

Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Chargé de mission conservation et restauration des forêts naturelles en zone de savane

FRM : Espace Fréjorgues Ouest, 60 rue Henri Fabre
34130 Mauguio (France)

FNC : Avenue Marien Ngouabi, Immeuble SCI les cocotiers 1er étage BP
4905, Pointe-Noire, Congo



Tuteur entreprise : Paul Bertaux

Tuteur académique : Francis Isselin

Kilian Pelon

IUT

2023-2024

Avant-propos

L'entreprise

En 1987, Bernard Cassagne, diplômé de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, fonde Forêt Ressources Management (FRM), un bureau d'ingénierie forestière, avec pour objectif principal la promotion de la gestion durable des forêts tropicales et de l'industries du bois. Fort de son Doctorat en Sciences Naturelles et de plus de 40 ans d'expérience en foresterie, M. Cassagne est devenu un expert reconnu dans le domaine. Ainsi, au fil des ans, FRM est devenue un partenaire privilégié des acteurs économiques de l'industrie du bois tropical (FRM, 2020).

FRM couvre divers domaines d'activité dans le secteur forestier, notamment la conception de projets de gestion naturelle des forêts, le conseil dans l'industrie du bois, la réalisation d'expertises, d'audits, d'évaluations, de cartographies ainsi que des études d'impact environnemental et social. L'entreprise a ainsi dû fonder plusieurs filiales telles que FRM Ingénierie, FRM Commitment, FRM RDC, FRM Gabon, FRM Brazil et Centraforest, ainsi que des filiales spécifiques en République du Congo telles que SPF2B, COFOR et Forest Natural Congo (FNC). Cette dernière ayant la charge du projet Batéké Carbon Sink (BaCaSi) et autour duquel s'inscrit ce rapport.

Le Projet BaCaSi

Le projet BaCaSi se situe sur les plateaux Batéké, cette zone est caractérisée par des sols sablonneux à plus de 90 %, acides, secs, lessivés et à faible capacité d'échange (Nsombo et al. 2016). Ce sont donc des sols à faible valeur agricole et donc à forts enjeux de

fertilisation pour le pays. Deux méthodes sont alors évoquées, l'usage d'engrais chimiques et l'utilisation de plantes améliorantes. La première méthode est rapidement écartée à cause des difficultés d'approvisionnement et des coûts élevés. Reste alors l'agroforesterie, guidé par le Programme National d'Afforestation et de Reboisement (ProNAR) lancé par le Congo en 2014.

En partenariat avec Total, FRM participe donc à une initiative de reboisement sur 40 000 hectares. En plus de l'intérêt agronomique pour ces terres, le projet permet via l'utilisation des crédits carbone de compenser certaines émissions de l'entreprise Total. Cette plantation constituera alors à terme un puits carbone pour 13 millions de tonnes de CO₂, participant ainsi à son ambition de neutralité carbone d'ici 2050. Les essences retenues sont *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium*. L'objectif en choisissant ces espèces de la famille des Fabaceae est de recréer plus ou moins les conditions de fertilité des sols sous forêt, grâce à l'abondante biomasse produite et à leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique (Nsombo et al. 2016). Ce projet comprend également un aspect social et vise à développer l'agroforesterie en collaboration avec les populations locales (Totalenergies, 2020).

Outre les plantations, ce projet a également pour vocation la conservation des forêts (galeries et îlots forestiers), des savanes arborées et herbacées et la restauration d'écosystèmes dégradés sur une grande partie du domaine non planté (environ 30 000 hectares).

Présentation du stage

L'offre à laquelle j'ai postulé était intitulée « Conservation et restauration des forêts naturelles en zone de savane », il s'agissait d'une offre en binôme. L'offre comprenait des

missions spécifiques telles que la mise en place et la remesure de placettes de suivi permanent (PSP) afin de surveiller la flore au sein des sites HVC identifiés et de repérer de possible dynamique au sein des successions végétales (voir figure 1). Mais aussi des missions ayant un spectre plus large, comme des recherches bibliographiques en matière de gestion des sites HVC dans la région de l'Afrique centrale. Tout ceci ayant pour objectif final de mieux connaître ce milieu et d'adapter au mieux les techniques de gestion.



FIGURE 1 : MISE EN PLACE D'UNE PLACETTE DE SUIVI PERMANENT EN SAVANE (PELON, 2024)

Le stage s'est déroulé de fin février à mi-juin, couvrant ainsi une période de 18 semaines. L'étude découlant de ce stage a été réalisée en collaboration avec Robin Fonteneau un étudiant en 6^{ème} année d'un double diplôme Gembloux Agro-Bio Tech et AgroParisTech. Nos dates de stage et le rapport attendu par nos écoles respectives étant différents, il a été fait le choix de produire deux rapports distincts. Ce présent rapport ne traitera donc pas de l'ensemble des données récoltés lors des phases de terrains mais se concentrera sur une sélection de données utiles pour réaliser un argumentaire autour d'une problématique.

Le travail se partageait entre des phases de terrain (en campement dans la savane) et des phases de bureau pour la rédaction et les analyses. Les phases de terrain étaient

marquées par un isolement extrême, dans des zones sans réseau, sans routes et sans accès à l'eau. Nous logions sous tente, en prenant en compte que de nombreux risques nous guettaient : pénurie d'eau et de nourriture, feux de broussailles, serpents, et tempêtes. Nous formions une équipe de six personnes au maximum, comprenant quatre employés de l'entreprise et deux stagiaires. En raison de cet isolement et de l'équipe, il était crucial d'anticiper des logistiques pour chaque sortie sur le terrain.

Retour réflexif sur l'expérience

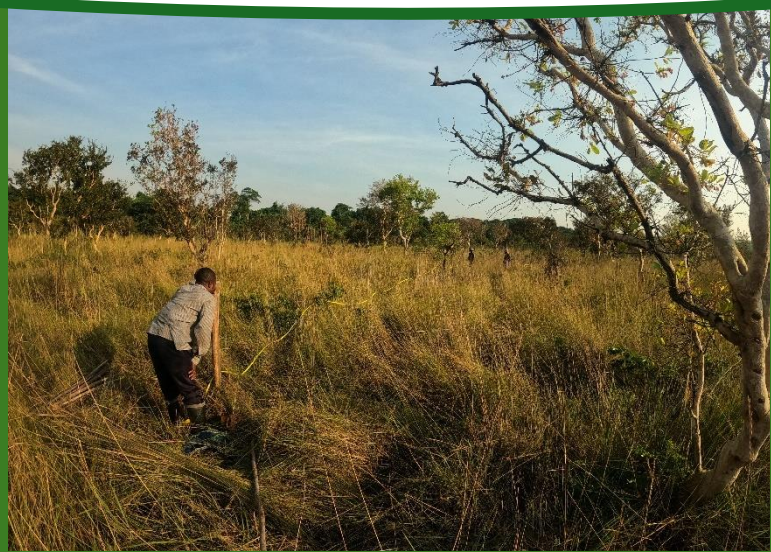
Ce stage au Congo a permis de relever un certain nombre de défis. La majeure partie du temps, il s'est déroulé en autonomie avec notre équipe. Nous étions attribués à nos tâches avec de nombreux moyens à disposition, mais sans encadrant pour vérifier si nos méthodes étaient adéquates. Je pense que ce mode d'encadrement nous a fait commettre des erreurs et nous a probablement fait perdre du temps dans notre étude. Cependant, j'en retiens une très bonne expérience, très formatrice et qui a rendu l'étude plus personnelle et stimulante. Il a aussi fallu s'adapter à de nombreuses contraintes, que ce soit en termes de logistique, de gestion d'équipe ou de méthodologie.

Cependant, malgré tous ces défis, le stage chez FRM a été une expérience enrichissante. Il m'a permis à la fois d'explorer le monde de la gestion de projet, mais aussi d'appréhender de nouvelles compétences comme la gestion d'équipe. Cette responsabilité m'a permis de développer une multitude de compétences, allant de la résolution de problèmes à la planification stratégique, en passant par le renforcement des relations sociales. De plus, l'expérience de travailler à l'étranger a ajouté une dimension supplémentaire. Elle m'a permis de comprendre et de m'adapter à une nouvelle culture de travail, tout en élargissant

d

mes horizons et en me poussant à sortir de ma zone de confort. Cette expérience m'a également donné un aperçu de la diversité des

situations auxquelles je pourrais être confronté dans ma carrière future d'ingénieur.



Conservation et restauration des forêts naturelles en zone de savane

Dans quelles mesures les savanes établit en zone de conservation peuvent-elles évoluer en forêts ?

Kilian PELON, étudiant en 5^{ème} année en Aménagement du territoire et de l'environnement, Polytech Tours

Avec la participation pour l'acquisition des données de :

Robin FONTENEAU

Gédéon

Don

Gloire

Jordan

Table des figures

<u>Figure 1 : Mise en place d'une placette de suivi permanent en savane (Pelon, 2024).....</u>	<u>b</u>
<u>Figure 2 : Cartographie des végétations de la république du Congo (Kimbatsa & al., 2018)</u>	<u>5</u>
<u>Figure 3 : Localisation des plateaux Batéké (Ambassade du Congo, s.d.)</u>	<u>5</u>
<u>Figure 4 : Placette permanente de la RFL</u>	<u>8</u>
<u>Figure 5 : Localisation des placettes de suivi permanents sur le projet BaCaSi</u>	<u>9</u>
<u>Figure 6 : Comparaison des données en fonction du choix de limite de DBH</u>	<u>10</u>
<u>Figure 7 : Occupation du sol du projet BaCaSi (Pelon, 2024)</u>	<u>12</u>
<u>Figure 8 : Représentation des six placettes mesurées lors de la campagne de 2024 (Pelon, 2024)</u>	<u>13</u>
<u>Figure 9 : Courbes d'accumulations des espèces en fonction des quadrats échantillonnés (Pelon, 2024)</u>	<u>14</u>
<u>Figure 10 : Courbe d'accumulation des especes au sein des placettes regroupées (Pelon, 2024)</u>	<u>15</u>
<u>Figure 11 : Indices de biodiversité pour la strate arborée (a)Richesse spécifique, (b) Indice de Shannon, (c) Indice de Simpson, (d) Indice de Pielou</u>	<u>16</u>
<u>Figure 12 : Indices de biodiversité pour la régénération (a) Richesse spécifique, (b) Indice de Shannon, (c) Indice de Simpson, (d) Indice de Pielou</u>	<u>17</u>
<u>Figure 13 : Abondance des espèces arborées dans chacune des placettes (Pelon, 2024)</u>	<u>18</u>
<u>Figure 14 : Abondance des espèces de la régénération dans chacune des placettes (Pelon, 2024)</u>	<u>18</u>
<u>Figure 15 : Indice de dissimilarité de Bray-Curtis des espèces arborées et de régénération (Pelon, 2024)</u>	<u>19</u>
<u>Figure 16 : Variables des quadrats en fonction de la distance à la forêt (Pelon, 2024)</u>	<u>20</u>
<u>Figure 17 : ANOVA et test de Tukey sur la densité en <i>Hymenocardia acida</i> en fonction de la distance a la forêt. Les valeurs en gras indiquent un résultat statistiquement significatif (Pelon, 2024)</u>	<u>21</u>
<u>Figure 18 : Évolution de la densité d'<i>Albizia adianthifolia</i> des quadrats en fonction de la distance à la forêt. À gauche pour les arbres, à droite pour la régénération, accompagnée des résultats des tests ANOVA.</u>	<u>26</u>

Table des tableaux

<u>Tableau 1 : Justification de l'emplacement des PSP</u>	11
---	----

Table des annexes

<u>Annexe 1 : Herbier des arbres et arbustes observés</u>	<u>29</u>
<u>Annexe 2 : Protocole utilisé pour la mise en place de PSP</u>	<u>44</u>

Table des matières

Avant-propos	b
Conservation et restauration des forêts naturelles en zone de savane	2
Les plateaux Batéké : une mosaïque savanes et forêts	7
Matériels et méthodes	10
Résultats	14
Discussion	27
Bibliographie	28
Annexe	32

Les plateaux Batéké : une mosaïque savanes et forêts

Les savanes particulières des plateaux Batéké

La savane est un écosystème intertropical qui fournit des biens et services importants qui se quantifient à près de 1,4 milliard (Thornton, 2010). Elle peut être définie comme cela :

« La savane est une formation herbeuse comportant un tapis de grandes herbes graminéennes mesurant, en fin de saison de végétation, au moins 80 cm de hauteur, avec des feuilles planes disposées à la base ou sur les chaumes, des herbes et plantes herbacées de moindre taille. Ces herbes sont ordinairement brûlées chaque année »

(Conférence de Yangambi, 1956)

En Afrique, les savanes occupent près de 50 % de la surface totale (Mayaux et al., 2004) et plus précisément à l'échelle de la République du Congo (voir figure 2) elles recouvrent 20 % du territoire, ce dernier étant largement dominé par la forêt tropicale qui recouvre environ 50% (Ministère de l'économie forestière et du développement durable, 2014). En revanche cette distribution n'est pas homogène, dans le département des Plateaux, où se déroule cette étude, le ministère de l'agriculture et de l'élevage (MAE, s.d.) rapporte une prédominance des savanes par une couverture de 48% contre 17 % pour les forêts (ministère de l'économie forestière et du développement durable, 2014).

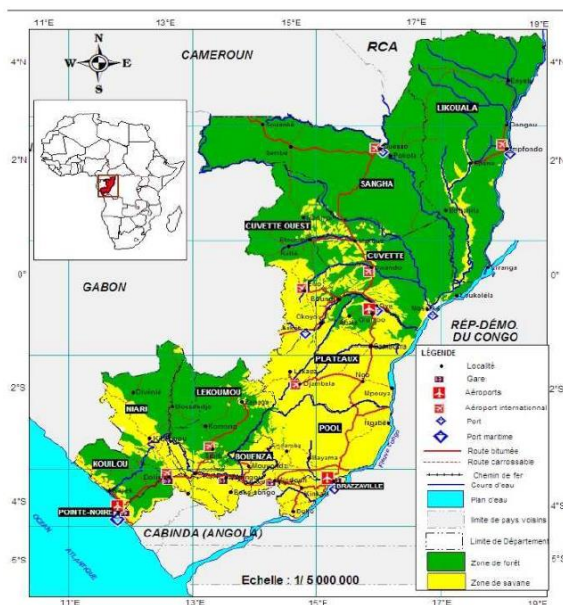


FIGURE 2 : CARTOGRAPHIE DES VEGETATIONS DE LA REPUBLIQUE DU CONGO (KIMBATSA & AL., 2018)



FIGURE 3 : LOCALISATION DES PLATEAUX BATEKE (AMBASSADE DU CONGO, S.D.)

