

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT	i
PRÉSENTATION DU PROJET ET DES PARTENAIRES	iii
RÉSUMÉ.....	iv
FAMINTINANA.....	vi
TABLE DES MATIÈRES	vii
LISTE DES CARTES	x
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xii
INTRODUCTION.....	1
I. MATERIELS ET METHODES	3
I. 1. PROBLÉMATIQUES, OBJECTIFS et HYPOTHÈSES	3
I. 1. 1. Théorie de la perturbation intermédiaire (IDH) : théorie écologique généralement admise, mais peu testée	3
I. 1. 2. Successions végétales secondaires dans un contexte de la pratique de l'agriculture sur brûlis : Une application intéressante et inédite de l'IDH.....	4
I. 1. 3. Hypothèses de recherches	5
I. 2. MILIEU D'ÉTUDE.....	7
I. 2. 1. Localisation	7
I. 2. 2. Climat	7
I. 2. 3. Géologie et sols	8
I. 2. 3. 1. Géologie.....	8
I. 2. 3. 2. Sols.....	9
I. 2. 4. Végétation et flore	9
I. 2. 5. Faune	10
I. 2. 6. Cadre socio-culturel et économique	10



I. 2. 6. 1. Population	10
I. 2. 6. 2. L'agriculture	11
I. 2. 6. 3. L'élevage.....	11
I. 2. 6. 4. La pêche	12
I. 2. 6. 5. L'exploitation de la ressource forestière	12
I. 2. 7. Corridor forestier de Ranomafana-Andringitra	12
I. 3. ÉCHANTILLONNAGE DES PARCELLES D'ÉTUDE	13
I. 4. ENQUÊTES SUR LES HISTORIQUES DES PARCELLES ET SUR LES PRATIQUES AGRICOLES	14
I. 5. ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION.....	14
I. 5. 1. Relevés floristiques et paramètres de diversité et de structure	14
I. 5. 1. 1. Recherche de l'aire minimale	14
I. 5. 1. 2. Inventaire floristique	16
I. 5. 2. Indices de diversité et de structure.....	16
Richesse spécifique « S »	16
a) Indice de Régularité des ligneux « R ».....	16
b) Autres indices de diversité.....	17
c) Indice de structure	17
I. 5. 3. Analyses statistiques sur les données issues des relevés floristiques	18
II. RÉSULTATS.....	20
II. 1. Histoires des parcelles et pratiques agricoles.....	20
II. 2. Végétation : paramètres floristiques et phytosociologiques	20
II. 2. 1. Aire minimale « AM »	20
II. 2. 2. Richesse spécifique variable	21
II. 2. 3. Autres indices de diversité : R, %Zoo et %Herb.....	25
II. 2. 3. 1. Indice de Régularité des ligneux « R ».....	25

II. 2. 3. 2. Proportion d'espèces zoochores « %Zoo ».....	27
II. 2. 3. 3. Proportion des espèces herbacées « %Herb »	29
II. 2. 4. Structure de la végétation des recrûs post-agricoles et forêts matures.....	31
II. 2. 4. 1. Structure verticale : Hauteur maximale « H max »	31
II. 2. 4. 2. Structure horizontale.....	33
a) La distribution de la surface terrière « G ».....	33
b) La densité des espèces ligneuses « D »	35
c) La densité des lianes « d ».....	37
d) Les proportions d'individus issus des rejets de souche « % Rs »	39
II. 3. Composition floristique	41
III. DISCUSSION	44
III. 1. Méthodologie de la recherche.....	44
III. 2. Données sur les historiques des parcelles : peu précises, mais globalement fiables ..	44
III. 3. IDH partiellement vérifiée.....	45
III. 4. Successions végétales secondaires	46
CONCLUSION.....	47
BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXES.....	I
Annexe 1 : Données météorologiques	I
Annexe 2 : Question d'enquêtes sur les histoires des parcelles	II
Annexe 3 : Fiche des relevés	IV
Annexe 4 : Cortège floristique.....	V
Annexe 5 : A propos de l'analyse de co-inertie.....	X
Annexe 6 : Résultats de l'analyse de co-inertie entre les paramètres de l'historique (âge de la jachère et intensité d'usage agricole) et les compositions de la végétation de la jachère	XIII

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation du site d'étude	7
--	---

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : L'hypothèse de la perturbation intermédiaire, diagramme simplifier montrant la relation entre la diversité floristique et l'intensité de perturbation	4
Figure 2 : Diagramme Ombrothermique	8
Figure 3 : Dispositif de la recherche de l'aire minimale.....	15
Figure 4 : Exemple d'une courbe aire-espèces	15
Figure 5 : Les aires minimales moyennes des différents types de formation.....	21
Figure 6 : Richesse spécifique des divers types de formation.....	22
Figure 7 : Richesse spécifique des espèces d'arbres correspondants aux divers types de formation.....	23
Figure 8 : Richesse spécifique selon la valeur de l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs	24
Figure 9 : Richesse spécifique des espèces arbustives selon l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs.....	25
Figure 10 : Indice de régularité des ligneux des divers types de formation.....	26
Figure 11 : Indice de régularité des ligneux selon l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs post-agricoles.....	27
Figure 12 : Proportion d'espèces dispersées par les animaux selon l'âge des recrûs.....	28
Figure 13 : Proportion d'espèces dispersées par les animaux selon l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs	29
Figure 14 : Proportion des plantes herbacées attribuées aux divers types de formation.....	30

Figure 15 : Proportion des espèces herbacées en fonction de l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs.....	31
Figure 16 : Hauteur maximale moyenne dans les formations étudiées	32
Figure 17 : Hauteur maximale moyenne attribuée aux diverses Intensités d'Usage Agricoles	33
Figure 18 : Surface terrière moyenne dans les différents types de formation	34
Figure 19 : Surface terrière moyenne en fonction de l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs	35
Figure 20 : Densité d'espèces ligneuses dans les formations végétales étudiées	36
Figure 21 : Densité des espèces ligneuses correspondant à l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs.....	37
Figure 22 : Densité des lianes attribuées à chaque type de formation	38
Figure 23 : Densité des lianes à chaque Intensité d'Usage Agricoles des recrûs	39
Figure 24 : Proportion d'individus ligneux issus des rejets de souche correspondants aux formations étudiées	40
Figure 25 : Proportion des individus issus des rejets de souche correspondant au niveau d'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs	41
Figure 26 : Analyse de la co-inertie : relation entre paramètres de l'histoire (âge de la jachère et IUA) et la distribution des espèces	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Cadre opératoire de la recherche.....	6
Tableau II : Plan d'échantillonnage	13
Tableau III : Liste des tests statistiques appliqués aux paramètres de diversité et de structure des recrûs post-agricoles et forêts matures	19

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AM	: Aire Minimale ;
ANOVA	: Analyses de Variances ;
BD	: Base de Données ;
COBA	: Communauté locale de Base ;
D	: Densité des ligneux de plus de 1,3 m ;
D	: Densité des lianes ;
DHP	: Diamètre à Hauteur de Poitrine ;
Ddl	: Degré De Liberté ;
ESSA	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ;
G	: Surface terrière ;
GCF	: Gestion Conservatoire de la Forêt ;
GPS	: « Global Positioning System ;
GCD	: Groupe Vision Durban ;
Ha	: Hectare ;
Hmax	: Hauteur maximale ;
IDH	: « Intermediate Disturbance Hypothesis » ou Théorie de la perturbation intermédiaire ;
IFS	: International foundation for Science ;
IUA	: Intensité d'Usage Agricole ;
N. Cult.	: Nombre cumulé d'années de Culture ;
ONG	: Organisation Non Gouvernementale ;
R	: Indice de Régularité ;
RAF	: Recrûs post-Agricoles d'origine Forestière ;
S	: Richesse spécifique ;
S Ab	: Richesse spécifique des espèces d'Arbres ;
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences ;
% Herb	: Proportion d'espèces herbacées par rapport à la richesse spécifique ;
% Rs	: Proportion d'individus issus de rejets de souche ;
% Zoo	: Proportion d'espèces dispersées par les animaux parmi les ligneux (arbres et arbustes)
°C	: Degré Celsius ;
1 ^{er} Def	: Age depuis la première défriche ;

INTRODUCTION



INTRODUCTION

Les forêts naturelles disparaissent à un rythme très élevé dans les pays tropicaux alors qu'ailleurs (essentiellement dans les pays tempérés), elles tendent à se stabiliser, voire progressent (Molino et Sabatier, 2002). Ainsi, les forêts secondaires dominent l'ensemble du monde forestier tropical (UNESCO, 1983). Les forêts secondaires se définissent comme étant des formations végétales qui se développent après des perturbations dont les effets sur la structure et la composition floristique sont perceptibles (Corlett, 1994). Ces forêts secondaires sont souvent décrites comme pauvres en biodiversité (Lowry et al, 1997). Ce qui semble aller à l'encontre des prédictions de la théorie de la perturbation intermédiaire¹ (Grime, 1973 ; Connell, 1978 ; Huston, 1979 ; Wilkinson, 1999) qui stipule que la diversité est maximale au niveau de perturbation intermédiaire et minimale ailleurs (faible et forte perturbations). Par conséquent, la diversité est la plus faible au niveau des écosystèmes les plus perturbés (Hart, 1990). L'IDH appliqué aux formations végétales, soutient donc que la richesse spécifique est reliée à l'intensité de la perturbation et qu'elle est maximale à l'intensité de perturbation et au stade de succession intermédiaire. Les perturbations sont parfois même considérées comme les déterminants majeurs de la distribution des espèces à l'échelle régionale (Huston, 1994 ; White et Jentsch 2001). Ainsi, deux prédictions principales découlent de l'IDH appliquée aux écosystèmes forestiers (Randriamalala, 2009) : (1) lors des successions végétales secondaires, la végétation des stades les plus avancés est plus pauvre en espèces que celle de stades intermédiaires et (2) certaines végétations secondaires sont plus riches en espèces que les forêts matures (ou primaires) correspondantes. En effet, il a été démontré que les perturbations telles que les traitements sylvicoles (Plumptre, 1996 ; Sheil, 2001) et les coupes sélectives (Molino et Sabatier, 2001) peuvent augmenter la diversité des arbres. Cependant la plupart des études sur les successions végétales démentent la première prédiction (Awetto, 1981 ; Toky et Ramakrishnan, 1983 ; Stromgaard, 1986 ; Ohtsuka, 1999 ; Aide *et al.*, 2000 ; Pena-Claros, 2003 ; Howorth et Pendry, 2006 ; Van Breugel *et al.*, 2006 ; Toledo et Salick, 2006) et montrent que, généralement, les stades de succession les plus avancés sont les plus riches en espèces et présentent une diversité et une structure proches de celles des forêts primaires. Il faut cependant remarquer que les études sur les successions végétales concernent surtout les stades récents de la succession (moins de 50 ans après l'abandon). La seconde prédiction ne s'observe pas non plus fréquemment dans la nature. Généralement, les forêts primaires sont plus riches en espèces ligneuses que les forêts secondaires correspondantes (Brearley *et al.*, 2004 ; Howorth et Pendry, 2006). Ces observations semblent démentir la validité de l'IDH. La validation de l'IDH dans le

cadre des écosystèmes forestiers est associée à des perturbations relativement légères (traitements sylvicoles et coupes sélectives ; Plumptre, 1996 ; Molino et Sabatier, 2001 ; Sheil, 2001), mais l'on ignore si cette théorie écologique reste valide dans le cadre de perturbations plus intenses telles que les défrichements liés à l'agriculture sur brûlis et/ou l'exploitation minière. Ce travail éclaire cette question en répondant aux questions suivantes : **Est-ce que l'IDH est valide dans le cadre de perturbations liées aux pratiques de l'agriculture sur brûlis ? Comment évoluent les végétations post-agricoles dans les stades les plus avancés (>30 ans) ?** À cet effet, deux hypothèses sont émises à savoir (i) la validité de l'IDH dans le contexte de l'agriculture sur brûlis et (ii) la plus grande diversité de la végétation des stades intermédiaires par rapport aux forêts primaires. Cette étude (1) teste l'IDH dans le cadre des perturbations liées à l'agriculture sur brûlis et (2) analyse les successions secondaires végétales aux stades avancés (>30 ans) dans les forêts denses humides du corridor forestier de Ranomafana-Andringitra. Les deux prédictions de l'IDH, appliquée aux écosystèmes forestiers (diversité maximale aux stades intermédiaires et possibilité d'existence de formations secondaires plus diversifiées que des formations primaires) sont testées dans le cadre de l'agriculture sur brûlis et les implications des résultats de ces tests sur les successions végétales secondaires sont discutées.

Ce travail est structuré en quatre grandes parties : (1) la méthodologie incluant la problématique générale, les hypothèses, l'état de l'art, le milieu d'étude ainsi que les matériels et méthodes de travail ; (2) les résultats de la recherche et (3) les discussions avant de finir avec (4) la conclusion générale.

MATERIELS ET METHODES



I. MATERIELS ET METHODES

I. 1. PROBLÉMATIQUES, OBJECTIFS et HYPOTHÈSES

I. 1. 1. Théorie de la perturbation intermédiaire (IDH) : théorie écologique généralement admise, mais peu testée

Afin d'expliquer le maintien de la diversité floristique dans les forêts tropicales et l'absence des phénomènes tels que la monodominance et l'extinction d'espèces dans les diverses formations végétales, la notion de la perturbation intermédiaire a été introduite (Intermediate Disturbance Hypothesis ou IDH ; Connell, 1978 ; Kessler, 2000 ; Molino et Sabatier 2001 ; Sheil et Burleim, 2003 ; Ikeda, 2003 ; Crandall *et al.*, 2003 ; Li *et al.*, 2004). Cette théorie stipule que la diversité est maximale au niveau de perturbation intermédiaire et minimale ailleurs (faible et forte perturbations). Par conséquent, l'IDH soutient que la richesse spécifique est reliée à l'intensité de la perturbation et qu'elle est maximale à l'intensité de perturbation et au stade de succession intermédiaire (Figure 1). La perturbation peut être définie comme tout événement discret dans le temps et dans l'espace provoquant une réduction de la biomasse ou une mortalité des entités fondamentales du système, par exemple les arbres du peuplement forestier ou bien les espèces représentatives de l'écosystème en question (Cordonnier, 2004). Les mesures de l'intensité de perturbations se font de façon indirecte, car il n'y pas d'indicateurs simples de perturbation des forêts (Sheil et Bursleim, 2003). Ces mesures des perturbations peuvent se rapporter à (i) leurs natures (un défrichement, suivi de déblayage, dans le cadre d'exploitations minières est une perturbation plus intense que des coupes sélectives dans le cadre d'écrouage de forêt), (ii) leurs fréquences (des perturbations récurrentes sont plus intenses que celles qui ne se produisent qu'une seule fois), (iii) aux superficies concernées, (iv) à la durée écoulée après perturbation (plus cette durée est longue, moins l'écosystème forestier est perturbé). L'IDH soutient aussi que des perturbations, provoquant par exemple des chablis et des trouées, s'exercent de façon permanente dans les forêts primaires et empêchent la compétition interspécifique d'aller au bout de ses conséquences : l'extinction des plus faibles et la dominance des plus compétitives, ce qui permet le maintien de la diversité floristique (Sheil et Bursleim, 2003). Deux prédictions principales découlent de l'IDH appliquée aux écosystèmes forestiers (Randriamalala, 2009): (1) lors des successions végétales secondaires, la végétation des stades les plus avancés est plus pauvre en espèces que celle de stades intermédiaires et (2) certaines végétations secondaires sont plus riches en espèces que les forêts matures (ou primaires) correspondantes. Peu d'études

ont essayé de vérifier ces conséquences de l'IDH et peu de données sont disponibles pour les tester.

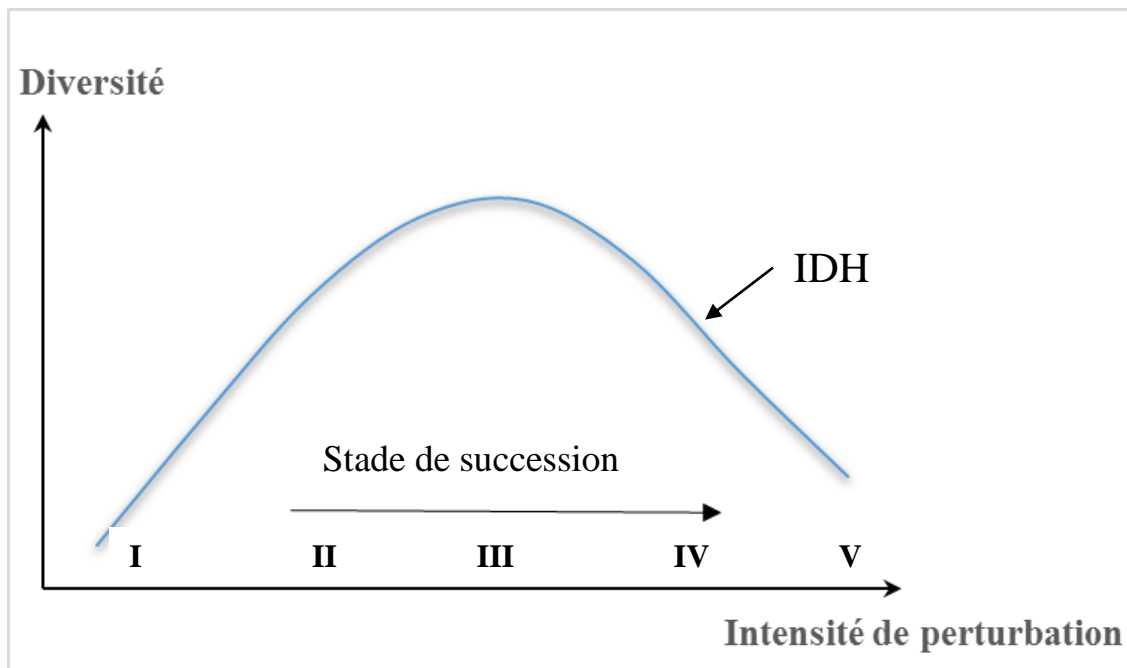


Figure 1 : L'hypothèse de la perturbation intermédiaire, diagramme simplifier montrant la relation entre la diversité floristique et l'intensité de perturbation

Source : Sheil et Burslem (2003)

I. 1. 2. Successions végétales secondaires dans un contexte de la pratique de l'agriculture sur brûlis : Une application intéressante et inédite de l'IDH

À Madagascar, les travaux sur les successions végétales consécutives à la pratique de la culture sur brûlis sont nombreux (Rasolofoharinoro *et al.*, 1997 ; Brand et Pfund, 1998 ; Grouzis *et al.*, 1999 ; Pfund, 2000 ; Randriamalala *et al.*, 2007, 2012 ; Styger *et al.*, 2007 ; Klanderud *et al.*, 2009 ; Delang et Li, 2013). Cependant, ils couvrent généralement une période assez courte (<30 ans) et ne permettent pas de tester efficacement l'IDH. Les rares études qui portent sur des périodes plus longues (50-150 ans ; Brown et Guverich, 2004) font état d'une différence entre forêts primaires et secondaire en terme de composition floristique et de diversité, mais ne permettent pas de trancher sur la validité ou non de l'IDH. De plus, la

validation de l'IDH dans le cadre des écosystèmes forestiers est associée à des perturbations relativement légères (traitements sylvicoles et coupes sélectives ; Plumptre, 1996 ; Molino et Sabatier, 2001 ; Sheil, 2001), mais l'on ignore si cette théorie écologique reste valide dans le cadre de perturbations plus intenses telles que défrichements liés à l'agriculture sur brûlis et/ou l'exploitation minière. Cette étude teste la validité de l'IDH dans le contexte de la pratique de l'agriculture sur brûlis dans les forêts humides de la partie Est des Hautes Terres malagasy. Aussi, deux questions se posent-elles : (1) Est-ce que l'IDH est valide dans le cadre de perturbations liées aux pratiques de l'agriculture sur brûlis ? (2) Comment évoluent les végétations post-agricoles dans les stades les plus avancés (>30 ans) ?

I. 1. 3. Hypothèses de recherches

Ce travail répond aux questions de recherches supra en posant les hypothèses suivantes qui sont liées aux prédictions de l'IDH :

(1) Lors des successions végétales secondaires, la végétation des stades les plus avancés est moins diversifiée que celle des stades intermédiaires ;

(2) Les perturbations intermédiaires (valeur intermédiaire de l'IUA) sont associées à une diversité maximale.

Les perturbations sont mesurées à l'aide de 2 paramètres :

(1) L'intensité d'usage agricole qui est le rapport en la durée de culture et la durée totale d'exploitation de la parcelle considérée ;

(2) L'âge des recrûs qui est la durée depuis le dernier abandon de la parcelle considérée. L'intensité des perturbations liées à la mise en culture diminue à mesure que l'âge des recrûs augmente.

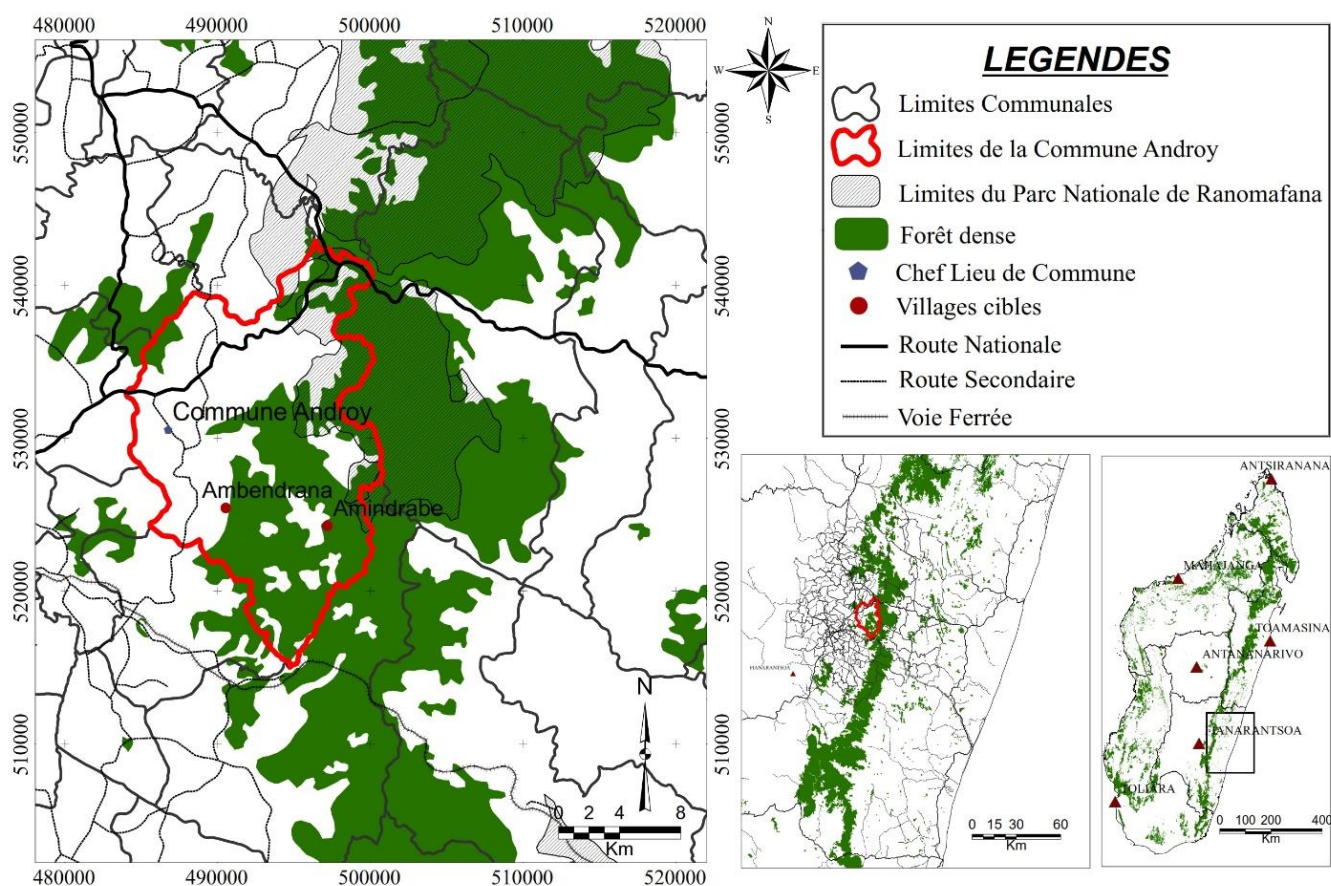
Tableau I : Cadre opératoire de la recherche

Question de recherche	Hypothèses	Variables à observer	Indicateur d'hypothèse	Objectifs	Activités
Est-ce que l'IDH est valide dans le cadre de perturbations liées à la pratique de la culture sur brûlis ?	Les perturbations intermédiaires (valeur intermédiaire de l'IUA et de l'âge des recrûs) sont associées à une diversité maximale	Indices de diversité (Richesse spécifique totale et celle associée aux arbres et arbustes)	Valeur maximale des indices de diversité aux intensités intermédiaires des perturbations	(i) Valider l'IDH en considérant les perturbations liées aux pratiques de la culture sur brûlis	- Échantillonnage des parcelles d'étude ; - Enquête sur l'histoire des parcelles et sur les pratiques agricoles ; - Relevés floristiques et paramètres de diversité et de structure (recherche de l'aire minimale et inventaire floristique) ;
Comment évoluent les végétations post-agricoles dans les stades les plus avancés (>30 ans)	Lors des successions végétales secondaires, la végétation des stades les plus avancés est moins diversifiée que celle des stades intermédiaires	- Indices de diversité (richesse spécifique, indice de régularité) ; - Indices de structure (densité, hauteur, surface terrière) - Composition floristique	Différences significatives entre les indices de diversité et de structure et les compositions floristiques des formations recrûs post-agricoles et ceux des forêts matures	(ii) Analyser les successions végétales secondaires tardives	- Exploitation et traitement statistiques des données issues des relevés floristiques.

