*A. bipindensis*. Dans ce travail, les rongeurs représentent plus de 90 % des observations issues des caméra-trappes. En outre, très peu d'observations directes ont été réalisées, ce qui laisserait supposer que les oiseaux ou les primates ne jouent qu'un rôle accessoire. Ces résultats sont très similaires à ceux observés par GATHUA (2000) pour *Afzelia quanzensis*, une espèce des forêts claires zambéziennes dont les graines sont similaires.

Il peut être considéré que quasi toutes les graines se retrouvant au sol sont prélevées par les rongeurs et donc soumises, à priori, à la prédation. Néanmoins, bien qu'il existe des preuves que les prédateurs de graines causent de grandes pertes au stock initial, ceux-ci peuvent participer à leur dispersion sous certaines conditions ou circonstances (NORCONK et al., 1998, HIRSCH et al., 2012). En effet, JANSEN et al. (2002) ont montré que les rongeurs les plus gros peuvent disperser les graines jusque 124 mètres. GATHUA (2000), mentionne également un rôle possible des rongeurs comme disperseurs d'*Afzelia quanzensis* bien qu'il les considère essentiellement comme des prédateurs. Toutefois, les graines dispersées et probablement ensevelies dans les terriers n'ont que peu de chances de germer (GERARD & LOUPPE, 2011).

Les graines d'*Afzelia africana*, espèce des savanes soudaniennes, sont elles aussi soumises à une très importante prédation. BATIONO et al. (2000) mentionnent que plus de 90 % des graines disparaissent lorsque le sol est bien dégagé et que les graines sont, en conséquence, facilement détectables. En outre, ils suggèrent que les calaos et les rongeurs jouent un rôle important dans cette prédation. Celle-ci serait entre autre accentuée par la présence de l'arille colorée rendant la graine particulièrement bien visible. Dans la présente étude, aucune consommation par les calaos n'a été observée. Les travaux de POULSEN et al. (2002), consacrés à l'étude du régime alimentaire des grands calaos, semblent également le confirmer. De même, l'étude de GATHUA (1992) suggère un rôle probable des calaos dans la dispersion des graines d'*A. quanzensis* bien qu'aucune interaction n'ait été détectée. Pourtant, dans sa synthèse sur les oiseaux frugivores, SNOW (1981) suggère que les différentes espèces africaines d'*Afzelia* sont bel et bien dispersées par les calaos frugivores alors que les espèces asiatiques, non arillées, sont dispersées par l'eau.

L'absence d'observation de primates est plutôt surprenante. En effet, d'autres études (GARTLAN & STRUHSACKER, 1972 ; GATHUA, 1992) ont mis en exergue le rôle déterminant des cercopithèques dans la dispersion des graines d'*A. bipindensis* et d'*A. quanzensis* respectivement. Ils consomment l'arille et rejettent la graine à distance du semencier en la laissant sous des conditions viables (SCHUPP, 1993). Des observations similaires ont été effectuées pour *A. quanzensis* et *A. africana* dans différents pays (HARRISON, 1983 ; GATHUA, 1992 & 2000 ; BATIONO et al., 2000 ; GOODWIN, 2007). Différentes espèces de primates sont pourtant présentes à des densités relativement élevées dans la zone d'étude bien préservée des activités de braconnage (TEREA, 2007). Les *Afzelia* fructifiant pendant la période de plus forte disponibilité alimentaire pour les primates (DOUCET, 2003), il est toutefois possible qu'ils ne s'intéressent aux *Afzelia* que certaines années, lorsque les ressources les plus appréciées ne sont que peu disponibles. En effet, il a été démontré que les gorilles, chimpanzés et bonobos sont susceptibles de consommer l'arille de graines appartenant à la famille des *Myristicaceae* ou *Caesalpiniaceae* (ROGERS et al., 1990 ; TUTIN & FERNANDEZ, 1993 ; NISHIHARA, 1995 ; WATTS et al., 2012, BEAUNE et al., 2013a ; SERCKX et al., 2015). Il serait donc envisageable qu'ils consomment, dans les périodes de carences alimentaires, les arilles des graines d'*Afzelia*.

Enfin, il convient de considérer d'autres modes de dispersion que la zoochorie. En effet, un taux de prédation de graines plus faible a été observé au pied de l'arbre dont la fructification est la plus faible. Il est donc possible que les graines non consommées puissent germer et donner des plants viables compte tenu du tempérament intermédiaire de l'espèce. Dans ce cas, la ballochorie pourrait être un mode de dispersion à ne pas négliger. Toutefois, la distribution non grégaire de l'espèce dans la concession (*Figure 12*) ne semble pas totalement en faveur de cette hypothèse. La dispersion par l'eau, telle que mise en évidence par RIDLEY (1930) pour les espèces asiatiques, devraient aussi être investiguées. Mais cette hypothèse est également peu probable, *A. bipindensis* n'étant pas particulièrement inféodée au bord des cours d'eau.

