
Etude de la régénération naturelle sous couvert forestier de cinq semenciers dans la Réserve de Biosphère de Luki (RD Congo)

Isabelle Isungu Wossar^{1,4*}, Tolérant Lubalega Kimbamba^{2,3} ; Joseph Lumande Kasali¹, Bonaventure Masens Da-musa Yung¹, Emile Etumangele Aseke⁴, Aloni Komanda¹, Richard Gasigwa Sabimana²

⁽¹⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences. Département de Biologie. BP 190 Kinshasa XI (RDC)

⁽²⁾Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques(INERA). Antenne de Gestion et conservation des ressources naturelles (GCRN/Luki). BP 2037 Kinshasa (RDC)

⁽³⁾Université de Kikwit. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Phytotechnie. BP 76 Kikwit (RDC)

⁽⁴⁾Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe. Section Sciences Exactes. Département de Biologie et Techniques Appliquées. BP Kinshasa (RDC).

Reçu le 10 août 2022, **accepté** le 07 octobre 2022, **publié en ligne** le 29 octobre 2022

RESUME

Description du sujet. La régénération naturelle sous couvert forestier est une pratique agroforestière visant la reconstitution des ligneux pérennes sans le concours de l'homme. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée dans la Réserve de Biosphère de Luki (RBL) en République Démocratique du Congo.

Objectif. Cette étude a comme objectif de dresser un portrait de régénération naturelle installée sous le couvert de semenciers de cinq espèces forestières dans la RBL et d'évaluer la dynamique de croissance de régénérat de ces semenciers.

Méthodes. La méthode d'inventaire dendrométrique a été utilisée selon un plan d'échantillonnage aléatoire de cinq semenciers. Les analyses physico-chimiques du sol et multivariées dont l'analyse canonique des correspondances (ACC) ont été effectuées sur les variables écologiques. Les échantillons des sols ont été prélevés sur chaque semencier à l'aide de la tarière pédologique suivant la progression parcellaire du semencier. Au total, six prélèvements ont été réalisés dans chaque parcelle.

Résultats. Il ressort de cette étude que les facteurs écologiques notamment les propriétés physico-chimiques du sol de Luki influencent la régénération naturelle sous le couvert de cinq semenciers forestiers disponibles dans la RBL. La dynamique de croissance de régénérat des cinq semenciers diffère d'un semencier à l'autre.

Conclusion. Cette étude fournit une base de données sur les essences forestières susceptibles d'orienter les décideurs dans la conservation de la biodiversité et l'aménagement de la RBL. Des recherches sont encore souhaitables sur la séquestration de carbone par les cinq essences étudiées.

Mots-clés : Semenciers, propriétés physicochimiques, régénérats, Réserve de Biosphère de Luki, RDC

ABSTRACT

Study of the natural regeneration under forest cover of five seed trees in the Luki Biosphere Reserve (DR Congo)

Description of the subject. Natural regeneration under forest cover is an agroforestry practice aimed at reconstituting perennial woody species without the help of humans. It is in this context that this study was conducted in the Luki Biosphere Reserve (RBL) in the Democratic Republic of Congo.

Objective.

The objective of this study is to draw a portrait of natural regeneration installed under the cover of seed trees of five forest species in the RBL and to evaluate the regenerate growth dynamics of these seed trees.

Methods. The dendrometric inventory method was used according to a random sampling plan of five seed companies. The physico-chemical analyzes of the soil and the multivariate analyzes including the canonical correspondence analysis (CCA) were carried out on the ecological variables. Soil samples were taken from each seed company using the soil auger following the plot progression of the seed company. A total, of six samples were taken from each plot.

Results. It appears from this study that the ecological factors including the physico-chemical properties of the soil of Luki influence the natural regeneration under the cover of five forest seeds available in the RBL. The regenerate growth dynamics of the five seed companies differ from one Seed Company to another.

Conclusion. Cette étude fournit une base de données sur les essences forestières susceptibles d'orienter les décideurs dans la conservation de la biodiversité et l'aménagement de la RBL. Des recherches ultérieures sont encore souhaitables sur la séquestration de carbone par les cinq essences étudiées

Keywords: Seeds, physicochemical properties, regenerates, Luki Biosphere Reserve, DRC

1. INTRODUCTION

Les formations végétales restent à ce jour une source de revenu et de nourriture par excellence dont l'accès est facile pour les humains vivant à proximité (Lubalega *et al.*, 2021). Mais, les prélèvements inappropriés des ressources naturelles effectués par les populations riveraines constituent des pressions importantes auxquelles ces ressources doivent faire face (Douglas *et al.*, 2004 ; Almanach, 2014 ; Nyange, 2014 ; Mananga, 2016). Ces pressions engendrent la déforestation et la dégradation du sol (Putz *et al.*, 2001 ; Anonyme, 2015). Cette conversion a un impact sur la composition, la structure et les fonctions de la formation végétale (Sayer *et al.*, 1995 ; Luckert et William, 2005). Les récents travaux de Baraloto (2003) rapportent que la régénération naturelle comprend l'ensemble des processus biologiques et écologiques qui permettent aux peuplements de se renouveler. La forêt semi-décidue de Luki, faisant partie des forêts tropicales, présente une particularité dans les caractéristiques principales du contexte écologique dans lequel la régénération naturelle se déroule.

La compréhension du processus de la régénération naturelle passe par la connaissance des conditions environnementales telles que l'humidité du sol, l'épaisseur de la litière, la qualité du sol, de la lumière, ou la température, par exemple. Un grand nombre d'espèces a des graines qui ne germent que dans les conditions environnementales liées à un chablis (Dalling *et al.*, 1998). Par ailleurs, l'état de réceptivité du sol prépondérant et les accidents liés au substrat ou au support sur lesquels les plantes croissent influent directement sur la suite ou l'arrêt du processus (Baraloto, 2003).

La durabilité de ces systèmes de production repose sur la capacité à maintenir leur fertilité sur le long terme, à un coût acceptable, c'est-à-dire, à concevoir une intensification écologique de la productivité sous la régénération naturelle. L'association d'espèces forestières fixatrices d'azote aux espèces d'intérêt économique est une des solutions envisagées pour relever le défi d'insuffisance de régénération naturelle sous certains semenciers sous forme des plantations à courte rotation (Lubalega *et al.*, 2018). La matière

organique du sol (MOS) joue un rôle fondamental dans le maintien de la fertilité des sols via ses effets sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques. L'importance des pools de MOS dépend des apports de matière organique (via les chutes de litières, le turnover des racines et des mycorhizes et les exsudats racinaires), et des pertes de C, principalement via la respiration hétérotrophe due à la décomposition des litières et de la MOS. Les changements d'utilisation des terres sont susceptibles de modifier les apports de C au sol, le microclimat, les vitesses de décomposition de la matière organique, et donc les stocks de MOS et la fertilité des sols, ainsi que la contribution d'un territoire au stockage durable du carbone et à l'atténuation de l'effet de serre.