I. 2. MILIEU D'ÉTUDE

I. 2. 1. Localisation

Le site d'étude (carte 1) se situe dans la région nord-ouest du corridor forestier Ranomafana-Andringitra. Il est localisé dans et autour du terroir villageois d'Ambendrana dans le fokontany d'Iambara et d'Amindrabe. En outre, Iambara (Ambendrana) et Amindrabe font partie des dix fokontany constituant la commune rurale d'Androy, dans la sous-préfecture de Fianarantsoa II, région de la Haute Matsiatra. Le village d'Ambendrana se trouve à environ 7 km au Sud-Est d'Androy (chef-lieu de commune). Amindrabe se localise à environ 5 km au Sud-Est d'Ambendrana.



Carte 1 : Localisation du site d'étude

I. 2. 2. Climat

Le site d'étude est soumis à un climat tropical unimodal de moyenne altitude caractérisé par un hiver frais, humide, mais sans pluies importantes d'Avril à Septembre (Serpentié *et al.*, 2007). Le diagramme ombrothermique est représenté sur la figure 2.

Elle a été établie à partir des données météorologiques enregistrées dans la station de Beravina, Fianarantsoa. Ces données correspondent à la période 2000 à 2002.

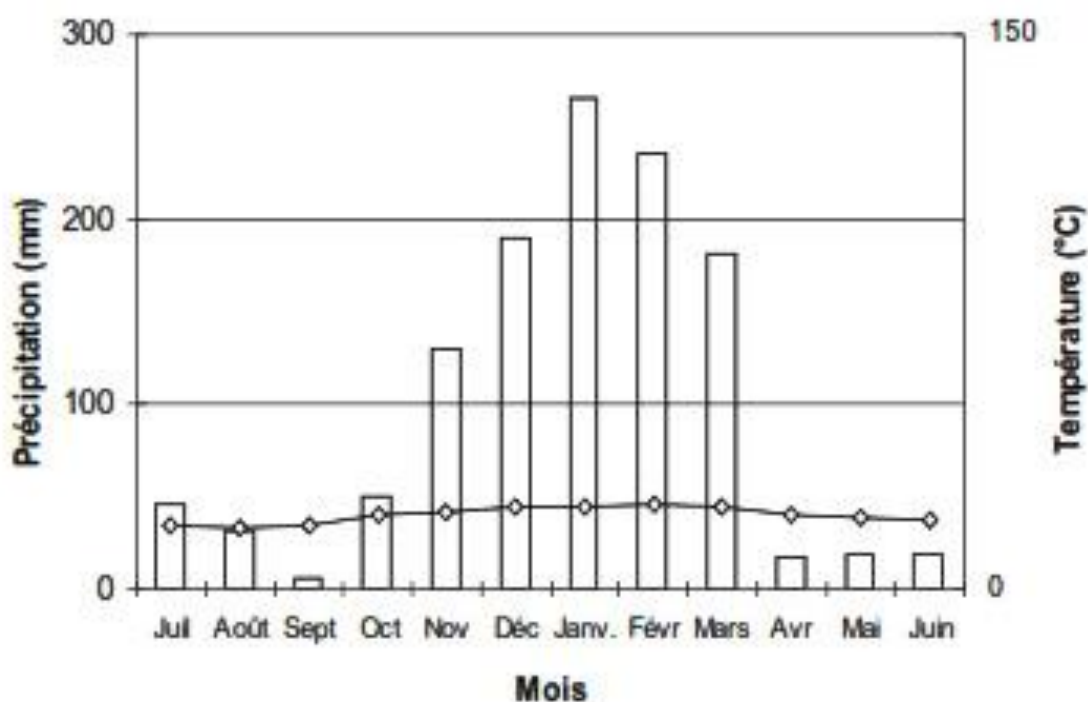


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique

Source : Direction des Exploitations Météorologiques, 2003 ; Station de Beravina, Fianarantsoa (Annexe 1)

Le diagramme présente une période sèche durant 6 mois (Avril-Septembre) où la précipitation est faible (5 mm à 60 mm), et une période chaude et pluvieuse pendant 6 mois (Octobre-Mars). La température moyenne annuelle relevée dans la station de Beravina-Fianarantsoa est de 18°C. La température moyenne journalière peut descendre à 13°C pendant les mois les plus froids (Mai à Juillet) avec parfois des précipitations sous forme de grésil.

L'altitude lui confère un régime climatique de type tropical à deux saisons bien marquées : la saison sèche, fraîche du mois d'Avril au mois de Septembre où les précipitations sont enregistrées sous forme de crachin, et la saison pluvieuse et chaude d'Octobre à Mars où la quantité de pluies reçues atteint son maximum en Décembre-Janvier.

I. 2. 3. Géologie et sols

I. 2. 3. 1. Géologie

La région de la Haute Matsiatra est caractérisée par le système de Vohibory qui s'allonge du nord au sud, et appartient au socle cristallin métamorphisé du système

de graphite qui date du précambrien. C'est un ensemble complexe de roches sédimentaires métamorphisées. Ce système est constitué de roches silico-alumineuses, gneiss, migmatites et micaschistes et est caractérisé par la présence de graphite abondant (Bourgeat et Petit, 1969 ; Bésairie, 1973 ; MAEP/UPDR, 2003).

I. 2. 3. 2. Sols

Dans le site d'étude, trois types de sol ont été rencontrés :

- Les sols hydromorphes : caractérisent les bas-fonds et sont généralement aménageable en rizière (Anonyme, 2003).
- Les sols alluvionnaires ou *atsanga* sont constitués par des apports d'ordre alluvial et colluvial. Ces types de sol sont rencontrés dans la partie Ouest du terroir d'Ambendrana du fait de la faiblesse de la pente et des cours d'eau dans cette zone. Ces sols constituent des alluvions couvrant la superficie des sols nus (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004).
- Les sols ferrallitiques qui sont des sols rouges, *tavy mena* ou jaunes sur rouges, *mavo ambony mena*. Ce dernier est formé de la superposition des deux couches de sol : couche à caractère ferrallitique de couleur rouge surmontée d'une couche à caractère limoneux de couleur orange. Selon Bourgeat et Petit (1969), dans cette région, il y a trois types de sol ferrallitique : les sols ferrallitiques modaux, sur le sommet plan, épais et développant les horizons A, B et C ; les sols ferrallitiques pénévulés rencontrés sur les très fortes pentes des plus hauts sommets, et les sols ferrallitiques rajeunis sur les versants moins pentus des collines, au profil A/C.

Selon Randriamalala *et al.* (2009), les recrûs post-agricoles se trouvent sur les derniers types de sols qui sont pauvres en bases échangeables et en phosphore assimilable.

I. 2. 4. Végétation et flore

La végétation de cette région appartient au domaine bioclimatique du Centre Est (Koechlin *et al.*, 1974). La végétation climacique est une forêt dense humide appartenant à la série à *Weinmannia sp.* (Monimiaceae) et *Tambourissa sp.* (Humbert, 1955 ; Humbert et Cours Darne, 1965 ; Koechlin *et al.*, 1974). Cette végétation est aussi classée dans la zone écofloristique orientale de moyenne altitude entre 800 à 1500 m (Rajeriarison et Faramalala, 1999), qui est caractérisée par une strate arborée culminant à 20-25 m et un sous bois dense important de mousse, de lichen, d'épiphytes et de fougère arborescente (Koechlin *et al.*, 1974).

La pratique de la culture sur brûlis ou *tavy*, l'exploitation forestière et les feux ont contribué à la dégradation de la formation primaire et au développement d'une formation secondaire, appelée localement *kapoka* pour les recrûs post-agricoles ligneux (Randriamalala, 2009).

En plus des formations naturelles plus ou moins perturbées, des forêts artificielles issues des plantations à grande échelle existent également dans la zone d'étude, principalement à l'ouest du village d'Ambendrana. Elles sont de trois types : reboisement d'eucalyptus (*Eucalyptus sp.*, Myrtaceae) et de mimosas (*Acacia dealbata*, Mimosaceae) pendant la période coloniale ; et des plantations de pins (*Pinus sp.*, Pinaceae), plus récentes, qui datent des années 1972 et 1973 dont la plupart ont été installées sur les plantations de mimosas (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004).

I. 2. 5. Faune

Le « corridor » forestier qui relie les deux Parcs Nationaux (Ranomafana et Andritra) renferme une richesse faunistique considérable (Goodman *et al.*, 2001).

Parmi les macro-mammifères, les espèces de lémuriens comptent des espèces nocturnes : *Microcebus rufus*, *Cheirogaleus major*, *Avahi laniger*, et des espèces diurnes : *Eulemur fulvus*, *Eulemur rubriventer*, *Hapalemur griseus*, *Hapalemur aureus*, *Varecia variegata* *varegata*, *Propithecus diadema edwardsi*, *Daubentonia madagascariensis* (Goodman *et al.*, 2001).

Vingt-quatre (24) espèces de micro-mammifère comprenant seize (16) Lîpotyphla endémiques des genres *Micrigale* et *Hemicentetes*, sept (7) rongeurs endémiques : *Eliurus spinajori*, *Eliurus minor*, *Eliurus tanala*, *Eliurus webbi*, *Gymnuromys roberti*, *Nesomys audeberti*, *Nesomys rufus* et un rongeur introduit : *Rattus rattus* ont été enregistrées (Soarimalala *et al.*, 2001).

Plus de 6 espèces de carnivores dont *Fossa fossana*, 11 espèces d'insectivores, 8 espèces de chiroptères, 36 espèces de reptiles, 41 espèces d'amphibiens, 74 espèces d'insectes, des crustacées et des arachnides de toutes formes se rencontrent également dans le parc.

I. 2. 6. Cadre socio-culturel et économique

I. 2. 6. 1. Population

La majorité de la population qui occupe les régions d'Ambendrana et d'Amindrabe appartient aux groupes ethniques *Betsileo*. La survie de la population locale dépend beaucoup

de l'exploitation de certaines ressources forestières associée à l'agriculture, l'élevage, la pêche et la chasse (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004).

I. 2. 6. 2. L'agriculture

Trois principaux modes de culture coexistent dans les deux régions (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004).

Premièrement, les cultures et rizicultures irriguées sur les bas-fonds marécageux aménagés, souvent étroits. C'est le système de production la plus importante avec une seule récolte annuelle (durant le mois de mars et avril).

Deuxièmement, les cultures pluviales qui occupent les *tanety*, caractéristiques des Hautes Terres Malgaches. Ce sont essentiellement les cultures associées du maïs et du haricot, les patates douces, les maniocs, les cannes à sucre, les pommes de terre, etc. Ces cultures se trouvent sur les terrains de culture dont la végétation primaire est pratiquement disparue. Ces cultures pluviales se pratiquent surtout dans la partie Ouest de la zone d'étude (Randriamalala, 2009).

Troisièmement, les cultures sur brûlis ou *tavy*, se rencontrent dans la partie Est, du côté de la forêt du corridor. La culture du maïs et du haricot caractérise souvent ses terrains dénudés. En plus, la culture de l'arachide, le pois de terre, le manioc et la patate douce y sont observés. Depuis 2003, l'année de la ratification par les COBA d'Ambendrana et d'Amindrabe de contrats GCF sur les portions de forêts matures dans leurs terroirs, la pratique de nouvelles défriches en forêt est formellement interdite. Actuellement, seuls les défrichements des recrûs hors de la zone de conservation sont permis sous réserve de demande préalable d'autorisation aux chefs des COBA.

I. 2. 6. 3. L'élevage

Les élevages bovin, porcin et des volailles se pratiquent dans le site d'étude. Les bovins jouent un rôle important dans les cérémonies familiales (rituels, circoncision, mariage). À part cela, les bovins sont utilisés pour les travaux dans les rizières tels que le laboure, le piétinement des terres et la culture attelée et la production de fumier (Blanc-Pamard *et al.*, 2005). Néanmoins, ces différents types d'élevage s'associent à un faible nombre de têtes : 2 à 3 bétails par famille, une dizaine de volailles et des porcs dont seul une minorité en possède.

D'autres activités relativement nouvelles sont pratiquées dans la zone d'étude, dont l'apiculture et la pisciculture. L'apiculture se pratique dans des ruches en bois préfabriquées localisées non loin de la demeure de l'éleveur. La pisciculture se pratique dans des étangs spécialement aménagés et est utilisée pour l'élevage des poissons.

I. 2. 6. 4. La pêche

Les écrevisses et les anguilles sont les plus recherchées dans les eaux courantes et les rizières surtout du côté d'Amindrabe. C'est une source de revenus surtout des familles surtout pendant la période de soudure. Elles sont aussi destinées à la consommation familiale. Néanmoins, il est formellement interdit de commercialiser les écrevisses pendant une période de l'année (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004).

I. 2. 6. 5. L'exploitation de la ressource forestière

À part l'agriculture et l'élevage, l'exploitation forestière est une des sources des revenus non négligeables pour la population locale. Elle concerne la cueillette et les usages technologiques. Les récoltes des plantes à usage alimentaire comme les plantes dont les fruits sont comestibles telles que *Psidium cattleianum*, *Aphloia theiformis*, *Eugenia emirnenis*, *Physalis peruviana*, *Ficus sp* constituent la cueillette. À propos des usages technologiques, rechercher les plantes dont les bois servent pour la construction des maisons ou des cases ou des enclos des zébus ou des bois de chauffe telles que *Eugenia emirnenis*, *uxia capitata*, *Dichaetanthera cordifolus* est une pratique très courante dans cette région. En plus de cela, les habitants vivent également de la fabrication de manches d'*angady*, de pilon et de mortier qui sont écoulées à Alakamisy, à Sahambavy ou à Fianarantsoa. Les prélèvements ligneux aboutissent à l'écémage de la forêt.

Les gens d'Ambendrana et d'Amindrabe sont des grands consommateurs d'alcool fabriqué localement (*taoka gasy*). Il est fait avec des cannes à sucre mélangées avec des écorces de *Myrica phyllireaefolia* ou *lakalaka*.

I. 2. 7. Corridor forestier de Ranomafana-Andringitra

Par définition, un corridor est « une unité paysagique qui tranche dans l'espace environnant en raison de sa configuration linéaire relativement étroite et qui relie d'autres unités plus massives, mais de nature analogue, en créant une continuité qui permet aux espèces animales de circuler ou aux végétaux de se propager de l'une à l'autre sans devoir s'exposer à un milieu plus hostile » (Da Lage et Métaillié, 2000).

Un corridor forestier est une bande forestière relativement étroite contribuant à instaurer une connectivité entre les aires protégées, jouant ainsi un rôle primordial pour le maintien de la biodiversité à long terme (Carrière-Buchsenschutz, 2006).

Le corridor Ranomafana-Andringitra avec une superficie nettement plus grande de 240 000 ha (Carrière *et al.*, 2005) est long d'une centaine de kilomètres, avec une largeur

de 5 à 15 km. Le corridor forestier Ranomafana-Andringitra a été identifié par le Groupe Vision Durban (GVD) comme prioritaire dans le cadre de la conservation à Madagascar (Carrière-Buchenschutz, 2006). Ce corridor présente une importance cruciale dans la protection et préservation de la biodiversité. Ce « pont biologique » permet les mouvements d'espèces tant animales que végétales et apparaissent cruciaux pour entretenir la diversité génétique dans les deux parcs (Goodman et Razafindratsita, 2001).

En plus de ces intérêts d'ordre écologiques, ce corridor forestier présente également une importance d'ordre socio-économique. C'est un milieu naturel pouvant fournir une gamme de produits utiles dans la vie quotidienne et des sources de revenus dont le prélèvement de bois (servant à la construction des maisons ; à la fabrication des cases et des enclos des zébus ; à la fabrication des manches d'*angady*, de pilons et de mortiers ; etc.), la cueillette des plantes médicinales et des plantes à usage alimentaire, la récolte de miel sauvage, la pêche aux écrevisses et crabes d'eau douce, etc.

La dégradation de ce corridor favorise la disparition des espèces tant qu'animales que végétales et ne fait qu'accentuer de plus en plus la pauvreté de cette région dépendante de la forêt.

1. 3. ÉCHANTILLONNAGE DES PARCELLES D'ÉTUDE

Une prospection du terrain a d'abord été faite pour identifier les différents types de végétation du site d'étude et plus particulièrement les recrûs post-agricoles.

Randriamalala *et al.* (2012) ont échantillonné 89 recrûs post-agricoles de moins de 30 ans (<5 ans ; 6 à 10 ans ; 11 à 29 ans). Les recrûs post-agricoles plus âgés (30 à 60 ans ; N=23) et les forêts matures (N=26) ont été échantillonnées de façon aléatoire pour augmenter l'amplitude des âges de la jachère et des perturbations liées aux pratiques culturales (tableau II).

Tableau I : Plan d'échantillonnage

Sources	Âges des jachères (ans)	Nombre parcelles
Randriamalala <i>et al.</i> , 2012	<5	21
	6 à 10	31
	11 à 29	37
Auteur	30 à 60	23
	Forêts matures	26

Chaque parcelle choisie est caractérisée par :

- ❖ Des coordonnées géographiques enregistrées avec un GPS (Global Positioning System) ;
- ❖ Une exposition donnée par une boussole ;

Toutes les parcelles se trouvent à mi- versant.

1. 4. ENQUÊTES SUR LES HISTORIQUES DES PARCELLES ET SUR LES PRATIQUES AGRICOLES

Ces enquêtes ont pour but de connaître les passés culturels des parcelles d'études (successions des cultures, modes de préparation des sols correspondants, durées de jachères, etc.). Des enquêtes auprès des propriétaires des parcelles sélectionnées ont été menées. Les personnes enquêtées ont été amenées à la parcelle, mais dans le cas contraire, les questions ont été posées au lieu de la rencontre. Les informations collectées ont fait l'objet de recoupements auprès de (i) personnes possédant des champs à proximité de la parcelle considérée ou (ii) ayant participé à sa mise en culture et auprès de nos guides locaux.

Les questions ont permis de calculer les paramètres culturels suivants :

- ❖ L'âge depuis le premier défrichement (1er Def) ;
- ❖ L'âge du recrû actuel (Age RAF) qui est la durée depuis le dernier abandon ;
- ❖ Le nombre cumulé d'années de culture (N. Cult) ;
- ❖ L'intensité d'usage agricole (IUA) qui est le rapport entre N. Cult et 1er Déf.

Les détails du questionnaire utilisé figurent en annexe 2.

1. 5. ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

1. 5. 1. Relevés floristiques et paramètres de diversité et de structure

Les relevés floristiques ont été faits selon les méthodes utilisées par Randriamalala *et al.* (2012), à savoir, la recherche de l'aire minimale qui précède le relevé des paramètres floristiques et phytosociologiques.

1. 5. 1. 1. Recherche de l'aire minimale

L'aire minimale renferme toutes les espèces d'un groupement végétal donné (Dazoz, 1996). Pour la déterminer, il faut choisir une zone homogène caractérisée par l'uniformité de ses conditions écologiques et par l'homogénéité « apparente » de la physionomie et de la composition floristique du couvert végétal (Gordon *et al.*, 1983). La recherche de l'aire minimale se base sur le principe du doublement des surfaces de relevé (figure 3 ;

Randriamalala, 2009). Elle se fait de la manière suivante : un carré élémentaire, de trois mètres de côté a été matérialisé à l'aide des piquets fabriqués sur place et délimité par une ficelle. Sa superficie a été doublée jusqu'à ce que moins de trois espèces nouvelles n'apparaissent dans la surface relevée.

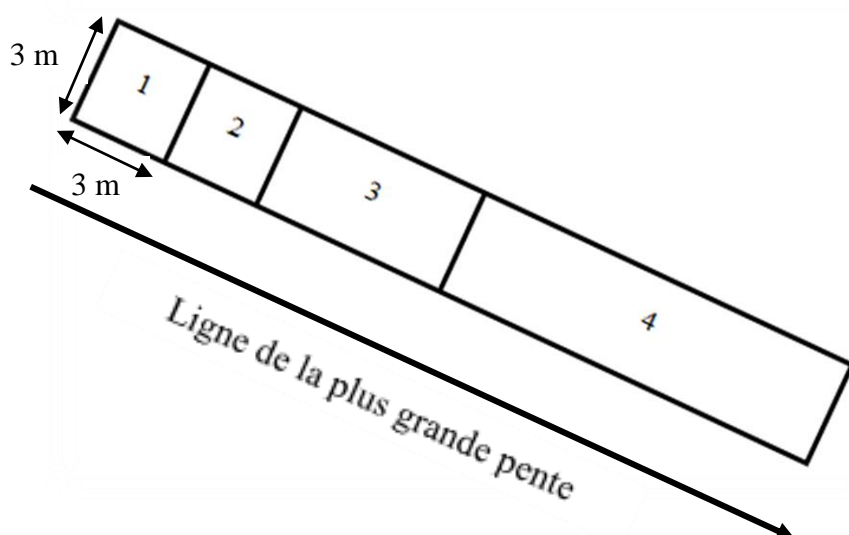


Figure 3 : Dispositif de la recherche de l'aire minimale

L'aire minimale va de pair avec la courbe aire-espèce dont l'abscisse indique l'aire de relevé et l'ordonnée, le nombre d'espèces correspondant (figure 4). Après un effort d'échantillonnage suffisant, la pente de la courbe diminue brusquement, ce qui se traduit par la présence d'un plateau à partir d'une surface appelée « aire minimale » dans laquelle on effectue l'inventaire floristique afin d'avoir toutes les espèces de la communauté (Frontier et Pichod-Viale, 1998).