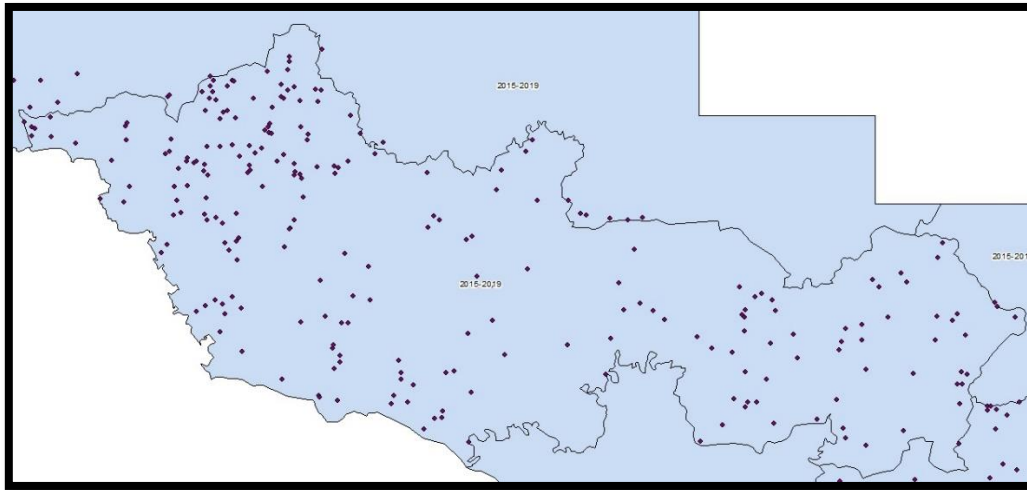


Figure 12. Répartition des doussiés exploitables (dhp \geq 70 cm) au sein de l'AAC 2015-2019 à l'est de la CFAD de Precious Woods Gabon - Compagnies Équatoriale des Bois.

4.2 LA GERMINATION ET LA VITALITÉ DES GRAINES

A l'instar des observations réalisées par MTAMBALIKA et al. (2014) sur la germination des graines d'*A. quanzensis*, leur taille n'influence en rien le taux de germination. Cependant, elle influence la vitalité du plant, tant en terme de taille de la tige et des feuilles que du nombre de feuilles.

Le taux de germination des graines semble être influencé majoritairement par la présence de l'arille. Les rongeurs de la famille des *Muridae* qui retirent l'arille, comme observé sur les vidéos prises en caméra-trappe, peuvent dès lors avoir un effet partiellement favorable à la germination malgré leur statut initial de prédateur.

Un autre aspect susceptible d'influencer le taux de germination est le caractère scarifié ou non de la graine. Une étude complémentaire pourrait donc être menée afin d'avoir une idée globale sur le taux de germination des graines d'*A. bipindensis*.

Par ailleurs, la durée de conservation exerce un effet significatif sur la majorité des paramètres caractérisant la vitalité des graines. En effet, plus la durée de conservation est élevée, moins la plantule issue de cette graine est compétitive. Ceci implique qu'en période de fructification tardive (comme ce fut le cas lors de cette étude, en fin de la saison des pluies), un grand nombre de graines sont encore capables de germer après 6 semaines dans un environnement sec mais avec un développement réduit. De plus, si ces mêmes graines conservent leur arille (et ne sont donc à priori pas dispersées), leur taux de germination s'en verra diminué.

Ici encore, la réalisation de nouvelles études d'identification et de suivi des disperseurs d'*A. bipindensis* selon la disponibilité de la ressource alimentaire peut aider à la compréhension de la structure de population établie au sein de la zone d'étude (Figure 5). En effet, HIRSCH et al. (2012) ont démontré que certaines espèces de rongeur transportent les graines dans des lieux comportant une très faible densité de végétaux conspécifiques. Ceci permet alors d'éviter d'autres animaux voleurs de graines et donne la possibilité aux graines de germer dans de nouveaux environnements potentiellement favorables. Ceci mènerait alors à une bonne régénération de l'espèce et à une distribution aléatoire à faible densité des pieds adultes.

4.3 DYNAMIQUE ÉVOLUTIVE DE L'ACCROISSEMENT DES PLANTULES

Lorsqu'on compare l'ensemble des trajectoires obtenues sur base de relevés réalisés au Cameroun (*Pallisco*) avec celles obtenues sur base des relevés gabonais (*PWG – CEB*), on constate que les plantations ne semblent pas propices à l'établissement des doussiés qu'il s'agisse de plantations en mosaïque savane – forêt (Ndambi 2) ou en forêt dégradée (PK 15).

En effet, leur accroissement extrêmement faible, voire inexistant, au Gabon et leur taux de mortalité très élevé laisse supposer plusieurs choses ; Premièrement, l'espèce pourrait être non adaptée aux milieux ouverts. Effectivement, *A. bipindensis* est une espèce végétale caractéristique des forêts denses humides de la région guinéo-congolaise (DONKPEGAN et al., 2015). Il est donc possible que celle-ci ne supporte pas les environnements ouverts au stade juvénile. Deuxièmement, il est possible qu'*A. bipindensis* est non adaptée à la plantation en groupe. De par son tempérament non grégaire, il est envisageable que les plantules soient soumises à une prédation animale plus importante liée à une densité faunique plus élevée au Gabon. Troisièmement, il peut être concevable qu'une consanguinité plus importante des doussiés au sein de la société *PWG – CEB* soit à l'origine d'une telle différence avec les doussiés issus des plantations de la société *Pallisco*. En effet, il semblerait que la consanguinité d'une espèce a plus d'influence sur le taux de mortalité des juvéniles que sur leur développement (MATHESON et al., 1995). Cependant, *A. bipindensis* ferait partie des espèces fortement autogames pour lesquelles on observe très rarement les phénomènes de consanguinité car les individus consanguins (généralement non viables) sont éliminés de la population (DONKPEGAN, communication personnelle).

Le taux de mortalité est à prendre en compte avec prudence. En effet, celui-ci, plus faible pour la plantation Ndambi 2, pourrait résulter d'un suivi plus court de celle-ci. Effectivement, lorsqu'uniquement 3 ans sont considérés pour les deux plantations, les taux de mortalités s'homogénéisent à 24,00 et 30,00 % respectivement pour les plantations Ndambi 2 et PK 15.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A. bipindensis est une espèce présentant un taux de zoochorie très important (en moyenne 95%). Cependant, ces valeurs obtenues sont à relativiser car, étant en période de faible fructification, une carence alimentaire aurait pu influencer le comportement de prélèvement animal. C'est pour cela qu'il est nécessaire de considérer la mise en place d'autres expérimentations dans des conditions de fructification normales et abondantes afin de comparer les résultats obtenus selon la disponibilité de la ressource. Il est également conseillé de travailler selon un gradient d'impact humain et/ou de densité de faune afin d'identifier les variations issues de ceux-ci.