La forte représentation des savanes sur ce département, pourrait éventuellement être due aux caractéristiques du milieu et aux reliefs des Plateaux Batéké (voir figure 3). Ces reliefs s'étendent de l'est du Gabon jusqu'au sud-ouest de la République Démocratique du Congo sur 89 800 km² (Nieto-Quintano et al., 2018 ; Calaque, 2005). Ils sont caractérisés par un sol de 200 à 400 mètres très sableux

(Maziezoula, 1992) provenant de dépôt éolien en provenance du désert du Kalahari (Peyrot, 1991). Le sol est très drainant (Schwartz et al., 2000), acide, sec, lessivé et pauvre en macro et micronutriments (Nsombo et al., 2016).

Les forêts tropicales et les savanes n'ont pas toujours eu la même répartition, et celle-ci a considérablement évolué au cours des dernières périodes géologiques. Au Congo, il y a environ 4 000 ans, les conditions climatiques ont provoqué une phase importante de fragmentation des forêts au profit de l'extension des savanes. Cependant, depuis environ 1 000 ans, malgré un climat plus humide et des précipitations accrues, les forêts ne se sont pas étendues comme on pourrait s'y attendre (Schwartz et al., 2000 ; Happi et al., 2003 ; Dubois et Favier, 2006). Les mosaïques savane-forêt persistent, ce qui suggère l'influence d'autres facteurs.

Solbrig et al. (1996) identifient quatre facteurs favorisant les savanes au détriment des forêts : une faible disponibilité en eau avec des précipitations (comprises entre 1 600 et 2 100 mm par an) compensées par un drainage rapide des sols (Goma Boumba et al., 2018), une faible teneur en nutriments des sols, et la présence d'herbivores. Malgré ces trois possibles facteurs, des recherches récentes soulignent de plus en plus l'importance des perturbations d'origine humaine. Par exemple, Dubois et Favier (2006) montrent que l'exode rural dans de nombreuses régions d'Afrique centrale réduit la pression humaine, ce qui permet aux forêts de s'étendre de plusieurs mètres par an au détriment des savanes. Au Gabon, White et al. (2000) observent qu'une baisse de la population entraîne une croissance rapide des forêts par la coalescence des bosquets, tandis que le retour à une occupation humaine régulière ralentit ce processus. Ce phénomène est principalement attribué à l'utilisation fréquente des feux de brousse par les populations locales (Ballouche et Rasse, 2007 ; Lubalega, 2016). Les incendies dans les savanes peuvent avoir des origines naturelles (comme la foudre ou la chute de pierres) ou être causés par l'activité humaine. C'est ce dernier cas qui prédomine, puisque 59 à 95 % des incendies dans le monde sont imputables aux actions humaines (FAO, 2020). En Afrique, cette pratique est particulièrement répandue, avec environ 68 % des savanes africaines qui brûlent chaque année (Roy et al., 2008). Lorsqu'ils sont organisés, ces feux peuvent cependant faire partie d'un patrimoine culturel (Walter, 2010). L'apparition des feux anthropiques sur les plateaux Batéké remonte à environ 2 100 ans BP (Schwartz, 1988) et ont toujours été très utilisés par les populations. Mais bien souvent, les régimes actuels de feux diffèrent considérablement des pratiques traditionnelles qui imposaient des limites et des périodes précises pour brûler. Aujourd'hui, les incendies sont plus fréquents, indépendants des saisons, et donc beaucoup plus destructeurs (Walter, 2010). Cela entraîne la dégradation des savanes, observable notamment par une faible régénération, les incendies trop fréquents empêchant les jeunes arbres de croître et de s'échapper du « piège à feu » (Enslin et al., 2000). Une étude (Global Fire Initiative, 2004) estime que 84 % des écosystèmes actuels sont affectés par des régimes de feux modifiés. Actuellement, ces feux sont allumés pour diverses raisons : par plaisir, pour nettoyer, sécuriser ou embellir les lieux (Walters et al., 2022). En zone rurale, les brûlis sont pratiqués pour des raisons de subsistance (Walter, 2010), pour la chasse ou l'agriculture. En effet, plus de 600 millions de personnes vivent dans ces savanes et dépendent d'activités de subsistance et pastorales (Assessment M. E., 2005).

La gestion de ces écosystèmes

Ainsi, les savanes semblent être des écosystèmes anthropiques, il n'est alors pas sans intérêt d'évoquer les difficultés des experts à statuer sur l'intérêt qu'il soit écologique, patrimonial ou sylvicole de ces savanes. La question se rapportant alors souvent à la naturalité de celle-ci. Il est alors avancé d'un côté que les savanes sont façonnées par l'homme et l'action du feu depuis des milliers d'années. Elles possèdent ainsi un cortège d'espèces spécifiques, adapté au fil du temps. Cela concerne par exemple la flore avec six espèces rares présentes dans les plateaux Batéké (Walter, 2010) : *Asclepias occidentalis* Goyder, *Scleria baroni-clarkei* De Wild Gold, *Syngonanthus ngoweensis* Lecomte, *Syngonanthus schlechteri* Ruhl., *Eriosema* sp. nov. van der Maesen & G.M. Walters et *Clerodendrum* sp. nov. P. Bamps & G.M. Walters. Mais aussi la faune, avec notamment des mammifères comme le Céphalophe de Grimm (*Sylvicapra grimmia*), un animal qui a besoin d'herbes hautes pour cacher ses petits et a également besoin de zones brûlées pour le pâturage (Walters, 2010). Il est aussi possible de citer le Chacal à flancs rayés (*Canis adustus*), la Mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*) et l'oryctérope (*Orycteropus afer*). D'un autre côté, il faut garder en tête que les régimes des feux actuels dégradent ces écosystèmes. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2011), classe ces dernières comme des zones sans enjeux actuelles et préconise par ailleurs la plantation d'arbres.

Premièrement dans une optique de conservation de cette mosaïque, et donc des savanes, il convient de maintenir le régime des feux. Cependant il est important d'arriver à réguler celui-ci, le feu doit maintenir l'écosystème ouvert sans pour autant avoir d'impact négatif sur les espèces. Ensuite dans un objectif de retour des forêts, plusieurs méthodes semblent être possibles mais toutes induisent un arrêt total des feux. Avec un arrêt la forêt devrait revenir naturellement, mais de la restauration active est aussi possible. Certains facteurs accélérant le processus de retour de la forêt peuvent aussi être évoqués à titre informatif. Dans leur étude Dubois et Favier (2006) évoquent l'espèce *Chromolaena odorata*, présente en savane celle-ci peut faire office de pare-feu en lisière. Mais il convient de prendre en compte qu'il s'agit d'une espèce envahissante étant justement accusée par certains auteurs de faire réduire les savanes au profit de la forêt. D'autres espèces d'arbres sont aussi préconisées, car capables en l'absence du feu de se développer en savane et d'initier une succession écologique forestière (White & al., 2000). Ces espèces sont *Aucoumea klaineana*, *Lophira alata* et *Sacoglottis gabonensis*. Une fois le milieu forestier établi ces espèces disparaissent. Une dernière option est aussi de remplacer les élevages de chèvres consommatrices de lisière par des troupeaux bovins.

L'analyse de la bibliographie a permis de mieux comprendre l'origine de la mosaïque entre savanes et forêts, les raisons pour lesquelles les savanes persistent, ainsi que certaines méthodes de gestion. Dans le cadre du projet BaCaSi, il est désormais pertinent de comparer ces observations avec celles des savanes en zone de conservation du projet. La question centrale est : Dans quelle mesure les savanes situées en zone de conservation peuvent-elles évoluer en forêts ? Cette problématique vise un objectif à long terme en lien avec la mise en défens des zones de PSP et leur analyse tout au long du projet BaCaSi. Elle englobe également des enjeux actuels, tels que la compréhension des milieux concernés et l'évaluation de nouveaux facteurs liés à la recolonisation forestière. Pour répondre à cette question, il sera d'abord nécessaire d'examiner si l'échantillonnage a été efficace et s'il est possible d'en tirer des informations sur ces écosystèmes. Ensuite, la seconde partie sera dédiée à l'hypothèse selon laquelle la présence de la forêt pourrait influencer la recolonisation des savanes. À cet effet, il sera pertinent d'étudier les variables collectées en fonction de la distance au bord forestier dans les quadrats, ainsi que la présence d'espèces recolonisatrices.

Matériels et méthodes

La zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la réserve foncière de la Léfini (RFL) en République du Congo. Situé à 140 km au nord de Brazzaville entre les départements des Plateaux et du Pool, la RFL est localisée sur le plateau de Nsa-Ngo, l'un des quatre plateaux du complexe Plateaux Batéké. Cette réserve couvre une surface de 70.090 ha.

La méthode sélectionnée dans ce rapport est la mise en place de placettes de suivi permanent (PSP). Cette méthode permet le suivi des espèces végétales, d'année en année, sur toute la durée du projet et ainsi d'évaluer l'impact des mesures de protection. Ce rapport se place alors dans la continuité de la campagne de mesure 2023 (Doumetay, 2023). Il a été choisi, cette année-là, que les PSP ne se concentreraient que sur les espèces arbustives et arborées, permettant ainsi une quantification de la mortalité, de la croissance et du recrutement de ceux-ci. Trois PSP ont été réalisés en 2023 et cinq nouvelles sont ajoutées par cette étude. L'objectif étant, à terme, de disposer de suffisamment de PSP dans la zone d'étude pour pouvoir étudier efficacement tous les milieux présents.

Les placettes de suivi permanentes sont des surfaces carrées de 1 ha (soit 100 x 100 m), elles sont subdivisées en 25 quadrats de 20 x 20 m (voir figure 4). La numérotation des quadrats se fait suivant un mouvement sinusoïdal partant du quadrat sud-ouest pour le quadrat nord-ouest, puis du nord vers le sud jusqu'au quadrat nord-est de la placette comme schématisé ci-dessous.

100	5	6	15	16	25	
80	4	7	14	17	24	
60	3	8	13	18	23	
40	2	9	12	19	22	
20	1	10	11	20	21	
0						
	0	20	40	60	80	100

FIGURE 4 : PLACETTE PERMANENTE DE LA RFL

La localisation précise de la placette est définie au hasard au sein d'habitats suffisamment grands et homogènes. Il est convenu cependant, de sélectionner ces placettes dans des milieux différents, l'objectif étant de représenter tout le gradient de la succession végétale (du milieu savanicole vers le milieu forestier). Il est aussi nécessaire de placer ces placettes dans les zones dites de conservation. En 2023, lors du premier passage, les placettes étaient dans une savane arborée (P1), dans une forêt dense (P2) et dans une forêt ripicole (P3). En 2024, le choix est fait de remesurer uniquement la placette en savane arborée, les changements d'habitats sur un an en forêt étant subtils pour avoir à les remesurer tous les ans. Puis, d'ajouter 5 placettes au sein de milieux de savane arborés et de savanes arbustives légères. Les choix finaux concernant la campagne 2024 sont illustrées ci-dessous

par la figure 5, les justifications ayant orientées le choix sont elle aussi précisées dans le tableau 1. Le protocole détaillant la méthodologie de mise en place des placettes est disponible en Annexe 2.

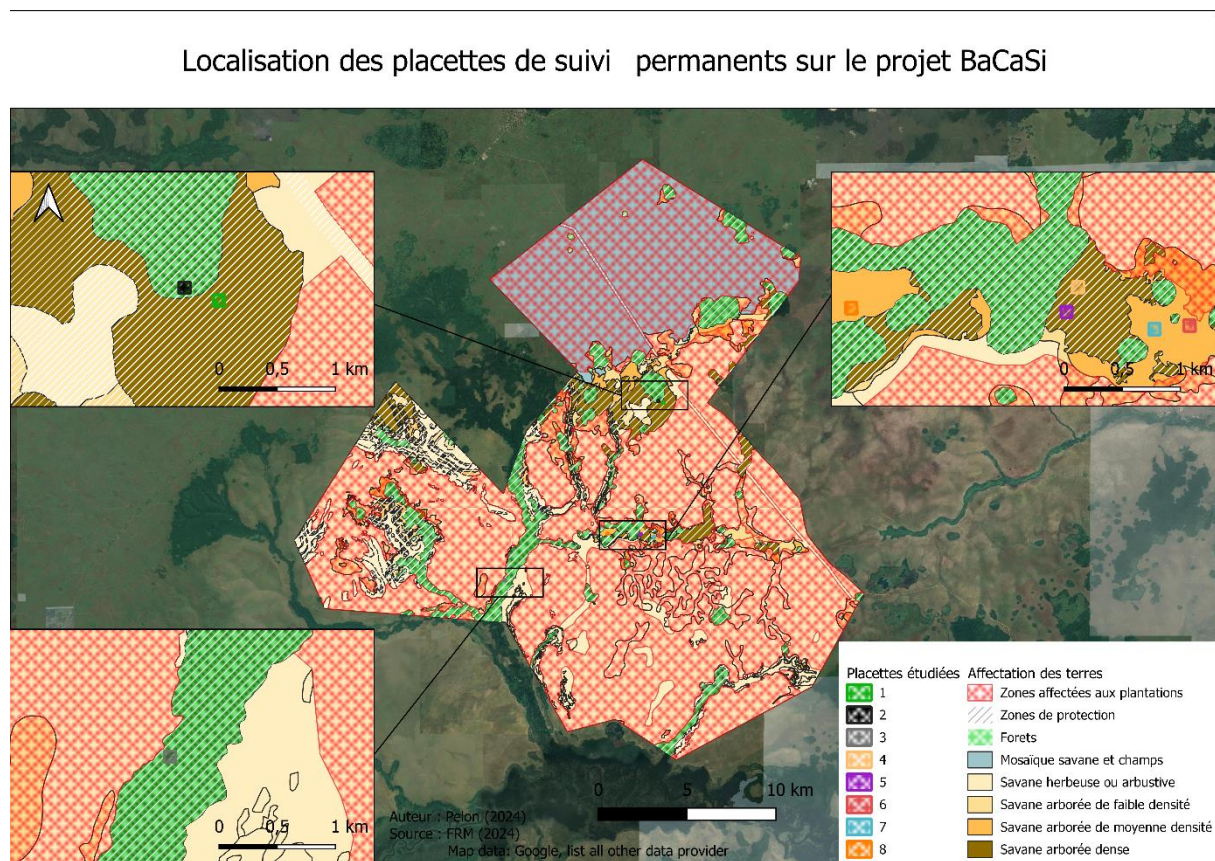


FIGURE 5 : LOCALISATION DES PLACETTES DE SUIVI PERMANENTS SUR LE PROJET BACASI

TABEAU 1 : JUSTIFICATION DE L'EMPLACEMENT DES PSP

			Justification
2023	P2	Forêt dense	- Ces placettes permettent de connaître le cortège floral des forêts dans ce milieu
	P3	Forêt ripisylve	
	P1	Savane arborée dense	- P1 est situé plus en hauteur que P4 et P5
2024	P4		- P4 est doublé par P5, permettant éventuellement d'appliquer des gestions différenciées
	P5		
	P6	Savane arborée de moyenne densité	- P6 est doublé par P7, permettant éventuellement d'appliquer des gestions différenciées
	P7		- P8 est intéressante pour évaluer la recolonisation par coalescence de la forêt
	P8		