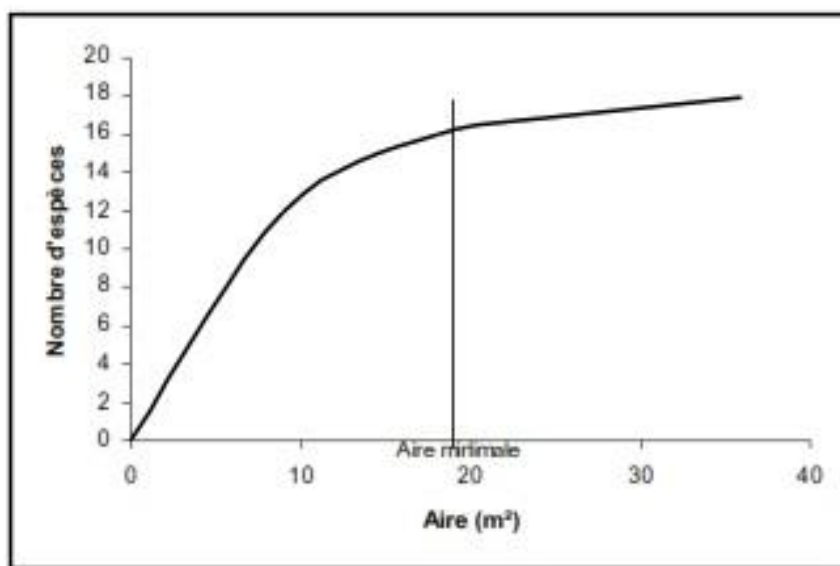


Figure 4 : Exemple d'une courbe aire-espèces

I. 5. 1. 2. Inventaire floristique

La mesure des paramètres phytosociologiques et floristiques suivants a été effectuée à l'intérieur de l'aire minimale (AM) :

- ✚ Les noms des individus ;
- ✚ Le Diamètre à Hauteur de Poitrine (D.H.P.), mesuré à l'aide d'un pied à coulisse ;
- ✚ La hauteur totale des arbres et arbustes ;
- ✚ Les hauteurs maximales des espèces herbacées ;
- ✚ L'origine de la plante : (i) par germination des graines ou (ii) par multiplication végétative (rejet de souches ou drageonnement) ;
- ✚ Les formes biologiques : arbres (plus de 10 m de hauteur), arbuste (hauteur comprise entre 7 à 10 m de hauteur), arbrisseau (inférieur à 5 m de hauteur), les lianes, les fougères, les épiphytes et les herbes ;

I. 5. 2. Indices de diversité et de structure

Les paramètres de relevé permettront de calculer les paramètres de diversité (qui sont la richesse spécifique, l'indice de régularité, les proportions des espèces zoochores et les proportions des plantes herbacées) et les paramètres de structure.

Richesse spécifique « S »

La richesse spécifique est le nombre total d'espèces recensées à l'intérieur d'une surface de référence (Rakotoarimanana *et al.*, 2000 ; et Gordon *et al.*, 1983). Dans cette étude, l'aire minimale est la surface de référence.

La richesse spécifique des espèces arbustives et arborées (S Ab) est le nombre total d'espèces arbustives et arborées recensées à l'intérieur d'une surface de référence (Aire minimale).

a) Indice de Régularité des ligneux « R »

C'est l'indice de Shannon-Weaver normalisé par la diversité maximale. L'indice de Shannon-Weaver correspond à une quantité d'information appelée entropie (Dazoz, 1996 ; Legendre et Legendre, 1984).

L'indice de régularité « R » s'obtient par le rapport entre l'indice de Shannon-Weaver et le logarithme à base 2 de la richesse spécifique, ceci donné par la formule suivante :

$$R = \frac{H'}{\log_2 S} = - \sum_{i=1}^S \frac{\frac{N_i}{N} \times \log_2(\frac{N_i}{N})}{\log_2 S}$$

Avec **H'** : indice de Shannon-Wear ; **S** : richesse spécifique ; **Log₂S** : la diversité maximale ; **N_i** : abondance de l'i-ème espèce ; et **N** = $\sum N_i$, i allons de 1 à S : abondance numérique totale d'espèces.

L'indice de régularité indique la répartition des individus entre celles-ci, pour un nombre d'espèces donné (Frontier et Pichod Viale, 1998). Pour une espèce dominant largement un peuplement, cet indice de régularité tend vers zéro. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si toutes les espèces ont la même abondance, cet indice est égal à 1 (Dazoz, 1996 ; Frontier et Pichod Viale, 1998).

b) Autres indices de diversité

- La proportion d'espèces zoochores (dispersées par les animaux) « % Zoo » parmi les ligneux (arbres, arbustes et arbrisseaux).
- La proportion d'espèces herbacées « % Herb » par rapport à la richesse spécifique.

c) Indice de structure

La structure d'un peuplement est la distribution des effectifs des individus du peuplement par les classes d'âge défini par le paramètre « diamètre » ou « hauteur » (Frontier et Pichod-Viale, 1998). La structure d'un peuplement peut être verticale ou horizontale.

Les paramètres structuraux qui ont été retenus sont :

- La surface terrière « G », calculée par la formule suivante :

$$G = \sum_{i=1}^N \pi \times DHP_i^2 / 4$$

Avec **G** : surface terrière ; **DHP_i** : diamètre à hauteur de poitrine du i-ème individu ;
et **N** : abondance totale d'espèces ligneuses dans la parcelle d'étude

- Densité des espèces ligneuses « D » pour les individus de plus de 1,3 mètre de hauteur. Elle est exprimée par nombre d'individus par hectare (n / ha).

- Densité des lianes « d » qui s'exprime également en nombre d'individus par hectare (n / ha).
- Proportions d'individus ligneux issus des rejets de souche « % Rs ».

I. 5. 3. Analyses statistiques sur les données issues des relevés floristiques

Les paramètres caractérisant les historiques des parcelles ont été codés comme suit :

- Âge du recrû actuel (Age RAF ; ans) : 1 = 1 à 5 (N= 21) ; 2 = 6 à 10 (N= 31) ; 3 = 11 à 29 (N= 37) ; 4 = 30 à 60 (N= 23) et 5 = >60 (N= 26) ;
- Intensité d'usage agricole (IUA) : 1 = 0 (N= 26) ; 2 = <0,1 (N= 40) ; 3 = 0,1 à 0,24 (N= 37) ; et 4 = ≥0,25 (N= 35).

L'intensité d'usage agricole des recrûs post-agricoles supérieurs à 22 ans a été supposée inférieure à 0,1 et celle des forêts matures a été considérée comme nulle. En effet, la valeur de l'IUA diminue globalement à mesure que l'âge de la jachère augmente.

Afin de détecter d'éventuelles différences entre les moyennes des paramètres biotiques (indices de diversité et de structure) par rapport aux variables âge du recrû et IUA, des (i) Analyses de Variances Simples (ANOVA) avec des tests de comparaisons multiples de Tukey (SPSS 20) et (ii) des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis avec des comparaisons multiples selon les tests de Mann-Whitney ont été appliqués (SPSS 20). Les ANOVA ont été utilisées pour les variables qui remplissent les conditions exigées par l'usage des tests paramétriques (normalité de la distribution et égalité des variances) et les tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis l'ont été dans le cas contraire. Les variables ayant fait l'objet d'ANOVA sont la richesse spécifique (S totale et S arbustives et arborées). Les variables qui ont subi des tests non paramétriques sont l'âge des recrûs post-agricoles, les aires minimales « AM », l'indice de régularité des ligneux « R », la proportion d'espèces zoochores « %Zoo », la proportion d'espèces herbacées « %Herb », la hauteur maximale des espèces « Hmax », la surface terrière « G », la densité des espèces ligneuses « D », la densité des lianes « d » et les proportions d'individus ligneux issus des rejets de souche « %Rs ».

Tableau II : Liste des tests statistiques appliqués aux paramètres de diversité et de structure des recrûs post-agricoles et forêts matures

Variables	Test statistique utilisé
AM	Test de Kruskal-Wallis
S	ANOVA
S Ab	
R	Test de Kruskal-Wallis
%Zoo	
%herb	
Hmax	
G	
D	
d	
%Rs	

AM : Aire minimale ; **S** : Richesse spécifique totale ; **S Ab** : Richesse spécifique des espèces d'arbres et d'arbustes ; **R** : Indice de régularité ; **%Zoo** : Proportion d'espèces dispersées par les animaux ; **%Herb** : Proportion des plantes herbacées ; **Hmax** : Hauteur maximale ; **G** : Surface terrière ; **D** : Densité des espèces ligneuses ; **d** : Densité des lianes et **%Rs** : Proportion des individus issus des rejets de souche.

Une analyse de la co-inertie avec ADE-4 (Dray *et al.* ; 2003) a été utilisée (i) pour étudier la relation entre les paramètres de l'historique des parcelles (âge du recrû et IUA) et la composition floristique (138 relevés \times 172 espèces) et (ii) pour identifier les espèces caractéristiques de chaque stade de succession. L'analyse de la co-inertie est une méthode multivariée pour coupler des tableaux de données et fournit une décomposition de la co-inertie du nuage de points correspondants le long de vecteurs orthogonaux qui dirigent les axes de co-inerties (Dray *et al.* ; 2003). Elle maximise le carré de la co-variance entre les projections des 2 groupes de variables sur ces vecteurs. Les principaux résultats de l'analyse de co-inertie sont (i) un coefficient de corrélation reliant les 2 groupes de variables, dont la signification a été testée par des tests de permutation de Monte Carlo avec 1000 répétitions (ADE-E) et (ii) des poids canoniques de chaque variables le long des axes de co-inertie.

RÉSULTATS



II. RÉSULTATS

II. 1. Histoires des parcelles et pratiques agricoles

Le défrichement de la forêt mature consiste à couper tous les arbres et arbustes d'une parcelle, à les laisser sécher pendant une période d'une semaine à plusieurs mois (2 à 3 mois), selon les conditions climatiques, le volume de la biomasse végétale à brûler et l'exposition de la parcelle. Après le premier défrichement, les cultures associées de haricot et de maïs, par semis direct, initient le plus souvent l'exploitation d'une parcelle nouvellement défrichée. Ce n'est qu'après 2 à 6 années de cultures entrecoupées d'une à 3 années de jachère que le manioc, la patate douce, l'arachide et le pois de terre sont plantées.

Les recrûs post-agricoles de moins de 29 ans, ceux échantillonnés par Randriamalala *et al.* (2012), ont été défrichés pour la première fois entre 1973 et 2000. La moitié (50%) de ces parcelles l'ont été avant 1995 et le quart (25%) avant 1983. Leurs âges vont de 1 à 29 ans avec une moyenne de 7 ± 7 ans. Le nombre cumulé d'années de culture varie de 2 à 15 ans (moyenne = 6 ± 2 années). L'Intensité d'Usage Agricole varie de 0,04 à 0,71 ; avec une moyenne de $0,25 \pm 0,02$. Plus de la moitié des parcelles de Randriamalala *et al.* (2012 ; 56%) sont associées à des intensités d'usage agricole inférieures à 0,2 ; tandis que le quart (25 %) correspondent à des IUA de plus de 0,35.

Pour les recrûs post-agricoles de 30 à 60 ans, les premiers défrichements ont eu lieu avant 1970. L'année depuis le dernier abandon va de 30 à 60 ans (moyenne = 45 ± 8 ans). Le nombre d'années de cultures varie de 1 à 2 ans. L'Intensité d'Usage Agricole est inférieure à 0,1.

II. 2. Végétation : paramètres floristiques et phytosociologiques

II. 2. 1. Aire minimale « AM »

Les aires minimales de la végétation varient de 5 à 72 m². La figure 5 montre les aires minimales moyennes des types de formations végétales étudiées : 12 ± 9 m² pour les recrûs post-agricoles herbacés (1 à 5 ans), 37 ± 17 m² pour les recrûs post-agricoles de 6 à 10 ans, 45 ± 8 m² pour les recrûs post-agricoles de 11 à 29 ans, 19 ± 9 m² pour les recrûs post-agricoles âgés (30 à 60 ans) et de 22 ± 10 m² en forêts matures (Alagasy, >60 ans). Les moyennes des aires minimales varient significativement au cours des périodes de successions secondaires ($P < 0,001$; $\chi^2 = 32,076$; ddl = 137). Les aires minimales associées aux recrûs post-agricoles jeunes de 1 à 5 ans sont significativement plus faibles

que celles des autres recrûs (6 à 60 ans). Les recrûs post-agricoles de 6 à 29 ans présentent des aires minimales significativement plus élevées que celles des recrûs de 30 à 60 ans et des forêts matures.

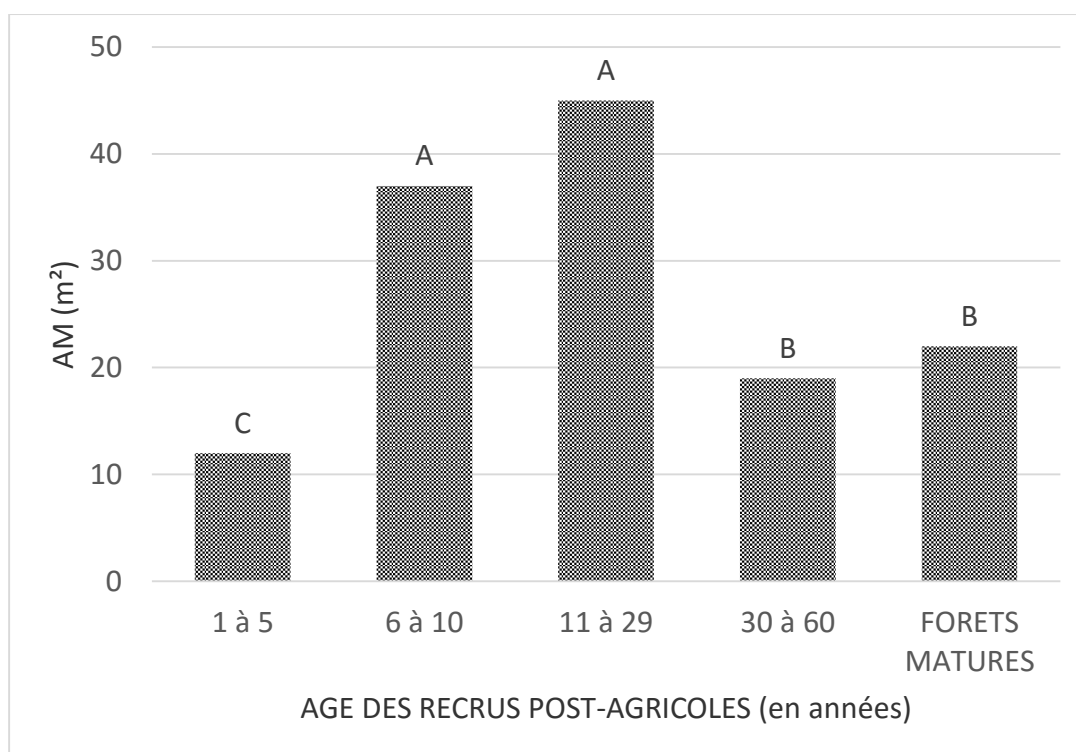


Figure 5 : Les aires minimales moyennes des différents types de formation

AM : Aire minimale

II. 2. 2. Richesse spécifique variable

Les moyennes des richesses spécifiques varient significativement avec l'âge des jachères (19 à 49 ; figure 6 ; $F= 60,145$; $P < 0,001$; $ddl= 137$). Les richesses spécifiques moyennes des recrûs post-agricoles de 11 à 29 ans et dans une moindre mesure celle des recrûs de 6 à 10 ans sont les plus élevées (respectivement 49 ± 9 et 41 ± 10 ; $P < 0,001$; figure 6). Viennent ensuite, les forêts matures et les recrûs post-agricoles de plus de 30 ans dont les moyennes des richesses spécifiques ne sont pas significativement différentes (respectivement 29 ± 7 et 27 ± 7 ; $P = 0,355$; $ddl= 47$; figure 6). Les recrûs post-agricoles jeunes sont les plus pauvres en espèces avec une moyenne de 19 ± 1 .

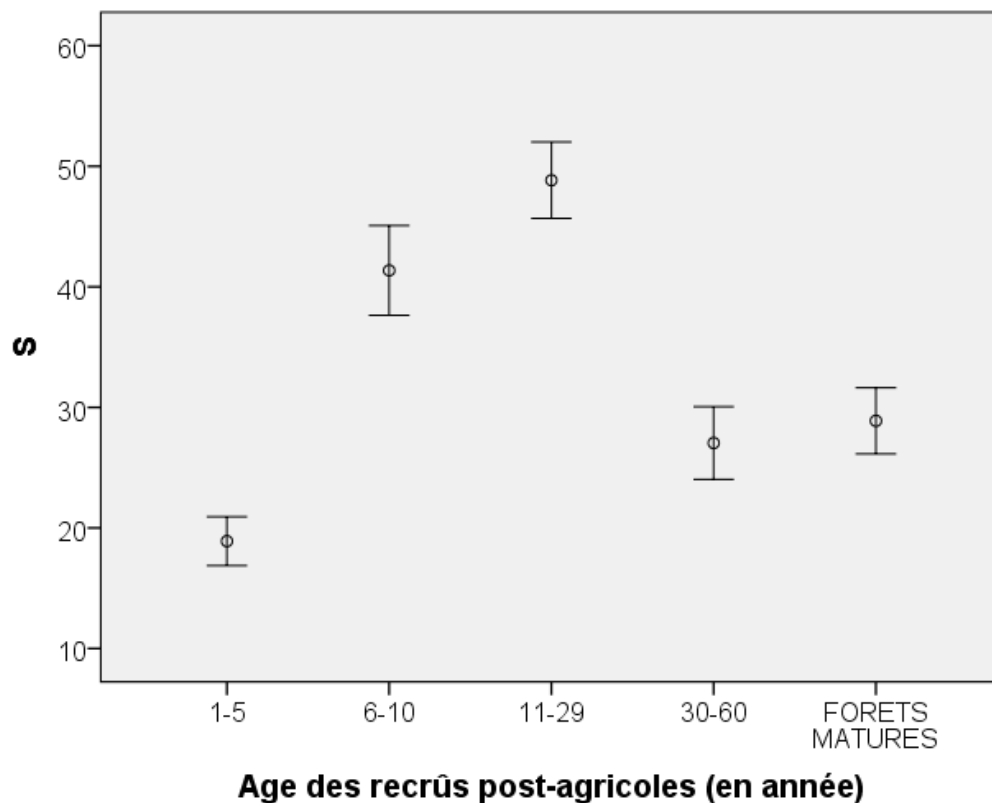


Figure 6 : Richesse spécifique des divers types de formation

S : richesse spécifique ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des nombres d'espèces ligneuses (arbres et arbustes) varient significativement avec l'âge des recrûs (figure 7 ; $F= 59,879$; $P < 0,001$; $ddl= 137$). Le nombre moyen d'espèces ligneuses des forêts matures, celui des recrûs post-agricoles de 30 à 60 ans et celui des recrûs de 11 à 29 ans ne varient pas significativement entre elles même si une hausse apparente avec l'âge est constatée (figure 7 ; $P > 0,239$). La moyenne des nombres d'espèces ligneuses des recrûs post-agricoles de 6 à 10 ans est significativement plus faible que celles des recrûs plus âgés (>10 ans ; $P < 0,001$), mais plus élevée que celle des jeunes recrûs de 1 à 5 ans ($P < 0,001$; $ddl= 30$; figure 7).

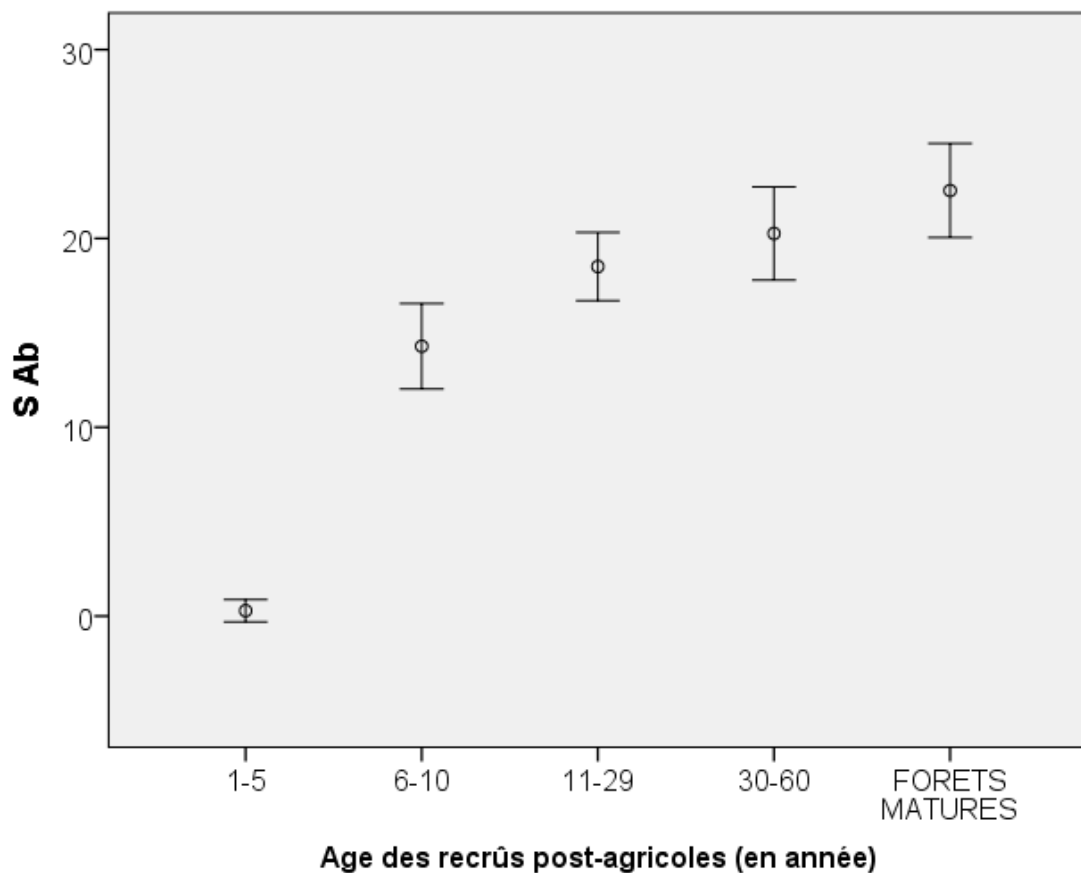


Figure 7 : Richesse spécifique des espèces d'arbres correspondants aux divers types de formation

S Ab : richesse spécifique des espèces arbustives ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des richesses spécifiques varient significativement avec l'Intensité d'Usage Agricole (figure 8 ; $F = 18,416$; $P < 0,001$; $ddl = 137$). La moyenne des richesses spécifiques des recrûs associés à des IUA nulles et celle des recrûs correspondant à des IUA supérieure ou égale à 0,25 ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$; $ddl = 56$) et sont significativement plus faibles que celles des recrûs à IUA intermédiaires (0,1 à 0,24 ; $P < 0,001$; figure 8).