A l'issue de cette étude, nous conseillons également d'utiliser les caméras en mode « vidéo » munies de cartes mémoires d'une capacité de stockage plus élevée et/ou avec un relevé de ces cartes plus fréquent afin d'être à même de comparer les résultats entre études/sites au moyen d'indices tels que l'ICE (indice de consommation effective). De plus, ce type d'étude pourrait apporter des informations complémentaires quant à la dynamique complète de la population de doussié car, bien que possédant une structure de population favorable avec une régénération satisfaisante (*Figure 5*), nos résultats mettent en évidence une prédation très importante des graines. Ceci peut être dû au phénomène de dispersion dirigée décrit par HIRSCH et al. (2012).

La non détection des animaux potentiellement disperseurs tels que décrits par de nombreuses études pour d'autres espèces du même genre (GARTLAN & STRUHSAKER, 1972 ; SNOW, 1981 ; GATHUA, 1992 & 2000) serait-elle due à la fructification très faible des doussiés pendant la période d'étude ou à d'autres paramètres spécifiques aux disperseurs ? Est-ce que cet arille contient des composés toxiques ou anti-appétant comme certains alcaloïdes, acides aminés non protéiques ou flavonoïdes (JANZEN et al., 1990) pouvant provoquer une mauvaise digestion post-ingestion ou la mort de l'animal ? Est-il possible que l'arille des graines d'*A. bipindensis*, moins épaisse que celle d'*A. africana*, rende la récompense nutritive de sa consommation moins intéressante pour les disperseurs ? Ceci ne peut être déterminé pour le moment mais il serait utile de réaliser des études complémentaires permettant de répondre à ces questions.

Tant la durée de conservation que le volume de la graine possèdent des influences complémentaires sur la vitalité d'*A. bipindensis*. La germination est, quant à elle, influencée uniquement par la présence ou non de l'arille. Un autre aspect non traité dans la présente étude est l'effet de la scarification sur la germination ainsi que la présence de potentiels composés chimiques inhibant celle-ci. Une étude supplémentaire est donc nécessaire dans ce cadre.

Les accroissements moyens extrêmement faibles des doussiés en plantation gabonaise ainsi que leur mortalité par abrutissement élevée démontrent que cette espèce est majoritairement affectée par une grande densité faunique. Cependant, il s'agit également de comprendre ce phénomène de manière plus globale (incluant par exemple le type de sol) par comparaison avec d'autres études et/ou données (plus de précision sur la situation des plantations de la société *Pallisco*). Ceci permettrait de mettre en place des plantations d'espèces commerciales aux caractéristiques équivalente à celles du doussié dans des milieux et avec une répartition qui leur serait plus favorable.

Nous sommes encore loin de connaître tout ce qu'il y a à savoir non seulement à propos d'*A. bipindensis* mais surtout dans le domaine très global et complexe qu'est l'écologie et l'exploitation des forêts tropicales. Il est donc nécessaire de réaliser de plus nombreuses études afin d'améliorer les connaissances actuelles de ces écosystèmes pour pouvoir assurer une gestion et une exploitation de plus en plus adaptée à la préservation des espèces tropicales au sein des forêts concédées.

6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRAWAL A. A., & FISHBEIN M. (2006). Plant defense syndromes. *Ecological Society of America*, 87(7), S132–S149.
- BABWETEERA F. & BROWN N. (2010). Spatial patterns of tree recruitment in East African tropical forests that have lost their vertebrate seed dispersers. *J. Trop. Ecol.* 26, 193–203.
- BATIONO B. A., BOUSSIM I. J., & OUEDRAOGO S. J. (2000). *Afzelia africana* Sm. (*Caesalpinaceae*) : Etude de la prédation des graines dans une savane boisée du Burkina Faso. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 264(2), 55–56.
- BEAUNE D., BRETAGNOLLE F., BOLLACHE L., BOURSON C., HOHMANN G., & FRUTH B. (2013a). Ecological services performed by the bonobo (*Pan paniscus*): seed dispersal effectiveness in tropical forest. *Journal of Tropical Ecology*, 29, 367–380. doi:10.1017/S0266467413000515
- BEAUNE D., BRETAGNOLLE F., BOLLACHE L., HOHMANN G., SURBECK M., & FRUTH B. (2013b). Seed dispersal strategies and the threat of defaunation in a Congo forest. *Biodiversity and Conservation*, 22(1), 225–238. doi:10.1007/s10531-012-0416-x
- BECKMAN N. G., & ROGERS H. S. (2013). Consequences of seed dispersal for plant recruitment in tropical forests : Interactions within the seedscape. *Biotropica*, 45 (February), 666–681.
- BOISSIER O., BOUIGES A., MENDOZA I., FEER F., & FORGET P.-M. (2014). Rapid Assessment of Seed Removal and Frugivore Activity as a Tool for Monitoring the Health Status of Tropical Forests. *Biotropica*, 46(5), 633–641. doi:10.1111/btp.12134
- BRACONNIER M., EVRARD Q., & LOCATELLI C. (2014). *Que nous apprennent les collections d’herbier sur la phénologie des espèces d’arbre en Afrique tropicale?* (pp. 5–32).
- CADMAN M., & GONZÁLEZ-TALAVÁN A. (eds.) (2014). Publishing Camera Trap Data, a Best Practice Guide. Contributed by ATHREYA V., CHAVAN V., GHOSH M., HANSEN F., HARIHAR A., HIRSCH T., LINDGAARD A., MATHUR V. B., MEHLUM F., PANDAV B., TALUKDAR G., & VANG R. Copenhagen : Global Biodiversity Information Facility. Disponible en ligne sur http://www.gbif.org/orc/?doc_id=6045.
- CHAPMAN H. M., GOLDSON S. L., & BECK J. (2010). Postdispersal removal and Germination of Seed Dispersed by *Cercopithecus nictitans* in a West African Montane Forest. *Folia Primatologica; International Journal of Primatology*, 81(1), 41–50. doi:10.1159/000283309
- CHUDNOFF M. (1980). Tropical timbers of the world. USDA Forest Service, Agricultural Handbook No 607, Washington D.C., United States. 826 pp
- CIRAD Forestry Department (2009). Doussie. [Internet] Tropix 7.2. <http://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/FR/Afrique/DOUSSIE.pdf>. Accessed July 2014.
- CJB Conservatoire et Jardin Botaniques – Ville de Genève (2012). *Afzelia bipindensis* Harms. [Internet]. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=fr&id=68435>. Accessed July 2014
- CONNELL J. H. (1971). On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in forest trees. *Dynamics of Populations* (eds. P. J. DEN BOER & G. R. GRADWELL), pp. 298-312. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.
- CTFT (Centre Technique Forestier Tropical) (1980). Doussié. Bois et Forêts des Tropiques 189: **37–54**