Comme évoqué précédemment, la méthodologie d'étude de la végétation arborée utilisée dans ce rapport est celle définie durant la campagne de 2023. Quelques modifications mineures sont cependant appliquées afin de rendre les résultats les plus complets possible tout en gardant la

cohérence entre les années. Le suivi de la végétation en 2023 était un inventaire botanique prenant en compte tous les arbres au niveau de l'espèce ayant au moins 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine (dbh), soit à 1,30 m du sol. Dans cette campagne de 2024, le diamètre minimum a été ajusté à 5 cm afin de prendre davantage en compte les arbres de savanes. Ce choix a été judicieux permettant de prendre en compte 696 données au total au lieu de 191 arbres avec le précédent protocole (voir figure 6).

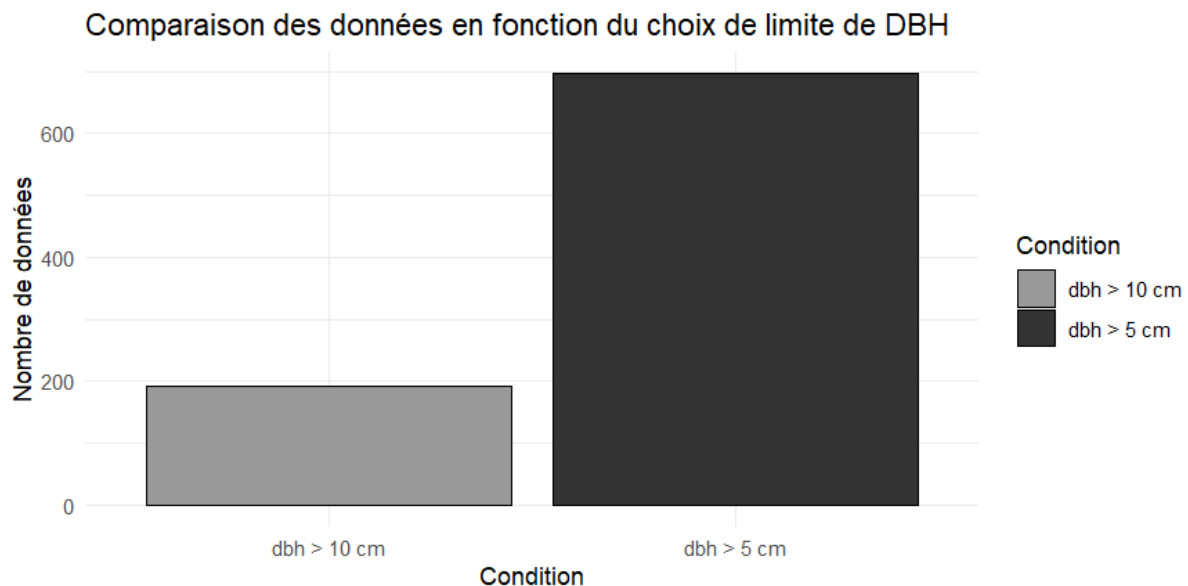


FIGURE 6 : COMPARAISON DES DONNEES EN FONCTION DU CHOIX DE LIMITE DE DBH

Pour la détermination des espèces, il a été utilisé une flore fournie par FRM (Hollat & Gloire, s.d.) et une liste précise d'espèces inventoriées par un botaniste sur la zone d'étude (Nsongola, 2022). Une flore complémentaire des arbres inventoriés a aussi été réalisée afin de faciliter les prochaines campagnes (voir Annexe 1). Une fois les arbres identifiés et recensés, deux mesures ont été prises sur les pieds. Il s'agit du Dbh (Diameter at breast height) mesuré à l'aide d'un mètre ruban, à 1,30 m (± 5 cm) au-dessus du sol et de la hauteur totale des arbres. Cependant, dans certains cas la mesure à 1.30 m n'est pas évidente (arbre tordu, scindé branche, contrefort, racines échasses), dans ces cas-là il est possible de s'appuyer sur le protocole de Nna Ekome (2020) présent en annexe 2. Concernant la hauteur des arbres, elle est mesurée à l'aide d'un clinomètre SUUNTO.

Il convient de noter que cette méthodologie efface les observations possibles des « tiges d'avenir ». Celles-ci présentent un fort intérêt et des observations indiquant une augmentation ou une régression du nombre de pieds, pouvant permettre d'éclairer sur l'évolution de la parcelle. Ainsi, il est proposé cette année un protocole adapté à l'étude de ces jeunes arbres. Pour cela, il a été pris en exemple la méthodologie de Rakotondrasoa et al. (2013), le comptage de la régénération naturelle été fait par la mise en place de quatre placettes carrées de 64 m² (8 m x 8 m). Celles-ci, ont été délimitées dans les quatre coins de la placette. Sont alors relevé dans ces quadrat les régénérations correspondant à l'ensemble des ligneux (semis naturels, rejets de souche et drageons) ayant un diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 10 cm et un diamètre au collet supérieur ou égal à 1 cm.

Analyse des données

Afin d'analyser les données, plusieurs indices ont été utilisés. Tous les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2021) et les packages utilisés sont cités à la fin de ce rapport. L'indice de Shannon (H) permet de mesurer la diversité au sein d'un peuplement. Il a été approché par la formule de Macron (2015) ci-après :

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$

Avec $p_i = n_i/N$; n_i = effectif de l'espèce i dans l'échantillon ; N = l'effectif total des tiges dans l'échantillon.

L'indice de Simpson (D) exprime la diversité au même titre que l'indice de Shannon la diversité, mais représente la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à une espèce (Macron, 2015). Il a été calculé par la formule ci-dessous :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Avec p_i , la proportion de l'espèce i dans l'échantillon et S , le nombre d'espèces de manière que $\sum_{i=1}^S p_i = 1$. L'indice de Simpson appartient à l'intervalle $[0;1]$; D tend vers 0 lorsque la diversité est minimale et tend vers 1 en cas de diversité maximale.

L'indice d'équitabilité de Pielou (E) permet de mieux discuter de la répartition des individus entre les espèces. L'équitabilité correspond au rapport entre la diversité obtenue et la diversité maximale possible ($\log_2 S$). Cet indice varie entre 0 (dominance d'une seule espèce) et 1 (répartition équitable de tous les individus régulière) et son calcul est associé à la formule qui suit (Macron, 2015) :

$$E = H / \log_2 S$$

Avec S , le nombre total des espèces présentes dans l'échantillon et H , l'indice de diversité de Shannon.

L'indice de similarité de Bray-Curtis permet de mieux discuter des différences dans la composition des communautés entre deux échantillons. Cet indice prend en compte à la fois les espèces partagées et leur abondance relative. Il est compris entre 0 (les deux échantillons ont la même composition) et 1 (les échantillons sont totalement dissemblables).

$$D_8 = \frac{\sum_s |n_{s,1} - n_{s,2}|}{\sum_s (n_{s,1} + n_{s,2})}$$

Avec $n_{s,1}$ et $n_{s,2}$ le nombre d'individus de l'espèce s dans la première et la deuxième communauté.

Résultats

Analyse de résultats généraux

Répartition des écosystèmes

L'objectif dans cette première partie est de synthétiser les principaux résultats et de vérifier la conformité de l'échantillonnage. Il est possible dans un premier temps de se concentrer sur la répartition de la végétation à l'échelle du site. La figure 7 illustre l'occupation du sol sur site, la surface des forêts est alors de 3811 ha (7 %) et la surface savannicole de 51222 ha (93 %).

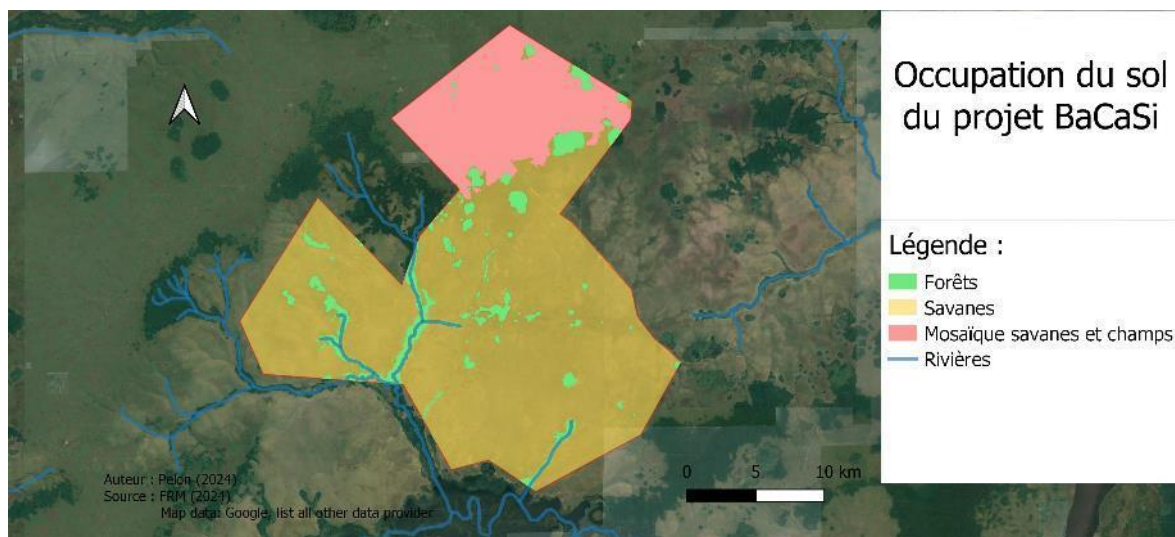


FIGURE 7 : OCCUPATION DU SOL DU PROJET BACASI (PELON, 2024)

Description des placettes

Comme évoqué dans la partie méthodologie, certaines placettes ont été doublées, leur description est donc la même. Toutes les placettes ont une distance à la forêt relativement similaire qui avoisine les 60 mètres. Ce choix délibéré a été fait pour permettre des études postérieures, notamment en matière de type de gestion. La placette 1, mesurée en 2023, est située sur un sol très sableux. L'espèce arborée dominante est *Hymenocardia acida*. Le protocole d'échantillonnage pour cette placette est différent de celui employé lors de cette campagne de 2024. La valeur limite de la DBH ayant été abaissée à 5 cm, pour une meilleure représentativité du peuplement. Les placettes 2 et 3 ont aussi été mesurées en 2023, elles se situent en forêt. Les placettes 4 et 5, sont situées en savanes arborées denses. Le sol est sablonneux et l'espèce dominante est *Hymenocardia acida*, concernant les herbacées, L'espèce dominante semble être *Loudetia simplex* avec certaines zones localisées à *Hyparrhenia diplandra*. Les placettes 6 et 7 sont situés en savane arborée de moyenne densité. Le sol est plus noir mais reste très sablonneux. L'espèce dominante est *Annona senegalensis* et le couvert herbacé est dominé par *Hyparrhenia diplandra*. Enfin, la placette 8 est aussi située en savane arborée

de moyenne densité. En revanche, l'espèce dominante est *Hymenocardia acida*, de visuel cette savane se rapproche des placettes 4 et 5.

Pour chacune des placettes, les espèces arborées (représentées sur la figure 8 par des ronds) et les régénérations (représentées par des triangles) ont été identifiées et mesurées. Le nombre d'arbres inventoriés par placette varie de 41 individus pour la placette 7 à 527 pour la placette 2.



Légende

Espèces de régénération

- ▲ Albizia adianthifolia (Schumach.) W.Wight
- ▲ Bridelia ferruginea Benth.
- ▲ Hymenocardia acida Tul,
- ▲ Psorospermum febrifugum Spach
- ▲ Vitex madiensis Oliv
- ▲ Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn.
- ▲ Eriosema psoraleoides (Lam.) G. Don
- ▲ Oncoba laurentii De Wild. & T. Durand
- ▲ Vitex doniana, Sweet

Espèces arborées

- Albizia adianthifolia (Schumach.) W.Wight
- Annona senegalensis subsp. oulotricha Pers,
- Bridelia ferruginea Benth.
- Dialium englerianum Henriq,
- Hymenocardia acida Tul,
- Maprounea africana Müll, Arg,
- Psorospermum febrifugum Spach
- Sarcocephalus latifolius (Sm.) E.A.Bruce,
- Strychnos pungens Soler,
- Strychnos spinosa Lam
- Syzygium guineense (Wild,) DC,
- Vitex madiensis Oliv

Placettes étudiées

- 1
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

FIGURE 8 : REPRESENTATION DES SIX PLACETTES MESUREES LORS DE LA CAMPAGNE DE 2024 (PELON, 2024)

Les courbes d'accumulations

Afin de vérifier si l'échantillonnage a bien été réalisé, il est possible de réaliser des courbes d'accumulation. Celles-ci représentent la relation entre le nombre cumulé d'espèces observées et l'effort d'échantillonnage. L'analyse de ces courbes permet de comprendre la richesse en espèces d'une communauté écologique et d'évaluer si l'échantillonnage a été suffisant pour capturer la diversité des espèces présentes. Les figures 9a et 9b, représentent ces courbes pour les six placettes de savanes.