Le fait que la gestion durable des essences forestières nécessite une bonne connaissance de leurs caractéristiques écologiques et dynamiques, il est utile d'étudier la régénération naturelle de cinq essences semencières en vue d'envisager les possibilités de régénération naturelle assistée, à une échelle permettant la reconstitution dans et autour de la Réserve de Biosphère de Luki. C'est dans cette optique que se situe l'influence des facteurs écologiques sur la régénération naturelle sous les semenciers en étude.

L'objectif de cette recherche est de dresser un portrait de régénération naturelle installée sous le couvert de semenciers de cinq espèces forestières et d'évaluer la dynamique de croissance de régénérat de ces semenciers. Cette étude fournit une base de données sur les essences forestières susceptibles d'orienter les décideurs dans la conservation de la biodiversité et l'aménagement de la RBL.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la Réserve de Biosphère de Luki. Celle-ci s'étend entre 5°35' et 5°45' de latitude Sud et entre 13°07' et 13°15' de longitude Est et située entre 150 et plus de 500 m l'altitude. La Réserve de Biosphère de Luki baigne dans un climat du type AW₅ selon la classification de Köppen avec 5 mois de saison

sèche s'étendant de mi-mai à mi-octobre. Les précipitations annuelles moyennes oscillent entre 1150 et 1500 mm avec une température moyenne annuelle qui varie de 25 à 30 °C (Lubalega et Mananga, 2018). Les sols sont ferrallitiques (oxisols) caractérisés par la présence d'oxydes de fer et d'aluminium (Tutula, 1968 ; Mukendi, 1973 ; Hubau, 2013).



Figure 1. Carte de localisation du milieu d'étude : Luki

2.2. Dispositif, échantillon et mesures

Cinq espèces forestières (*Pioria balsamifera*, *Piptadeniastrum africanum*; *Lovoa trichiloides*, *Pteleopsis hylodendron* et *Terminalia superba*) ont été sélectionnées au sein de la forêt primaire mixte de la Réserve de Biosphère de Luki (RBL), comme semenciers, et ont fait l'objet d'étude de la régénération naturelle par un échantillonnage en futaie (Lejeune et Verrue, 2002). Les échantillons des sols ont été prélevés sous chaque semencier selon un plan d'échantillonnage aléatoire et n'a concerné que les trente premiers centimètres du sol après avoir mis de côté la litière qui couvre les différents sols. Ceux-ci étaient prélevés à l'aide de la tarière pédologique suivant la progression parcellaire du semencier, soit au total 20 prélèvements dans chaque parcelle. Pour chaque parcelle, les 30 échantillons ont été mélangés avant le quartage de l'échantillon composite observé. Cet échantillonnage a permis d'analyser les propriétés physico-chimiques du sol, et d'interpréter les comportements des arbres sur ce gradient écologique en mettant en relation la richesse spécifique et les substrats qui les portent.

Les analyses pédologiques (N, P, K, Na, Ca, Mg, pH, carbone organique total, texture) ont été effectuées au Laboratoire de sol de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa (UNIKIN), en RDC, en suivant les méthodes décrites dans Kalra et Maynard (1991). L'azote a été déterminé par la combustion à haute température (900 °C) des échantillons et analysé par chromatographie des gaz produits par cette combustion alors que les éléments toxiques ont été mesurés en utilisant la méthodologie par digestion totale avec HNO₃/HF au four à micro-ondes. Les pH des toutes les solutions ont été mesurés à l'aide d'une électrode de verre raccordée à un pH-mètre. La

méthode de Walkey Black a été utilisée pour l'analyse de carbone organique total. Un gramme de terre broyée à 200 µm a été oxydé par du bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇ 0,1 N) en milieu fortement acide (H₂SO₄ 56%). Il s'agit d'une réaction exothermique normale accélérée par chauffage. La mesure revient à titrer l'excès d'oxydant par un sel réducteur (sel de Mohr–Fe (NH₄)₂(SO₄).6H₂O) en présence d'un indicateur, la diphenylamine qui permet de visualiser la fin de la réaction (virage du violet au vert foncé) mais également en présence d'un « complexant » (NaF) qui empêche l'indicateur d'agir avant que la réaction ne soit complète. L'analyse granulométrique a été faite au laboratoire de Physique du sol. Les particules des sols échantillonnés sont classées en fonction de leur diamètre.

Un certain nombre de prétraitements destinés à éliminer des ciments entre les particules sont mis en œuvre : (i) Élimination de la matière organique qui s'effectue par oxydation avec l'eau oxygénée (H₂O₂ 30% vol); (ii) Destruction des liaisons dues aux carbonates par l'acide chlorhydrique (4 N) ; (iii) Destruction par l'acide chlorhydrique (0,2 N) des liens calciques.

Il est alors nécessaire de disperser correctement chaque particule (peptisation) et d'empêcher la formation d'agglomérats (floculation) qui fausseraient l'analyse granulométrique. On procède alors à la séparation des sables et des autres fractions par tamisage humide sur tamis de 50 µm : (i) Les fractions fines de 0 à 50 µm (argiles et limons) sont mesurées après sédimentation via la pipette Robinson automatisée. L'analyse repose sur la loi de Stokes ; (ii) La fraction sableuse de 50 µm à 2 mm est pesée après évaporation de l'eau à l'étuve (105 °C) pendant environ 24 heures.

2.3 Analyse des données

Les principales espèces composantes du régénérat des cinq essences semencières ont été dénombrées et déterminées suivant leur abondance, selon les études de Duvigneaud (1949), White (1983), Lubini (2003) et Belesi (2009). L'analyse canonique des correspondances (ACC) a été effectuée sur les variables écologiques comme les propriétés chimiques du sol (N, P, K, Na, Ca, Mg, pH, carbone organique total, la granulométrie des différents sols) et les variables de croissance des régénérats. Cette ACC a permis d'explorer les relations pouvant exister entre les deux groupes de variables : variables écologiques environnementales et variables de croissance des individus présents sous le couvert du semencier.

3. RÉSULTATS

3.1. Abondance du régénérat par semencier

L'abondance du régénérat par semencier dans cette étude est représentée sous forme de la répartition parcellaire pour chacune d'espèce semencière. La figure 2 ci-après met en évidence cette répartition.