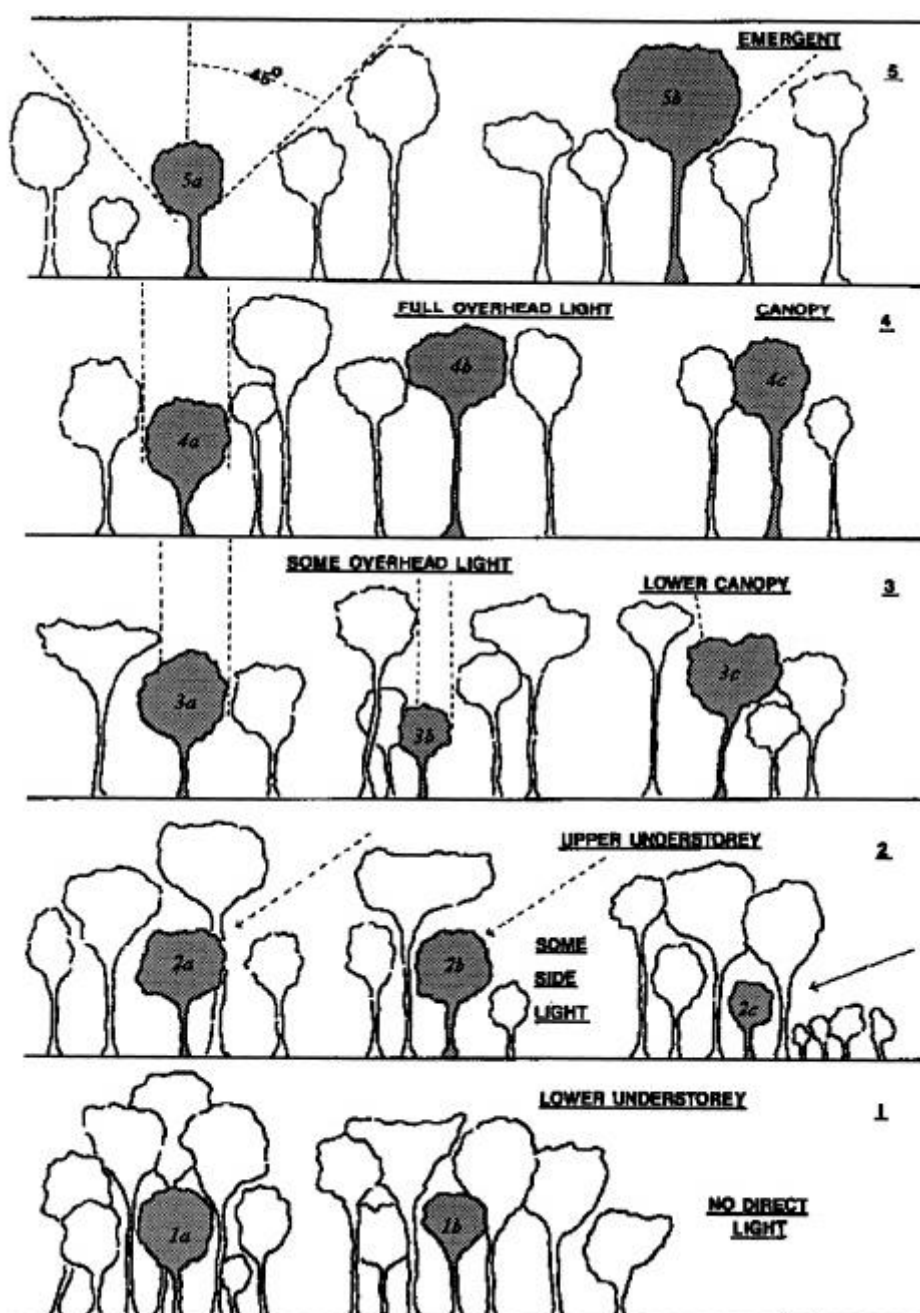
- DONKPEGAN A., HARDY O. J., LEJEUNE P., OUMOROU M., DAÏNOU K., & DOUCET J.-L. (2014). Un complexe d'espèces d'*Afzelia* des forêts africaines d'intérêt économique et écologique (synthèse bibliographique). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 18(2).
- DOUCET J.-L. (2003). *L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon*. Thèse de doctorat.
- DOUCET J.-L., KOUADIO Y. L., MONTICELLI D., & LEJEUNE P. (2009). Enrichment of logging gaps with moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) in a Central African rain forest. *Forest Ecology and Management*, 258(11), 2407–2415. doi:10.1016/j.foreco.2009.08.018
- FEER F., & FORGET P.-M. (2002). Spatio-temporal variations in post-dispersal seed fate. *Biotropica*, 34(4), 555–566.
- FONSECA G., LACHER T. E., BATRA P., SANDERSON J., BRANDES S., ESPINEL A., KUEBLER C., BAILEY A., & HEALTH J. (2004). *Tropical Ecology Assessment, and Monitoring (TEAM) Initiative : Camera trapping protocol*.
- GARTLAN J. S. & STRUHSACKER T. T. (1972). Polyspecific associations and niche separation of rain-forest anthropoids in Cameroon, West Africa. *Journal of Zoology*, 168, 221–266.
- GATHUA M. (1992). *The importance of animals in the survival of a canopy tree, pod mahogany (Afzelia quanzensis Welw) in the Arabuko-Sokoke forest, Kenya*. Thèse de doctorat.
- GATHUA M. (2000). The Effects of Primates and Squirrels on Seed Survival of a Canopy tree, *Afzelia quanzensis*, in Arabuko-Sokoke Forest, Kenya. *Biotropica*, 32(1), 127–132.
- GAUTHIER-HION A., DUPLANTIER J.-M., QURIS R., FEER F., SOURD C., DECOUX J.-P., DUBOST G., EMMONS L., ERARD C., HECKETSWEILER P., MOUNGAZI A., ROUSSILHON C., & THIOLLAY J.-M. (1985). Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecologia*, 65, 324–337.
- GÉRARD J. & LOUPPE D. (2011). *Afzelia bipindensis* Harms. [Internet] Record from PROTA4U. LEMMENS R.H.M.J., LOUPPE D. & OTENG-AMOAKO A.A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>. Accessed July 2014.
- GILBERT G. S., & WEBB C. O. (2007). Phylogenetic signal in plant pathogen-host range. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(12), 4979–4983. doi:10.1073/pnas.0607968104
- GOODWIN R. M. (2007). *Behavior and ecology of the Mona Monkey in the seasonally dry Lama Forest, Republic of Bénin*.
- GRIVET D., SMOUSE P. E., & SORK V. L. (2005). A novel approach to an old problem : tracking dispersed seeds. *Molecular Ecology*, 14(11), 3585–3595. doi:10.1111/j.1365-294X.2005.02680.x
- GROSS-CAMP N. D., & KAPLIN B. A. (2011). Differential seed handling by two African primates affects seed fate and establishment of large-seeded trees. *Acta Oecologica*, 37(6), 578–586. doi:10.1016/j.actao.2011.04.003
- HARRISON M. J. S. (1983). Optimal Foraging Strategies in the Diet of the green monkey, *Cercopithecus sabaues*, at Mt. Assirik, Senegal. *International Journal of Primatology*, 5(5), 435–471.
- HIRSCH B. T., KAYS R., PEREIRA V. E., & JANSEN P. A. (2012). Directed seed dispersal towards areas with low conspecific tree density by a scatter-hoarding rodent. *Ecology Letters*, 15(12), 1423–1429. doi:10.1111/ele.12000
- HOWE H. F. (1977). Bird Activity and Seed Dispersal of a Tropical Wet Forest Tree. *Ecology*, 58(3), 539–550.