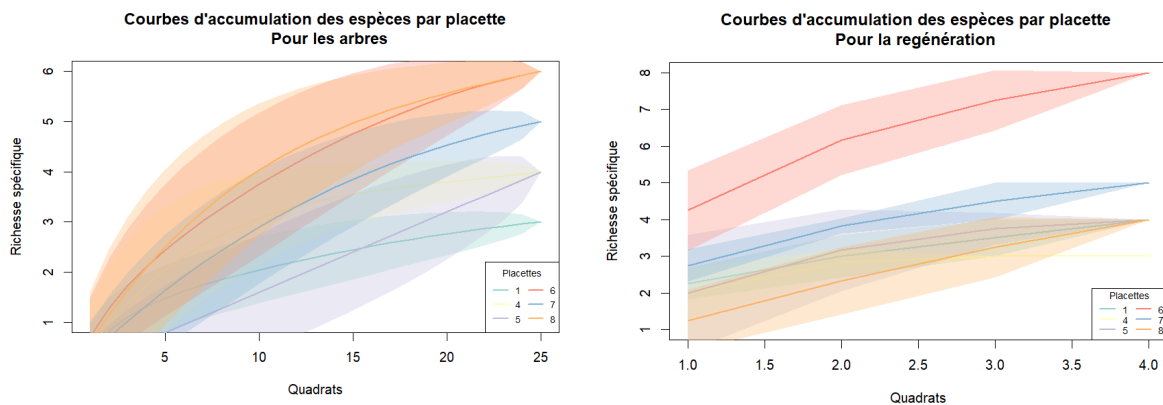


FIGURE 9 : COURBES D'ACCUMULATIONS DES ESPECES EN FONCTION DES QUADRATS ECHANTILLONNES (PELON, 2024)

Ici, les courbes atteignant un plateau indiquent que la majorité des espèces présentes dans l'habitat ont été échantillonnées. Ce cas semble se retrouver pour la placette 1, les autres courbes étant toujours croissantes. Cette observation pourrait être due à une plus faible richesse spécifique de la placette 1 et à un plus grand nombre d'espèces rares sur les autres placettes. Il convient aussi de prendre en compte les intervalles de confiance relativement larges, représentés autour de la courbe. Ils permettent de visualiser les possibles variations de la richesse spécifique en fonction de l'échantillonnage aléatoire. En prenant en compte ces derniers, les plateaux sont possiblement créés pour toutes les placettes. Ces intervalles de confiance sont larges à cause de la variation intra-placette de la diversité (voir figure 11, ci-dessous), certains quadrats ont en effet une richesse spécifique particulièrement élevée et d'autres basse, voire nulle. Concernant la régénération, il semblerait que les plateaux soient atteints pour toutes les placettes excepté la placette 6. Compte tenu du faible nombre de quadrats par placette, ces courbes d'accumulation ont plus un intérêt indicatif qu'analytique.

Cette analyse présente des limites, notamment en se conformant à l'échelle de la placette. Il est alors possible d'analyser les courbes d'accumulation en regroupant les placettes d'un même écosystème (voir figure 10). Ainsi, le doublon de placettes en savane arborée dense (P4 et P5) et le regroupement de toutes les placettes en savanes semblent avoir un échantillonnage efficace. En revanche, la courbe du doublon de placette en savane arborée de moyenne densité (P6 et P7) ne semble pas arriver à un plateau. Il est alors possible que l'échantillonnage ne soit pas suffisant.

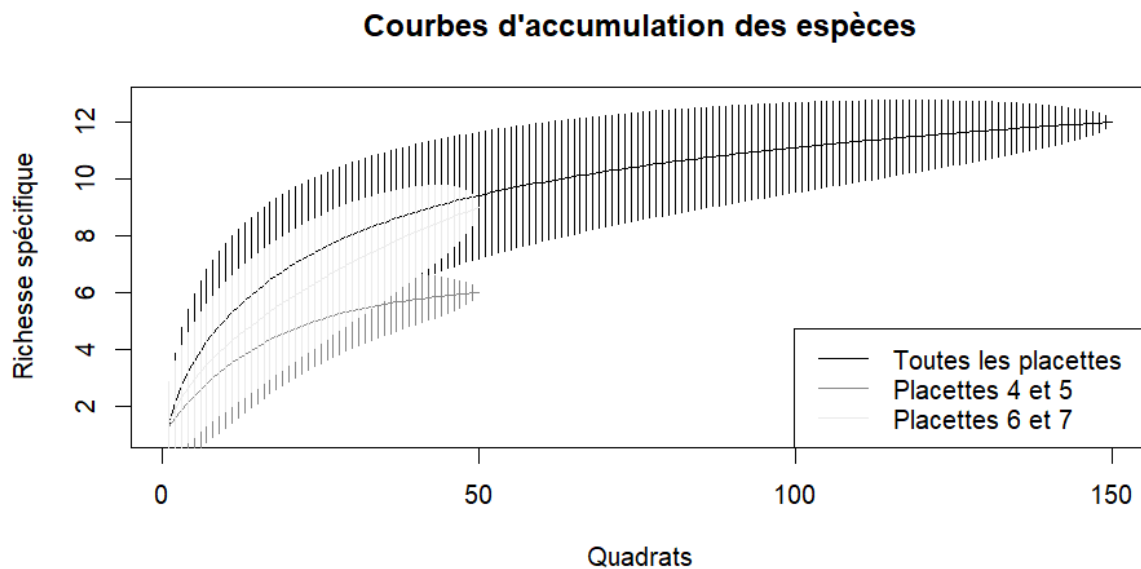
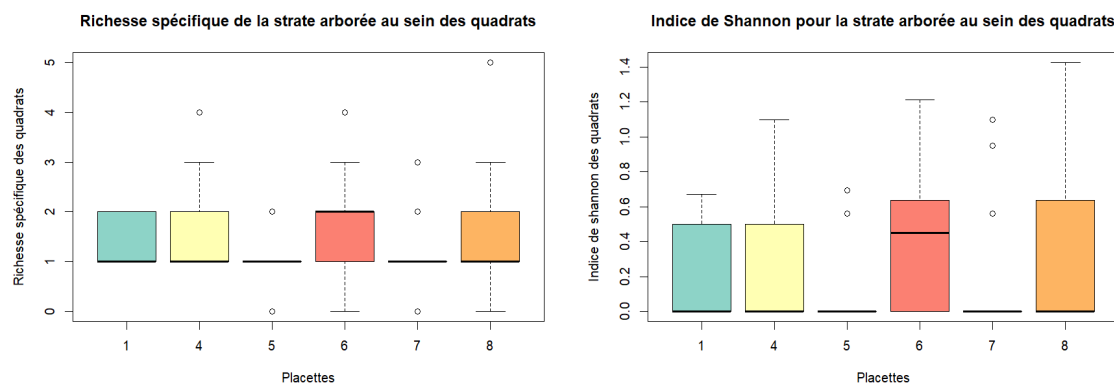


FIGURE 10 : COURBE D'ACCUMULATION DES ESPECES AU SEIN DES PLACETTES REGROUPEES (PELON, 2024)

Indice de biodiversité des PSP

Au premier abord, la notion de biodiversité est simple. Elle représente toute la variété des formes de vie, des gènes jusqu'à l'écosystème. Cependant, réduire toute cette richesse à un seul chiffre n'est pas quelque chose d'évident. Il est alors possible d'avoir recours à des indices de diversité. Le premier est la diversité alpha (α) ou diversité locale. Au sein de cette diversité alpha, quatre indices sont utilisés : la richesse spécifique, l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et l'indice de Pielou (voir figure 11 et figure 12 pour la régénération). Il a été fait le choix ici de calculer ces indices pour chaque quadrats des placettes et de représenter les résultats sous forme de Boxplot, permettant ainsi d'évaluer l'homogénéité des placettes.



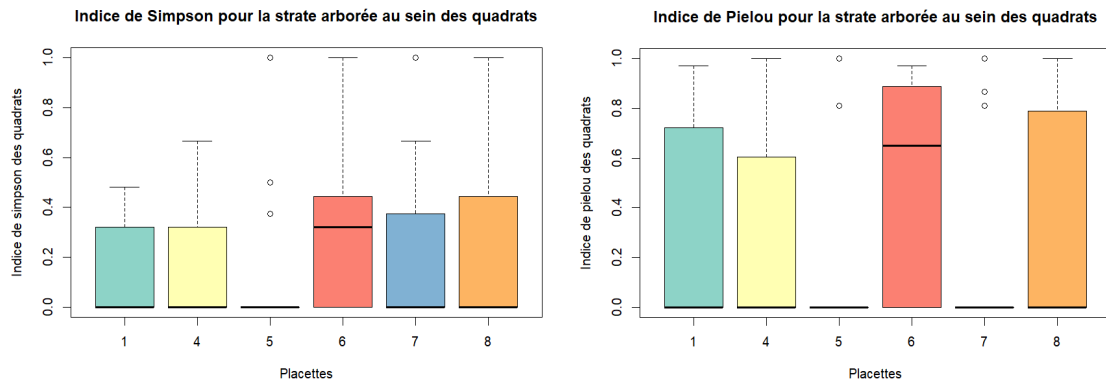
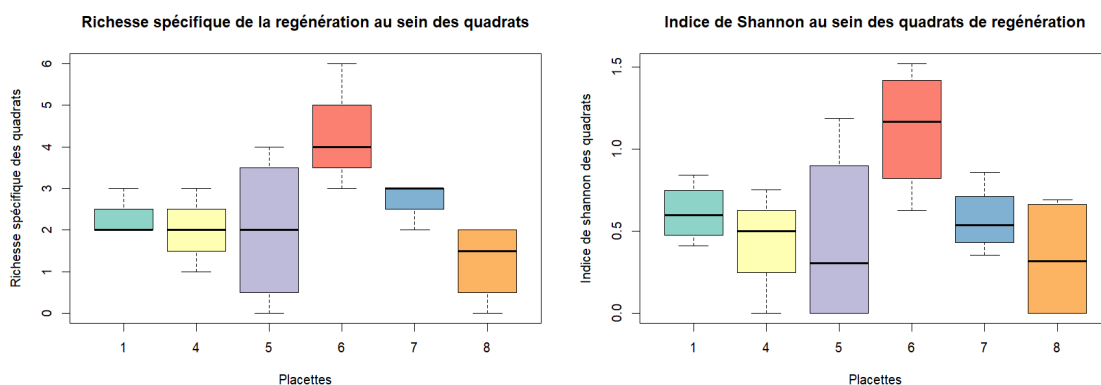


FIGURE 11 : INDICES DE BIODIVERSITE POUR LA STRATE ARBOREE (A) RICHESSE SPECIFIQUE, (B) INDICE DE SHANNON, (C) INDICE DE SIMPSON, (D) INDICE DE PIELOU

Concernant la richesse spécifique au sein des quadrats, celle-ci est relativement similaire dans toutes les placettes avec des médianes de 1 (ou 2 pour la placette 6). L'indice de Shannon combine la richesse des espèces et l'uniformité de leur distribution. Les valeurs plus élevées indiquent une plus grande diversité et, au contraire, une valeur de zéro signifie qu'une seule espèce est présente. C'est ce deuxième cas qui prédomine dans les placettes à l'exception de la placette 6 ayant une médiane de 0.45. De plus, les placettes 5 et 7, n'ayant pas de « box », il est possible d'affirmer que celles-ci sont plus homogènes malgré quelques quadrats à forte diversité. Ensuite, l'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à des espèces différentes. Des valeurs plus élevées indiquent une plus grande diversité. Ici, les résultats restent cohérents, la placette 6 ayant une plus grande diversité (médiane à 0.32) en comparaison avec les autres placettes et en particulier la placette 5 (qui est composée à 97 % d'*Hymenocardia acida*). Pour finir, l'indice de Pielou mesure l'uniformité de la distribution des espèces. Cet indice varie entre 0 et 1, avec 1 indiquant une communauté très équilibrée où chaque espèce est représentée de manière égale. Les résultats montrent alors une grande variation au sein des quadrats, avec des « box » étendues pour les placettes 1, 4, 6 et 8, et des médianes valant 0 traduisant des quadrats très hétérogènes en représentation des espèces. La placette 6 fait exception avec des quadrats plutôt homogènes en espèces représentées. Parmi tous ces indices, aucune placette n'a eu de différence significative avec une autre.



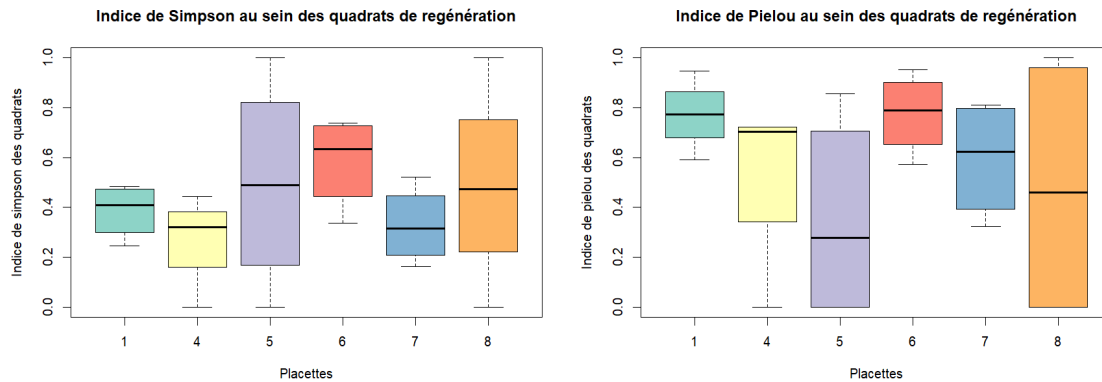


FIGURE 12 : INDICES DE BIODIVERSITE POUR LA REGENERATION (A) RICHESSE SPECIFIQUE, (B) INDICE DE SHANNON, (C) INDICE DE SIMPSON, (D) INDICE DE PIELOU

Pour la régénération, la richesse spécifique vaut 2 pour les placettes 1, 4 et 5 ; elle est plus importante pour les placettes 6 et 7 et la placette 8 à la médiane la plus faible. Les résultats intra-placette sont relativement homogènes, sauf pour la placette 5 qui présente une plus forte variabilité. L'indice de Shannon apporte peu d'informations supplémentaires, la distribution est relativement la même que pour la richesse spécifique. Ensuite, l'indice de Simpson présente des valeurs médianes comprises entre 30 % et 70 % de probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à des espèces différentes. Ce qui est bien corroboré avec les indices de Shannon. Pour finir, l'indice de Pielou indique des communautés très équilibrées pour les placettes 1 et 6. En opposition avec les placettes 5 et 8 qui ont des box très étalées et des médianes relativement faibles, liées aux quadrats sans régénération.