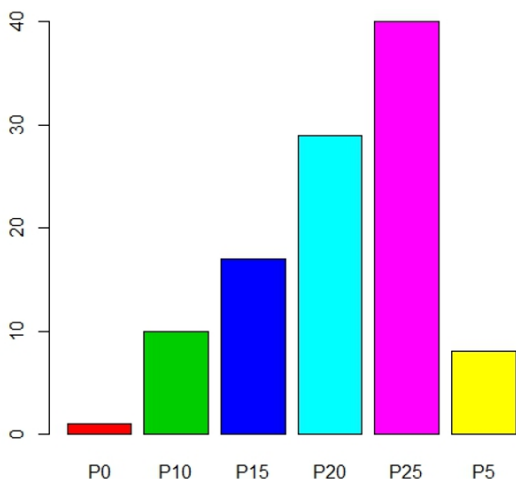


Figure 2. Abondance du régénérat par semencier et sa répartition parcellaire

Lovoa trichiloides 1

La régénération naturelle sous couvert de *Lovoa trichiloides* (Lovoal 1) a été exprimée en pourcentage d'espèces compagnes. Il y a 153 pieds de différentes espèces constituant le régénérat sous le couvert du semencier reparti respectivement comme suite : une prédominance de l'espèce *Aidia ochroleuca* soit 35,2 %, suivi respectivement de l'espèce *Corynanthe paniculata*, soit 9,5 %, *Dacryodes buettneri* 6,7 %, de *Greenwayodendron swaveolens*, *Xylopiawelwertschii*, *Maranthes glabra*, soit 3,8 %, de *Cola brunellii*, *Microdesmis puberula*, avec 2,9 % chacune, *Barteria nigriflora*, *Diospyros sp.*, *Hylodendron gabonense*, *Isolona dewevrei*, *Lovoa trichiloides*, *Manilkara sp.*, *Millettia drastica*, *Pseudospondias longifolia*, soit 1,9 % pour chacune. Les régénérats observés sous le couvert de ce semencier proviennent surtout de 18 familles botaniques. Les Rubiaceae viennent en tête avec 44 de l'ensemble des régénérats observés. Cette famille est suivie des Fabaceae, Annonaceae et Burseraceae avec respectivement 12,4 ; 9,5, et 6,7 du total. Les Acanthaceae, Meliaceae, Passifloraceae, Sapotaceae et Malvaceae ressemblent chacune 2,9 de l'ensemble de régénérats répertoriés. Quant aux Rosaceae, Moraceae et Euphorbiaceae et Ebenaceae, elles sont faiblement représentées avec 1,9 du total ; alors que les Verbenaceae, Salicaceae, Pandaceae, Olacaceae et

Myristicaceae sont très faiblement représentées au sein des régénérats recensés sous le *Lovoa trichiloides* (Lovoal).

Lovoa trichiloides 2

Sous le semencier *Lovoa trichiloides 2*, 151 tiges de semis (annexe) ont été répertoriées. Les espèces dominantes sont *Aidia ochroleuca*, *Xylopiawelwertschii*, soit 12%, suivi de *Corynanthe paniculata*, soit 10%, des *Dialium gosweleri*, *Ganophyllum giganteum*, *Hylodendron gabonense*, *Cola brunellii*, soit 6%. L'abondance des Familles botaniques exprimée en % sous le couvert de *Lovoa trichiloides 2*. Ces plantes appartiennent à 12 familles botaniques dont les plus importantes sont : les Rubiaceae (28 %), Fabaceae (24 %), Annonaceae (16 %), Myristicaceae, Malvaceae et Sapindaceae.

Lovoa trichiloides 3

Sous *Lovoa trichiloides 3*, soixante-six (66) pieds des différentes espèces constitutives du régénérat ont été inventoriés. Les individus les plus représentés sont : *Aidia ochroleuca* (25,8 %), *Xylopiawelwertschii* (13,6 %), *Pentahlerthra eetveldean* (12,1 %), *Piptadeniastrum africanum* (7,6 %), *Funtumia elastic* (6,1 %). Onze (11) familles botaniques ont été dénombrées (Fabaceae (28,8 %), Rubiaceae (27,3 %), Annonaceae (13,6 %), Meliaceae (9,1 %), Apocynaceae (6,1 %) et Phyllanthaceae (4,5).

Piptadeniastrum africanum 1

Répartition parcellaire

Au total, 126 pieds des différentes espèces sous le couvert du semencier de *Piptadeniastrum africanum 1* ont été identifiés. Les plus abondantes étaient : *Xylopiawelwertschii* (21,4 %), *Aidia ochroleuca* (13,5 %) et *Greenwayodendron swaveolens* (12,7 %).

Abondance (%) Familles botaniques sous le couvert de *Piptadeniastrum africanum 1*

Seize familles botaniques des spécimens différents ont été dénombrées sous couvert de l'écosystème de *Piptadeniastrum africanum 1*. Les plus abondantes étaient : Annonaceae (36,5 %), Fabaceae (27,0 %), Rubiaceae (15,1 %). Les familles des Apocynaceae, Chrysobalanaceae, Moraceae, Passifloraceae, Phyllanthaceae, Ruscaceae étaient faiblement représentées (0,8 %).

Piptadeniastrum africanum 2

Du point de vue répartition parcellaire, 118 pieds des spécimens différents sous le couvert de *Piptadeniastrum africanum 2* ont été dénombrés. Il

s'agit de *Xylopia welwertschii* (25,4 %), *Aidia ochroleuca* (22,90 %), *Hylo dendron gabonense* (11,0 %), *Dialium tesmani* (10,1 %) les plus représentées. Treize familles botaniques ont été dénombrées sous ce couvert dont les plus représentées sont : Annonaceae (34,7 %), Fabaceae (28,8 %) et Rubiaceae (25,4 %).

***Piptadeniastrum africanum* 3**

Sous *Piptadeniastrum africanum* 3, 113 pieds des espèces différentes ont été dénombrés. Ces plantes appartiennent à 28 espèces dont les plus importantes sont : *Xylopia welwertschii* (20,4 %), *Aidia ochroleuca* (16,8 %), *Hylo dendron gabonense* (9,7 %). Ces plantes sont réparties dans familles dont les plus importantes sont : Annonaceae (27,4 %), Rubiaceae (21,2 %), Fabaceae (20,4 %).

Prioria balsamifera

***Prioria balsamifera* 1**

En effet, 108 pieds des plantes ont été comptés sous couvert de l'écosystème de *Prioria* 1. Ces plantes appartiennent à 34 espèces, réparties dans 18 familles différentes. Les espèces *Cola brunellii* et *Isolona dewevrei* représentent (11,1 %) suivie de *Greenwayodendron swaveolens* (7,4 %). Les familles les plus représentées sont : Annonaceae (22,2 %), Fabaceae (19,4 %), Rubiaceae (12,0 %), Malvaceae (Sterculoideae) (11,1 %)

***Prioria balsamifera* 2**

Sous *Prioria balsamifera* 2, 116 pieds ont été comptés. Ces derniers appartiennent à 28 espèces, réparties en 14 familles. Les espèces les plus abondantes sont : *Corynanthe paniculate*, *Isolona dewevrei* (16,4 % et *Xylopia welwertschii* (13,8 %). Les familles les plus représentées sont : Annonaceae (33,6%), Rubiaceae (24,1 %) et Fabaceae (23,3 %),

***Prioria balsamifera* 3**

Sous *Prioria balsamifera* 3, il a été dénombré 94 pieds appartenant à 30 espèces dont les plus importantes sont : *Greenwayodendron swaveolens* (10,6 %) et *Cola brunellii* (9,6 %). Ces espèces appartiennent à 17 familles dont les plus diversifiées sont : Annonaceae (28,7 %), Fabaceae (23,4 %) et Malvaceae (Sterculoideae) (9,6 %).