- HOWE H. F., & SMALLWOOD J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology*, 13, 201–28.
- HUBBELL S. P. (1980). Seed predation and the coexistence of tree species in tropical forests. *Oikos*, 35, 214–229.
- JANZEN D. H. (1971). Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2, 465-492.
- JANZEN D. H., FELLOWS L. E., & WATERMAN P. G. (1990). What Protects *Lonchocarpus* (*Leguminosae*) Seeds in a Costa Rican Dry Forest? *Biotropica*, 22(3), 272–285.
- JANSEN P. A., BARTHOLOMEUS M., BONGERS F., ELZINGA J. A., DEN OUDEN J., & VAN WIEREN S. E. (2002). The role of seed size in dispersal by scatter-hoarding rodent. CABI Publishing, New York, 209-225.
- KITAMURA S. (2011). Frugivory and seed dispersal by hornbills (*Bucerotidae*) in tropical forests. *Acta Oecologica*, 37(6), 531–541. doi:10.1016/j.actao.2011.01.015
- LAZURE L., & ALMEIDA-CORTEZ J. S. (2006). Impacts des mammifères néotropicaux sur les graines. *Neotropical Biology and Conservation*, 1(2), 51–61.
- LIU X., LIANG M., ETIENNE R. S., WANG Y., STAEHELIN C., & YU S. (2012). Experimental evidence for a phylogenetic Janzen-Connell effect in a subtropical forest. *Ecology Letters*, 15(2), 111–118. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01715.x
- MAPANGOU M. (2004). In *Caractéristiques physiques du Gabon*. En ligne. <<http://bch-cbd.naturalsciences.be/gabon/gabondef/contribution/documentsnat/strategienat/part1chapa.htm>>. Consulté le 13 août 2015.
- MARKL J. S., SCHLEUNING M., FORGET P. M., JORDANO P., LAMBERT J. E., TRAVESSET A., WRIGHT J., BÖHNING-GAESE K. (2012). Meta-analysis of the effects of human disturbance on seed dispersal by animals. *Conservation Biology*, 26(6), 1072–1081. doi:10.1111/j.1523-1739.2012.01927.x
- MATHESON A. C., WHITE T. L., & POWELL G. R. (1995). Effects of inbreeding on growth, stem form and rust resistance in *Pinus elliottii*. *Silvae Genetica*, 44(1), 37–45.
- MCCANNY S. J. (1985). Alternatives in parent-offspring relationships in plants. *Oikos*, 45(1), 148–149.
- MEEK P. D., BALLARD G., CLARIDGE A., KAYS R., MOSEBY K., O'BRIEN T., O'CONNELL A., SANDERSON J., SWANN D. E., TOBLER M., & TOWNSEND S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation*, 23(9), 2321–2343. doi:10.1007/s10531-014-0712-8
- DE LA MENSBRUGE G. (1966). La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 389 pp.
- MEUNIER Q., MOUMBOGOU C., & DOUCET J.-L. (2015). *Les arbres utiles du Gabon* (p. 336).
- MICHEL G. (2009). *Analyse d'une technique d'enrichissement des trouées d'abattage en forêt dense humide tropicale (CEB, Gabon)*. Mémoire : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux.
- MOHD. AZLAN J., & LADING E. (2006). Camera trapping and conservation in Lambir Hills National Park, Sarawak. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 54(2), 469–475.
- MORAVIE M.-A., DURAND M., & HOULLIER F. (1999). Ecological meaning and predictive ability of social status, vigour and competition indices in a tropical rain forest (India). *Forest Ecology and Management*, 117(1-3), 221–240. doi:10.1016/S0378-1127(98)00480-0