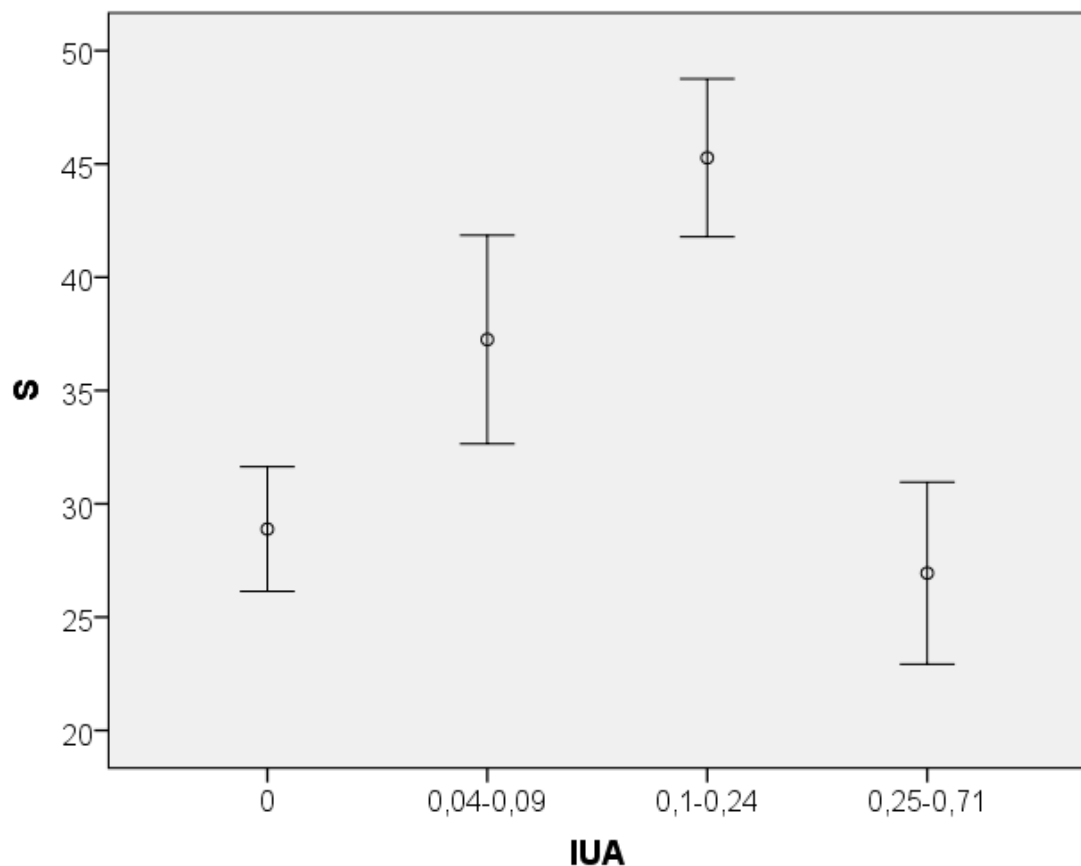


Figure 8 : Richesse spécifique selon la valeur de l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs
S : richesse spécifique ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

Les moyennes des nombres d'espèces d'arbres diminuent significativement quand l'IUA augmente ($F = 57,356$; $P < 0,001$; $ddl = 137$; figure 9). Les nombres moyens d'espèces d'arbres des recrûs à faible IUA (0 et 0,04 à 0,09) ne sont pas significativement différents ($P = 0,604$; $ddl = 64$) et sont les plus élevés ($P < 0,001$; figure 9).

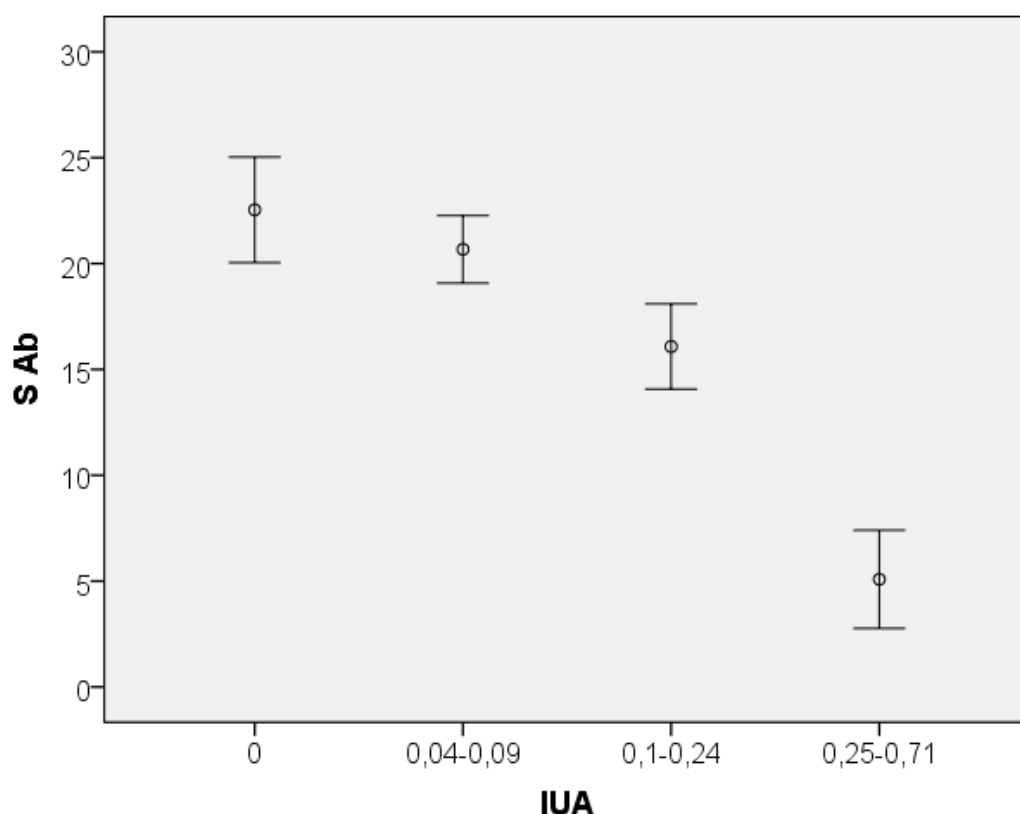


Figure 9 : Richesse spécifique des espèces arbustives selon l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs

S Ab : richesse spécifique des espèces arbustives ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 2. 3. Autres indices de diversité : R, %Zoo et %Herb

Les autres paramètres de diversité sont l'indice de régularité des ligneux, les proportions des espèces zoochores et les proportions des espèces herbacées.

II. 2. 3. 1. Indice de Régularité des ligneux « R »

Les moyennes de l'indice de régularité R varient significativement avec l'âge des jachères ($Khi^2 = 52,054$; $P < 0,001$; figure 10 ; ddl= 4). Les recrûs herbacés sont associés à la valeur moyenne la plus faible de R ($0,04 \pm 0,2$; $P < 0,001$; figure 10). Par contre, aucune variation significative des valeurs moyennes de R n'a été constatée dans les recrûs post-agricoles arbustifs (>6 ans ; $P > 0,05$; figure 10).

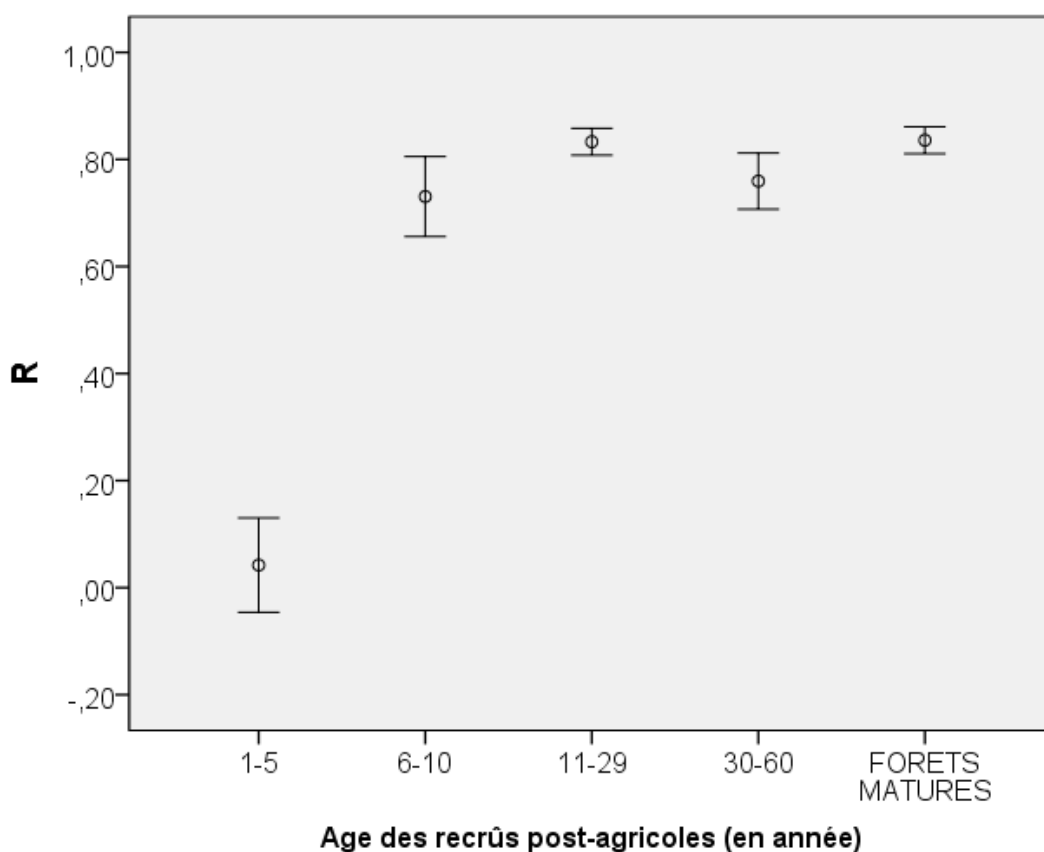


Figure 10 : Indice de régularité des ligneux des divers types de formation

R : Indice de régularité des ligneux ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes de l'indice de régularité R varient significativement avec l'Intensité d'Usage Agricole ($\chi^2 = 35,899$; $P < 0,001$; figure 11 ; ddl= 3). Les recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure ou égale à 0,25 sont associés à la valeur moyenne la plus faible de R ($0,31 \pm 0,38$; $P < 0,001$; figure 11). Par contre, aucune variation significative des valeurs moyennes de R n'a été constatée dans les recrûs à Intensité d'Usage Agricole inférieure ou égale à 0,24.

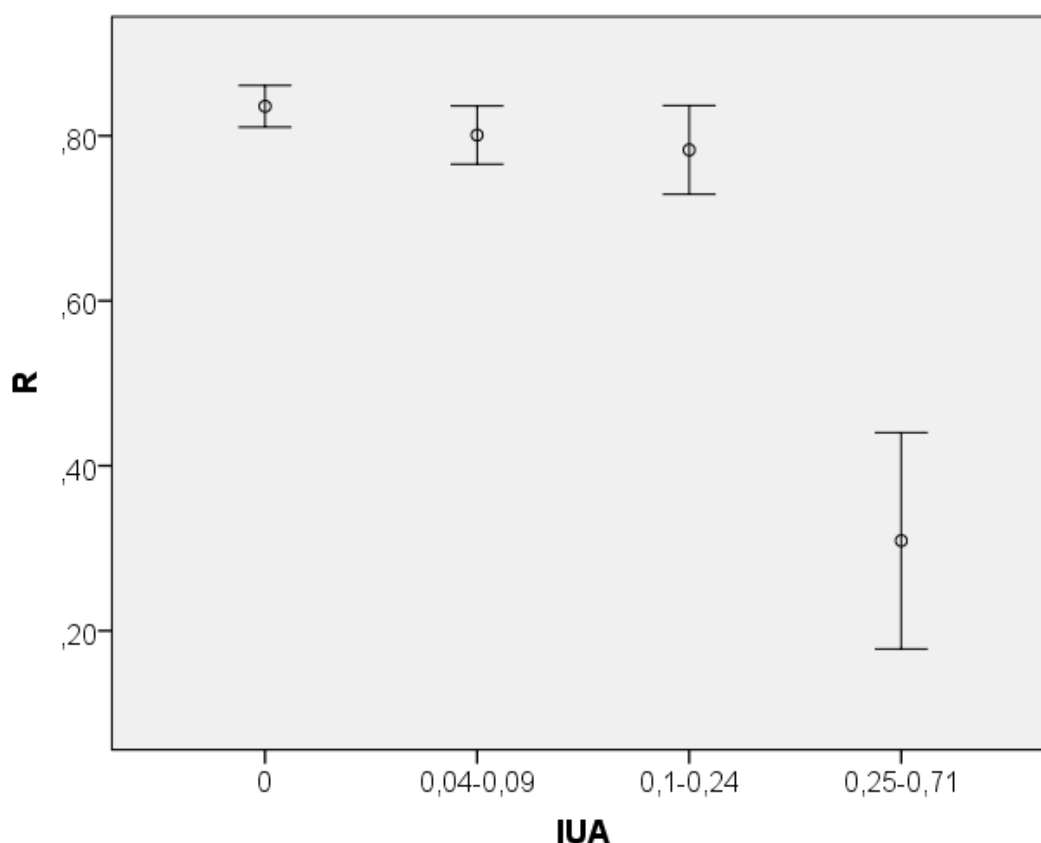


Figure 11 : Indice de régularité des ligneux selon l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs post-agricoles

R : Indice de régularité des ligneux ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 2. 3. 2. Proportion d'espèces zoochores « %Zoo »

Les moyennes de la proportion d'espèces zoochores augmentent significativement avec l'âge des jachères ($\text{Khi}^2 = 48,223$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 4$; figure 12). Les recrûs herbacés sont les plus pauvres en espèces zoochores ($26\% \pm 30$; $P < 0,001$; figure 12). Les recrûs de 11 à 29 ans, ceux de 30 à 60 ans et les forêts matures sont les plus riches en espèces dispersées par les animaux et les moyennes de %Zoo qui leurs sont associées ne varient pas significativement ($P > 0,07$).

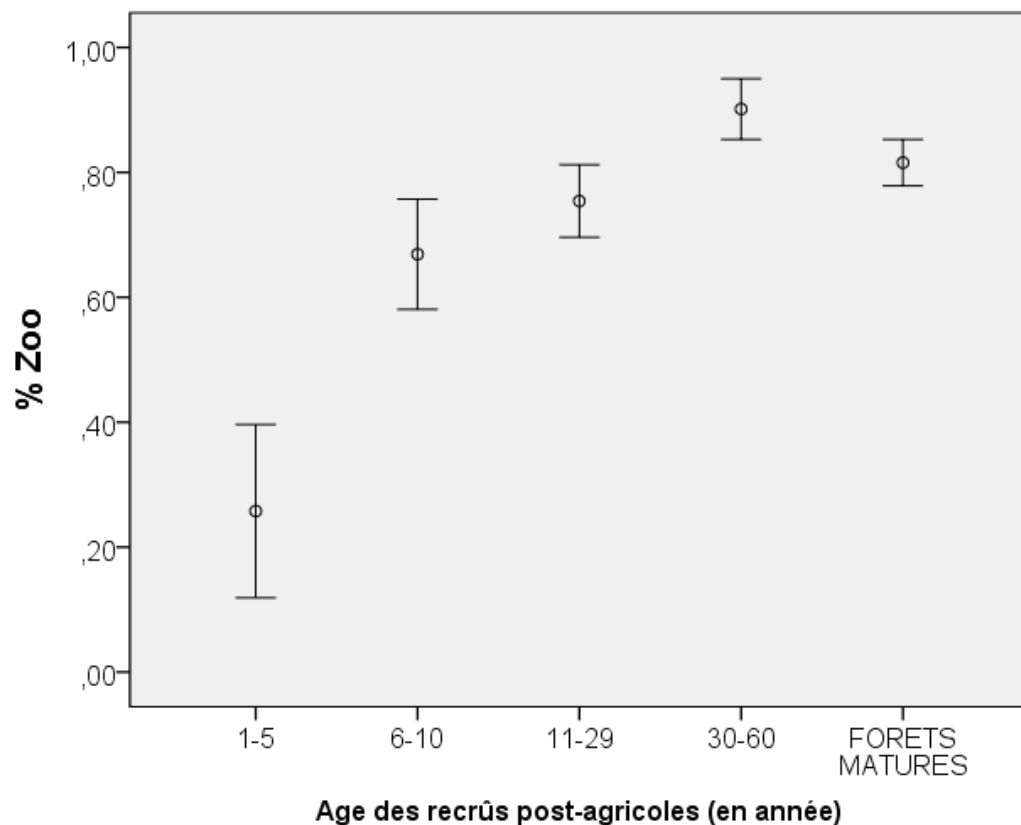


Figure 12 : Proportion d'espèces dispersées par les animaux selon l'âge des recrûs

%Zoo : Proportion d'espèces dispersées par les animaux ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes de la proportion d'espèces zoochores diminuent quand l'IUA augmente ($\chi^2 = 38,881$; $P < 0,001$; ddl= 3; figure 13). Les moyennes de %Zoo associées aux recrûs à $IUA < 0,25$ ne varient pas significativement ($P > 20\%$). Les recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure à 0,25 sont les plus pauvres en espèces zoochores ($P < 0,001$; figure 13).

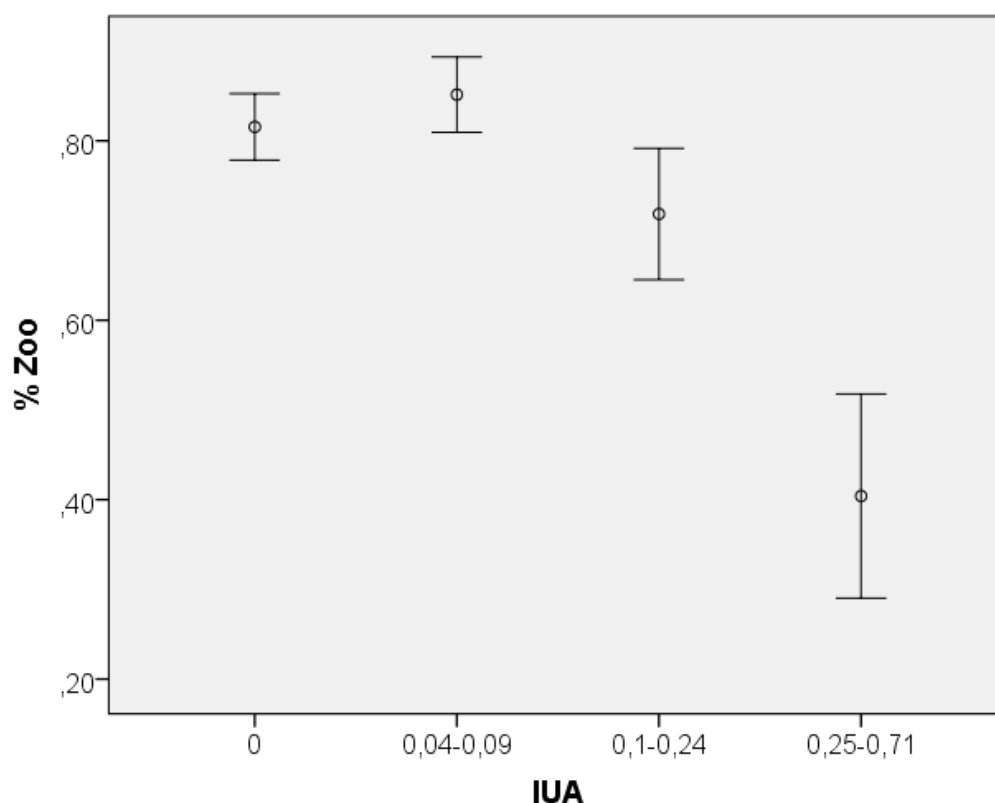


Figure 13 : Proportion d'espèces dispersées par les animaux selon l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs

%Zoo : Proportion d'espèces dispersées par les animaux ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 2. 3. 3. Proportion des espèces herbacées « %Herb »

Les moyennes des proportions d'espèces herbacées diminuent significativement quand l'âge de la jachère augmente ($\text{Khi}^2 = 115,147$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 4$; figure 14). Les très jeunes recrûs post agricoles (1 à 5 ans) sont les plus riches en espèces herbacées ($P < 0,001$; figure 14). Par contre, les vieux recrûs post agricoles (30 à 60 ans) et les forêts matures sont les plus pauvres en espèces herbacées ($P > 0,162$) et leurs moyennes des proportions d'espèces herbacées ne sont pas significativement différentes entre elles ($P > 0,10$; $\text{ddl} = 47$; figure 14).

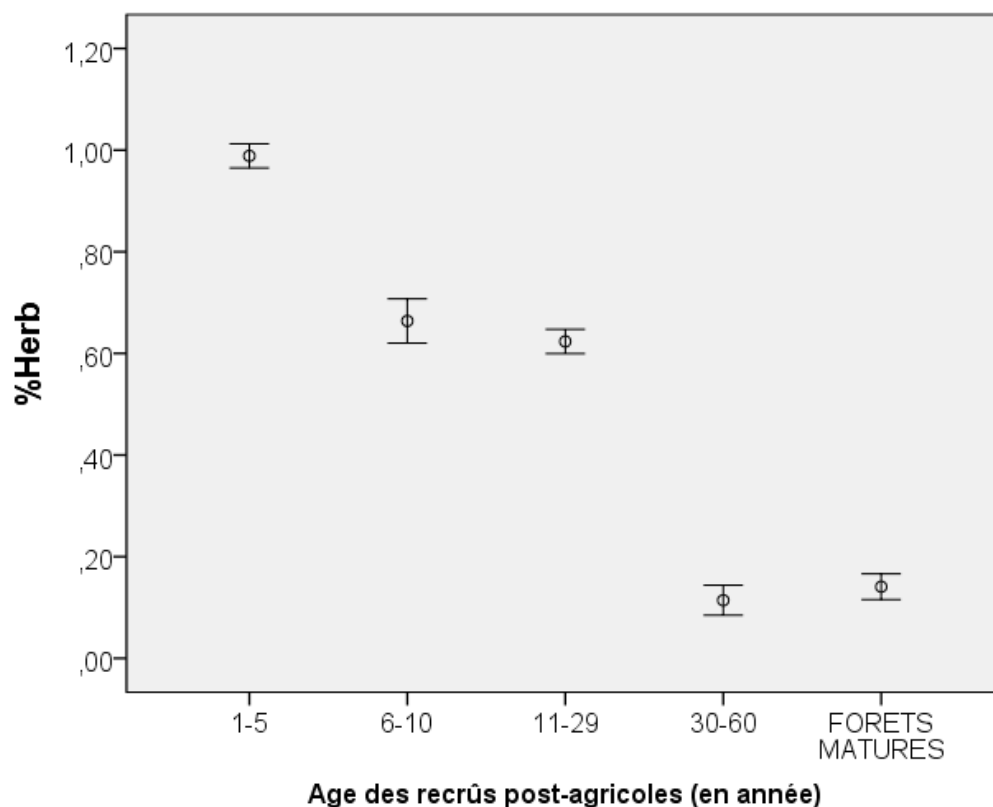


Figure 14 : Proportion des plantes herbacées attribuées aux divers types de formation

%Herb : Proportion des plantes herbacées ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des proportions d'espèces herbacées augmentent significativement quant l'Intensité d'Usage Agricole croisse ($\text{Khi}^2 = 98,515$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 3$; figure 15). Les recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure ou égale à 0,25 sont les plus riches en espèces herbacées ($P < 0,001$; figure 15). Les moyennes des proportions des plantes herbacées attribuées aux recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure ou égale à 0,25 sont significativement différentes à ceux attribuées aux recrûs à IUA comprise entre 0,1 à 0,24 ($P < 0,001$; $\text{ddl} = 47$).