***Pteleopsis hylo dendron* 1**

Sous *Pteleopsis* 1, 156 pieds appartenant à 44 espèces dont les plus importantes sont : *Xylopia welwertschii* (12,8 %) et *Isolona dewevrei* (11,5 %) ont été

dénombrés. Ces espèces appartiennent à 22 familles. Les familles des Annonaceae (28,8 %) et des Fabaceae (22,4 %) sont les familles les plus diversifiées

***Pteleopsis hylo dendron* 2**

Sous *Pteleopsis hylo dendron* 2, 182 pieds des plantes appartenant à 42 espèces dont les plus représentées ont été comptés. Il s'agit de : *Cola brunellii* (8,8 %) et *Isolona dewevrei*, (8,2 %). Ces plantes appartiennent à 25 Familles botaniques dont les plus importantes sont : Annonaceae et Fabaceae (1,4 %), Rubiaceae (13,7 %) et Malvaceae (Sterculoideae) (8,8 %)

***Pteleopsis hylo dendron* 3**

Sous *Pteleopsis hylo dendron* 3, 114 pieds des plantes ont été dénombrés. Ces plantes représentent 38 espèces regroupées en 18 familles. Les espèces les plus abondantes sont : *Aidia ochroleuca* (24,6 %), *Xylopia welwertschii* (10,5 %). Les familles des Rubiaceae (25,4 %), Annonaceae (20,2 %) et Fabaceae (17,5 %) sont les plus diversifiées.

***Terminalia superba* 1**

Sous *Terminalia superba* 1, 18 pieds des plantes qui appartiennent à 12 espèces réparties dans 18 familles ont été comptés. Les espèces les plus représentées sont : *Terminalia superba*, (22,2 %), *Ricinodendron heudelotii* (16,7 %), *Milicia exelsa* (11,1 %). Les familles les plus diversifiées sont : Combretaceae, Euphorbiaceae qui représentent respectivement (22,2 %) et celle des Moraceae (16,7 %).

***Terminalia superba* 2**

La Répartition parcellaire sous *Terminalia superba* 2 montre une régénération naturelle constituée de 96 pieds des plantes appartenant à 37 espèces, réparties en 18 familles. Les espèces dominantes sont *Terminalia superba* (12,5 %) et *Funtumia elastica* (9,4 %). Les familles des : Combretaceae et Euphorbiaceae (22,2%) sont les plus diversifiées.

***Terminalia superba* 3**

Du point de vu de la répartition parcellaire, 94 pieds ont été compté sous *Ternalia superba*. Ces plantes appartiennent à 39 espèces et 21 familles botaniques différentes. Les plus représentées sont *Terminalia superba* (11,7 %) et *Pycnanthus angolensis* (9,6 %). Les familles des Meliaceae (17 %), Fabaceae (16 %), Combretaceae (11,7 %) et Myristicaceae, (10,6 %) sont les plus diversifiées.

3.2. Comparaison de la dynamique de croissance des espèces sous les différents semenciers

Le tableau 1 présente la comparaison de la dynamique de croissance des différentes espèces sous les différentes espèces semencières étudiées.

Tableau 1. Comparaison de la dynamique de croissance des différentes espèces sous les différentes espèces.

Semenciers	Degré de liberté	hauteur (m)		Dhp (cm)		ST(m ² /ha)	
		F value	Pr(>F)	F value	Pr(>F)	F value	Pr(>F)
Lovoa	2	1,22	0,3	1742,00	1,36	1,09	0,34
Piptadenia	2	0,89	0,41	1,00	0,36	1,15	0,31
Prioria	2	0,10	0,89	0,82	0,44	0,20	0,81
Pteleopsis	2	17,27	5,99e-08 ***	1,30	0,27	1,80	0,16
Terminalia		10,45	4.88e-05 ***				

Selon les résultats du tableau 1, aucune différence significative n'a été observée au niveau de la croissance des paramètres : Dhp (cm), ST (m²/ha) de semenciers en études sauf pour *Terminalia superba* et *Pteleopsis*, et respectivement pour la hauteur (m) tel que le montre les figures 3 ci-après. *Lovoa trichiloides*, *Piptadeniastrum africanum*, *Prioria balsamifera*, *Pteleopsis* et *Terminalia superba* ; nous observons.

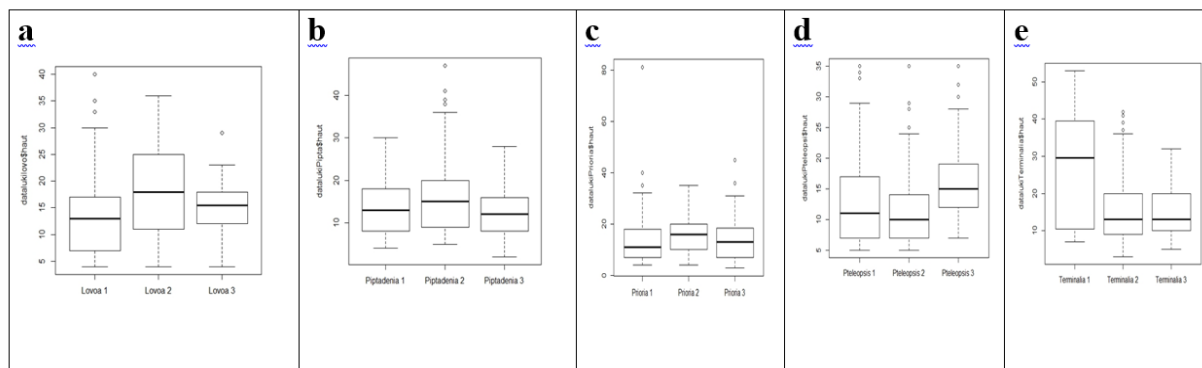


Figure 3. Dynamique de la croissance de différents régénérats de semenciers étudiés

Tableau 2. Propriétés physico-chimiques des différents sols sous les différents semenciers