- MOUPELA C., DOUCET J.-L., DAINOU K., TAGG N., BOURLAND N. & VERMEULEN C. (2013). Dispersal and predation of diaspores of *Coula edulis* Baill. In an evergreen forest of Gabon. *Afr J. Ecol.* 52, 88-96.
- MTAMBALIKA K., MUNTHALI C., GONDWE D., & MISSANJO E. (2014). Effect of Seed Size of *Afzelia quanzensis* on Germination and Seedling Growth. *International Journal of Forestry Research*, 2014, 1–5. doi:10.1155/2014/384565
- MUGERWA B., SHEIL D., SSEKIRANDA P., VAN HEIST M., & EZUMA P. (2012). A camera trap assessment of terrestrial vertebrates in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *African Journal of Ecology*, 51, 21–31.
- NATHAN R., & CASAGRANDE R. (2004). A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen–Connell and beyond. *Journal of Ecology*, 92(5), 733–746. doi:10.1111/j.0022-0477.2004.00914.x
- NISHIHARA T. (1995). Feeding ecology of western lowland gorillas in the Nouabalé-Ndoki National Park, Congo. *Primates*, 36(2), 151–168.
- NORCONK M. A., GRAFTON B. W., & CONKLIN-BRITAIN N. L. (1998). Seed Dispersal by Neotropical Seed Predators. *American Journal of Botany*, 45, 103–126.
- NOVOTNY V., BASSET Y., MILLER S. E., WEIBLEN G. D., BREMER B., CIZEK L., & DROZD P. (2002). Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature*, 416(6883), 841–844. doi:10.1038/416841a
- NYIRAMANA A., MENDOZA I., KAPLIN B. A., & FORGET P.-M. (2011). Evidence for seed dispersal by rodents in tropical montane forest in Africa. *Biotropica*, 43(6), 654–657. doi:10.1111/j.1744-7429.2011.00810.x
- OUÉDRAOGO D.-Y., MORTIER F., GOURLET-FLEURY S., FREYCON V., & PICARD N. (2013). Slow-growing species cope best with drought : evidence from long-term measurements in a tropical semi-deciduous moist forest of Central Africa. *Journal of Ecology*, 101(6), 1459–1470. doi:10.1111/1365-2745.12165
- OUÉDRAOGO D.-Y., FAYOLLE A., DAINOU K., DEMARET C., BOURLAND N., LAGOUTE P., & DOUCET J.-L. (2014). Enrichment of Logging Gaps with a High Conservation Value Species (*Pericopsis elata*) in a Central African Moist Forest. *Forests*, 5(12), 3031–3047. doi:10.3390/f5123031
- POULSEN J. R., CLARK C. J., & SMITH T. B. (2001). Seed dispersal by a diurnal primate community in the Dja Reserve, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 17(6), 787–808. doi:10.1017/S0266467401001602
- POULSEN J. R., CLARK C. J., CONNOR E. F., & SMITH T. B. (2002). Differential Resource Use by Primates and Hornbills : Implications for Seed Dispersal. *Ecology*, 83(1), 228–240.
- POULSEN J. R., CLARK C. J., & PALMER T. M. (2013). Ecological erosion of an Afrotropical forest and potential consequences for tree recruitment and forest biomass. *Biological Conservation*, 163, 122–130. doi:10.1016/j.biocon.2013.03.021
- RIDLEY H. N. (1930). *The Dispersal of Plants Throughout the World*. Ashford : Reeve, 744 pp.
- ROGERS M. E., MAISELS F., WILLIAMSON E. A., FERNANDEZ M., & TUTIN C. E. G. (1990). Gorilla diet in the Lopé Reserve, Gabon : A nutritional analysis. *Oecologia*, 84, 326–339.
- ROVERO F., TOBLER M., & SANDERSON J. (2010). Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates by. *ABC Taxa*, 8, 100–128.