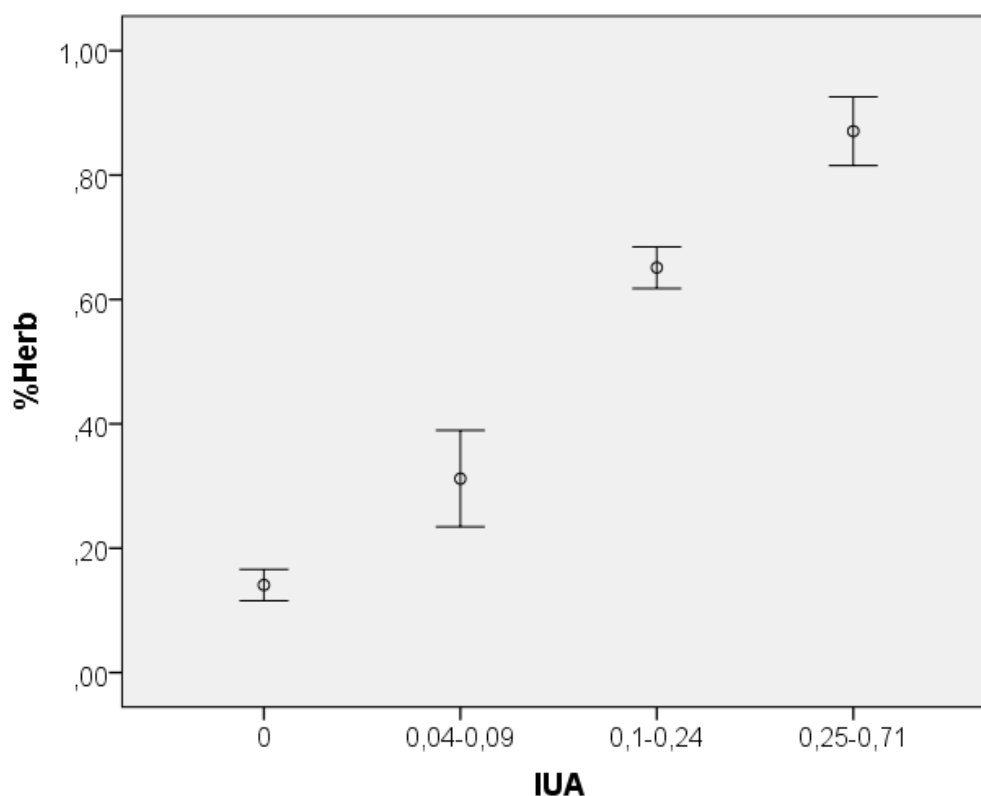


Figure 15 : Proportion des espèces herbacées en fonction de l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs

%Herb : Proportion des plantes herbacées ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 2. 4. Structure de la végétation des recrûs post-agricoles et forêts matures

II. 2. 4. 1. Structure verticale : Hauteur maximale « *H max* »

Les moyennes des hauteurs maximales augmentent significativement avec l'âge des recrûs ($\text{Khi}^2 = 75,526$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 4$; figure 16) et varient de 1,32 à 11,69 m. Les recrûs post agricoles herbacés (1 à 5 ans) sont associés à la hauteur maximale moyenne la plus faible ($P < 0,001$; figure 16) tandis que les forêts matures sont les plus hauts ($P < 0,003$). Les moyennes des hauteurs maximales des recrûs post agricoles ligneux (6 à 60 ans) ne varient pas significativement entre elles ($P > 0,458$). Une différence structurelle existe encore entre les recrûs post-agricoles et les forêts matures.

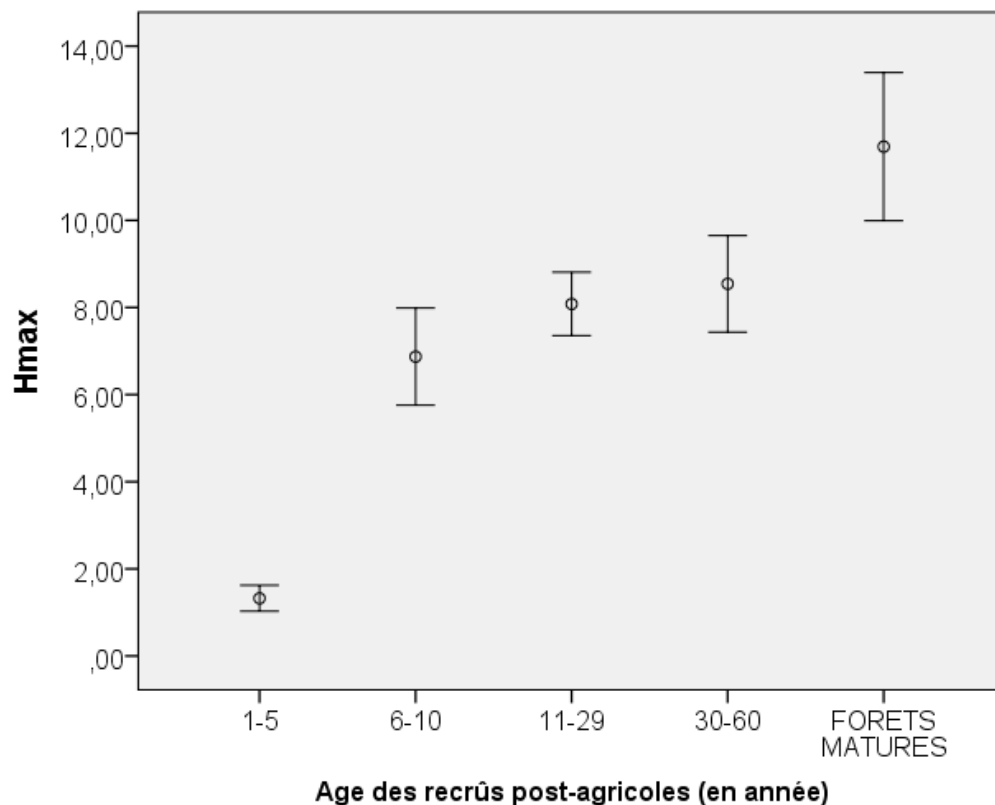


Figure 16 : Hauteur maximale moyenne dans les formations étudiées

Hmax : Hauteur maximale ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des hauteurs maximales diminuent significativement quand l'Intensité d'Usage Agricole croît ($\chi^2 = 67,004$; $P < 0,001$; $ddl = 3$; figure 17) et varient de 3,59 à 11,69 m. Les recrûs à Intensité d'Usage Agricole nulle sont associés à la hauteur maximale moyenne la plus élevée ($P < 0,001$) tandis que les recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure ou égale à 0,25 sont les basses ($P < 0,001$). La moyenne des hauteurs maximales des recrûs à Intensité d'Usage Agricole comprise entre 0,04 à 0,09 et celle des recrûs à IUA comprise entre 0,1 à 0,24 ne sont pas significativement différentes entre elles ($P > 0,09$; $ddl = 75$).

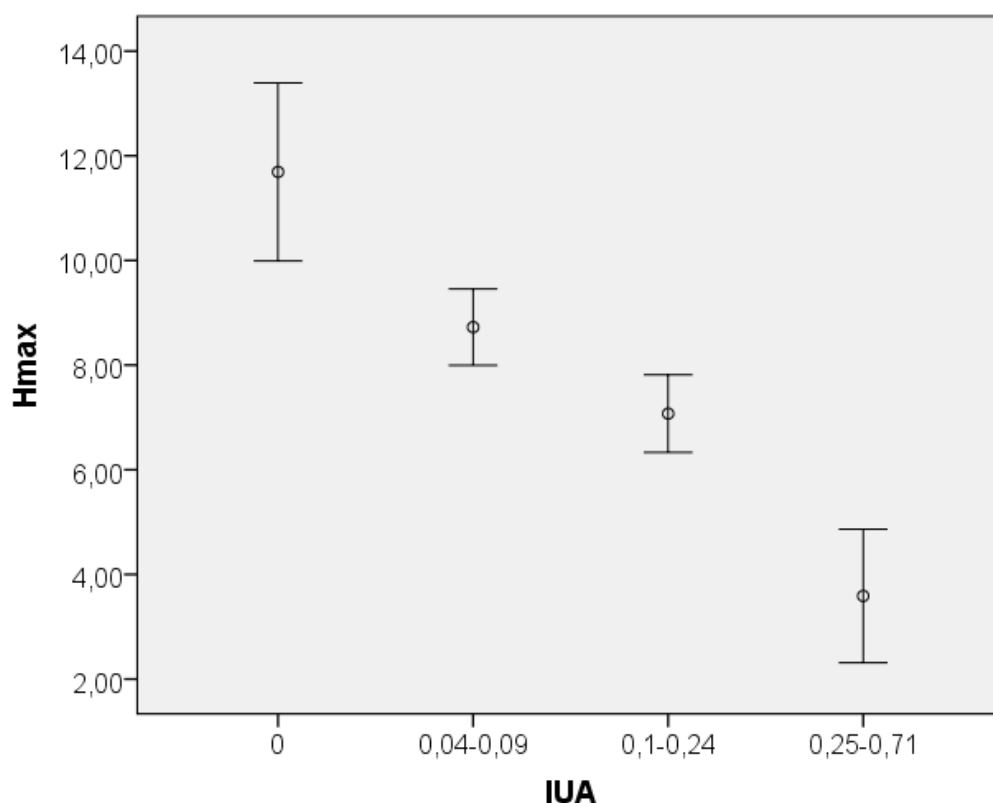


Figure 17 : Hauteur maximale moyenne attribuées aux divers Intensités d'Usage Agricoles

Hmax : Hauteur maximale ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 2. 4. 2. Structure horizontale

Les paramètres de structure horizontale sont la distribution de la surface terrière « G », la densité des espèces ligneuses « D », la densité des lianes « d » et les proportions d'individus issus des rejets de souche « % Rs ».

a) La distribution de la surface terrière « G »

Les surfaces terrières moyennes augmentent significativement le long des successions secondaires ($\text{Khi}^2 = 108,76$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 4$; figure 18) et varient de 0,11 à 63,80 m²/ha. Les forêts matures ont une surface terrière moyenne significativement plus importante que les autres types de végétation ($P < 0,004$).

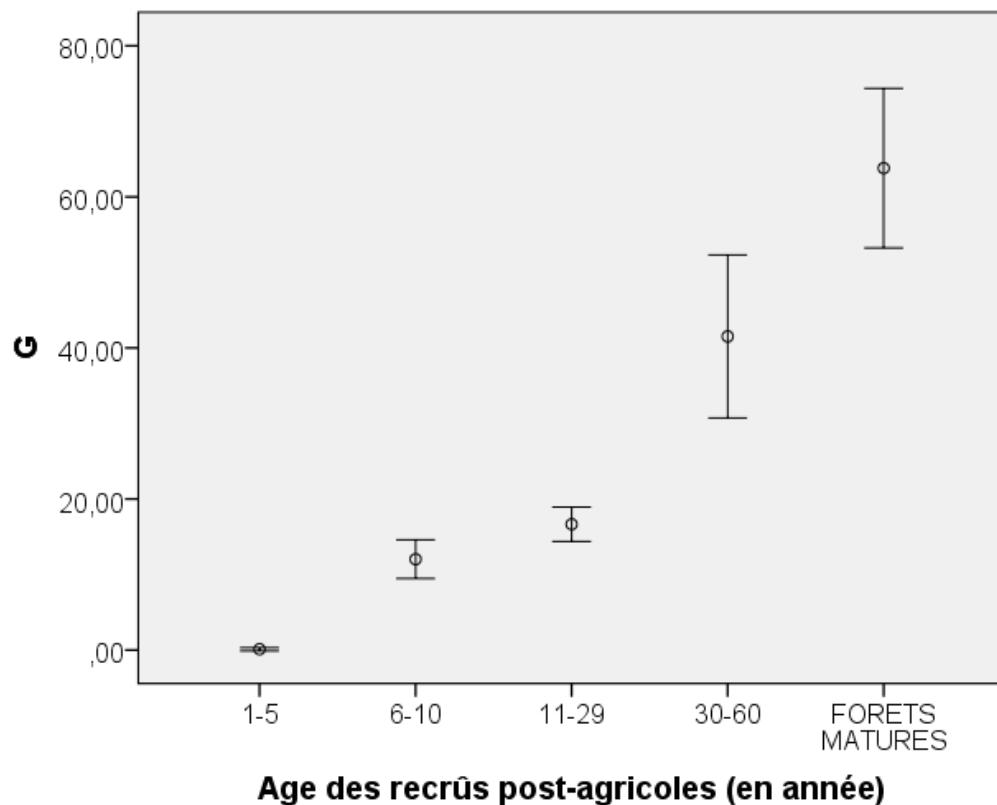


Figure 18 : Surface terrière moyenne dans les différents types de formation

G : surface terrière ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des surfaces terrières augmentent significativement quand l'Intensité d'Usage Agricole diminue ($\text{Khi}^2 = 100,965$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 3$; figure 19) et varient de 4,46 à 63,80 m²/ha. Les recrûs à Intensité d'Usage Agricole nulle ont une surface terrière moyenne significativement plus importante que les autres ($P < 0,001$). Les moyennes des surfaces terrières les plus faibles sont attribuées aux recrûs à Intensité d'Usage Agricole supérieure ou égale à 0,25 ($P < 0,001$).

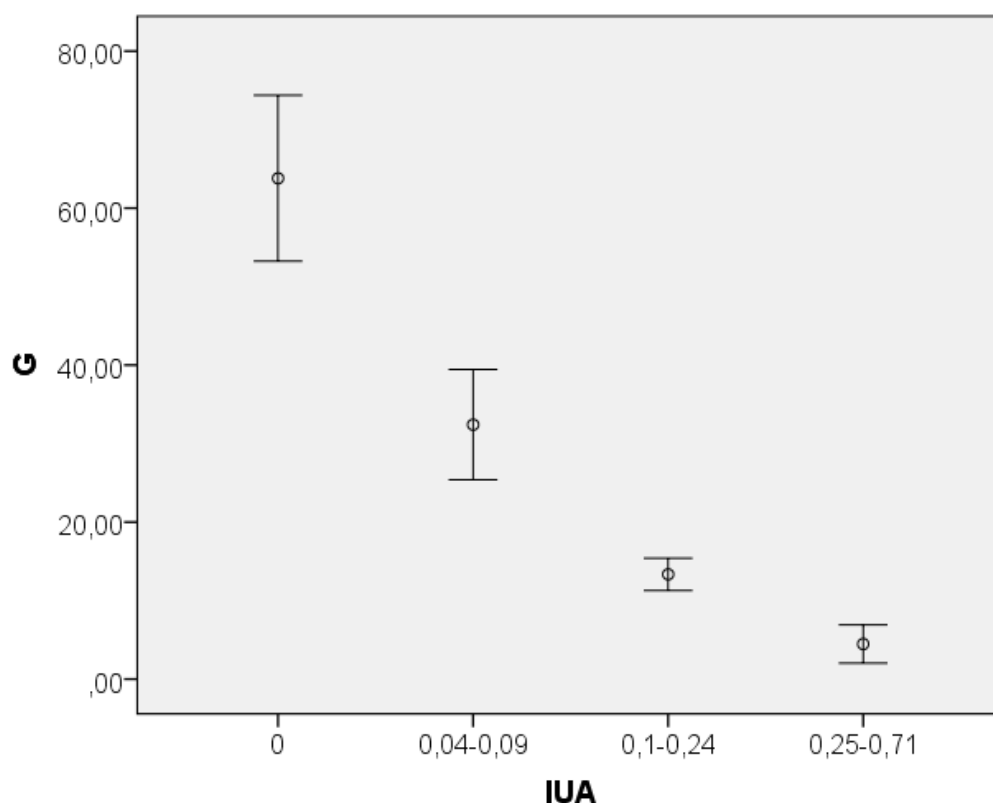


Figure 19 : Surface terrière moyenne en fonction de l'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs

G : Surface terrière ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

b) La densité des espèces ligneuses « D »

Les moyennes des densités des espèces ligneuses augmentent globalement avec l'âge des recrûs ($\text{Khi}^2 = 101,018$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 4$; figure 20) et varient de 807 à 33865 individus par hectare. Celles des recrûs de 6 à 29 ans (6-10 ans et 11 à 29 ans) sont significativement plus faibles que celles des recrûs de plus de 30 ans et des forêts matures ($P < 0,001$). Les très jeunes recrûs de 1 à 5 ans ont les plus faibles densités en espèces ligneuses ($P < 0,001$; figure 20).

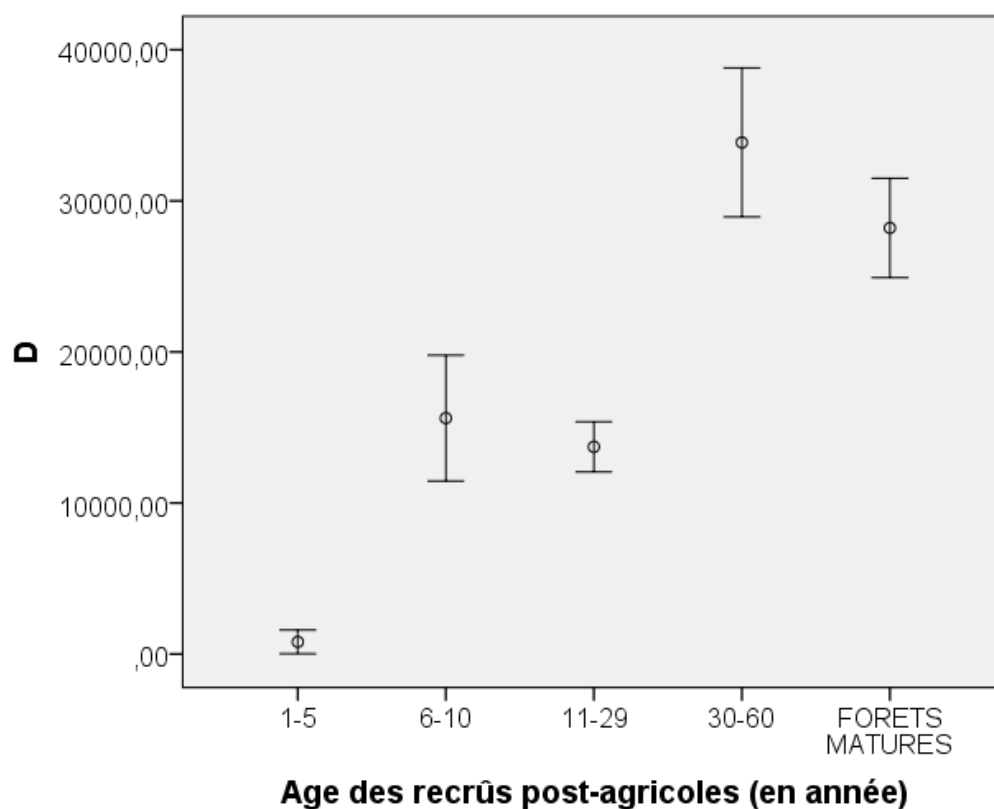


Figure 20 : Densité d'espèces ligneuses dans les formations végétales étudiées

D : Densité des espèces ligneuses ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des densités des espèces ligneuses diminuent significativement quand l'Intensité d'Usage Agricole augmente ($\text{Khi}^2 = 79,307$; $P < 0,001$; ddl = 3 ; figure 21) et varient de 6206 à 28208 individus par hectare. Les densités moyennes d'espèces ligneuses des recrûs à IUA nulle et comprise entre 0,04 à 0,09 ne sont pas significativement différentes ($P > 0,548$; ddl = 64) et sont les plus élevées ($P < 0,001$; figure 21).

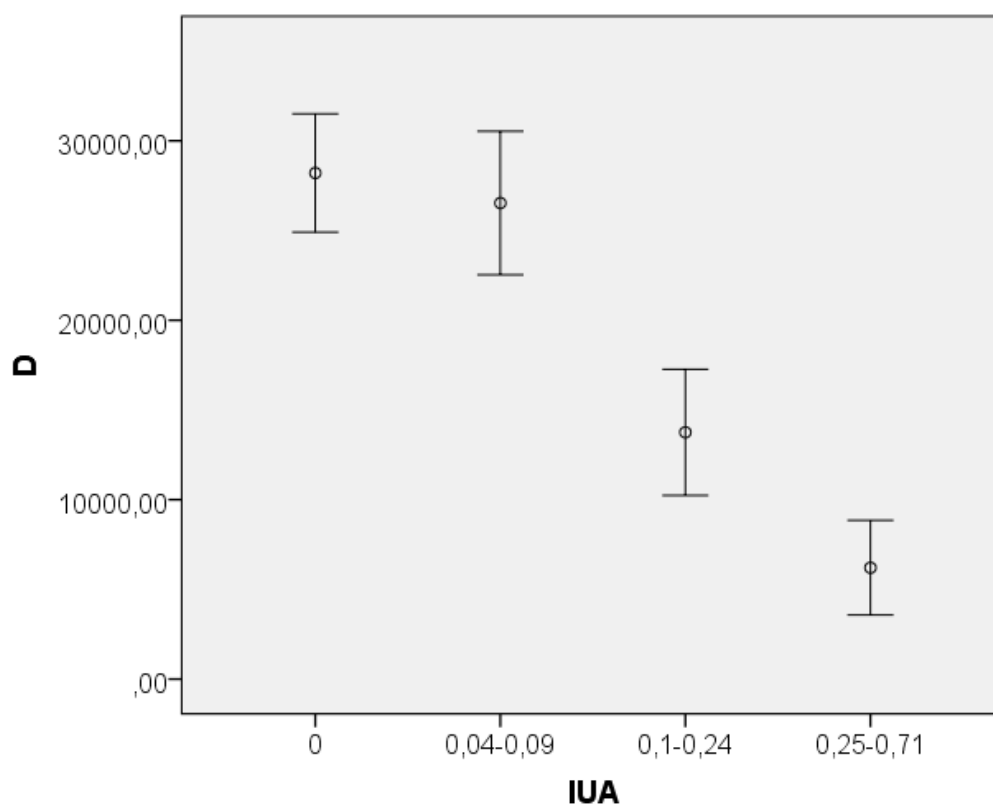


Figure 21 : Densité des espèces ligneuses correspondant à l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs

D : Densité des espèces ligneuses ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

c) La densité des lianes « d »

Les moyennes des densités des lianes varient significativement avec l'âge des recrûs ($\chi^2 = 87,89$; $P < 0,001$; ddl= 4 ; figure 22) et varient de 0 à 2094 individus par hectare. Les lianes sont particulièrement denses dans les recrûs âgés (30 à 60 ans) et dans les forêts matures ($P < 0,001$; figure 20) et sont significativement différents entre elles ($P < 0,020$; figure 22).

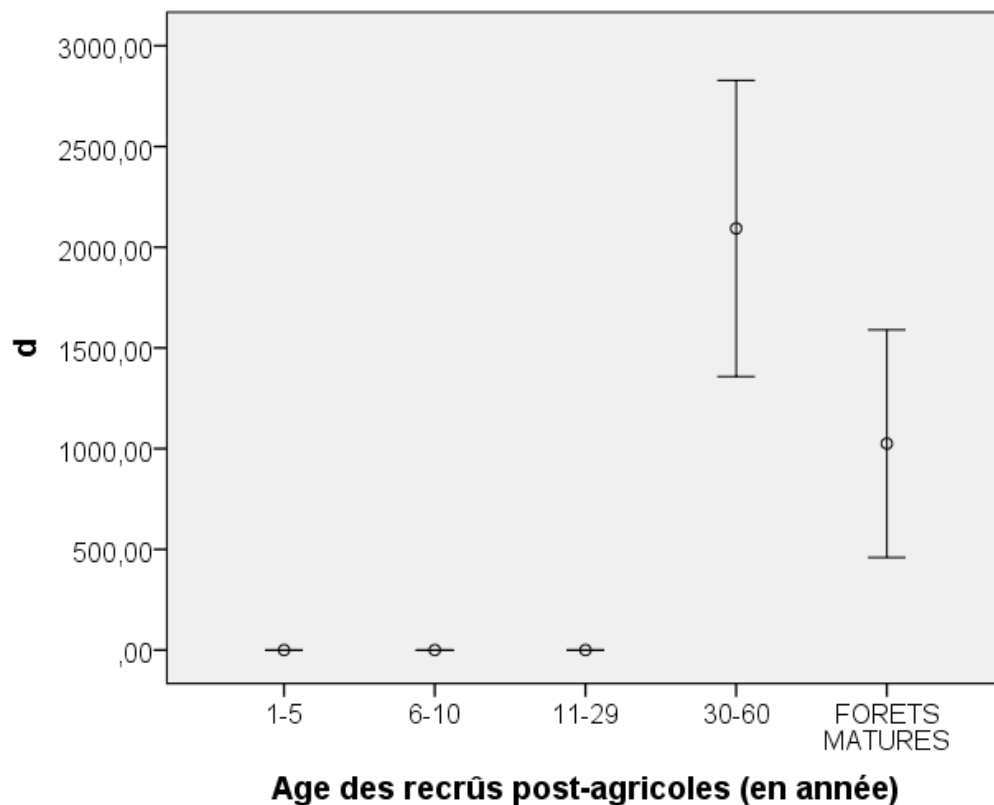


Figure 22 : Densité des lianes attribuées à chaque type de formation

d : densité des lianes ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des densités des lianes varient significativement avec l'intensité d'Usage Agricole des recrûs ($\text{Khi}^2 = 47,626$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 3$; figure 23) et varient de 0 à 1203 individus par hectare. Les lianes sont particulièrement denses dans les recrûs à Intensité d'Usage Agricole comprise entre 0,04 à 0,09 et nulle ($P < 0,001$; figure 23) et ne sont pas significativement différentes entre elles ($P > 0,65$; figure 23).