Abondance des espèces

Une autre variable observable est l'abondance de chaque espèce dans la placette. Sur la figure 13, il est possible de remarquer la forte représentation de *Hymenocardia acida* et de *Annona senegalensis* pour la strate arborée. A noter cependant, ces deux espèces ne se retrouvent pas sur les mêmes placettes et chacune domine sur sa placette. La figure 14, montre une domination générale de *Albizia adianthifolia*, bien qu'elle ne se retrouve pas sur la placette 8. Ainsi qu'une bonne représentation de *Annona senegalensis* sur les placettes ayant aussi une représentation de l'espèce en arborée, et de même pour *Hymenocardia acida*.

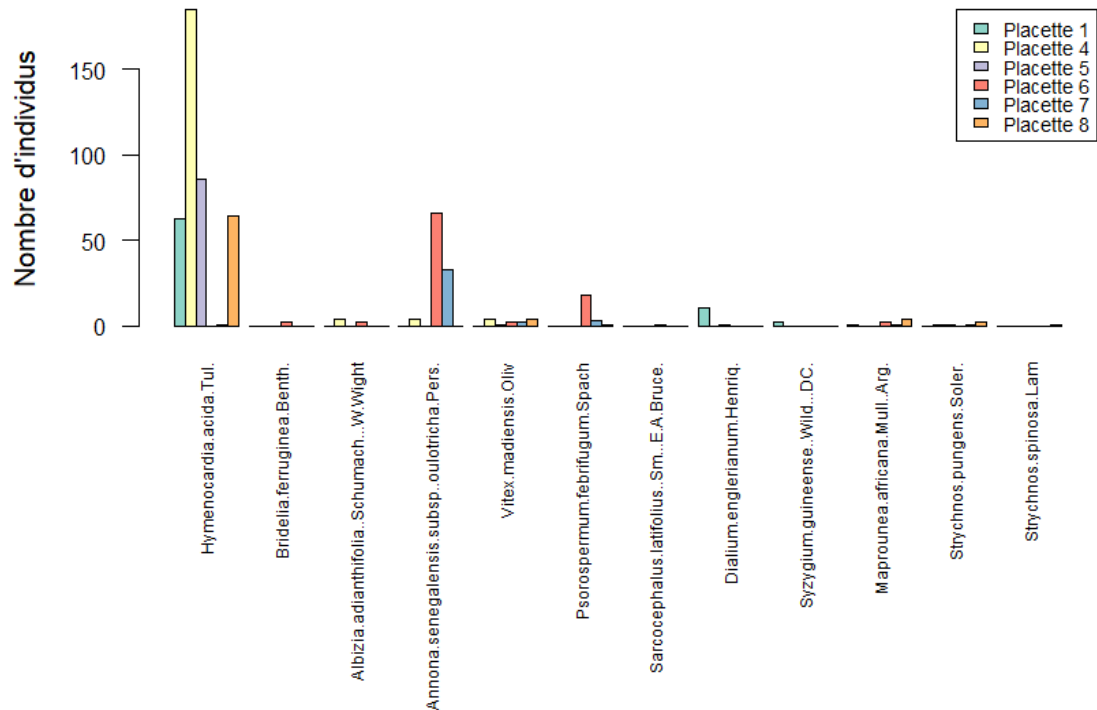


FIGURE 13 : ABONDANCE DES ESPECES ARBOREES DANS CHACUNE DES PLACETTES (PELON, 2024)

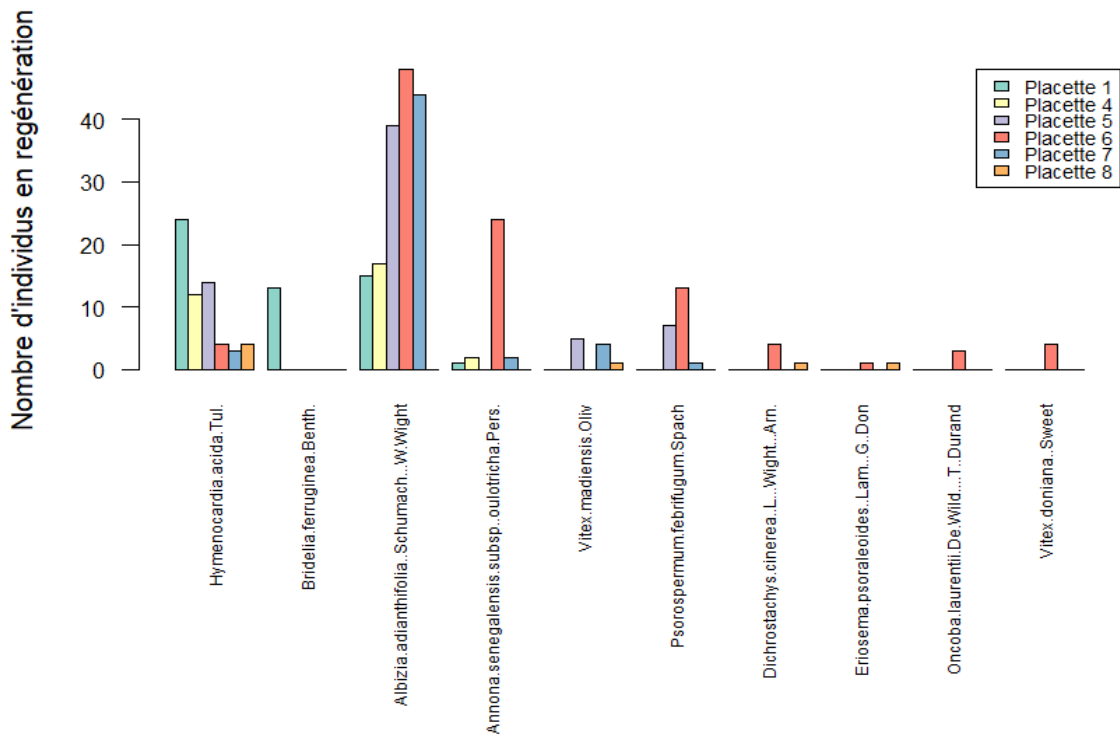


FIGURE 14 : ABONDANCE DES ESPECES DE LA REGENERATION DANS CHACUNE DES PLACETTES (PELON, 2024)

Indice de dissimilarité

Il est ensuite possible d'évaluer la diversité interzone bêta (β). Pour cela, il a été proposé dans un premier temps d'utiliser l'indice de Jaccard. Celui-ci mesure la similarité entre deux ensembles, mais celui-ci ne prend pas en compte l'abondance de chacune des espèces ainsi sur les placettes ayant beaucoup d'individus rares se retrouvant aussi sur d'autres placettes, cet indice n'est pas judicieux. C'est donc l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis qui a été retenu. Celui-ci prend en compte la présence et l'absence des espèces et leur abondance relative dans les deux échantillons. Il est compris entre 0 (les deux échantillons ont la même composition) et 1 (les échantillons sont totalement dissemblables). La figure 15, ci-dessous représente cela.

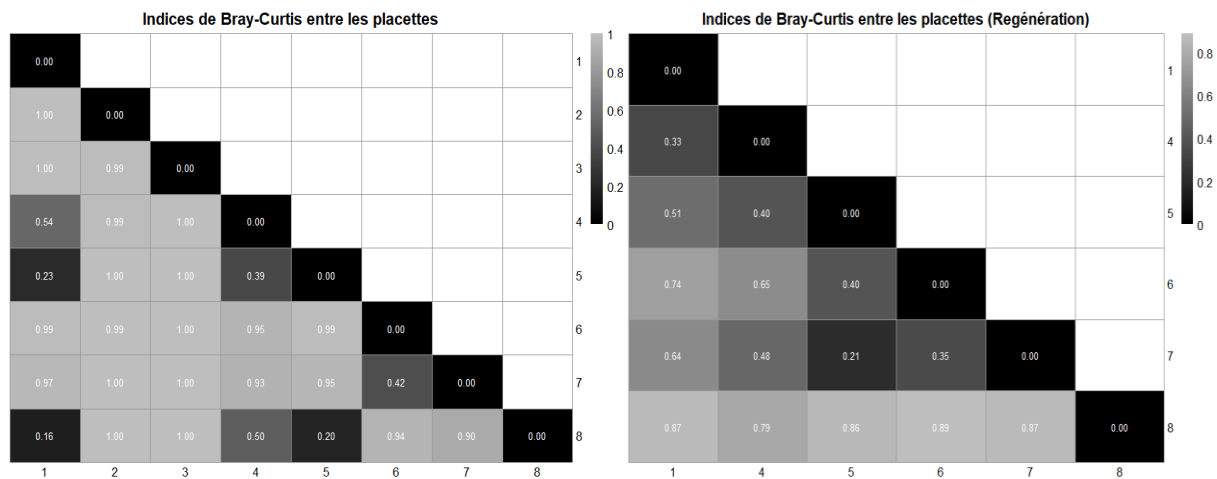


FIGURE 15 : INDICE DE DISSIMILARITE DE BRAY-CURTIS DES ESPECES ARBOREES ET DE REGENERATION (PELON, 2024)

Il n'est pas surprenant de constater que les placettes 2 et 3 en forêt ne présentent que peu de similitudes avec les placettes en savane. Une observation importante est que la placette 2 se distingue avec une très faible similarité vis-à-vis des placettes 3, 4 et 6, en raison de la présence d'*Albizia adianthifolia*, arbre pionnier se retrouvant à la fois en savane et en forêt. Les placettes 4 et 5 sont plutôt similaires (coefficient de 0.39), de même pour les placettes 6 et 7 (0.4). Cette observation est encourageante car l'objectif était de dupliquer les placettes. Il est aussi remarquable que la placette 8 présente des similarités avec les placettes 1, 4 et 5. De même, la placette 1 partage des similitudes avec les placettes 4 et 5. Ces rapprochements sont essentiellement dus à la présence de *Hymenocardia acida*. En ce qui concerne la régénération, il est complexe de trouver des similitudes marquées entre la placette 8 et les autres placettes. La placette 1 semble plutôt proche de la placette 4, tandis que la placette 4 montre une certaine similarité avec la placette 5. Cependant, cette dernière est plus étroitement liée aux placettes 6 et 7. Parallèlement à l'observation des arbres, les placettes 6 et 7 présentent une similitude notable, avec un coefficient de dissimilarité de seulement 0.35.