- SCHUPP E. W. (1993). Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 107/108, 15–29.
- SCHUPP E. W., & JORDANO P. (2011). The full path of Janzen–Connell effects: genetic tracking of seeds to adult plant recruitment. *Molecular Ecology*, 20(19), 3953–3955. doi:10.1111/j.1365-294X.2011.05202.x
- SERCKX A., KÜHL H. S., BEUDELS-JAMAR R. C., PONCIN P., BASTIN J.-F., & HUYNEN M.-C. (2015). Feeding ecology of bonobos living in forest-savannah mosaics : Diet seasonal variation and importance of fallback foods. *American Journal of Primatology*, 77(8), 1098–2345. doi:10.1002/ajp.22425
- SNOW D. W. (1981). Tropical Frugivorous Birds and Their Food Plants : A World Survey. *Biotropica*, 13(1), 1–14.
- STEELE M. A., BUGDAL M., YUAN A., BARTLOW A., BUZALEWSKI J., LICHTI N., & SWIHART R. (2011). Cache placement, pilfering, and a recovery advantage in a seed-dispersing rodent: Could predation of scatter hoarders contribute to seedling establishment? *Acta Oecologica*, 37(6), 554–560. doi:10.1016/j.actao.2011.05.002
- SUN C., IVES A. R., KRAEUTER H. J., & MOERMOND T. C. (1997). Effectiveness of three turacos as seed dispersers in a tropical montane forest. *Oecologia*, 112(1), 94–103. doi:10.1007/s004420050288
- TAKEUCHI Y., & NAKASHIZUKA T. (2007). Effect of distance and density on seedseedling fate of two dipterocarp species. *Forest Ecology and Management*, 247(1-3), 167–174. doi:10.1016/j.foreco.2007.04.028
- TERBORGH J. (2013). Using Janzen–Connell to predict the consequences of defaunation and other disturbances of tropical forests. *Biological Conservation*, 163, 7–12. doi:10.1016/j.biocon.2013.01.015
- TEREA (Terre Environnement Aménagement) (2007). *Résumé public du plan d'aménagement. Compagnie Equatoriale des bois*. Precious Woods Gabon. 1-31.
- TICKNER D. P., ANGOLD P. G., GURNELL A. M., MOUNTFORD J. O. & SPARKS T. (2001). Hydrology as an influence on invasion. Experimental investigations into competition between the alien *Impatiens glandulifera* and the native *Urtica dioica* in the UK. *Plant invasions : species ecology and ecosystem management*, pp.159-168.
- TUTIN C. E. G., & FERNANDEZ M. (1993). Composition of the diet of chimpanzees and comparisons with that of sympatric lowland gorillas in the Lopé Reserve, Gabon. *American Journal of Primatology*, 30, 195–211.
- WATTS D. P., POTTS K. B., LWANGA J. S., & MITANI J. C. (2012). Diet of chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) at Ngogo, Kibale National Park, Uganda, 2. Temporal variation and fallback foods. *American Journal of Primatology*, 74(2), 130–44. doi:10.1002/ajp.21015
- WENNY D. G. (2001). Advantages of seed dispersal : A re-evaluation of directed dispersal. *Evolutionary Ecology Research*, 3, 51–74.
- WU J. X., DELPARTE D. M., & HART P. J. (2014). Movement Patterns of a Native and Non-native Frugivore in Hawaii and Implications for Seed Dispersal. *Biotropica*, 46(2), 175–182. doi:10.1111/btp.12087

Annexe 1. Schéma de détermination du statut social d'un arbre/arbuste (MORAVIE et al., 1999).



Annexe 3. Répartition des détections de chaque animal au pied des 3 doussiés en observation indirecte

Espèce détectée	Numéro de doussié		
	Do01	Do24	Do36
<i>Alethe diademata</i>	0	4	0
<i>Atherurus africanus</i>	0	2	0
<i>Bleda eximia</i>	0	0	3
<i>Cephalophus dorsalis</i>	0	2	1
<i>Cricetomys emini</i>	43	105	2
<i>Epixerus wilsoni</i>	2	3	13
<i>Francolinus bicalcaratus</i>	0	0	7
<i>Francolinus lathami</i>	0	2	1
<i>Guttera edouardi</i>	0	1	2
Herpestidae indéterminé	0	3	0
<i>Hippolais polyglotta</i>	1	0	0
Muridae indéterminé	56	75	88
<i>Protoxerus stangeri</i>	3	3	1
<i>Streptopelia semitorquata</i>	1	0	0
<i>Tropicranus albocristatus</i>	1	0	0
<i>Turtur tympanistria</i>	0	1	0
<i>Uromanis tetradactyla</i>	0	1	0

Annexe 4. Résultats des ANOVA de vitalité et de germination des graines

1. Délai de germination

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur le délai de germination avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)
Catégorie de volume	386	2	0,632	0,533
Durée de conservation	3.406	6	1,857	0,089
Traitement	1.113	1	3,639	0,058
Catégorie de volume * Durée de conservation	3.935	12	1,073	0,385
Catégorie de volume * Traitement	39	2	0,064	0,938
Durée de conservation * Traitement	1.109	6	0,605	0,726
Catégorie de volume * Durée de conservation *	3.931	12	1,071	0,386
Traitement				
Résidus	62.369	204		

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

2. Hauteur finale

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la hauteur finale des plantules avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)
Catégorie de volume	157,53	2	4,308	0,016 *
Durée de conservation	148,69	6	1,355	0,238
Traitement	27,92	1	1,527	0,219
Catégorie de volume * Durée de conservation	191,31	12	0,872	0,577
Catégorie de volume * Traitement	0,41	2	0,011	0,989
Durée de conservation * Traitement	200,47	6	1,827	0,099
Catégorie de volume * Durée de conservation *	235,47	12	1,073	0,389
Traitement				
Résidus	2.212,44	121		

Catégorie de volume	Moyenne	Écart-type
A	19,990	3,805
B	19,929	4,778
C	21,840	4,258

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

3. Longueur moyenne des premières feuilles

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne des premières feuilles avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	20,26	2	4,504	0,013	*
Durée de conservation	108,19	6	8,017	1,733e-07	***
Traitement	4,11	1	1,828	0,178	
Catégorie de volume * Durée de conservation	40,31	12	1,493	0,133	
Catégorie de volume * Traitement	7,36	2	1,636	0,198	
Durée de conservation * Traitement	10,98	6	0,813	0,561	
Catégorie de volume * Durée de conservation *	21,90	12	0,811	0,638	
Traitement					
Résidus	328,39	146			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

4. Longueur moyenne de l'ensemble des feuilles

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles par plant après 2 mois de suivi avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	16,254	2	4,107	0,019	*
Durée de conservation	62,565	6	5,269	7,043e-05	***
Traitement	8,246	1	4,166	0,043	*
Catégorie de volume * Durée de conservation	25,265	12	1,064	0,396	
Catégorie de volume * Traitement	1,325	2	0,335	0,716	
Durée de conservation * Traitement	3,747	6	0,316	0,928	
Catégorie de volume * Durée de conservation *	17,223	12	0,725	0,725	
Traitement					
Résidus	251,343	127			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