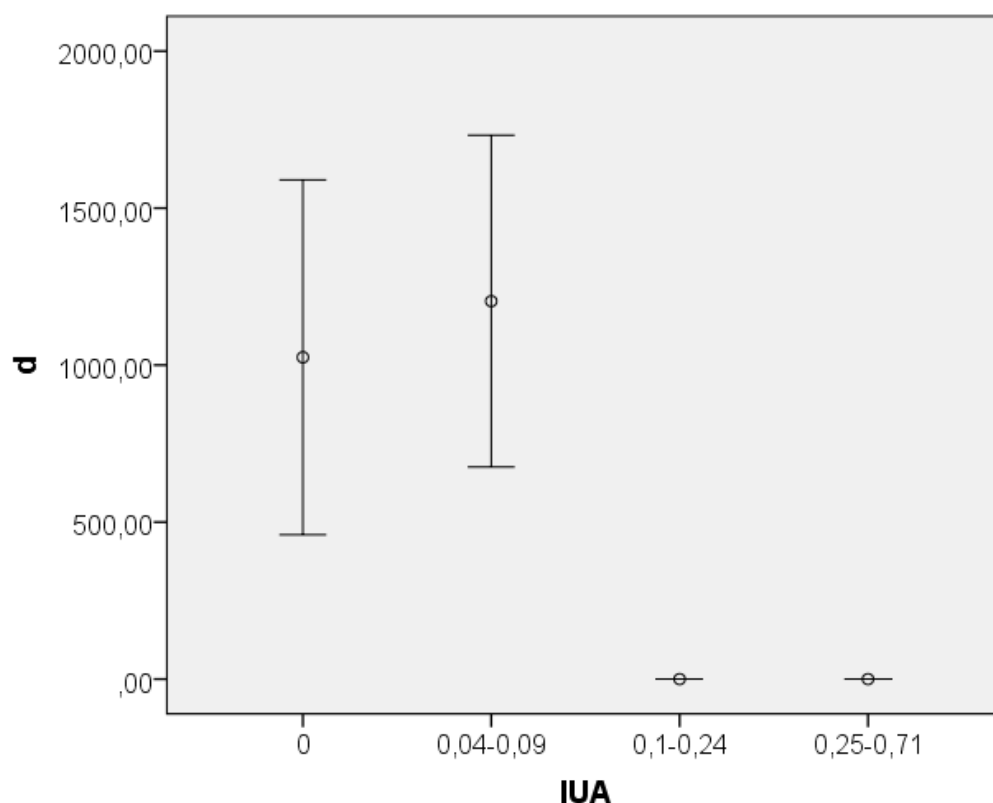


Figure 23 : Densité des lianes à chaque Intensité d'Usage Agricole des recrûs

d : densité des lianes ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

d) Les proportions d'individus issus des rejets de souche « % Rs »

Les moyennes des proportions d'individus ligneux issus des rejets de souche varient significativement avec l'âge des recrûs ($\text{Khi}^2 = 13,279$; $P < 0,001$; $\text{ddl} = 137$; figure 24) et vont de 3 à 18%. Celles des recrûs post agricoles ligneux (>6 ans) diminuent significativement avec l'âge des recrûs (figure 24).

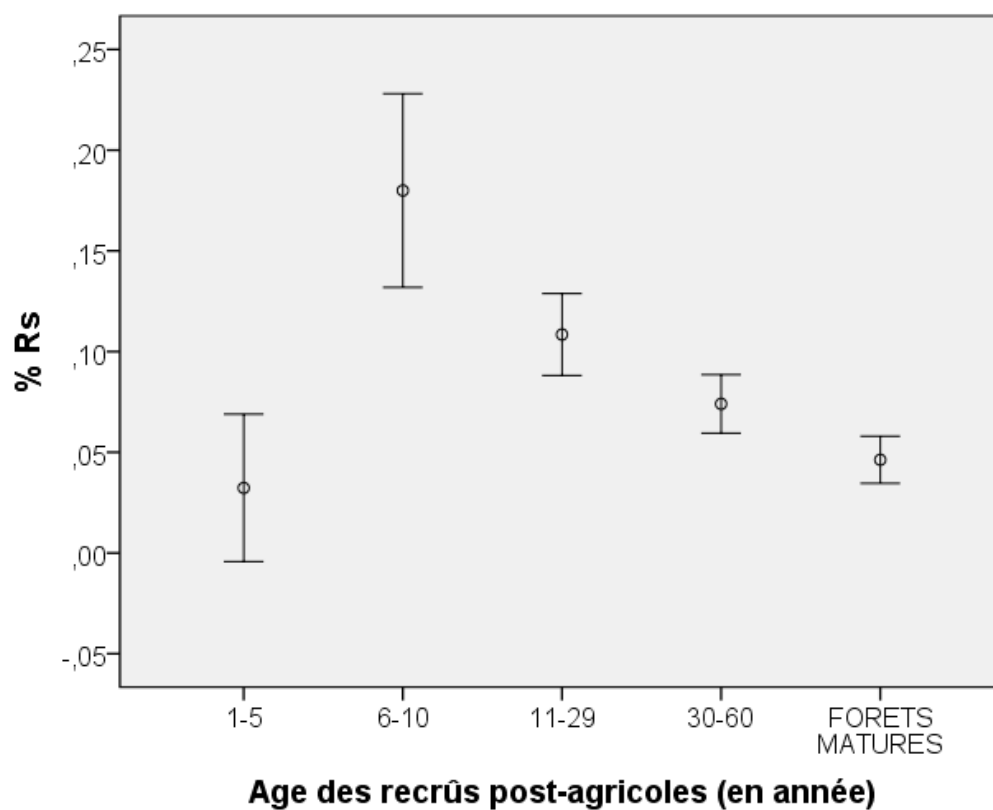


Figure 24 : Proportion d'individus ligneux issus des rejets de souche correspondants aux formations étudiées

%Rs : proportion des individus ligneux issus des rejets de souche ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5%

Les moyennes des proportions d'individus ligneux issus des rejets de souche varient significativement avec l'Intensité d'Usage Agricole des recrûs ($\chi^2 = 26,559$; $P < 0,001$; ddl= 3 ; figure 25) et vont de 4 à 12%.

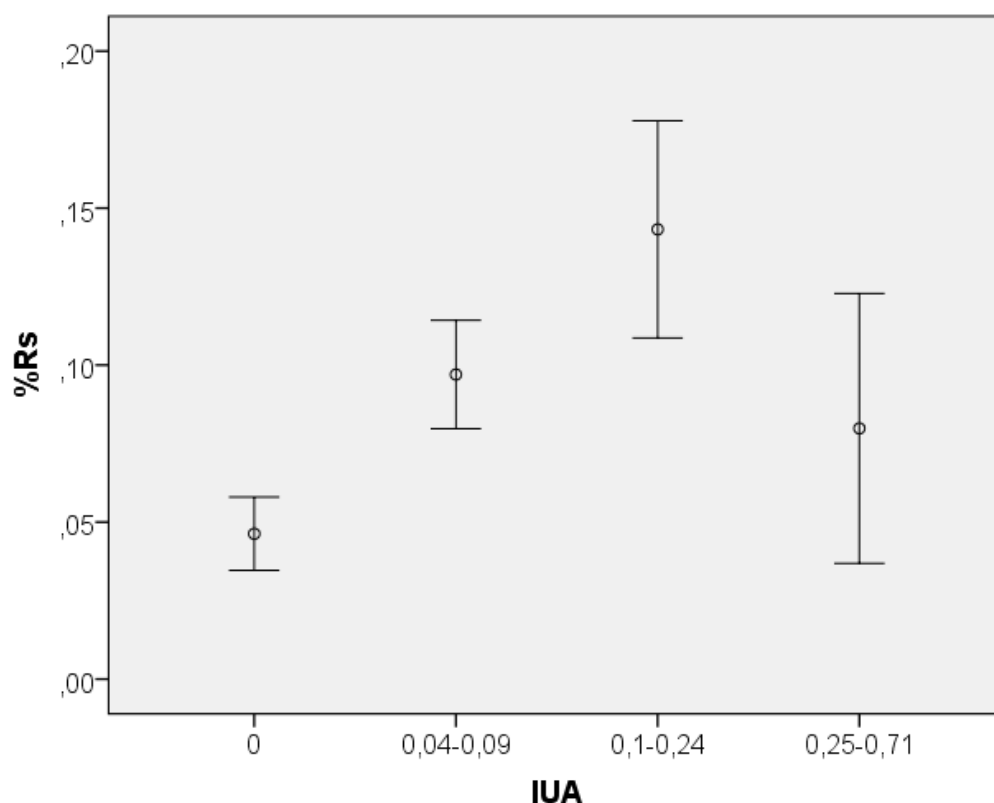


Figure 25 : Proportion des individus issus des rejets de souche correspondant au niveau d'Intensité d'Usage Agricoles des recrûs

%Rs : proportion des individus ligneux issus des rejets de souche ; **Barres verticales** : limites des intervalles de confiance à un risque d'erreur de 5% ; **IUA** : Intensité d'Usage Agricole

II. 3. Composition floristique

Les principaux résultats de l'analyse de co-inertie entre les paramètres de l'historique des parcelles (âge de la jachère et intensité d'usage agricole) et les compositions de la végétation de la jachère (138 relevés \times 172 espèces) sont donnés à l'annexe 6.

Le premier axe de la co-inertie explique 54% de la co-inertie totale. Il oppose (i) les espèces liées aux jeunes recrûs herbacées (8,24% ; 1 à 5 ans) ayant subi une forte Intensité d'Usage Agricole (2,52% ; $IUA \geq 0,25$) à (ii) celles liées aux forêts matures (29,36% ; > 60 ans), associées à des IUA quasi-nulles (21,85%). Les espèces liées aux recrûs herbacés (1 à 5 ans) avec une forte IUA ($\geq 0,25$) sont essentiellement herbacées et anémochores telles que *Crassocephalum sarcobasis* (DC.) S. Moore, *Imperata* sp., *Andropogon eucomus* Nees, *Sida rhombifolia* L., *Paspalum paniculatum* L., *Ophioglossum nudicaule* L. f., *Cyperus distans* L. f., *Melinis* sp., *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb., *Torenia stolonifolia* Bojer. ex Benth., *Lactuca indica* L., *Stenotaphrum dimidiatum* (L.) Brongn., *Bidens pilosa* L., *Sporobolus subulatus* Hack., *Emilia citrina* DC., *Imperata*



cylindrica (L.) P. Beauv., *Sporobolus africanus* (Poir.) Robyns & Tournay, *Panicum* sp., *Cyperus* sp., *Ageratum conyzoides* L. et *Helichrysum attenuatum* Humbert. Ces espèces s'opposent à celles liées aux forêts matures qui sont essentiellement des espèces arborées zoochores telles que *Evodia* sp., *Oncostemum botryoides*, *Evodia madagascariensis*, *Syzygium emirnense* (Baker) Labat. & G.E. Schatz, *Dracaena reflexa*, *Coffea buxifolia* A. Chev., *Eugenia phyllireaefolia*, *Garcinia aphanophlebia* Baker, *Gaertenera microstipula*, *Polyscias tripinata*, *Psychotria homolleae* Bremek., *Dypsis nodifera* Mart., *Anthocleista madagascariensis* Baker, *Vaccinium secundiflorum* Hook.

Le deuxième axe de la co-inertie explique 27% de la co-inertie totale. Il oppose (i) les espèces associées aux recrues de 6 à 29 ans ayant subi une intensité moyenne d'usage agricole ($0,1 < IUA < 0,24$; 37,28%) à (ii) celles liées aux forêts matures caractérisées par (1) une intensité d'usage agricole nulle (45,10%), un âge de plus de 60 ans (81,52%). Les espèces liées à une intensité d'usage agricole comprise entre 0,1 à 0,24 est caractérisée par les espèces arbustives zoochores telles que *Gallienia* sp., *Myrica phyllireaefolia* Baker, *Cryptocarya ovalifolia* (Danguy) Van der Werff, *Solanum auriculatum* Aiton, *Schefflera longipedicellata* (Lecomte) Bernardi, *Tambourissa thouvenotii* Danguy, *Chassalia bojeri* Bremek., *Ocotea nervosa* Kosterm., *Weinmannia rhodoxylon* Tul., *Maesa lanceolata* Forssk., *Croton myriaster* et *Ficus soroceoides* Baker. Elles s'opposent aux espèces liées à une intensité d'usage agricole nulles qui sont également dispersées par les animaux (zoochores) : *Desmodium barbatum* (L.) Benth. & Oerst., *Tacca leontopetaloides* (L.) Kuntze, *Piperonia* sp, *Bulbophyllum perrieri*, *Evodia madagascariensis*, *Evodia* sp., *Oncostemum botryoides*, *Syzygium emirnense* (Baker) Labat. & G.E. Schatz, *Dracaena reflexa*, *Coffea buxifolia* A. Chev., *Cryptocarya crassifolia*, *Garcinia aphanophlebia* Baker, *Eugenia phyllireaefolia*, *Gaertenera microstipula*, *Psychotria homolleae* Bremek. et *Polyscias tripinata*.

L'analyse de co-inertie réalisée identifie des espèces liées au niveau d'intensités d'usages agricoles. La variation de l'intensité d'usage agricole est aussi importante que l'âge de la jachère dans l'explication de la distribution des espèces.

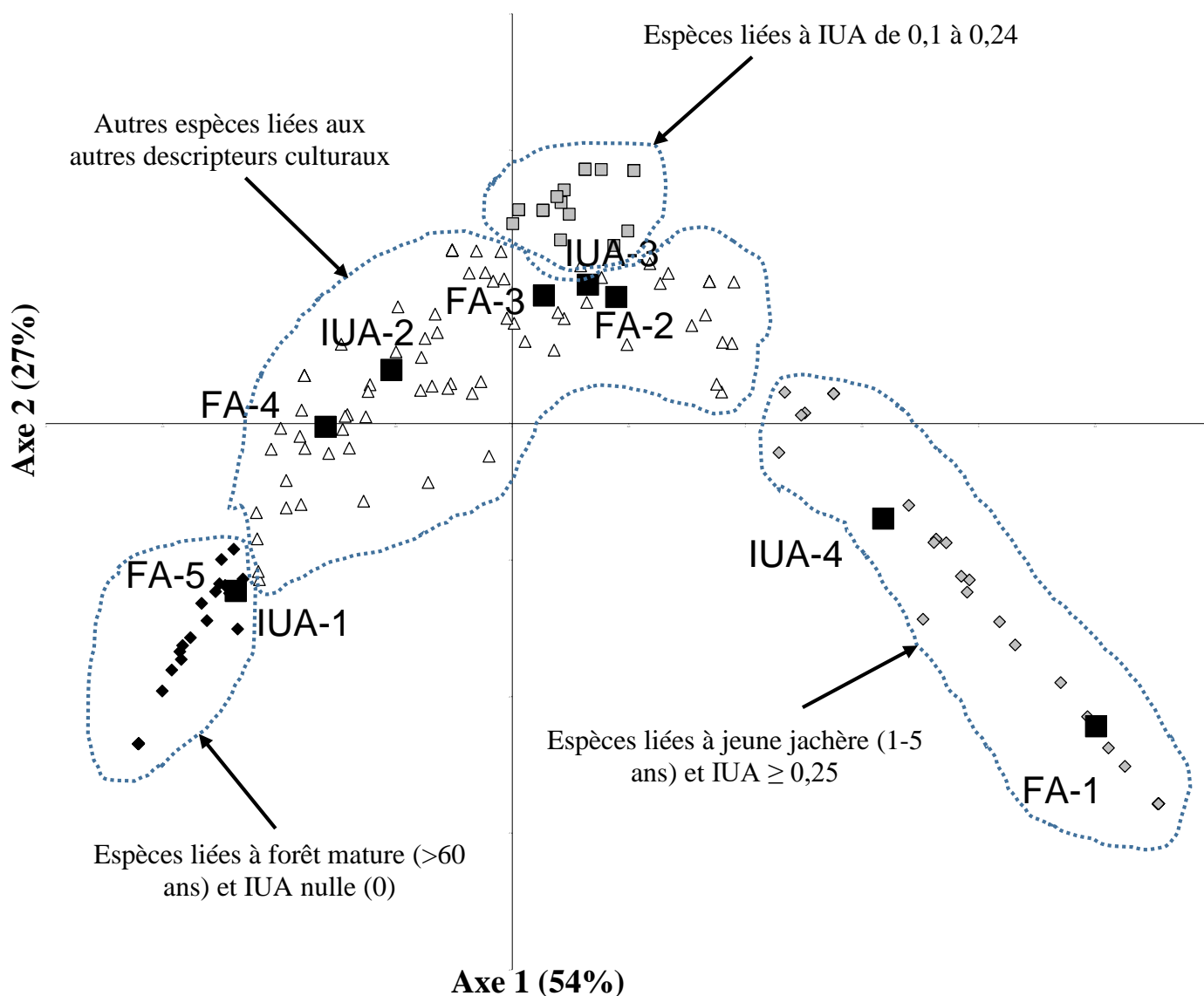


Figure 26 : Analyse de la co-inertie : relation entre paramètres de l'histoire (âge de la jachère et IUA) et la distribution des espèces

FA-1 : jeune jachère (1 - 5 ans) ; FA-2 : moyenne jachère (6 – 10 ans) ; FA-3 : vieille jachère (11 – 29 ans) ; FA-4 : très vieille jachère (30 – 60 ans) ; FA-5 : Très très vieille jachère ou forêt mature (>60 ans) ; IUA-1 : intensité d'usage agricole nulle (0) ; IUA-2 : intensité d'usage agricole inférieure à 0,1 ($>0,1$) ; IUA-3 : intensité d'usage agricole entre 0,1 à 0,24 ; IUA-4 : intensité d'usage agricole supérieure ou égale à 0,25 ($\geq 0,25$) ; signification des symboles :
 ■ paramètres de l'historique ;
 ■ espèces liées à IUA entre 0,1 et 0,24 ;
 ◆ espèces liées à jeune jachère (1 - 5 ans) et IUA $\geq 0,25$;
 ◆ espèces liées à forêt mature (>60 ans) et IUA nulle (0) et
 △ autres espèces liées aux autres descripteurs cultureaux.

DISCUSSION



III. DISCUSSION

III. 1. Méthodologie de la recherche

Cette recherche exploite les données de Randriamalala *et al.* (2012) qui sont la source des données portant sur les recrûs post-agricoles de moins de 30 ans. Afin d'obtenir des données homogènes, les méthodes de relevé floristique adoptées ont été similaires à celles de Randriamalala *et al.* (2012). Ces méthodes ont été optées afin de pouvoir tester l'IDH dans le contexte de l'agriculture sur brûlis, pour avoir un intervalle de temps relativement large (jusqu'à 60 ans de jachère) et dans le but d'avoir toutes les gammes possibles d'intensité de perturbations. Ces dernières ont été appréhendées par l'intermédiaire de l'âge des recrûs post-agricoles et par l'IUA. Les données présentent une large variation de ces paramètres : jeunes recrûs de moins de 6 ans aux forêts matures de plus de 60 ans et aux parcelles non cultivées de mémoire d'homme (IUA=0) aux parcelles cultivées de façon quasi-permanentes (IUA>0,5). Toutes les gammes de perturbations liées aux pratiques de l'agriculture sur brûlis ont été représentées et permettent de tester correctement l'IDH.

III. 2. Données sur les historiques des parcelles : peu précises, mais globalement fiables

Lors des enquêtes sur les historiques de parcelles, des multiples difficultés ont été rencontrées. En plus de la méfiance des propriétaires (méfiance contre les agents des ONG de conservation) et du faible niveau scolaire, les propriétaires ont eu des difficultés à situer dans le temps les dates exactes et les différents éléments des historiques des parcelles (l'année du premier défrichement, les successions de culture, l'arrêt de l'exploitation des parcelles, etc). Randriamalala (2009) a aussi été confronté à ces divers obstacles et a eu des difficultés à reconstituer les histoires des parcelles défrichées dans les années 70 et 80. Pour les parcelles défrichées avant les années 70, la reconstitution des itinéraires culturels des parcelles a été pratiquement impossible. En effet, ces parcelles ont été abandonnées il y a plus de 30 ans et les guides n'ont été que des enfants en ces temps (8 à 13 ans) et la plupart de leurs propriétaires ne vivent plus dans le village, mais sont partis ou morts. Ce sont des événements locaux et familiaux (vols de zébus, ratification de contrat GCF, mariage, naissance, décès, circoncision, etc) comme ceux utilisés par Randriamalala (2009), qui ont permis de mieux situer dans le temps les histoires des parcelles.

Au final, seuls les âges des recrûs ont été estimés pour les recrûs de plus de 30 ans : les recoupements ont permis de vérifier les dates d'abandon et le fait que personne n'a défriché la parcelle depuis ce dernier abandon. Il a été supposé que les nombres d'années de culture de ces vieux recrûs post-agricoles sont faibles du fait de la disponibilité des terrains de culture et de l'absence de d'interdiction de défrichement pendant ces périodes reculées. Le respect des 20 années de jachère après moins de 3 ans de culture a du être facile.

III. 3. IDH partiellement vérifiée

L'évolution de la richesse spécifique avec les intensités des perturbations (IUA et âge des recrûs) valide l'IDH. En effet, la richesse spécifique est maximale aux stades de successions intermédiaires (6-29 ans) et aux valeurs intermédiaires de l'IUA (0,04-0,24 ; figure 6 et figure 8). Par contre, le nombre d'espèces d'arbres augmente globalement avec l'âge des recrûs et diminue quand l'IUA augmente (figure 7 et figure 9). Les résultats vont à l'encontre de ceux de Molino et Sabatier (2001) qui ont montré que la richesse spécifique d'arbres a atteint un maximum dans les quadrats avec un niveau intermédiaire de perturbations. Par contre, ces résultats confirment en partie ceux de Klanderud *et al.* (2009) qui ont montré que la richesse spécifique d'arbres et d'arbustes dans les recrûs post-agricoles des forêts humides de Vohimana-Beforona, augmentent avec l'âge des recrûs. La différence avec nos résultats provient du fait que la richesse spécifique totale (arbres, arbustes et herbes) dans les recrûs de Vohimana augmente aussi avec leurs âges et atteint une valeur maximale dans les forêts primaires (Klanderud *et al.*, 2009).