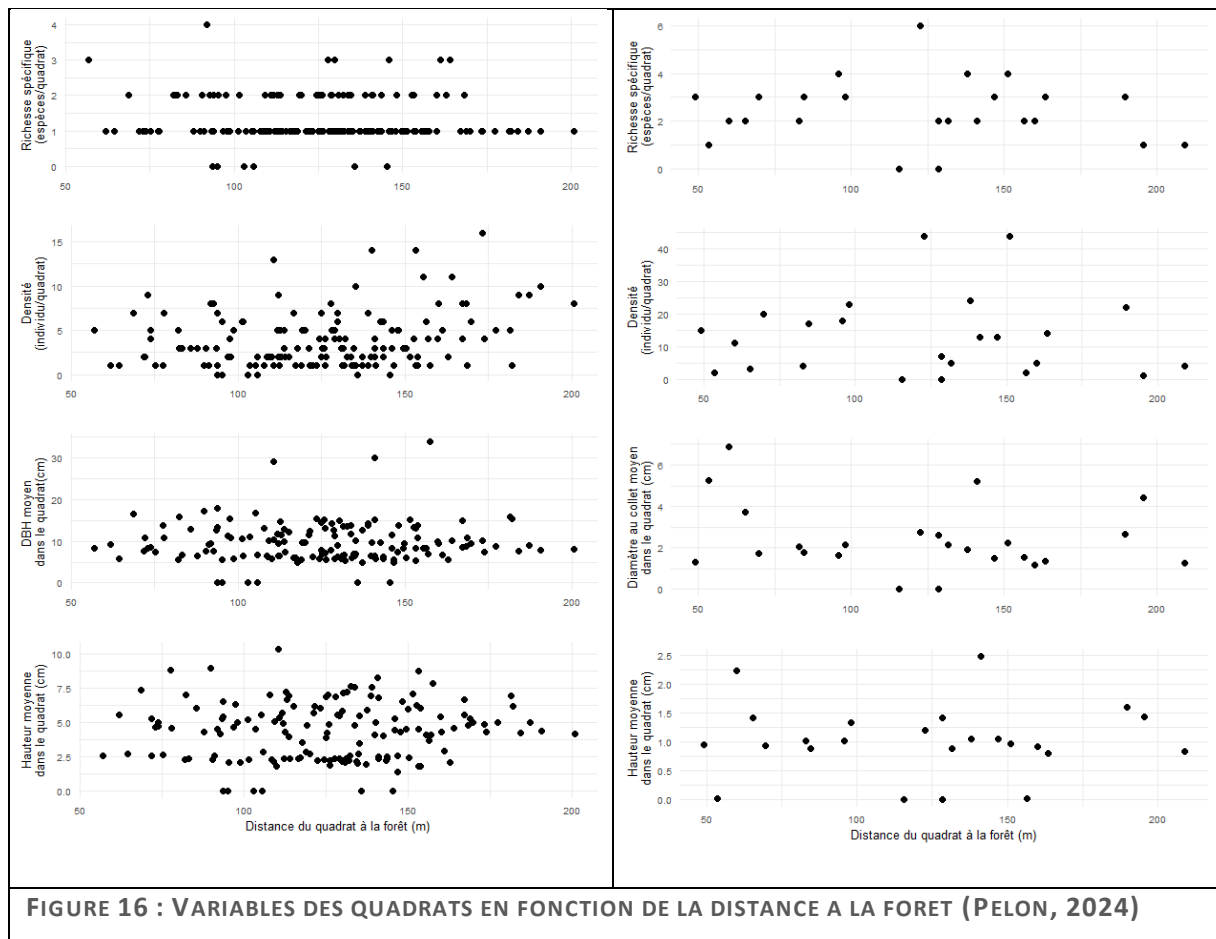
Conclusion

Cette première partie de l'analyse des résultats visait notamment à vérifier la pertinence de l'échantillonnage. L'analyse des courbes d'accumulation suggère que l'échantillonnage effectué dans les placettes de savane arborée de densité moyenne est insuffisant. En ce qui concerne la duplication des placettes au sein d'un même écosystème, les résultats du test de Bray-Curtis sont satisfaisants, montrant une similarité relative entre les placettes 4/5 et 6/7. Cela ouvre la possibilité d'appliquer des gestions différenciées pour enrichir l'étude. Concernant l'analyse générale des résultats, il apparaît que le cortège floral joue un rôle majeur dans la catégorisation des savanes. En effet, les placettes semblent se distinguer davantage par les espèces présentes (dominance d'*Hymenocardia acida* ou d'*Annona senegalensis*) que par la densité en arbres (savane arborée de densité moyenne ou forte), critère initialement choisi pour les catégoriser. Cependant, il est important de noter qu'il serait imprudent de caractériser un écosystème uniquement sur la base des espèces arborées. Comme le soulignent Fabri et Symoens (2000) dans un article de phytosociologie, les arbres ne sont pas des indicateurs fiables dans les savanes. Il est préférable de se référer aux espèces herbacées, bien que *Hyparrhenia diplandra*, l'espèce la plus observée, ne soit pas spécifique et se retrouve dans tous les types de savanes, des plus humides aux plus sèches (Fabri et Symoens, 2000). Il serait donc pertinent de mener des études phytosociologiques plus approfondies pour caractériser ces savanes. À titre informatif, bien que sans preuve concrète, les descriptions semblent orienter vers le grand groupe des savanes mésophiles, connues sous le nom de savane à *Hyparrhenia diplandra* et *Aframomum stipulatum* (DEVRED, 1954). Enfin, les indices de biodiversité ne semblent pas non plus pertinents, car les rapprochements entre placettes ne sont pas corrélés avec les placettes en doublon, et aucune différence significative n'a été observée.

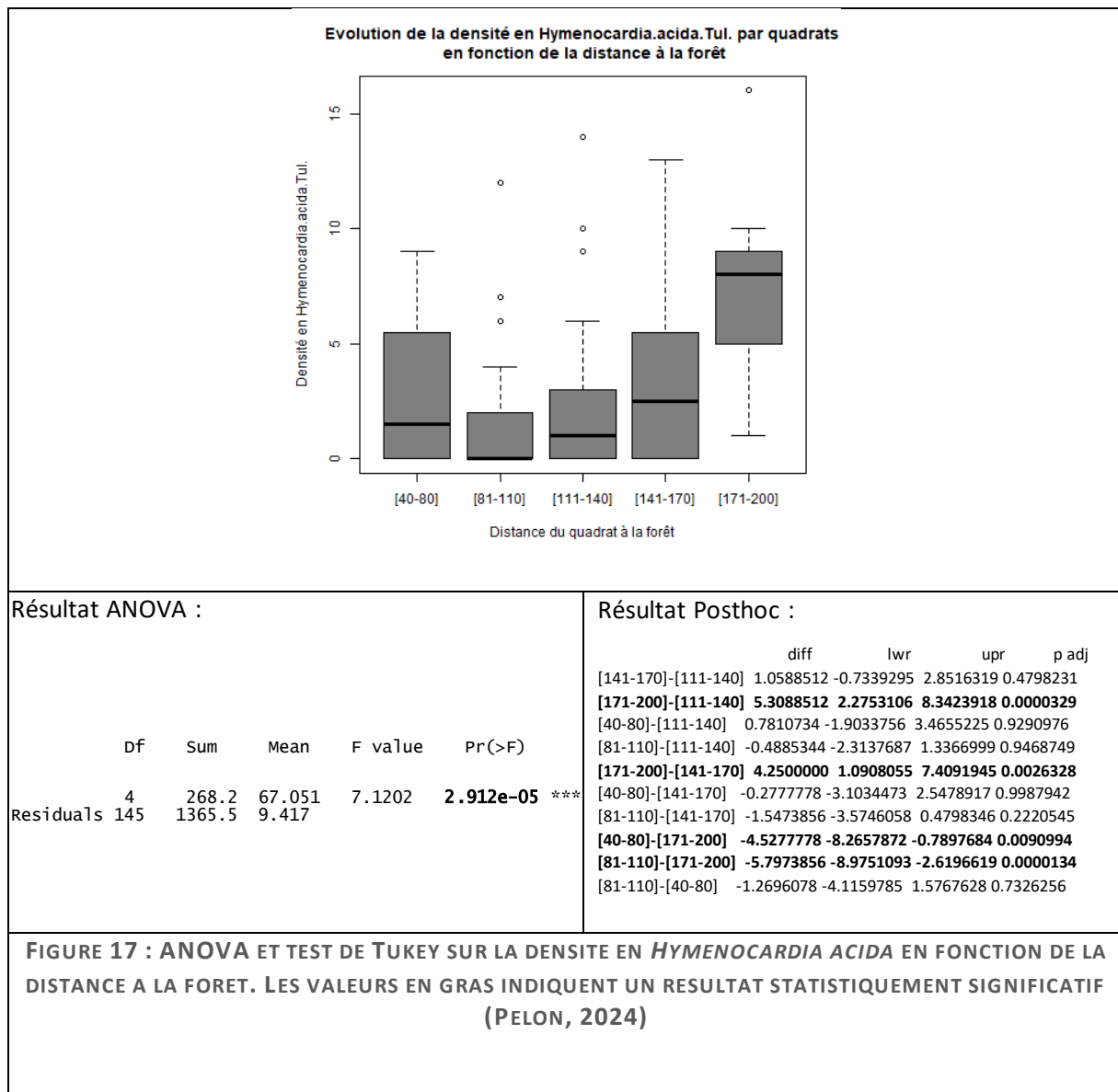
En conclusion, les relevés effectués paraissent globalement efficaces, bien qu'il serait intéressant de repositionner une placette dans l'écosystème des placettes 6 et 7. La caractérisation précise des écosystèmes, notamment pour comprendre les différences en termes d'abondance d'*Hymenocardia acida* et d'*Annona senegalensis*, nécessitera des études supplémentaires.

Les variables en fonction de la distance à la forêt

Une des hypothèses permettant de statuer sur un retour de la forêt est la distance à la forêt, en effet il a été vu que le retour de la forêt se faisait de façon centrifuge (White et al., 2000). Il est donc intéressant d'évaluer si les paramètres observés évoluent avec la distance à la forêt. Une première approche pour explorer cette possibilité est de représenter l'ensemble des données mesurées en fonction de la distance du quadrat la forêt (voir figure 16).



A première vue aucune tendances ne se dessinent entre ces valeurs et la distance du quadrat à la forêt. Il est alors possible d'effectuer des analyses statistiques pour explorer les relations entre les variables. Pour cela, il a été fait le choix de passer par des ANOVA (Analyses de Variance), avec le jeu de donnée regroupé en classes de distance à la forêt (m) : Classe 1 = [40 ; 80] ; Classe 2 = [81 ; 110] ; Classe 3 = [111 ; 140] ; Classe 4 = [141 ; 170] ; Classe 5 = [171 ; 200]. Toujours aucune corrélation n'est trouvée. Il est alors possible de filtrer selon l'espèce, l'objectif ici étant d'évaluer si la distance à la forêt des quadrats fait évoluer les paramètres d'une espèce. Il est alors possible de voir une tendance pour les *Hymenocardia acida* (voir figure 17). Pour cela une ANOVA est réalisé, l'hypothèse nulle (H_0), qu'il n'y a pas de différence significative dans la densité d'*Hymenocardia acida* entre les différentes classes de distance à la forêt est rejeté. Les résultats de l'ANOVA montrent que les classes de distance à la forêt ont un effet significatif sur la densité d'*Hymenocardia acida* (p-value = 2.912e-05). Cependant en observant le test posthoc (Tukey), il est possible de remarquer que seul la classe [171-200] est différente significativement de toutes les autres classes. Cette observation est donc à relativiser et une étude plus spécifique sur des distance plus importantes pourrait être réalisée.



Une seconde hypothèse est que le retour de la forêt serait marqué par la présence d'espèces colonisatrices. Cependant, aucune des espèces trouvées dans la bibliographie n'a été observée au sein des PSP. Seule *l'Albizia adianthifolia* qui se retrouve à la fois en forêt et savane et qui est considéré par Lubalega (2016) comme une espèce pionnière, se retrouve dans les placettes. Cependant, il ne semble y avoir aucune corrélation entre son abondance et la proximité de la forêt (voir figure 18). Seulement quatre arbres adultes ont été observés, en comparaison des 168 individus en régénération. Il semblerait (par observation personnelle), qu'il y ait une part de hasard : en effet, certaines zones semblent très denses en individus adultes, alors que d'autres en sont dépourvues. Il a aussi semblé que les *Albizia adianthifolia* étaient souvent morts sur pied (et donc non pris en compte). Il est possible que les feux sur site soient encore trop fréquents et/ou trop intenses pour permettre à l'espèce de se répandre en savanes.

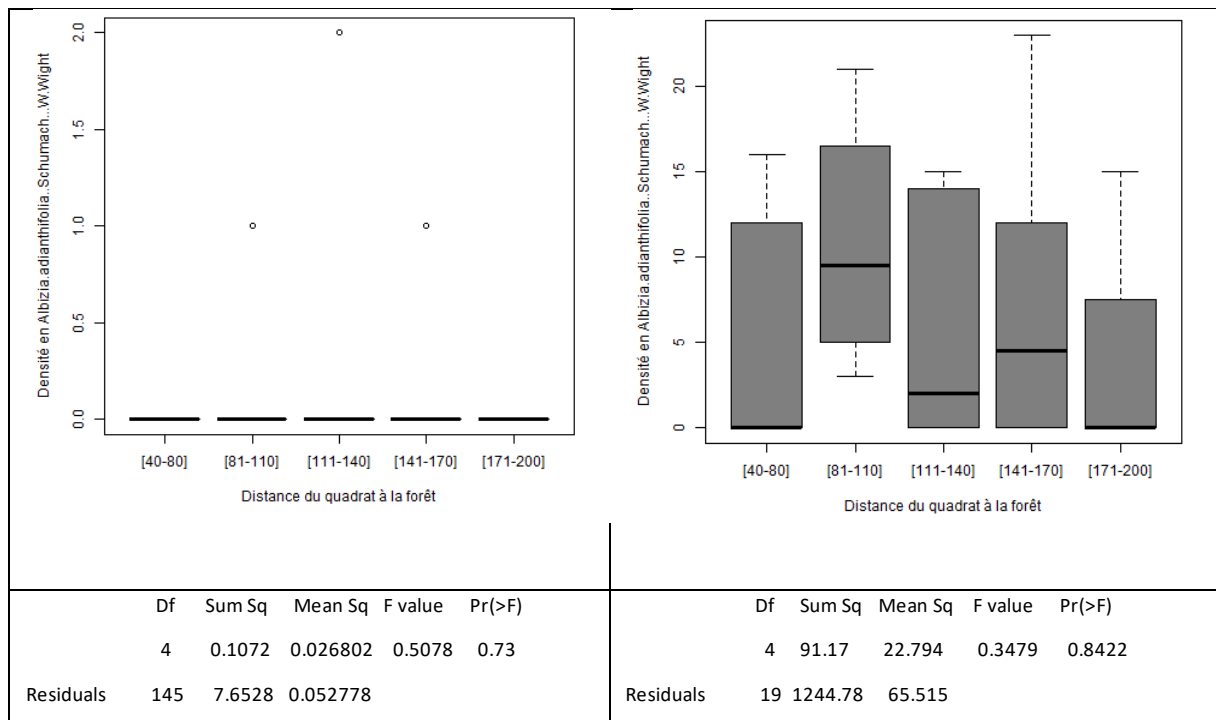


FIGURE 18 : ÉVOLUTION DE LA DENSITÉ D'*ALBIZIA ADIANTHIFOLIA* DES QUADRATS EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA FORET. À GAUCHE POUR LES ARBRES, A DROITE POUR LA REGENERATION, ACCOMPAGNEE DES RESULTATS DES TESTS ANOVA.