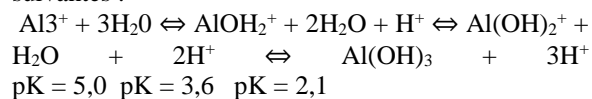
1	NEch	pH	Co	N	C/N	Al ³⁺	Al ³⁺	H ⁺	P	Ca	Mg	K	Na	CEC	Sable(en%)	Limon(en%)	Argile(en%)
2	S1.1Lov	4,48	3,25	0,49	6,633	1,68	1	0,6	21	1,4	0,9	0	0,02	3,81	52,6	8,3	39,1
3	S1.2Lov	4,26	3,51	0,49	7,163	1,41	1	0,4	26,3	1,5	0,9	0	0,02	3,44	52,6	8,3	39,1
4	S2.1Lov	4,59	3,51	0,44	7,977	1,53	0,9	0,6	17,4	1,7	0,5	0,1	0,02	2,97	48,6	7,8	43,6
5	S2.2Lov	4,62	0,29	0,03	9,667	1,49	0,9	0,6	19,3	1,3	0,6	0	0,03	2,86	48,6	7,8	43,6
6	S3.1Prio	4,38	0,22	0,019	11,58	1,52	1	0,5	13,7	1,4	1,1	0	0,02	2,76	44,3	8,2	47,5
7	S3.2Prio	4,33	0,47	0,024	19,58	1,46	1	0,5	13,3	1,5	1,1	0,4	0,02	2,51	44,3	8,2	47,5
8	S4.1Pte	4,21	1,31	0,3	4,367	1,73	1	0,7	19,5	1,6	0,9	0	0,02	3,08	44,8	6,7	48,5
9	S4.2Pte	4,19	1,39	0,07	19,86	1,89	1	0,9	17,6	1,1	0,9	0	0,02	2,97	44,8	6,7	48,5
10	S5.1Pip	5,46	1,53	0,08	19,13	0	0	0	21,1	2,4	1,3	0	0,01	3,86	47,6	9,6	42,8
11	S5.2Pip	4,37	4,39	0,26	16,88	1,39	0,9	0,5	26,3	1,7	1,5	0,1	0,01	3,73	47,6	9,6	42,8
12	S6.1Pip	4,62	2,63	0,28	9,333	1,24	0,9	0,3	12,9	1,7	0,8	0,1	0,02	2,69	48,6	7,81	43,59
13	S6.2Pip	4,47	3,29	0,33	9,97	1,52	0,9	0,6	8,29	1,9	0,9	0,1	0,02	3,21	48,6	7,81	43,59
14	S7.1Pte	4,6	1,31	0,35	3,743	0,94	0,6	0,3	14,6	2,1	1,6	0	0,01	3,02	53,4	4,27	42,33
15	S7.2Pte	4,58	1,54	0,11	14	1,02	0,7	0,3	12,6	1,6	1,1	0	0,02	3,36	53,4	4,27	42,33
16	S8.1Prio	4,34	2,87	0,29	9,897	1,47	1,1	0,2	10,2	1,8	0,8	0,1	0,02	2,84	54,6	5,4	40
17	S8.2Prio	4,78	2,77	0,22	12,59	1,38	0,9	0,5	10	1,8	1,4	0,1	0,02	3,4	54,6	5,4	40
18	S9.1Prio	4,19	2,63	0,21	12,52	1,4	0,9	0,5	27,4	1,8	1,3	0,1	0,02	3,61	58,2	10,8	31
19	S9.2Prio	4,28	2,41	0,23	10,48	1,33	0,8	0,5	20,3	1,4	0,9	0,1	0,02	2,57	58,2	10,8	31
20	S10.1Pip	4,72	2,41	0,26	9,269	1,42	0,9	0,5	14,3	2,2	1,4	0	0,02	4,21	42,7	7,3	50
21	S10.2Pip	4,63	2,33	0,34	6,853	1,35	1	0,4	12,6	2,3	1,4	0,1	0,02	3,85	42,7	7,3	50
22	S11.1Lov	4,76	2,11	0,3	7,033	0,83	0,5	0,3	11,9	1,9	1,1	0	0,02	3,29	50,3	4,9	44,8
23	S11.2Lov	4,73	2,46	0,22	11,18	0,82	0,6	0,2	13,2	2,3	1,3	0	0,01	3,52	50,3	4,9	44,8
24	S12.1Pte	4,94	3,07	0,29	10,59	0,93	0,3	0,7	19,4	2,4	1,6	0,1	0,03	4,23	53,7	8,4	37,9
25	S12.2Pte	4,04	2,66	0,21	12,67	0,98	0,4	0,6	13,3	1,4	1,1	0,1	0,03	3,16	53,7	8,4	37,9
26	S13.1Ter	4,9	3,07	0,27	11,37	1,04	0,5	0,5	31,5	2,3	1,4	0	0,02	3,7	37,61	13,5	48,89
27	S13.2Ter	4,98	0,21	0,02	10,5	0,87	0,2	0,7	30,8	2,4	1,9	0	0,02	4,38	37,61	13,5	48,89
28	S14.1Ter	4,86	2,67	0,35	7,629	0,81	0,4	0,4	28,4	2	1,4	0,1	0,02	3,52	36,53	6,19	57,28
29	S14.2Ter	4,94	0,65	0,035	18,57	0,72	0,4	0,3	21,2	1,9	1,1	0	0,03	3,13	36,53	6,19	57,28
30	S15.1Ter	4,63	2,41	0,28	8,607	0,97	0,7	0,2	9,77	1,4	0,8	0	0,02	2,53	38,94	6,55	54,51
31	S15.2Ter	4,78	4,82	0,43	11,21	1,14	0,9	0,2	10,4	1,2	0,9	0	0,02	2,37	38,94	6,55	54,51

L'examen du tableau 2 met en évidence que tous les sols sont acides et présentent une grande variabilité liée à la quantité de matière organique présente dans les sols sous le rapport C/N, la toxicité d'aluminium et la faible capacité d'échanges cationiques présentant ici l'Na et le Mg qui remplacent Al³⁺ et la granulométrie du sol. Les formes ioniques sont susceptibles de se fixer sur le complexe d'échange en équilibre avec la solution du sol ou d'agir comme des cations de liaison entre l'argile et la matière organique, notamment en milieu modérément acide. Quand les conditions du milieu d'altération le permettent, les ions complexes alumineux peuvent être fixés en position inter foliaire par les minéraux expansibles et se polymériser pour former des îlots puis un feuillet gibbsitique complet. La croissance du *Pteleopsis* a été influencée par la texture en sable combinée au Limon.

3.3. Comparaison de la taille entre différents semenciers et détermination de la source de cette différence

En comparant la taille de ses écosystèmes, il existe que des différences au niveau de la hauteur et uniquement pour le *Terminalia superba* et le *Pteleopsis hylodendron*. Ceci étant dû aux propriétés du sol présentées dans les figures 4 (Figure 4a, Figure 4b et Figure 4c) ci-bas. Le sol est riche respectivement sous le semencier de *Terminalia superba* (1). En somme, l'ensemble des places disponibles sur les charges négatives des colloïdes du sol, pour la fixation des cations dépend donc de sa teneur en colloïdes ; les sols argileux ont une grande capacité totale d'échange,

alors que les sols sableux ont une petite capacité totale d'échange. Il existe une interaction entre la capacité d'échange cationique, la teneur du sol en Limon (en %), Mg, H⁺, P, pH et sous *Terminalia superba* (2), dont la croissance axiale a été affectée par la teneur en Argile, le rapport C/N qui détermine l'activité photosynthétique sur la minéralisation, Na et le pH est élevé comparativement au pH du sol de *Terminalia superba* (3), dont le déterminant de la croissance est la texture du sable et Al³⁺. Il faut souligner que la forme ionique principale la plus soluble est l'ion Al³⁺. Prédominant à pH nettement inférieur à 5, il est progressivement remplacé dans la solution du sol par des ions hydroxy alumineux 4 quand le pH atteint et dépasse 5. Comme nombre de composés alumineux, les formes ioniques sont hydratées, Al³⁺ est associé à six molécules d'eau. La charge 3⁺ ne serait pas localisée sur Al mais distribuée sur les douze hydrogènes. L'ion Al³⁺, principalement et les formes hydroxylées peu échangeables dans une moindre mesure sont responsables de l'acidité du sol. Ils équilibrent les charges permanentes développées au pH du sol avec les bases échangeables et engendrent les charges variables avec le pH via les réactions suivantes :



L'hydroxyde Al(OH)₃ précipite rapidement car il est très peu soluble dans l'eau. Les ions ne réagissent pas tous de façon identique. Il y a des variations selon leur

nature et selon les conditions de milieu (neutre, acide, redox). Ainsi dans une eau à peu près neutre, sont progressivement éliminés sous forme soluble dans un

ordre de solubilité généralement respecté dans lequel apparaissent : le sodium, le calcium, le magnésium, le potassium, le silicium, le fer et l'aluminium.