5. Nombre total de feuilles présentes par plant après 2 mois de suivi

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur le nombre total de feuilles par plant après 2 mois de suivi avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	6,245	2	9,079	2,071e-04	***
Durée de conservation	12,968	6	6,285	8,414e-06	***
Traitement	1,101	1	3,201	0,076	.
Catégorie de volume * Durée de conservation	6,697	12	1,623	0,093	.
Catégorie de volume * Traitement	1,586	2	2,306	0,104	
Durée de conservation * Traitement	1,646	6	0,798	0,573	

Catégorie de volume * Durée de conservation *					
Traitement	8,173	12	1,981	0,031	*
Résidus	43,331	126			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

6. Germination

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la germination des graines avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	0,069	2	0,145	0,865	
Durée de conservation	3,039	6	2,119	0,051	.
Traitement	1,451	1	6,074	0,014	*
Catégorie de volume * Durée de conservation	1,369	12	0,477	0,927	
Catégorie de volume * Traitement	0,087	2	0,182	0,834	
Durée de conservation * Traitement	1,329	6	0,927	0,476	
Catégorie de volume * Durée de conservation *	3,728	12	1,300	0,217	
Traitement					
Résidus	70,248	294			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

7. Paramètres de plantules issues de graines arillées

a. Longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après 2 mois de suivi

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles par plant issu de graine arillée après 2 mois de suivi avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	8,717	2	2,289	0,112	
Durée de conservation	30,885	6	2,703	0,023	*
Catégorie de volume * Durée de conservation	29,667	12	1,298	0,249	
Résidus	97,115	51			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

b. Longueur moyenne des premières feuilles

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne des premières feuilles de plants issu de graine arillée avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	15,892	2	3,849	0,027	*
Durée de conservation	72,315	6	5,839	7,166e-05	***

Catégorie de volume * Durée de conservation	46,615	12	1,882	0,054	.
Résidus	127,980	62			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

c. Nombre total de feuilles après 2 mois de suivi

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur le nombre total de feuilles de plants issu de graine arillée avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	4,749	2	8,069	9,179e-04	***
Durée de conservation	7,342	6	4,158	1,827e-03	**
Catégorie de volume * Durée de conservation	9,216	12	2,609	8,827e-03	**
Résidus	14,714	50			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

8. Paramètres de plantules issues de graines non arillées

d. Longueur moyenne de l'ensemble des feuilles après 2 mois de suivi

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne de l'ensemble des feuilles par plant issu de graine non arillée après 2 mois de suivi avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	8,755	2	2,157	0,123	
Durée de conservation	32,774	6	2,692	0,020	*
Catégorie de volume * Durée de conservation	12,821	12	0,527	0,891	
Résidus	154,228	76			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

e. Longueur moyenne des premières feuilles

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur la longueur moyenne des premières feuilles de plants issu de graine non arillée avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	11,896	2	2,493	0,089	.
Durée de conservation	42,913	6	2,998	0,011	*
Catégorie de volume * Durée de conservation	15,591	12	0,545	0,879	
Résidus	200,407	84			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

f. Nombre total de feuilles après 2 mois de suivi

Influences seules ou en interaction de différents facteurs sur le nombre total de feuilles de plants issu de graine non arillée avec « DL » le nombre de degrés de liberté et Pr la p-Valeur du test effectué.

	Somme des carrés	DL	F value	Pr(>F)	
Catégorie de volume	3,187	2	4,232	0,018	*
Durée de conservation	7,224	6	3,198	0,007	**
Catégorie de volume * Durée de conservation	5,655	12	1,252	0,265	
Résidus	28,617	76			

Signification des codes : « *** » : Très hautement significatif ; « ** » : Hautement significatif ; « * » : Significatif ; « . » ou « » : Non significatif.

Annexe 5. Tableau récapitulatif des caractéristiques de chaque doussié étudié

<i>Numéro d'arbre</i>	<i>Rayon nord</i>	<i>Rayon sud</i>	<i>Rayon est</i>	<i>Rayon ouest</i>	<i>Rayon moyen</i>	<i>Aire moyenne</i>	<i>Nombre de quadrats</i>	<i>Surface échantillonnée</i>	<i>Diamètre à hauteur de poitrine (cm)</i>	<i>Hauteur (m)</i>	<i>Densité de graine (N/m²)</i>	<i>Nombre total de graines</i>	<i>Nombre total de fruits</i>
Do01	7,50	8,50	8,00	7,50	7,88	194,73	11,00	5,65%	75,80	30,00	3,76	1.929,59	495,67
Do02	11,00	8,50	9,00	7,00	8,88	247,32	13,00	5,26%	76,43	35,70	0,58	209,27	104,64
Do24	10,00	8,50	9,00	9,00	9,13	261,45	13,00	4,97%	71,66	33,70	3,45	3.338,57	925,14
Do28	12,00	11,40	9,40	12,40	11,30	400,95	20,00	4,99%	66,88	34,90	3,95	12.720,04	2.896,84
Do30	9,00	10,40	8,70	9,50	9,40	277,59	14,00	5,04%	82,80	38,40	3,12	2.537,98	763,38
Do36	6,50	7,40	10,50	7,20	7,90	195,97	10,00	5,10%	69,75	43,50	1,62	979,84	489,92
Moyenne	9,33	9,12	9,10	8,77	9,08	263,00	13,50	5,17%	73,89	36,03	2,75	3.619,21	945,93

<i>Numéro d'arbre</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Recouvrement en fruits</i>	<i>Statut social</i>
Do01	-0,752485	12,969754	45 à 54%	Dominant (5b)
Do02	-0,752263	12,968825	5 à 14%	Co-dominant (4c)
Do24	-0,698071	12,911578	45 à 54%	Co-dominant (4b)
Do28	-0,732103	12,934031	45 à 54%	Co-dominant (4b)
Do30	-0,685098	12,912070	45 à 54%	Dominant (5b)
Do36	-0,686441	12,912252	45 à 54%	Co-dominant (4b)