Discussion

Plusieurs observations peuvent être faites pour conclure cette étude. Tout d'abord, il est important de rappeler que cette recherche s'inscrit dans un processus à long terme, ce qui signifie que les paramètres mesurés lors des campagnes de terrain ne sont pas systématiquement utilisés immédiatement. Toutefois, ces valeurs seront précieuses avec le temps, notamment pour suivre la recolonisation, la mortalité, les variations de hauteur moyenne, de diamètre à hauteur de poitrine (DBH), ou encore les changements de couverture arborée. Sur le paramètre distance à la forêt, aucune variation significative n'a été observée pour les paramètres mesurés, tels que la hauteur des arbres, le DBH, la densité, la richesse spécifique ou la couverture arborée. Concernant la diminution de la densité d'*Hymenocardia acida* à mesure que la distance à la forêt augmente, des hypothèses peuvent être avancées : une compétition plus rude au jeune stade en bordure de forêt et des conditions en bordure de lisière qui ne correspondent peut-être pas à l'optimum écologique de l'espèce. L'absence d'espèces pionnières forestières, telles qu'*Aucoumea klaineana*, *Lophira alata* et *Sacoglottis gabonensis*, dans les relevés pourrait s'expliquer par la fréquence encore élevée des feux de brousse. En revanche, une forte représentation d'*Albizia adianthifolia* en phase de recolonisation a été constatée, mais sa présence reste très faible à des stades plus avancés. Ceci suggère que cette espèce pourrait être pris dans le « piège à feu » par les incendies trop fréquents, empêchant la croissance des jeunes arbres. L'observation de plusieurs adultes morts sur pied soulève également des questions sur un possible changement récent dans la gestion du feu. En cas de protection de la savane, les feux qui suivent peuvent être plus destructeurs en raison d'une accumulation de combustible herbacé. Il est envisageable que la création de pare-feu pour les plantations et les pistes de déplacement ait involontairement protégé certaines zones, augmentant ainsi l'intensité des feux. Pour pallier ce problème, si cela se vérifie, une intervention humaine semble nécessaire, incluant des méthodes comme une protection totale, la mise en place de nombreux pare-feu ou encore le fauchage ou le pâturage des herbes. Cependant, il sera essentiel d'étudier attentivement les impacts potentiels de ces modes de gestion. Dans tous les cas, il est crucial de renforcer la protection contre les feux, car lors des relevés de 2024, un incendie a brûlé une grande partie des placettes permanentes d'échantillonnage (PSP) dans la zone de conservation. En réponse, des pare-feux ont été installés autour des PSP, mais cette mesure n'est qu'une solution curative pour assurer le bon déroulement de l'étude et ne résout pas le problème des feux de manière globale. Enfin, dans une optique d'évaluer un impact de la distance à la forêt, il serait également pertinent de modifier la méthodologie pour mieux évaluer l'impact de la distance à la forêt, en incluant des transects qui couvrent à la fois des sections de forêt et de savane, ce qui permettrait d'évaluer plus précisément la recolonisation ou la disparition de la forêt au fil des ans. À cet égard, l'utilisation des données de l'Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) pourrait être très bénéfique pour les futures campagnes, bien que cette EIES n'ait pas encore été validée par toutes les parties en 2024.

Quelques limites de l'étude sont à relever, les placettes 1, 2 et 3 n'ont pas suivi le même protocole de suivi, ce qui rend leur comparaison quelque peu délicate. De plus, le feu est passé sur une partie de la placette 1 avant le relevé de la régénération, entraînant l'absence de certaines données.

Bibliographie

- Ambassade du Congo. (s. d.). Ambassade du Congo En France. Consulté le 18 août 2024, à l'adresse <https://ambacongofr.org/>
- Assessment, M. E. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. World Resources Institute.
- Ballouche, A. & Rasse, M. (2007). *L'homme, artisan des paysages de savane*. Pour la Science. 358. 56-61.
- Calaque, R. (2005). *Présentation du Parc National des Plateaux Batéké & du projet WCS Gabon Plateaux Batéké*, PROJET PLATEAUX BATÉKÉ.
- Conférence de Yangambi. (1956). UNESCO Paris.
- Djiofack, B.Y., Beeckman, H., Bourland, N., Belanganayi, B.L., Laurent, F., Ilondea, B.A., Nsenga, L., Huart, A., Longwwango, M.M., Deklerck, V., Lejeune, G., Verbiest, W., Van den Bulcke, J., Van Acker, J., De Mil, T. & Hubau, W. (2024). *Protecting an artificial savanna as a nature-based solution to restore carbon and biodiversity in the Democratic Republic of the Congo*. Global Change Biology 30 e17154 <https://doi.org/10.1111/gcb.17154>
- Dubois, M.A. & Favier, C. (2006). *Pourquoi les mosaïques forêt-savane persistent-elles ? Why do forest-savannah mosaics still exist ?* Lettre PIGB-PMRC - Changement Global (19) 61-67 ISSN 1261-4246
- Enslin, B. W., Potgieter, A. L. F., Biggs, H. C., & Biggs, R. (2000). Long term effects of fire frequency and season on the woody vegetation dynamics of the *Sclerocarya birrea*/*Acacia nigrescens* savanna of the Kruger National Park. *Koedoe*, 43(1), 27-37.
- Fabri, R., & Symoens, J.J. (2000). Pierre Compère, de la carte de végétation du Bas-Congo au secrétariat du comité pour la nomenclature des algues. *Systematics and Geography of Plants*, 70(2), 227–233. <http://www.jstor.org/stable/3668641>
- FAO. (2020). Global forest resources assessment 2020 main report. Rome, Italie, 164p.
- FRM. (2020). *Plaquette commerciale*. Groupe FRM. 2p.
- Global Fire Initiative. (2004). *Fire Ecosystems and People: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue*. The Nature Conservancy
- Goma Boumba, h. b., Moutsambote, J.-M., & Samba- Kimbata, M. J. (2018). Détection des changements de la végétation de la Férve de Faune de la Léfini (République du Congo) de 2001à 2018 et enjeux de gestion durable. (1), 15-30.
- Guizol, P., Diakhite, M., Seka, J., Bring, C., Mbonayem, L., Awono, A., Essamba, L. (2022). La restauration des paysages forestier (RPF) en Afrique centrale. CIFOR, Bogor, Indonésie. doi: 10.17528/cifor/008565
- Hamilton, A.C. (1976). *The significance of patterns of distribution shown by forest plants and animals in tropical Africa Annals of the Missouri Botanical Garden*. 63(3) 556-600
- Happi, J.Y., Bonvallot, J., Achoundong, G., Dessay, N., Guillet, B., Schwartz, D., Peltre, P., Simmoneaux, V., & Servant, M. (2003). Bilan de la dynamique du contact forêt-savane en

- quarante ans (1950-1990). In A. Froment & J. Guffroy (éds.), *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales* (1-). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.1507>
- Hollat, L.A. & Gloire, A.M. (). *Synthèse de la végétation des savanes de Plateaux Batéké*. Dans le sud-Est de la République du Congo. Projet IBINA. SPF2B. 53p.
- Kimbatsa, F., Mahoungou, E. & Ofoueme, Y. (2018). L'importance de l'horticulture dans la lutte contre l'insécurité alimentaire, la pauvreté et la protection de l'environnement à Brazzaville (République du Congo). *Études caribéennes*. 40. 10.4000/etudescaribeennes.12382.
- Lubalega, T. (2016). *Évolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi-village, sur le plateau des Bateke, en République Démocratique du Congo* (Doctoral dissertation, Université Laval).
- Macron, E. (2015). Mesures de la Biodiversité. Master, Kourou, France. <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/cel-01205813v5>
- MAE. (s.d.). *Monographie départementale des PLATEAUX*. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAE) CERAPE et SOFRECO
- Maley, J. (1987). *Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques implications paléoclimatiques et biogéographiques*. *Palaeoecology of Africa and the surrounding islands* 18 307-334
- Mayaux, P., Bartholome, E., Fritz, S. & Belward, A. (2004). *A new land-cover map of Africa for the year 2000*. *Journal of Biogeography* 31 861-877
- Maziezoula, B., (1992). *Bulletin d'information des centres DGRST-ORSTOM du CONGO*. N°5 p3-5
- Ministère de l'économie forestière et du développement durable. (2014). *Etude de la spatialisation et de pondération des causes de la déforestation et de la dégradation forestière*
- Nieto-Quintano, P., Mitchard, E. T., Odende, R., Batsa Mouwembe, M. A., Rayden, T., & Ryan, C. M. (2018). The mesic savannas of the Bateke Plateau: carbon stocks and floristic composition. *Biotropica*, 50(6), 868-880.
- Nna Ekome, S. C. (2020). Installation d'un dispositif de suivi des impacts de l'exploitation forestière sur la dynamique des forêts sempervirentes du Gabon. Mémoire de Master 2, Université des Sciences de Masuku. Gabon, 145p.
- Nsombo, B.M., Lumbuenamo, R.S., Lejoly, J., Aloni, J.K. & Mafuka, P.M. (2016). *Caractéristiques des sols sous savane et sous forêt naturelle sur le plateau des Batéké en République démocratique du Congo* *Tropicultura* 34(1) 87-97
- Nsongola, G., (2022). Inventaire floristique préliminaire des formations savaniques du projet FNC-Ngo. Juillet 2022. 21p.
- Peyrot, B., (1991). La géologie de l'Afrique Centrale. In: Lanfranchi R, Clist B (Eds) *Aux origines de l'Afrique Centrale*. Centre Culturel Français d'Afrique Centrale; Centre International des Civilisations Bantu, Libreville.
- Prance, G.T. (1982). *Forest refuges: evidence from woody angiosperms* In G T Prance (Ed) *Biological diversification in the tropics* (pp 137-158) Columbia University Press
- Rakotondrasoa, O. L., Malaisse, F., Rajoelison, G., Gaye, J., Razafimanantsoa, T. M., Rabearisoa, M., ... & Bogaert, J. (2013). Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de tapia (*Uapaca bojeri*) par une analyse sylvicole. *Tropicultura*, 31

Schwartz, D. et al (2000) Proceedings du Congrès ECOFIT à Bondy 1996

Solbrig, O.T., Medina, E., Silva, J.F. & Marengo, J.A. (1996). *The climatology and ecology of savannas* In Solbrig O T Medina E & Silva J F (Eds) Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes (pp 9-17) Springer-Verlag

Thornton, P.K. (2010). *Review Livestock Production: Recent Trends, Future Prospects*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365, 2853-2867.
<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>

Totalenergies. (2020). *Total et Forêt Ressources Management lancent la plantation d'une forêt de 40 000 hectares en République du Congo*

UICN. (2011). *Un monde d'opportunités pour la restauration des forêts et des paysages* Union internationale pour la conservation de la Nature Gland Suisse

Walters, G. (2010). *The Land Chief's embers: ethnobotany of Batéké fire regimes savanna vegetation and resource use in Gabon*. PhD thesis University College of London UK
<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/20195/>

Walters, G.M., Nguema, D. & Niangadouma, R. (2022). *Flora and fire in an old-growth Central African forest-savanna mosaic: A checklist of the Parc National des Plateaux Batéké (Gabon)* Plant Ecology and Evolution 155(2) 189-206 <https://doi.org/10.5091/plecevo.85954>

White, L., Oslisly, R., Abernathy, K. & Maley, J. (2000). *L'Okoumé (Aucoumea klaineana) : expansion et déclin d'un arbre pionnier en Afrique centrale Atlantique au cours de l'Holocène*. in Dynamique à long terme des Ecosystèmes forestiers intertropicaux, Servant M. et Servant-Vildary, S. (eds) : 399-411. Mémoire UNESCO, Paris.

Sources informatiques (Logiciels et packages)

Auguie, B. (2017). *_gridExtra: Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics_*. R package version 2.3, <<https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>>.

Kassambara, A., Mundt, F., (2020). *_factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses_*. R package version 1.0.7, <<https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>>.

Kolde, R. (2019). *_pheatmap: Pretty Heatmaps_*. R package version 1.0.12, <<https://CRAN.R-project.org/package=pheatmap>>.

Neuwirth, E. (2022). *_RColorBrewer: ColorBrewer Palettes_*. R package version 1.1-3, <<https://CRAN.R-project.org/package=RColorBrewer>>.

Ogle, DH., Doll, J.C., Wheeler, A.P., Dinno, A. (2023). *_FSA: Simple Fisheries Stock Methods_*. R package version 0.9.5, <<https://CRAN.R-project.org/package=FSA>>.

Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C. & Weedon, J. (2022). *_vegan: Community Ecology Package_*. R package version 2.6-4, <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.

QGIS. (s.d.). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <<http://www.qgis.org>>.

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>>.

Schloerke, B., Cook, D., Larmarange, J., Briatte, F., Marbach, M., Thoen, E., Elberg, A., Crowley, J. (2024). `_GGally`: Extension to 'ggplot2'_. R package version 2.2.1, <<https://CRAN.R-project.org/package=GGally>>.

Le, S., Josse, J. & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01.

Zeileis, A. & Hothorn, T. (2002). Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News* 2(3), 7-10. URL <<https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>>.

Wickham. H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. Wickham H, François R, Henry L, Müller K, Vaughan D (2023). `_dplyr`: A Grammar of Data Manipulation_. R package version 1.1.3, <<https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>.

Annexe

ANNEXE 1 : HERBIER DES ARBRES ET ARBUSTES OBSERVES



Albizia adianthifolia (Schumach.)
W.Wight, 1909
Mimosaceae

Observé le : 30 mars 2024
Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



***Annona senegalensis subsp
oulotricha***

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Bridelia ferruginea

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Dichrostachys cinerea

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Oncoba welwitschii

Flacourtiaceae

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Eriosema psoraleoides

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



(Feuilles opposé par 2, 5 folioles en général) ***Vitex doniana***

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Anthocleista schweinfurthii

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Maprounea africana

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Gardenia erubescens

Observé le : 21 avril 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Hymenocardia acida

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Psorospermum febrifugum

Observé le : 30 mars 2024

Photos de deux individus

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Sarcocephalus latifolius

Observé le : 30 mars 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Vitex madiensis

Observé le : 30 mars 2024

(2 individus observés)

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.



Strychnos spinosa

Observé le : 29 avril 2024

Lieu : Zone de conservation du
projet BaCaSi, Savane
moyennement dense.

ANNEXE 2 : PROTOCOLE UTILISÉ POUR LA MISE EN PLACE DE PSP

Protocole PSP

Après détermination du point d'ancrage de la placette.

- Développer vers l'Est, puis vers le Nord, puis vers l'Ouest et enfin vers le Sud des layons relativement larges, chaque distance de 100 mètres sera faite en faisant 2 fois 50 mètres avec le mètre ruban.

- Matérialiser la placette par des fossés en forme de L ou d'angle droit à chaque coin

100	5	6	15	16	25	
80	4	7	14	17	24	
60	3	8	13	18	23	
40	2	9	12	19	22	
20	1	10	11	20	21	
0						
	0	20	40	60	80	100

- Sur un des layons mesurer 20 m et tracer un layon plus petit perpendiculaire.

- Répéter l'opération 4 fois pour le layon, puis faire de même avec un autre layon principal perpendiculaire.