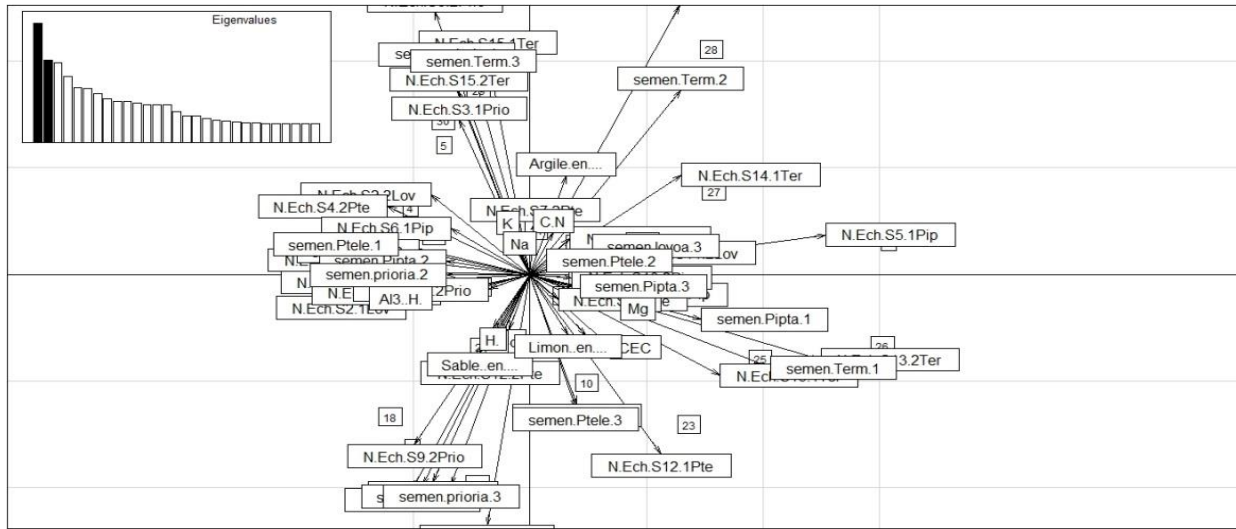


Figure 4a. Influence des facteurs écologiques sur la taille de régénérat sous le couvert du *Pteleopsis*, *Prioria* et *Terminalia superba*

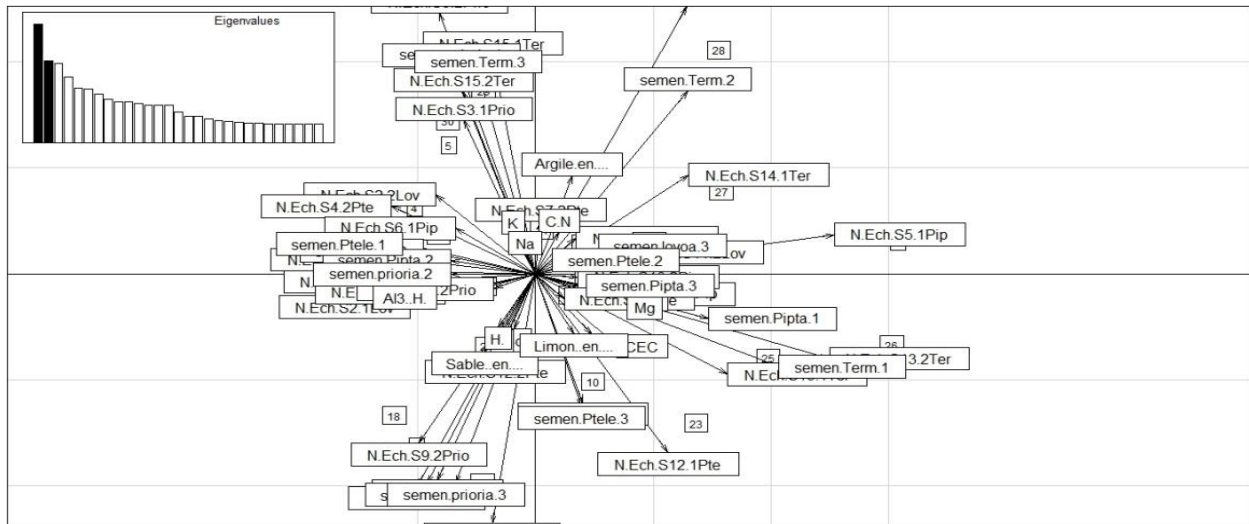


Figure 4b. Influence de facteurs écologiques (% en sable, argile et limon) sur la taille de différents semenciers

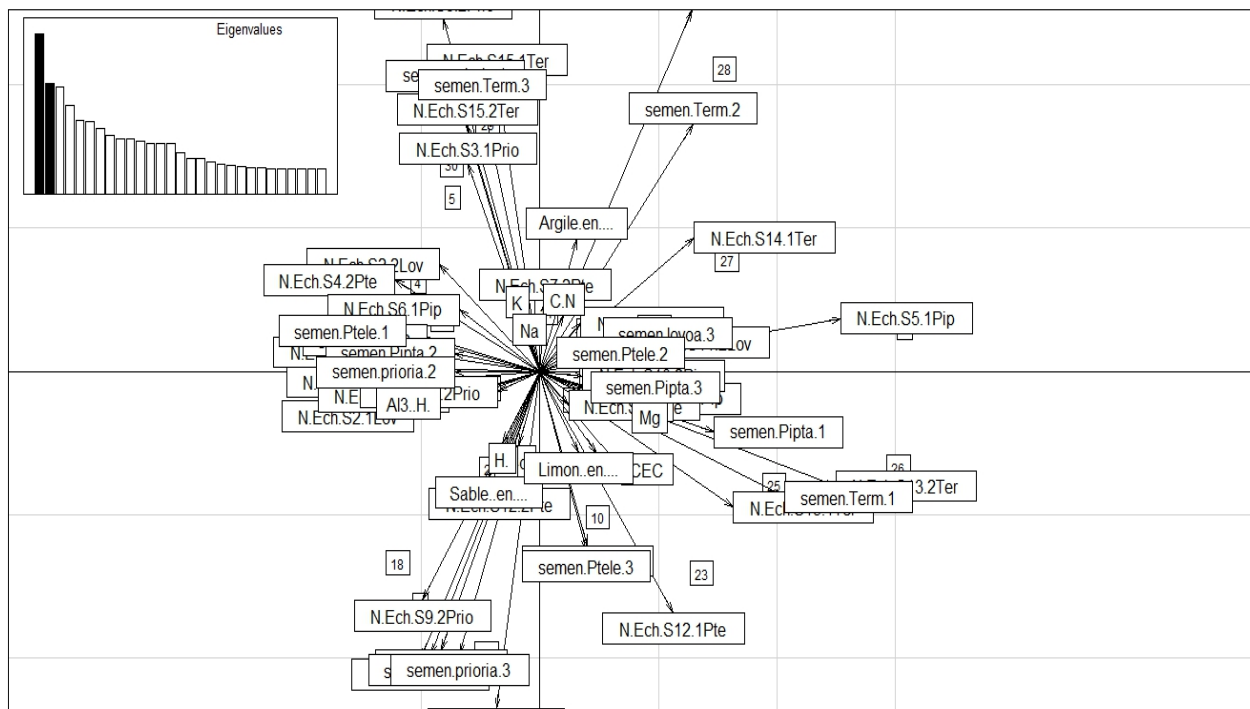


Figure 4c. Influences des éléments écologiques sur la taille du régénérat des différents semenciers étudiés