Les espèces herbacées contribuent à la diversité des recrûs post-agricoles aux stades et perturbations intermédiaires dans le site d'étude. Ces espèces, globalement héliophiles, sont éliminées à mesure que la strate arbustive se développe et réduit l'ensoleillement du sol, ce qui se produit en moins de 6 ans, quel que soit l'historique de la parcelle considérée (Randriamalala *et al.*, 2012). Aussi, l'élimination des espèces herbacées héliophiles dans le site d'étude se produit-elle très tôt dans les successions de sorte qu'il n'en subsiste qu'une faible proportion dans les stades avancés, ce qui contribue à réduire considérablement les richesses spécifiques correspondantes. Aucun blocage des successions secondaires n'a été observé dans le site d'étude (Randriamalala *et al.*, 2012 et 2014) ce qui n'est pas le cas pour Beforona où les pratiques des feux répétés lors des cycles culture/jachère successifs et le raccourcissement de l'âge des jachères favorisent une prolifération des espèces herbacées pérennes qui bloquent au moins en partie la régénération des parcelles considérées (Styger *et al.*, 2007). L'IDH a donc été partiellement validée.

III. 4. Successions végétales secondaires

Randriamalala *et al.* (2012) ont identifié 3 stades de succession dans le site d'étude : (i) le premier est associé à des recrûs herbacés (1-5 ans) dominés par des espèces herbacées (ii) le second correspond à des recrûs arbustifs (6-10 ans) qui sont caractérisés par la présence d'espèce arbustive anémochores et (iii) le dernier stade est associé à des recrûs arbustifs dominés par des espèces arbustives ou arborées zoochores.

L'analyse de co-inertie appliquée à nos données a également permis de différencier 3 stades de successions (figure 26) : (i) les recrûs herbacés qui sont les mêmes que ceux de Randriamalala *et al.*, (2012 ; 6-10 ans ; IUA>0,24), (ii) les recrûs arbustifs dominés par des espèces zoochores englobant les stades 2 et 3 de Randriamalala *et al.* (2012) et les recrûs de 30-60 ans ($0,1 < \text{IUA} < 0,24$) et (iii) le dernier stade correspond aux forêts matures. Ces dernières se distinguent des recrûs post-agricoles par leur composition floristique et par leur structure. En effet, même les recrûs âgés (30-60 ans) présentent des hauteurs maximales significativement plus faibles que celles des forêts matures (figure 16). De même, la biomasse ligneuse des forêts matures, caractérisée par la surface terrière, est significativement plus importante que celle des recrûs post-agricoles (figure 18). Ces résultats confirment ceux de Brown et Gurevicht (2004) qui ont montré que des forêts secondaires de 150 ans après perturbation (abattages d'arbres) à Ranomafana, à moins de 50 km à vol d'oiseau au nord-est du site d'étude, présentent des compositions floristiques différentes de celle des forêts primaires. Les effets des perturbations passées (défrichements et prélèvement de bois d'œuvre) affectent durablement les forêts humides de moyenne altitude de l'Est malgache, car sont perceptibles même après plus de 50 ans. Le retour à l'état initial s'amorce toujours dès la cessation de la perturbation, mais se fait très lentement (>60 ans).

CONCLUSION



CONCLUSION

L'IDH a été partiellement vérifiée dans le cadre des perturbations liées à la culture sur brûlis. En effet, l'évolution de la richesse spécifique totale en fonction de l'âge des recrûs et de l'IUA a suivi la fameuse « courbe en cloche » montrant une valeur maximale aux stades intermédiaires de succession et aux valeurs intermédiaires de l'IUA. Par contre, l'évolution des nombres d'espèces d'arbres et d'arbustes qui croissent avec le temps et diminuent quand l'IUA augmente va à l'encontre des prédictions de la théorie. Ces résultats militent pour une limitation de la validation de la théorie aux faibles perturbations telles que les écrémages et les coupes sélectives. Par contre, il semble que la validité de l'IDH est mise à mal dans le cadre de perturbations plus fortes telles que les défrichements, suivis de mises en culture, dans le cadre de l'agriculture sur brûlis : la diversité en espèces arborées et arbustives diminue quand l'intensité de perturbation augmente et la diversité maximale s'observe dans les forêts matures faiblement perturbées et non dans les stades intermédiaires, moyennement perturbées. Une différence d'ordres structural et floristique existe encore entre les vieux recrûs post-agricoles et les forêts matures. La pratique de l'agriculture sur brûlis affecte durablement la végétation des forêts humides de moyenne altitude du site d'étude, car ses effets sont perceptibles même après plus 50 ans. Le retour vers l'état climacique est possible, mais demande beaucoup de temps (>60 ans). De meilleures connaissances des effets des perturbations sur les fonctionnements des forêts tropicales (diversité, régénération et production) restent à acquérir. Cette étude a abordé la question de diversité, mais des analyses plus poussées sur les relations perturbations/potentiels de régénération et production de biomasse sont nécessaires pour mieux comprendre les écosystèmes forestiers et pour mieux les restaurer après perturbation.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Aide T.M., Zimmerman J.K., Pascarella J.B., Rivera L. et Marcano-Vega H., 2000, Forest regeneration in a chronosequence tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology, *Restoration Ecology* 8, 328-338 p.
- Andrianotahiananahary H., 2005, Etudes écologiques et ethnobotaniques de la diversité floristique des jachères du corridor forestier Ranomafana-Andringitra (Cas d'Ambendrana – Fianarantsoa), DEA en Ecologie végétale appliquée, Université d'Antananarivo, 208 p.
- ANONYME, 2003, Commune Rurale Androy, Fivondronana de Fianarantsoa II, Faritany Fianarantsoa, Plan Communal de Développement Fianarantsoa, Association TEFY SAINA, 49 p.
- Awetto A.O., 1981, Secondary succession and soil fertility restoration in South-Western Nigeria, I- Succession, *Journal of ecology* 69, 601-607 p.
- Bésairie H., 1973, Précis de géologie malgache, *Annales Géologiques de Madagascar* 36, 109-134 p.
- Blanc-Pamard C. et Ralaivita M., 2004, Ambendrana, un terroir d'entre-deux, conversion et conservation de la forêt, corridor betsileo, Madagascar ; GEREM-IRD-CNRE-CNRS-EAESS-CEAF-UR100, 86 p.
- Blanc-Pamard C., Ramiarantsoa H. et Andriantseho D., 2005, Foncier et territoires entre pouvoirs locaux et politiques publiques environnementales. Pratiques, acteurs, enjeux (corridors betsileo, Madagascar); GEREM-CNRE-IRS-CNRS-EHESS CEAF-ICOTEM Université de Poitiers, UR 168, 162 p.
- Bongers F., Poorter L., Willem D., Hawthorne et Sheil D., 2009, The intermediate disturbance hypothesis applies to tropical forests, but disturbance contributes little to tree diversity, *Ecology Letters* 12, 1-8 p.
- Bourgeat F. et Petit M., 1969, Surfaces d'aplanissement sur les Hautes Terres malgaches, *Annales de géographie* 48, 158-188 p.
- Brand J. et Pfund J.L., 1998, Site-and watershed-level assessment of nutrient dynamics under shifting cultivation in eastern Madagascar, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 71, 169-183 p.
- Brearley F.Q., Prajadinata S., Protor J. et Suriantata, 2004, Structure and floristics of an old secondary rain forest in Central Kalimantan, Indonesia, and a comparison with adjacent primary forest, *Forest Ecology and Management* 195, 385-397 p.

- Brown K.A. et Gurevitch J., 2004, Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar, *PNAS* 101 (16), 6045-6049 p.
- Carrière S., Andrianotahiananahary H., Ranaivoarivelo N. et Randriamalala R.J., 2005, Savoirs et usages des plantes dans les recrûs post-agricoles du Betsileo : valorization d'une biodiversité oubliée à Madagascar, *Vertigo* 6(1), 1-14 p.
- Carrière-Buchenschitz S., 2006, L'urgence d'une confirmation par la science de rôle écologique du corridor forestier de Fianarantsoa, *Etudes Rurales* 178, 181-196 p.
- Connell, J.H., 1978, Diversity in tropical rain forests and coral reefs, *Science* 199, 1302-1310 p.
- Cordonnier Th., 2004, Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers, Thèse de doctorat, spécialité : « Sciences Forestières », École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), Paris.
- Corlett R.T., 1994, What is secondary forest? *Journal of Tropical Ecology* 10, 445-447 p.
- Crandall R.M., Hayes C.R. et Ackland E.N., 2003, Application of the intermediate disturbance hypothesis to flooding, *Community Ecology* 4, 225-232 p.
- Da Lage A. et Métaillié G., 2000, *Dictionnaire de biogéographie*, CNRS, Paris, 579 p.
- Dazoz R., 1996, Précis d'écologie, Dunod, Paris, 551 p.
- Delang C.O. et Li W.M., 2013, Ecological Succession on Fallowed Shifting Cultivation Fields, *SpringerBriefs in Ecology*, 9-37 p.
- Dolédec S., 1997, The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in steams, *American Society of limnology an Oceanography*, 938-949 p.
- Dray S., Chesel D. et Thioulouse J., 2003, Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables, *Ecology* 84, 3078-3089 p.
- El-Sheikh MA, 2005, Plant succession on abandoned fiels after 25 years of shifting cultivation in Assuit, Egypt, *J Arid Environ* 61 : 461-481 p.
- Frontier S. et Pichod Viale D., 1998, *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, evolution*, Dunod, Paris, 445 p.
- Goodman S.M. et Razafindratsita V.R., 2001, Introduction In Goodman S.M. & Razafindratsita V.R. (Eds), "Inventaire biologique du parc National de Ranomafana et du corridor forestier qui le relie au Parc National d'Andringitra", MRS, CIDST, Recherche pour le développement, *Science Biologique* (17), 1-17 p.

- Goodman S.M., Razafindratsita V.R., Schütz H. et Ratsimbazafy R., 2001, Les lémuriens. I, Goodman S.M. & Razafindratsita V.R. (Eds). *Inventaire biologique du Parc National de Ranomafana et du couloir forestier qui le relie au Parc National d'Andringitra*. Recherches pour le développement, Antananarivo, Madagascar, 231-240 p.
- Gordon M., Daget P., Long G., Sauvage C., Embercer L., Le Floch E., Poissonet J. et Wacquant J.P., 1983, Relevé méthodologique de la végétation et du milieu : code et transcription sur cartes perforées, CNRS, Paris , 281 p.
- Grime J.P., 1973, Competitive exclusion in herbaceous vegetation, *Nature* 242, 344-347 p;
- Grime J.P., 1973, Control of species density in herbaceous vegetation, *Journal of Environmental Management* 1, 151-167 p.
- Grouzis M., Milleville P., Razanaka S. et Razafindrandimby J., 1999, Système de culture sur abattis-brûlis et détermination de l'abandon cultural dans une zone semi-aride de sud-ouest de Madagascar, *In : Actes du colloque La jachère en Afrique Tropicale : rôles ; aménagements ; alternatives*, Dakar.
- Hart T.B., 1990, Monospecific dominance in tropical rain forests, *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol. 5, 6–10 p.
- Howorth R.T et Pendry C.A., 2006, Post-cultivation secondary succession in a Venezuelan lower montane rain forest, *Biodiversity and Conservation* 15, 693-715 p.
- Humbert H et Cours Darne G., 1965, *Notice de la carte Madagascar. Carte Internationale du Tapis végétal et des Conditions Ecologiques à 1/1000000è*, CNRS/ORSTOM. Extrait des Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichéry, h.s. n°6, 82 p.
- Humbert H., 1955, *Les territoires phytogéographiques de Madagascar*. In Colloques internationaux du C.N.R.S. "Les divisions écologiques du Monde", Paris, 3ème série, 439-448 p.
- Huston M., 1979, A general hypothesis of species diversity, *Am. Nat.* 113, 81-101 p.
- Huston M.A., 1994, *Biological Diversity : The Coexistence of Species on changing landscapes*, Cambridge University Press.
- Ikeda H., 2003, Testing the intermediate disturbance hypothesis on species diversity in herbaceous plant communities along a human trampling gradient using a 4-year experiment in an old-field, *Ecological Research* 18, 185-197 p.

- Kennard DK, 2002, Secondary forest succession in a tropical dry forest : patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia, *J Trop Ecol* 18 : 53-66 p.
- Kessler M., 2000, Maximum Plant-Community Endemism at Intermediate Intensities of Anthropogenic Disturbance in Bolivian Montane Forests, *Conservation Biology* vol. 15 n°3, 634-641 p.
- Klanderud K., Mbolatiana H.Z.H., Vololomboahangy M.N., Radimbison M.A., Roger E., Totland O et Rajeriarison C., 2009, Recovery of plant species richness and composition after slash-and-burn agriculture in a tropical rainforest in Madagascar, *Biodivers. Conserv.* **19**, 187-204 p.
- Koechlin J., Guillaumet J.L et Morat PH., 1974, Flore et végétation de Madagascar, Cramer J., Vaduz, 667 p.
- Lebrija-Trejos E, Bongers F, Pérez-García EA et Meave J, 2008, Successional change and resilience of a very dry tropical deciduous forest following shifting agriculture, *Biotropica* 40 : 422-431 p.
- Legendre P. et Legendre V., 1984, Postglacial dispersal of freshwater fishes in the Québec peninsula, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 1781-1802 p.
- Li J., Loneragan W.A., Duggin J.A. et Grant C.D., 2004, Issues affecting the measurement of disturbance response patterns in herbaceous vegetation – A test of the intermediate disturbance hypothesis, 2004, *Plant Ecology* 172, 11-26 p.
- Lowry P.P, Schatz G.E. et Phillipson P.B., 1997, The classification of natural and anthropogenic vegetation in Madagascar, Pp. 93-123 in Goodman S.M. & Patterson B.D. (Eds), *Natural Change and Human Impact in Madagascar*, Smithsonian Inst. Press, Washington D.C.
- MAEP/UPRD, 2003, Monographie de la région de Haute Mahatsiatra, Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, Antananarivo, 110 p.
- Molino J.F. et Sabatier D., 2002, Forêts tropicales, Science, Le journal de l'IRD, 4 p.
- Molino J.F. et Sabatier D., 2001, Tree diversity in tropical rain forests: a validation of the intermediate disturbance hypothesis, *Science* 294, 1702-1704 p.
- Nyerges AE, 1989, Coppice swidden fallows in tropical deciduous forest : biological, technological, and sociocultural determinants of secondary forest successions, *Hum Ecol* 17 (4) : 379-400 p.

- Ohtsuka T., 1999, Early stages of secondary succession on abandoned cropland in north-east Borneo island, *Ecological Research* 24, 281-290 p.
- Pena-Claros M., 2003, Changes in Forest structure and Species composition during secondary forest succession in Bolivian Amazon, *Biotropica* 35, 450-461 p.
- Pfund J.L., 2000, Culture sur brûlis et gestion des ressources naturelles, evolution et perspectives de trois terroirs ruraux du versant Est de Madagascar, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Département Sciences forestiers et Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de gestion des écosystèmes, 323 p.
- Plumptre A.J., 1996, Chages following 60 years of selective timber harvesting in the Budongo Forest Reserve, Uganda, *Forest ecology & Management* 89, 101-113 p;
- Rajeriarison C. et Faramalala M.H., 1999, Nomenclature des formations végétales de Madagascar, ANGAP.
- Rakotoarimanana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N. et Carrière S., 2007, Pâturage, diversité floristique et production d'une savane des Hautes Terres malgaches (region de Fianarantsoa). In Serpantié G., Rasolofoharinoro et Carrière S. (Eds). *Transitions agraires, Dynamiques écologiques et Conservation*, Actes du séminaire GEREM, Antananarivo, 9-10 novembre 2006, 139-144 p.
- Randiambanona H., 2008, Successions Ecologiques dans les plantations de *Pinus*, d'*Acacia* et dans les forêts naturelles de la région Nord-Ouest du corridor de fianarantsoa (Madagascar), Thèse de doctorat en Sciences de la Vie Option Biologie et Ecologie Végétales, 137 p.
- Randriamalala R. J., 2009, Influence des pratiques agricoles et du milieu dur les dynamiques forestiers post-culturelles dans le corridor Ranomafana-Andringitra, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques Option : Foresterie, Université d'Antananarivo, 81 p.
- Randriamalala R.J., Hervé D., Randriamboavonjy J.C. et Carrière M.S., 2012, Effects of tillage regime, cropping duration and fallow age on diversity and structure of secondary vegetation in Madagascar, *Agriculture Ecosystem and Environment* 155, 182-193 p.
- Randriamalala R.J., Hervé D., Letourmy P. et Carrière S. M., 2014, Effects of slash-and-burn practices on soil seed banks in secondary forest successions in Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199, 312-319 p.

- Randriamalala R.J., Serpentié G et Carrière S., 2007, Influence des pratiques cultures et du milieu sur la diversité des jachères d'origine forestière (Hautes-Terres, Madagascar), *Révue d'Ecologie (Terre&Vie)* 62, 169-189 p.
- Rasolofoharinoro, Bellan M. et Blasco F., 1997, La reconstitution végétale après agriculture itinérante à Andasibe-Pérenet (Madagascar) *Ecologie* 28, 149-165 p.
- Read L et Lawrence D, 2003, Recovery of biomass following shifting cultivation in dry tropical forests of the Yucatan, *Ecol Appl* 13 (1) : 85-97 p.
- Ruiz J, Fandino MC et Chazdon RL, 2005, Vegetation structure, composition, and species richness across a 56-year chronosequence of dry tropical forest on Providencia Island, Colombia *Biotropica* 37 (4) : 520-530 p.
- Saldarriaga JG, West DC, Tharp ML et Uhl C, 1988, Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela, *J Ecol* 76 : 938-958 p.
- Sheil D. et Burslem D., 2003, Disturbing hypotheses in tropical forests, *THENDS in Ecology and Evolution* vol.18 No.1, 18-26 p.
- Sheil D., 2001, Long-term observations of rain forest succession, tree diversity and responses to disturbance, *Plant Ecology* 155, Kluwer Academic Publishers, 183-199 p.
- Soarimalala V., Goodman S.M., Ramiarinjanahary H., Fenohery L.L. et Rakotonirina W., 2001, Les micro-mammifères non-volants du Parc National de Ranomafana et du couloir forestier qui relie au Parc National d'Andringitra. In Goodman S.M. et Razafindratsita V.R. (Eds). *Inventaire biologique du Parc National de Ranomafanan et du couloir forestier qui la relie au Parc National d'Andringitra*. Recherches pour le Développement, Antananarivo, Madagascar, 17 Pp., 197-223 p.
- Stromgaard P., 1986, Early secondary succession on abandonet shifting cultivator's plots in the Miombo of South Central Africa, *Biotropica* 18, 97-106 p.
- Styger E., Rakotondramasy H.M., Pfeffer M.J., Fernandes E.C.M. et Bates D.M., 2007, Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar, *Agriculture Ecosystems & Environment* 119, 257-269 p.
- Toky O.P. et Ramakrishnan P.S., 1983, Secondary succession fallowing slash and burn agriculture in North-Eastern India, I. Biomass, litter fall and productivity, *Journal of ecology* 71, 735-745 p.

- Toledo M. et Salick J., 2006, Secondary succession and indigenous management in mesideciduous forest fallows of the Amazon basin, *Biotropica* 38, 161-170 p.
- UNESCO-ORSTOM, 1983, *Ecosystèmes forestières tropicaux d'Afrique*, ORSTOM, Paris, 473 p.
- Van Breugel M., Martinez-Ramost M. et Bongers F., 2006. Community dynamics during early secondary succession in Mexican tropical rain forests. *Journal of Tropical Ecology* 22: 663-674 p.
- White P.S., et A. Jentsch, A. 2001, The search for generality in studies of disturbance and ecosystems dynamics, *Progress in Botany* **62**, 399-449 p.
- Wilkinson D.M., 1999, The disturbing history of intermediate disturbance, *Oikos* 84, 145-147 p.



ANNEXE

ANNEXES

Annexe 1 : Données météorologiques

Données climatiques de Fianarantsoa (Service de la Météorologie Nationale)

Années	Mois Paramètres	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1992-2000	Humidité relative (%)	84	86	38	82	81	81	85	81	78	77	76	80
1994-2000	Evaporation (mm)	74,1	60,2	70,6	68	64	61,8	56	73,9	98,6	112	114	84,6
1994-2000	Vitesse du vent (m/s)	5,57	6,57	7,57	8,6	9,6	10,6	11,6	12,6	13,57	14,57	15,57	16,57
1995-2004	Moyenne des températures maximales (°C)	26,3	26,3	26	25	23	21	20,2	21,5	23,8	25,6	26,8	27
1995-2004	Moyenne des températures minimales (°C)	18,1	18	17,5	15	14	11,4	10,7	10,9	12,2	14,4	16,3	17,4
1995-2004	Moyenne mensuelle des températures (°C)	22,2	22,2	21,8	20	19	16,2	15,5	16,2	18	20	21,6	22,2
1995-2004	Pluviosité (mm)	266,7	243,8	159	41	29	39,8	25,7	18,6	25,4	38	142,6	267,3

Annexe 2 : Question d'enquêtes sur les histoires des parcelles

Fiche 1

Date :

Enquêteur :

Informateur :

Identification lieu dit :

N° :

Surface :

GPS :

Village et famille possesseurs de la terre :

Présence de monuments funéraires :

Tenure actuelle :

mode d'acquisition :

Formation végétale actuelle

(physio générale) type :

Durée depuis le dernier abandon :

Strates	Espèces dominantes (sinon « div »)	Espèces secondaires	Recouvrement (1/10)	Hauteur (m)	Note
Arbres rémanents					
Souches rémanentes					
Arborée spontanée > 6m					
Arbustes 2-6m					
Sous arbustes 0-2m					
Graminées pérennes					
Plantes annuelles					

Note ligneux : 0=rare ou absent ; 1=clairsemé ; 2= assez dense ; 3=arbusatif dense ; 4=6m<dense<8m ; 5=dense>8m

Herbacées pérennes : 0=rare ou absent ; 1=touffes isolées ; 2=par plages ; 3=continu peu dense ; 4=dense ; 5=très dense

Envisagez-vous de défricher cette jachère ? Quand, pourquoi (état de fertilité, indicateurs, etc.)