- Repérer les quadrats créés et la numérotation associée

Dans chaque quadrats :

- Repérer un arbre, un arbuste ou une tige nouvelle

- Mesurer le dbh à 1,30 m (± 5 cm) au-dessus du sol en suivant le protocole suivant :

- Tronc circulaire entre 1,30 m et 4,50 m : **aller à 1**
- Tronc non circulaire entre 1,30 m et 4,50 m
 - Prendre la mesure à 1,30 m ou au-dessus des contreforts ou racines échasses (marquer l'anneau en pointillés). Si les contreforts ou racines échasses dépassent 4,50 m, estimer le diamètre au-dessus ainsi que la hauteur de mesure.
- **1**
 - Espèce sans contreforts ou racines échasses : **aller à 2**
 - Espèce avec contreforts ou racines échasses : **aller à 3**
- **2**
 - Tronc circulaire à 1,30 m (± 5 cm)
 - Poser l'anneau de mesure à 1,30 m (± 5 cm)

- Tronc circulaire entre 1,30 m (± 5 cm) et 4,50 m (± 5 cm)
 - Poser l'anneau de mesure à la hauteur la plus basse où le tronc est circulaire
- 3
 - Espèce dont les contreforts ou racines échasses dépasseront théoriquement 4,50 m :
aller à 4
 - Espèce dont les contreforts ou racines échasses ne dépasseront théoriquement pas 4,50 m
 - Poser l'anneau 1m au-dessus de l'extrémité du contrefort ou de la dernière racine échasse
- 4
 - Tronc circulaire à 4,50 m
 - Poser l'anneau de mesure à 4,50 m (± 5 cm) et prendre une mesure au-dessus des contreforts ou de la dernière racine échasse en notant la hauteur de mesure.
 - Tronc non circulaire à 4,50 m
 - Poser l'anneau de mesure à la hauteur la plus élevée où le tronc est circulaire et prendre une mesure au-dessus des contreforts ou de la dernière racine échasse en notant la hauteur de mesure.
 - Arbre déclassé
 - Le trait de peinture est marqué en pointillé et le diamètre est estimé.

• **Dbh > 5 cm (10 cm pour les placettes P1, P2 et P3) :**

- Nettoyer la zone de mesure de le dbh, gratter le tronc de l'arbre avec la face non tranchante d'une machette, puis brosser
- Matérialiser avec de la peinture et du ruban adhésif la position du dbh.

Cas particulier :

- Si l'arbre est fourchu en-dessous de 1.30 m :
 - * les traits de peintures sont appliqués sur chacun des brins issus de la fourche à 1.30 m et deux numéros décimaux (ex. : 164.1 et 164.2) leur sont attribués
- Si la fourche se situe proche de la hauteur de référence :
 - * le trait de peinture sera décalé vers le haut, si possible dans une limite de 50 cm sur le tronc là où la conformation est la meilleure
- Si l'arbre présente une déformation locale du tronc :
 - * le trait de peinture doit être remonté jusqu'à trouver une zone cylindrique dégagée de l'influence de la déformation. Il est parfois préférable de descendre le trait de mesure, dans une limite de 50 cm, plutôt que de le remonter de plus de 50 cm
- Si l'arbre n'est pas cylindrique, et la déformation touche tout le tronc (ou s'étend au-delà de 4,50 m) :

* le trait de mesure est posé à la hauteur de référence et il est inutile de le déplacer par la suite

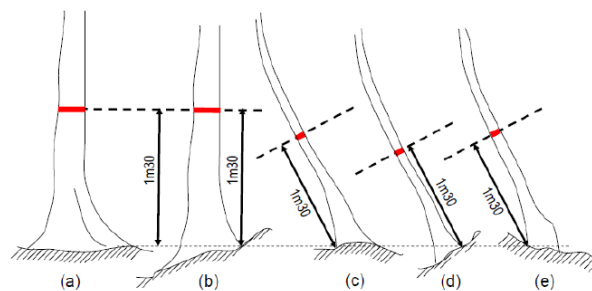


FIGURE 7.6 – Positionnement du trait de peinture à la hauteur de référence. (a) Arbre droit, terrain plat. (b) Arbre droit, sur une pente. (c) Arbre penché, terrain plat. (d) et (e) Arbre penché, sur une pente. (Source : Picard and Gourlet-Fleury (2008))

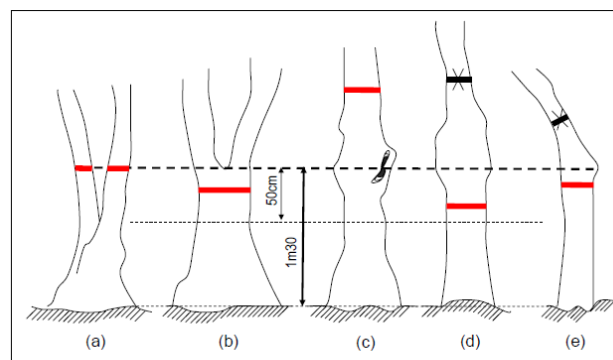


FIG. 3.11 – Positionnement du trait de peinture (suite) chez les arbres présentant fourches et déformations du tronc. (a) Fourche en-dessous de 1,30 m. (b) Fourche à 1,30 m. (c) Déformation à 1,30 m, le tronc présente des zones cylindriques de circonférence proche en-dessous et au-dessus de la hauteur de référence : on remonte le trait. (d) et (e) Déformations à 1,30 m, le tronc présente des zones cylindriques de circonférence très différente en-dessous et au-dessus de la hauteur de référence : il est préférable de descendre le trait de peinture, dans la limite de 50 cm.

- Attribuer un identifiant et le peindre aussi
- Identifier l'espèce, si impossible prélever de quoi la déterminer au bureau.
- Noter le dbh et la hauteur à laquelle elle a été prise.
- Mesurer la hauteur de l'arbre (En savane toutes les hauteurs sont relevées)

Se placer de manière à voir la cime, et relever la distance d'éloignement (L)
Avec le clinomètre SUUNTO la pente en visant la cime **pente OS** et la pente en visant à 1,30 m **pente OP**.

$$h=L(\text{pente OS}-\text{pente OP})/100$$

Sur terrain plat. Se placer à une certaine distance de l'arbre pour obtenir une pente de 100 en visant la cime. Mesurer cette distance. Ajouter la hauteur de l'œil de l'observateur. Il s'agit de la hauteur de l'arbre.

-Déterminer précisément les coordonnées de l'individu avec la méthodologie suivante :

Deux décimètres sont positionnés le long des layons, en x et en y. Une personne A se déplace au sein du quadrat et passe d'arbre en arbre. Deux personnes B et C se placent avec une boussole respectivement le long des deux décimètres et visent l'arbre désigné par la personne A de manière perpendiculaire. La lecture de la projection sur le décimètre donne la valeur x ou y relativement à l'origine du quadrat.

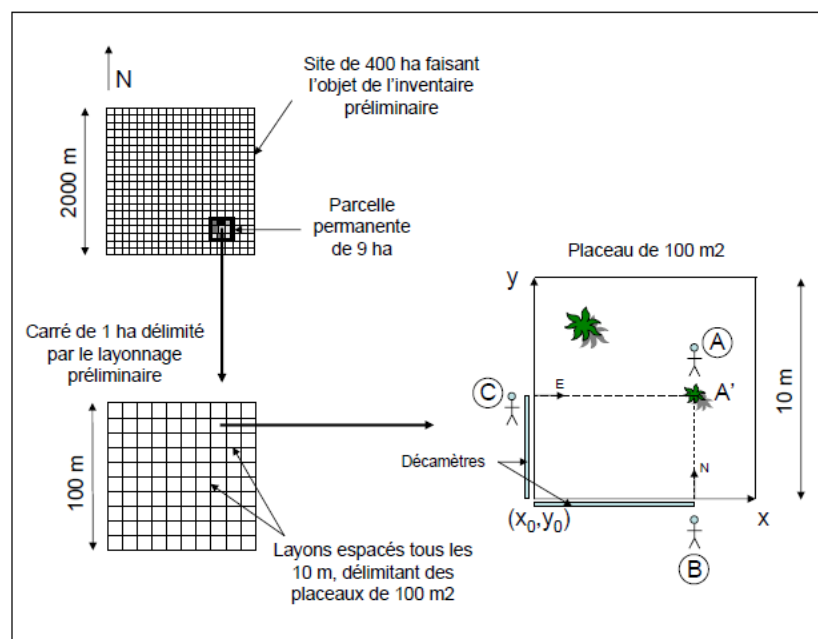
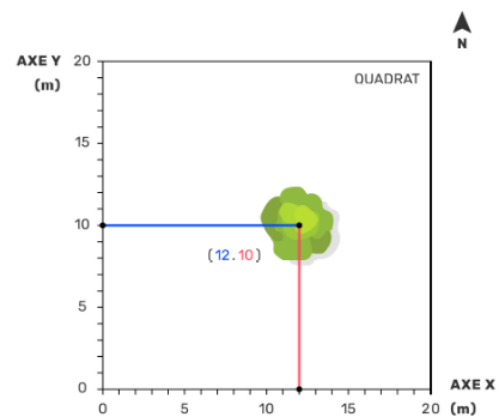


FIG. 3.6 – *Positionnement des arbres par la méthode classique, utilisant boussoles et décimètres.* Dans chaque placeau de 100 m², les arbres doivent être positionnés relativement au repère (x_0, y_0) pour éviter les erreurs : ainsi, sur les fiches de terrain, les arbres auront toujours des coordonnées comprises entre 0 et 10 m. Au bureau, il faudra ensuite affecter aux arbres leurs coordonnées définitives, c'est-à-dire dans un repère dont l'origine est située au coin sud-ouest de la parcelle permanente. Pour cela, il faut que chaque placeau (resp. chaque carré) ait été correctement identifié par son numéro au sein de chaque carré de 1 ha (resp. chaque parcelle) : (voir fig. 3.8). Dans le cas représenté ici, le placeau inventorié est le n° 79, dans le carré n° 5. Les coordonnées de son repère sont donc $x_0 = 170$ m et $y_0 = 180$ m. Toutes les coordonnées (x, y) des arbres positionnés dans ce placeau seront corrigées pour obtenir les coordonnées finales (x_f, y_f) de la manière suivante : $x_f = x_0 + x$, $y_f = y_0 + y$.

-Déterminer l'exposition de la couronne à la lumière directe, numéroté de 1 à 5.

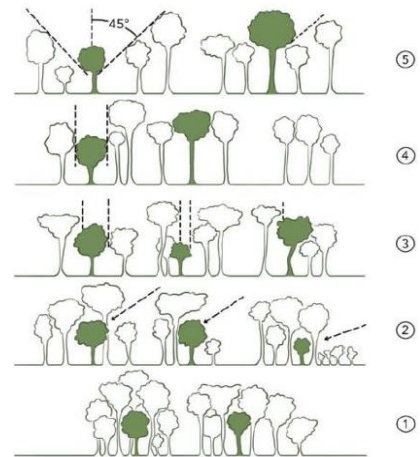
Le 5 représente un arbre dont la couronne est **totale**ment exposée à la lumière directe.

Le 4 un arbre de la **strate supérieure** avec couronne totalement exposée à la lumière directe **verticale**.

Le 3 un arbre de la **strate intermédiaire** avec couronne exposée à la lumière directe **verticale**.

Le 2 un arbre de la **strate inférieure** avec couronne exposée potentiellement à la lumière indirecte.

Le 1 représente ainsi un arbre de la **strate inférieure**, avec une couronne **non** exposée à la lumière directe.



- **Dbh < 5 cm :**

Ne pas prendre en compte le ligneux

Excepté pour le comptage de la régénération naturelle.

- Délimiter dans un des coins de la placette principale une sous placette carrées de 64 m² (8 m x 8 m)
- Repérer les ligneux (semis naturels, rejets de souche et drageons) compris dans l'intervalle :

Diamètre au collet 1cm < *ligneux mesurés* < Dbh 5 cm

- Déterminer l'espèce
- Déterminer la hauteur soit par mesure direct soit par la méthodologie précédente
- Effectuer cela pour les quatre coins

Résumé : En lien avec l'objectif de restaurer 350 millions d'hectares de terres déboisées et dégradées, promu par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (Nations Unies, 2019-2020), le Congo s'est engagé à restaurer 6 % de sa superficie, soit 2 millions d'hectares de terres dégradées, d'ici 2030 (Guizol et al., 2022). Parmi les méthodes retenues, la restauration active joue un rôle central. C'est dans ce cadre que des programmes de plantation forestière voient le jour, notamment dans les savanes anthropiques considérées comme dégradées, à l'instar du programme Batéké Carbon Sink (BaCaSi) lancé près de la ville de Ngo. Le présent travail, qui s'inscrit dans le volet recherche de BaCaSi, a pour objectif principal de caractériser l'état de dégradation des formations végétales de la RFL. Il vise ainsi à initier l'installation d'un réseau de placettes permanentes et à comparer la composition floristique, la diversité végétale et la structure des végétations. L'impact de l'homme y est discuté et des méthodes de gestion sont proposées.

Abstract : In line with the goal of restoring 350 million hectares of deforested and degraded lands, promoted by the International Union for Conservation of Nature (United Nations, 2019-2020), Congo has committed to restoring 6% of its land area, equivalent to 2 million hectares of degraded land, by 2030 (Guizol et al., 2022). Among the selected methods, active restoration plays a central role. Within this framework, forest plantation programs are being developed, particularly in anthropogenic savannas considered degraded, such as the Batéké Carbon Sink (BaCaSi) program launched near the town of Ngo. The present work, which is part of BaCaSi's research component, primarily aims to characterize the state of degradation of the vegetation formations in the RFL. It seeks to initiate the installation of a network of permanent plots and to compare the floristic composition, plant diversity, and vegetation structure. The impact of human activity is discussed, and management methods are proposed.

Mots clefs : Congo, *Acacia mangium*, Savane, Placette de suivi permanent, Plantation forestière

FRM : 60 Rue Henri Fabre, 34130 Mauguio

Tuteur entreprise : Paul Bertaux

Tuteur académique : Francis Isselin