4. DISCUSSION

Les prélèvements inappropriés des ressources naturelles effectués par les populations riveraines sont traduits comme des pressions importantes auxquelles ces ressources doivent faire face (Douglas *et al.*, 2004 ; Almanach, 2014 ; Nyange, 2014 ; Mananga, 2016). C'est le cas de semenciers *Terminalia superba* qui se trouve dans les milieux très anthropisés de la réserve de biosphère de Luki. Ces différentes pressions engendrent la déforestation et la dégradation du sol comme conséquences (Nasi *et al.*, 2001 ; Anonyme, 2015 ; Mbumba *et al.*, 2020). La conversion de la fonction de la forêt à un impact sur la composition, ce qui se traduit par la présence des espèces pionnières indicatrices colonisatrices d'espaces dégradés, c'est le cas de *Pentaclethra eethveldeana*, *Cola brunellii*, *Corynanthe paniculata*, *Dacryodes buetneri*, *Isolona dewevrei*, *Lovoa trichiloides* et *Monodora angolensis*. La structure et les fonctions de la formation végétale (Sayer *et al.*, 1995 ; Luckert et William, 2005) ont été influencées par les ressources naturelles nutritionnelles comme la matière organique. Les espèces indifférentes et tolérantes telles que *Albizia coriaria*, *Hoptelea grandis*, *Ceiba pentandra*, *Klaenodoxa businegei*, *K. gabonensis*, *Klaenae welwitschii*, *Petercianthus macrocarpus*, *Musanga cecropioides*, *Myrianthus arboreus*, *Rauwolfia vomitoria*, *Pseudospondias microcarpa* et *Xylopia hypolampra* ne s'observent que rarement. Baraloto (2003) rapporte que la régénération naturelle

comprend l'ensemble des processus biologiques et écologiques qui permettent aux peuplements de se renouveler et elle est liée à la dissémination par l'espèce semencière. Il est bien connu qu'en zone tropicale, le facteur limitant la productivité est le phosphore. Il s'observe une toxicité liée à la présence excessive d'oxyde d'aluminium remplacé par les cations Na^+ , Mg^+ et K^+ .

L'acidification est liée au manque de matière organique traduit par le rapport C/N faible, dans les sols argileux et argilo-sablonneux qui ne laissent pas facilement passer l'eau et avec elle les éléments de la solution du sol. L'aptitude de rétention d'eau est la principale raison de manque d'uniformisation des comportements observés chez les différents semenciers. Le fond géochimique qui dépend en premier lieu de la teneur dans la roche qui est à l'origine du sol, mais également des processus qui sont intervenus lors de la formation du sol, qui ont pu lessiver ou plus généralement concentrer les cations susmentionnés. Il est aussi important de souligner le rôle de matière organique qui joue la fonction de tampon dans le sol et participe à la minéralisation pour fournir les éléments nutritifs aux arbres. Ceci est en rapport avec la dynamique de croissance axiale.

L'élément azote semble traduire les stratégies symbiotiques des semenciers de la famille botanique de *Fabaceae* réputée d'être fixatrice d'azote atmosphérique. La granulométrie est en interaction

avec les régénérats sous le couvert de différents semenciers par le pourcentage de chaque élément constitutif de la texture du sol. Celui-ci est caractéristique de sol ferrallitique riche en sesquioxydes de fer et aluminium très remarquables sur le sol sablonneux filtrant et ayant une faible capacité de rétention d'eau et des matières organiques. Les autres facteurs écologiques comme les ressources en lumière bien que n'ayant pas fait l'objet d'étude, participent indirectement dans la sélection du régénérat sous les semenciers selon qu'il est héliophile obligatoire ou tolérant. Quelques espèces héliophiles sont très remarquées dans le milieu exposé à beaucoup plus de ressources en lumière. Alors que les espèces sciaphiles forment le sous-bois de différents forêts décidues ou humides. C'est le cas de *Aidia ochroleuca*, *Corynanthe paniculata*, *Barteria dewevrei*, *B. fistulosa*, *B. nigritiana* et *B. speciosus*, *Blighia unijugata*, *B. weiwitschii*, *Bombax buonopozense*, *Canthium oddonii*.

Une des réponses du peuplement arboré à ces difficultés est la production d'un très grand nombre de semences et le pouvoir de conservation des graines dans le sol dans l'attente des conditions favorables pour germer. Une autre apparaît avec la diversité des traits (morphologiques, fonctionnels, etc.) de régénérations naturelles observées, laquelle correspond à un des aspects de stratégies de régénération, différentes selon les espèces. En plus des chances de survie liées à la distribution stochastique des graines, pour accomplir toutes les étapes d'une régénération naturelle réussie, les jeunes plantes doivent croître dans un ensemble donné de conditions auxquelles elles sont adaptées, dans lesquelles elles développent un potentiel d'adaptation et de réaction.

Il a été démontré que la densité de prédateurs (ainsi que des microbes pathogènes fongiques) est proportionnelle à celle de la ressource (Hammond et Brown, 1998), laquelle est évidemment plus abondante sous des arbres parents ou dans les secteurs à forte probabilité de dispersion (Gilbert *et al.*, 2001), comme par exemple sous les perchoirs d'oiseaux ou reposoirs de chauves-souris. La distribution spatiale des arbres-mères et celle des zones de dissémination des graines jouent donc un rôle significatif dans la probabilité d'établissement des jeunes plantes. La moindre mortalité (en valeur absolue) liée à la densité plus faible ou à la distance plus grande au pied porteur pourrait contribuer à l'entretien de la diversité régionale du cortège floristique (Janzen, 1970 ; Connell, 1971). Si ce phénomène a été bien démontré pour de nombreuses espèces (Hammond et Brown, 1998), il a été, par contre, invalidé pour d'autres (Hyatt

et al., 2003), et sa contribution au maintien de la diversité reste controversée.

Pour certaines espèces, il y a nécessité d'un transit intestinal, après ingestion du fruit par un animal, pour stimuler la germination de la graine ; pour d'autres, ce sont les conditions environnementales, telles que l'humidité du sol, l'épaisseur de la litière, la qualité de la lumière, la température qui jouent un rôle important. Par exemple, un grand nombre d'espèces ont des graines qui ne germent que dans les conditions environnementales liées à un chablis (Dalling *et al.*, 1998). Enfin, dans tous les cas, l'état de réceptivité du sol est prépondérant, et les accidents liés au substrat ou au support (rochers, fissures, bois mort...) sur lesquels tombent les graines influent directement sur la suite ou l'arrêt du processus. Lorsque les conditions de germination ne sont pas réunies, les graines restent au sol et la plupart pourrissent.

5. CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de dresser le portrait de régénération naturelle installée sous le couvert de semenciers de cinq espèces forestières dans la RBL. La méthode d'inventaire dendrométrique de Lejeune et Verrue (2002) a été utilisée pour l'échantillonnage de cinq semenciers en étude. Les analyses physico-chimiques du sol et les analyses multivariées dont l'analyse canonique des correspondances (ACC) ont été effectuées sur les variables écologiques comme les propriétés chimiques du sol (N, P, K, Na, Ca, Mg, pH, acidité, carbone organique total, la granulométrie des différents sols) et les variables de croissance des régénérats. Cette ACC a permis d'explorer les relations existant entre les deux groupes de variables : variables écologiques environnementales et variables de croissance des individus présents sous le couvert du semencier.

Il ressort de ces analyses statistiques que les facteurs écologiques notamment les propriétés physico-chimiques du sol influencent la régénération naturelle sous le couvert de cinq semenciers dans la RBL. La dynamique de croissance de régénérat des cinq semenciers diffère d'un semencier à l'autre. Cette étude fournit une base de données sur les essences forestières susceptibles d'orienter les décideurs dans la conservation de la biodiversité et l'aménagement de la RBL. Des recherches sont encore souhaitables sur la séquestration de carbone par les cinq essences étudiées.

Remerciements

Les auteurs remercient les agents de l'INERA et ceux de la Réserve de Biosphère de Luki qui ont mis leurs

compétences à profit et facilité la mise en œuvre des inventaires sur le terrain.

Références

Almanach, 2014. *Éco CONGO : L'arbre dans les systèmes de culture en RDC*, 3 p.

Angoboy I., 2021. *Phenology and growth traits governing forest dynamics of tropical tree species communities: experimental data based on the Luki Man and Biosphere Reserve*.

Anonyme, 2015. *Memento du forestier tropical*. Editions Quae. RD 10, 78026 Versailles Cedex, France, 1198 p.

Baraloto C., 2003. *Régénération forestière naturelle : de la graine à la jeune tige*. AgroParisTech, Nancy, France, Rev. For. Fr. LV - numéro spécial 2003, pp179-187

Belesi H., 2009. *Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasai en République Démocratique du Congo*. Thèse de doct. Unikin. Fac. des Sciences. Groupe environnement, 565 p.

Connell J. H., 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Popul. Oosterbeek, pp. 298-312

Dalling J.W., Stephen P. Hubbell & Katia S., 1998. Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees. *Journal of Ecology*, 86, 674-689

Douglas G., Mackay A., Budding P.J. & Potter J.F., 2004. Introduction of native plants beneath exotic trees planted to stabilise pastoral land. In: *Proceedings of the 13th international soil conservation organization conference. Brisbane, Australia*, 4 p.

Duvigneaud P., 1949. Les Uapaca (Euphorbiacées) des forêts claires du Congo méridional. Inst. R1968 Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette Centrale Congolaise, Série Scientifique n°110, INEAC, 295 p.

Gilbert et al., 2001. Ecological Developmental Biology: Developmental Biology Meets the Real World. *Developmental Biology*, 233, 1-12

Hammond DS & Brown VK, 1998. Disturbance, phenology and life-history characteristics: factors influencing frequency-dependent attack on tropical seeds and seedlings. In: *Newbery, D.M. Brown, N. Prins, H.H.T. (eds) Dynamics of tropical communities*. Blackwell Science, Oxford, pp. 51-58.

Hubau W., 2013. *Exploring charcoal as a natural archive for palaeofire and vegetation history of the Mayumbe, Democratic Republic of the Congo*. PhD Dissertation, Ghent University, 224 p.

Hyatt et al., 2003. *Test des prédictions de l'hypothèse de Janzen-Connell : une méta-analyse des preuves*

expérimentales de la survie des graines et des semis en fonction de la distance et de la densité, pp.128.

Janzen P.A., 1970. *The role of seed size in dispersal by a scatter hoarding rodent*.

Kalra Y.P. & Maynard D.G., 1991. *Methods Manual for Forest Soils and Plant Analysis*. Northwest région. Northern Forestry Centre. Forestry Canada. Information Report NOR-X319, 116p.

Lejeune P. & Verrue V., 2002. *Les inventaires par échantillonnage en futaie feuillue : une alternative aux inventaires complets*. Note technique de foresterie de Gembloux n° 8. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, unité de gestion et économie forestière. B-5030 Gembloux, 14 p.

Lubalega T.K. & Mananga P.M., 2018. Évaluation de la biodiversité spécifique ligneuse des cultures agricoles sous couvert arboré à Patu, dans le Mayombe, en République Démocratique du Congo (RDC). *Congo Sciences*, 6(2), 1-8.

Lubalega TK, Mangombe E., Muanda E & Vunzi J., 2021. *Plantes mellifères de la Réserve de Biosphère de Luki RDC*. Editions Coll. synthèse IRD chapitre 21, pp. 327.

Lubini A., 2003. Ressources des forêts secondaires en Afrique centrale et occidentale francophone. *Actes atelier régional FAO/IUCN sur la gestion des forêts tropicales. Douala, Cameroun, 17 – 21 novembre 2003*.

Luckert M.K. & William A., 2005. Calculating penalties for reforestation failures: an Alberta case study. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(3), 1821-1829

Mananga P., 2016. *Contraintes et opportunités à l'intégration de l'arbre dans les exploitations paysannes de Patu au Kongo-central/R.D.Congo*. Mémoire DEA, Faculté d'agronomie et des sciences Agricoles, département de Foresterie, Université de DSCHANG, Cameroun, 92 p.

Mbumba B.M., Bitijula M.M., Minengu J.D.D., Khasa P.D. & Mafuka M.M.P., 2020. Opportunités et défis de l'agroforesterie dans et en périphérie de la Réserve de Biosphère de Luki au Kongo central en République Démocratique du Congo. *Rev. Afr. Environ. Agric.*, 3, 23-31.

Mukendi M.W., 1973. *Étude dans les blocs sylvo-bananiens de la station forestière de l'INERA-Luki et du chantier forestier de l'état au Km 28 (Mayombe)*. M.S. thesis, Université nationale du Zaïre, Kinshasa, 61 p.

Nasi R., Putz F.E., Pacheco P., Wunder S. & Anta S., 2011. Sustainable Forest Management and Carbon in Tropical Latin America: The Case for REDD+. *Forests*, 2, 200-217.

Nyange M. N., 2014. *Participation des communautés locales et gestion durable des forêts : cas de la Réserve de la Biosphère de Luki en République Démocratique du Congo*. Thèse de doctorat, Faculté de foresterie, géographie et géomatique. Département de sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, Canada, 227 p.

Putz *et al.*, 2001. Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: An Overview. *Biologie de la conservation*, 15(1), 7-20.

Sayer JA., Zuidema PA. & Rijks MH., 1995. Managing for biodiversity in humid tropical forests. *Commonw Forest Rev.*, 74, 282–287.

Tutula P., 1968. *L'enrichissement de la forêt du Mayumbe en Terminalia superba Engl. Et Diels par le sylvo-bananier*. M.S. Thesis, Université Lovanium, 56 p.

White L. A., 1983. *Conservation en forêt pluviale africaine : Méthodes de recherche*. The Wildlife Conservation Society, New York, USA. Première édition française, 455 p.