Plus ancienne formation végétale connue

Année de la première défriche :

Physionomie avant défriche :

Espèces principales :

Passages de feux :

Nombre de phases culture depuis première défriche :

Nombre de phases jachères depuis première défriche :

Fiche 2 :

Lieu dit : **dernier exploitant :** **site :** **date :**

Phase de culture numéro : Exploitant :

Défriche : années : Mode de défriche :

Durée de travail sur cette parcelle :

Raisons du choix de ce site :

Année	Culture principale	Espèces associées	Travail du sol	Mois de semis

Année de l'abandon cultural :

Raison de l'abandon de cette parcelle :

Phase de jachère numéro :

Durée de la jachère :

Annexe 3 : Fiche des relevés

Date de relevé :

Localité :

Coordonnées géographiques :

Type de formation :

Altitude :

Exposition :

Position géographique :

Pente :

Placettes Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Annexe 4 : Cortège floristique

Famille	Genre et espèces	Forme biologique	Mode de dispersion
Acanthaceae	<i>Justicia</i> sp.	l	zoo
Acanthaceae	<i>Hypoestes</i> sp.	h	anem
Amaryllidaceae	<i>Crinum firmifolium</i> Baker	h	zoo
Anacardiaceae	<i>Rhus taratana</i> (Baker) H. Perrier	a	zoo
Annonaceae	<i>Xylopia</i> cf. <i>buxifolia</i>	a	anem
Apangapanga	<i>Apangapanga</i>	f	anem
Apocynaceae	<i>Carissa edulis</i>	a	zoo
Aquifoliaceae	<i>Ilex mitis</i> (L.) Radlk.	a	zoo
Araliaceae	<i>Polytrichum subpilosum</i> P. Beauv.	h	anem
Araliaceae	<i>Polyscias repanda</i> (DC.) Baker	a	zoo
Araliaceae	<i>Polyscias tripinata</i>	a	zoo
Araliaceae	<i>Schefflera longipedicellata</i> (Lecomte) Bernardi	a	zoo
Arecaceae	<i>Dypsis nodifera</i> Mart.	a	zoo
Arecaceae	<i>Ravenea robustior</i> Jum. & H. Perrier	a	zoo
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i> sp	f	anem
Asteraceae	<i>Helichrysum cordifolium</i> DC.	l	anem
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	h	anem
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	h	anem
Asteraceae	<i>Crassocephalum sarcobasis</i> (DC.) S. Moore	h	anem
Asteraceae	<i>Emilia citrina</i> DC.	h	anem
Asteraceae	<i>Erigeron naudinii</i> (Bonnet) Humbert	h	anem
Asteraceae	<i>Helichrysum attenuatum</i> Humbert	h	anem
Asteraceae	<i>Helichrysum faradifani</i> Scott-Elliot	h	anem
Asteraceae	<i>Lactuca indica</i> L.	h	anem
Asteraceae	<i>Apodocephala pauciflora</i>	a	anem
Asteraceae	<i>Brachylaena ramiflora</i> (DC.) Humbert	a	anem
Asteraceae	<i>Helichrysum benthamii</i> R. Vig. & Humbert	a	anem
Asteraceae	<i>Psiadia altissima</i> (DC.) Drake	a	anem
Asteraceae	<i>Psiadia salviaefolia</i> Baker	a	anem
Asteraceae	<i>Senecio hypargyraeus</i> DC.	a	anem
Asteraceae	<i>Senecio</i> sp	a	anem
Asteraceae	<i>Vernonia appendiculata</i> Less.	a	anem
Asteraceae	<i>Vernonia exaltata</i> Hort. Ex Kunth & C.D. Bouché	a	anem
Asteraceae	<i>Vernonia exerta</i>	a	anem
Asteraceae	<i>Vernonia moquinioides</i> Baker	a	anem

Asteraceae	<i>Vernonia secundifolia</i> Bojer. ex DC.	a	anem
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp.	a	anem
Balsaminaceae	<i>Impatiens lyallii</i> Baker	h	anem
Campanulaceae	<i>Lobelia hartlaubii</i> Buchenau	h	zoo
Celastraceae	<i>Gymnosporia</i> cf. <i>senegalensis</i> (Lam.) Loes	a	zoo
Celastraceae	<i>Polycardia libera</i> O. Hoffm.	a	zoo
Clusiaceae	<i>Garcinia aphanophlebia</i> Baker	a	zoo
Clusiaceae	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. Ex Poir.	a	zoo
Clusiaceae	<i>Psorospermum fanerana</i> Baker	a	zoo
Clusiaceae	<i>Symphonia</i> sp.	a	zoo
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	l	zoo
Commelinaceae	<i>Commelina madagascariensis</i> C.B. Clarke	h	anem
Cunoniaceae	<i>Weinmannia bojeriana</i> Tul.	a	zoo
Cunoniaceae	<i>Weinmannia decora</i> Tul.	a	zoo
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rhodoxylon</i> Tul.	a	zoo
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rutenbergii</i> Engl.	a	zoo
Cyperaceae	<i>Cyperus distans</i> L. f.	h	anem
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	h	anem
Cyperaceae	<i>Scleria abortiva</i> Nees	h	anem
Cyperaceae	<i>Scleria baronii</i> C.B. Clarke ex Cherm.	h	anem
Davalliaceae	<i>Nephrolepis tuberosa</i>	f	anem
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	f	anem
Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum leucosia</i> (Spreng.) Engl.	l	zoo
Ebenaceae	<i>Diospyros myriophylla</i> H.Perr.	a	anem
Ericaceae	<i>Agauria salicifolia</i>	a	anem
Ericaceae	<i>Philippia floribunda</i> Benth.	a	anem
Ericaceae	<i>Vaccinium secundiflorum</i> Hook.	a	zoo
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ferrugineum</i>	a	anem
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum firmum</i> Baker	a	zoo
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus casticum</i> Willemet.	l	zoo
Euphorbiaceae	<i>Antidesma petiolare</i>	a	zoo
Euphorbiaceae	<i>Croton myriaster</i>	a	zoo
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp	a	anem
Euphorbiaceae	<i>Macaranga alnifolia</i> Baker	a	zoo
Fabaceae	<i>Abrus precatoria</i>	l	zoo
Fabaceae	<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. & Oerst.	l	zoo
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i> sp.	l	zoo
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i> DC.	h	zoo

Fabaceae	<i>Albizia gummifera</i>	a	zoo
Fabaceae	<i>Dalbergia baronii</i>	a	zoo
Flacourtiaceae ou Aphloiaceae	<i>Aphloia theiformis</i>	a	zoo
Gleicheniaceae	<i>Sticherus flagellaris</i> (Bory ex Willd.) Ching	f	anem
Icacinaceae	<i>Cassinopsis madagascariensis</i>	a	zoo
Lauraceae	<i>Cryptocarya crassifolia</i>	a	Inconnu
Lauraceae	<i>Cryptocarya ovalifolia</i> (Danguy) Van der Werff	a	zoo
Lauraceae	<i>Ocotea nervosa</i> Kosterm.	a	zoo
Lialiaceae	<i>Dianella ensifolia</i>	h	zoo
Liliaceae	<i>Dracaena reflexa</i>	a	zoo
Loganiaceae	<i>Anthocleista amplexicaulis</i> Baker	a	zoo
Loganiaceae	<i>Anthocleista madagascariensis</i> Baker	a	zoo
Loganiaceae	<i>Nuxia capitata</i> Baker	a	zoo
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	h	anem
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	h	anem
Malvaceae	<i>Dombeya megaphylla</i>	a	Inconnu
Malvaceae	<i>Dombeya sp</i>	a	Inconnu
Melastomataceae	<i>Tristemma virusanum</i> Juss.	h	zoo
Melastomataceae	<i>Medinilla sp.</i>	e	anem
Melastomataceae	<i>Dichaetanthera cordifolia</i>	a	zoo
Monimiaceae	<i>Tambourissa perrieri</i> Drake	a	zoo
Monimiaceae	<i>Tambourissa purpurea</i> (Tul.) A. DC.	a	zoo
Monimiaceae	<i>Tambourissa thouvenotii</i> Danguy	a	zoo
Moraceae	<i>Ficus soroceoides</i> Baker	a	zoo
Moraceae	<i>Ficus trichoclada</i>	a	zoo
Moraceae	<i>Ficus trichophlebia</i>	a	zoo
Moraceae	<i>Pachytrophe dimepate</i> Bureau	a	zoo
Myricaceae	<i>Myrica phyllireaefolia</i> Baker	a	zoo
Myrsinaceae	<i>Embelia sp.</i>	l	zoo
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	a	zoo
Myrsinaceae	<i>Oncostemum botryoides</i>	a	zoo
Myrsinaceae	<i>Oncostemum leprosum</i> Mez.	a	zoo
Myrtaceae	<i>Eugenia phyllireaefolia</i>	a	zoo
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	a	zoo
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	a	zoo
Myrtaceae	<i>Syzygium emirnense</i> (Baker) Labat. & G.E. Schatz	a	zoo
Nananisa	<i>Nananisa</i>	a	anem
nd	nd	f	anem

nd (x6)	nd (x6)	h	anem
Oleandraceae	<i>Arthropteris monocarpa</i> (Cordem.) C. Chr.	f	anem
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.	h	anem
Orchidaceae	<i>Aerangis macrocentea</i>	e	Inconnu
Orchidaceae	<i>Bulbophyllum perrieri</i>	e	Inconnu
Orchidaceae	<i>Liparis purpurascens</i> Lindl.	e	anem
Passifloraceae	<i>Passiflora incarnata</i> L.	l	zoo
Piperaceae	<i>Piperonia</i> sp	l	zoo
Pittosporaceae	<i>Pittosporum polyspermum</i> Tul.	a	zoo
Poaceae	<i>Andropogon eucomus</i> Nees	h	anem
Poaceae	<i>Eulalia</i> sp.	h	anem
Poaceae	<i>Eulalia villosa</i> (Thunb.) Nees	h	anem
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P. Beauv.	h	anem
Poaceae	<i>Imperata</i> sp.	h	anem
Poaceae	<i>Melinis</i> sp.	h	anem
Poaceae	nd	h	anem
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	h	anem
Poaceae	<i>Panicum</i> sp.	h	anem
Poaceae	<i>Panicum</i> sp.2	h	anem
Poaceae	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	h	anem
Poaceae	<i>Poecylostachys</i> sp.	h	zoo
Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	h	anem
Poaceae	<i>Sporobolus africanus</i> (Poir.) Robyns & Tournay	h	anem
Poaceae	<i>Sporobolus subulatus</i> Hack.	h	anem
Poaceae	<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L.) Brongn.	h	anem
Poaceae	<i>Trichopteryx dregeana</i> Nees ex Lindl.	h	anem
Poaceae	<i>Volo</i>	a	anem
Poaceae	<i>Volotamiana</i>	a	anem
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis excavata</i> (Bory ex. Willd.) Sledge	h	anem
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis</i> sp	f	anem
Pteridaceae	<i>Pellaea viridis</i> (Forrsk.) Prantl	l	zoo
Pteridaceae	<i>Pellaea angulosa</i> (Bory ex Willd.) Baker	f	anem
Rosaceae	<i>Rubus rosifolius</i> Sm. ex Baker	l	zoo
Rosaceae	<i>Rubus moluccanus</i> L.	h	zoo
Rubiaceae	<i>Danais cernua</i>	l	zoo
Rubiaceae	<i>Danais fragrans</i> (Comm. ex Lam) C.F. Gaertn.	l	zoo
Rubiaceae	<i>Danais rhamnifolia</i> Baker	l	zoo

Rubiaceae	<i>Diodia sarmentosa</i> Sw.	h	zoo
Rubiaceae	<i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) DC.	h	zoo
Rubiaceae	<i>Otiophora pauciflora</i> Baker	h	anem
Rubiaceae	<i>Breonia cuspidata</i>	a	zoo
Rubiaceae	<i>Canthium variistipula</i> (Arènes ex Cavaco) Comb. Ined.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Chassalia bojeri</i> Bremek.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Coffea buxifolia</i> A. Chev.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Gaertnera microstipula</i>	a	zoo
Rubiaceae	<i>Gaertnera microphylla</i> Capuron ex Malcomber & A.P. Davis	a	zoo
Rubiaceae	<i>Gaertnera</i> sp.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Gallieniera</i> sp.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Mapouria parkeri</i> (Baker) Bremek.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Mussaenda vestita</i> Baker	a	zoo
Rubiaceae	<i>Peponidium humbertianum</i>	a	anem
Rubiaceae	<i>Psychotria homolleae</i> Bremek.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Psychotria subcapitata</i> Bremek.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Saldinia axillaris</i> (Lam. ex Poir.) Bremek.	a	zoo
Rubiaceae	<i>Schismatoclada psychotrioides</i> Baker	a	zoo
Rutaceae	<i>Evodia madagascariensis</i>	a	zoo
Rutaceae	<i>Evodia</i> sp.	a	zoo
Sapindaceae	<i>Deinbollia pervillei</i>	a	anem
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Sm.	a	anem
Sapindaceae	<i>Tina striata</i>	a	anem
Schizeaceae	<i>Schizea dichotoma</i>	h	anem
Scrophulariaceae	<i>Torenia stolonifolia</i> Bojer. ex Benth.	h	anem
Scrophulariaceae	<i>Halleria ligustrifolia</i> Baker	a	zoo
Scrophulariaceae	<i>Radamaea montana</i> Benth.	a	zoo
Selaginellaceae	<i>Selaginella lyallii</i>	f	anem
Smilacaceae	<i>Smilax kraussiana</i> Meisn.	l	zoo
Solanaceae	<i>Solanum auriculatum</i> Aiton	a	zoo
Sp4	Sp4	nd	nd
Taccaceae	<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) Kuntze	l	zoo
Thelypteridaceae	<i>Cyclosorus dentatus</i>	f	anem
Tsiafakanakandriana	<i>Tsiafakanakandriana</i>	nd	nd
Ulmaceae	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	a	zoo
Urticaceae	<i>Pilea longifolia</i> Leandri	h	anem
Verbenaceae	<i>Clerodendrum putre</i>	l	zoo
Verbenaceae	<i>Clerodendrum</i> sp.	e	zoo

Annexe 5 : A propos de l'analyse de co-inertie

Elle est fondée sur la recherche d'axes de **covariance maximum** dans les nuages définies par la projection des individus (lignes) respectivement dans l'espace des p colonnes de X et des q colonnes de Y. cela revient à maximiser simultanément la **variance** des deux ensembles de variables et leur **corrélation**. (SIMIER, 1998).

Soient (X ; Dp ; Dn) et (Y ; Dq ; Dn) deux triplets statistiques.

X (de dimension n x p) est le tableau des données environnementales (après centrage initial). Dp est la matrice des poids associés aux colonnes de X (les variables environnementales). Dn est la matrice des poids associée aux lignes de X (les individus ou observations).

Y (de dimension n x q) est le tableau floristique (après centrage initial). Dq est la matrice des poids associés aux colonnes de Y (les espèces ou les variables biotiques).

Le triplet (X ; Dp ; Dn) définit une analyse d'inertie des n points de \mathbf{R}^p et des p points de \mathbf{R}^n . après diagonalisation (recherche de valeurs singulières), r axes principaux sont conservés et les matrices Rr, Cr, Nr sont générées. Rr contient les coordonnées des n lignes pour les r axes. Cr contient les coordonnées des p colonnes pour les r axes. Nr contient les valeurs propres ($v_1 \dots v_r$).

Le triplet (Y, Dq ; Dn) définit une analyse d'inertie des n points de \mathbf{R}^q et des q points de \mathbf{R}^n . après diagonalisation (recherche de valeurs singulières), s axes principaux sont conservés et les matrices Rs, Cs, Ms sont générées. Rs contient les coordonnées des n lignes pour les s axes. Cs contient les coordonnées des q colonnes pour les s axes. Ms contient les valeurs propres ($\mu_1 \dots \mu_s$).

L'analyse de co-inertie consiste à analyser le tableau suivant :

$$\mathbf{\hat{A}} = \mathbf{Y}^t \mathbf{D}_n \mathbf{X}^9$$

A contient les covariances deux à deux des colonnes respectives de Y et de X.

Considérons deux vecteurs **u** et **v**. le premier est normalisé par Dp dans \mathbf{R}^p et le second est normalisé par DQ dans \mathbf{R}^q

— La projection de l'espace multidimensionnel associé au tableau X sur le vecteur **u** génère n coordonnées dans une matrice colonne :

$$\xi = \mathbf{X} \mathbf{D}_p \mathbf{u} \quad (1)$$

- La projection de l'espace multidimensionnel associé au tableau Y sur le vecteur \mathbf{v} génère n coordonnées dans une matrice colonne :

$$\boldsymbol{\psi} = \mathbf{Y} \mathbf{D}_q \mathbf{v} \quad (2)$$

- La co-inertie associée à \mathbf{u} et \mathbf{v} est égale à :

$$\mathbf{H}(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \boldsymbol{\xi}^t \mathbf{D}_n \boldsymbol{\psi} \quad (3)$$

Si les deux tableaux X et Y sont préalablement centrés alors la co-inertie est la covariance entre le deux nouveaux jeux de coordonnées :

$$\text{Cov}(\boldsymbol{\xi}, \boldsymbol{\psi}) = [\text{Iner}_1(\mathbf{u})]^{1/2} [\text{Iner}_2(\mathbf{v})]^{1/2} \text{Corr}(\boldsymbol{\xi}, \boldsymbol{\psi}) \quad (4)$$

Avec $\text{Iner}_1(\mathbf{u})$ inertie projetés sur \mathbf{u} ou encore variance des nouvelles coordonnées sur \mathbf{i} , $\text{Iner}_2(\mathbf{v})$ inertie projetée sur \mathbf{v} ou encore variance des nouvelles coordonnées sur \mathbf{v} , et $\text{Corr}(\boldsymbol{\xi}, \boldsymbol{\psi})$ corrélation entre les deux nouveaux jeux de coordonnées ;

On notera que c'est le carré de $\text{Corr}(\boldsymbol{\xi}, \boldsymbol{\psi})$ qui est maximisé en Analyse Canonique des Corrélations. Par contre, un axe de co-inertie associé à deux vecteurs \mathbf{u} et \mathbf{v} maximise la covariance $\text{Cov}(\boldsymbol{\xi}, \boldsymbol{\psi})$.

Les axes de co-inertie sont obtenus en diagonalisant W :

$$\mathbf{W} = (\mathbf{Y}^t \mathbf{D}_n \mathbf{X} \mathbf{D}_p^{1/2})^t \mathbf{D}_q (\mathbf{Y}^t \mathbf{D}_n \mathbf{X} \mathbf{D}_p^{1/2}) = \mathbf{D}_p^{1/2} \mathbf{X}^t \mathbf{D}_n \mathbf{Y} \mathbf{D}_q \mathbf{Y}^t \mathbf{D}_n \mathbf{X} \mathbf{D}_p^{1/2} \quad (5)$$

Considérons \mathbf{U}_z la matrice contenant les z premiers vecteurs propres normalisés de W et $\boldsymbol{\Lambda}_z$ la matrice contenant les z premiers valeurs propres correspondantes ($\lambda_k, 1 \leq k \leq z$).

- Les z premiers axes de co-inertie (\mathbf{D}_p normés) dans \mathbf{R}^p et les z premiers axes de co-inertie (\mathbf{D}_p normés) dans \mathbf{R}^p résultent respectivement de :

$$\mathbf{A}_z = \mathbf{D}_p^{-1/2} \mathbf{U}_z \quad \text{et} \quad \mathbf{B}_z = \mathbf{Y}^t \mathbf{D}_n \mathbf{X} \mathbf{D}_p^{1/2} \mathbf{U}_z \boldsymbol{\Lambda}_z^{-1/2} \quad (6)$$

- \mathbf{A}_z et \mathbf{B}_z sont les poids de co-inertie des variables optimaux respectivement dans les tableaux X et Y.
- Les coordonnées des lignes de X et des lignes de Y dans la co-inertie sont respectivement :

$$\mathbf{X}_z^* = \mathbf{X} \mathbf{D}_p \mathbf{A}_z \quad \text{et} \quad \mathbf{Y}_z^* = \mathbf{Z} \mathbf{D}_q \mathbf{B}_z$$

- On peut utilement comparer la variabilité projetée des analyses d'inertie de chaque tableau et celles obtenues par l'analyse de co-inertie. Pour cela, on calcule les

coordonnées des projections des axes d'inertie sur les axes de co-inertie. Appelons C_r^* et C_s^* les matrices de ces coordonnées :

$$C_r^* = N_r^{-1/2} C_r^t D_p A_z \quad \text{et} \quad C_s^* = M_s^{-1/2} C_s^t D_q B_z \quad (8)$$

- Les éléments diagonaux des matrices $(X_z^*)^t D_n X_z^*$ et $(Y_z^*)^t D_n Y_z^*$ sont les pseudo-valeurs propres.
- Considérons V_k^* les k pseudo-valeurs propres de X et μ_k^* les k pseudo-valeurs propres de Y. Ces valeurs sont utilisées pour situer les axes d'inertie des analyses séparées sur les axes de co-inertie ; ceci permet d'interpréter quelle part de structure de chacun des tableaux est prise en compte dans la co-structure.
- Enfin, la corrélation entre les deux nouveaux jeux de coordonnée est exprimée par la quantité :

$$\rho_{k^*2} = \lambda_k / V_k^* \cdot \mu_k^*$$

Source : Doledec et Chessel (1997)

Annexe 6 : Résultats de l'analyse de co-inertie entre les paramètres de l'historique (âge de la jachère et intensité d'usage agricole) et les compositions de la végétation de la jachère

1. Les co-inerties expliquées par les axes

Axes	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4	AXE5	AXE6
% Valeurs propres	54	27	12	4	2	1
% Cumulés	54	81	93	97	98	100

2. Poids canoniques des modalités des paramètres de cultures qui contribuent le plus au premier et second axe de co-inertie

Modalité des paramètres	AXIS1	AXIS2
FA-1	2,5051	-2,2191
IUA-4	1,5924	-0,6964
FA-2	0,4467	0,9259
IUA-3	0,3253	1,0149
FA-3	0,1368	0,9358
IUA-2	-0,5178	0,393
FA-4	-0,8002	-0,0253
FA-5	-1,1848	-1,2277
IUA-1	-1,1848	-1,2277

En gras : les inerties qui contribuent significativement au premier et second axe

3. Poids canonique des compositions floristiques de la jachère qui contribuent le plus au premier et second axe de co-inertie

Famille	Genre et espèce	AXIS1	AXIS2
Asteraceae	<i>Crassocephalum sarcobasis</i> (DC.) S. Moore	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Imperata</i> sp.	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Andropogon eucomus</i> Nees	2,7715	-2,7837
Taccaceae	<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) Kuntze	2,7715	-2,7837

Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	2,7715	-2,7837
Fabaceae	<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. & Oerst.	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	2,7715	-2,7837
Rubiaceae	<i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) DC.	2,7715	-2,7837
Asteraceae	<i>Brachylaena ramiflora</i> (DC.) Humbert	2,7715	-2,7837
Rubiaceae	<i>Diodia sarmentosa</i> Sw.	2,7715	-2,7837
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.	2,7715	-2,7837
Cyperaceae	<i>Cyperus distans</i> L. f.	2,7715	-2,7837
Poaceae	kindresinombilahy	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Melinis</i> sp.	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	2,7715	-2,7837
Scrophulariaceae	<i>Torenia stolonifolia</i> Bojer. ex Benth.	2,7715	-2,7837
Asteraceae	<i>Helichrysum faradifani</i> Scott-Elliot	2,7715	-2,7837
Euphorbiaceae2(2)	inconnueR12(2)	2,7715	-2,7837
Asteraceae	<i>Helichrysum benthamii</i> R. Vig. & Humbert	2,7715	-2,7837
Asteraceae	<i>Lactuca indica</i> L.	2,7715	-2,7837
Poaceae	<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L.) Brongn.	2,7715	-2,7837
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	2,6286	-2,5114
bazakaA (Amindrabe)	bazakaA (Amindrabe)	2,5572	-2,3752
Poaceae	<i>Sporobolus subulatus</i> Hack.	2,5113	-2,238
Asteraceae	<i>Emilia citrina</i> DC.	2,468	-2,1471
Asteraceae	<i>Erigeron naudinii</i> (Bonnet) Humbert	2,352	-1,8968
Poaceae	<i>Eulalia villosa</i> (Thunb.) Nees	2,1567	-1,6221
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P. Beauv.	2,0898	-1,451
Melastomataceae	<i>Tristemma virusanum</i> Juss.	1,9612	-1,1453
Poaceae	<i>Trichopteryx dregeana</i> Nees ex Lindl.	1,9518	-1,235
Asteraceae	<i>Psiadia salviaefolia</i> Baker	1,9256	-1,1191

Poaceae	<i>Sporobolus africanus</i> (Poir.) Robyns & Tournay	1,8611	-0,8738
Asteraceae	<i>Helichrysum cordifolium</i> DC.	1,8181	-0,847
Poaceae	<i>Panicum</i> sp.	1,8087	-0,8714
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	1,7617	-1,4329
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i> DC.	1,7011	-0,5996
Celastraceae	<i>Polycardia libera</i> O. Hoffm.	1,3792	0,2191
Acanthaceae	<i>Justicia</i> sp.	1,3792	0,2191
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	1,3792	0,2191
BozakaA23	BozakaA23	1,3792	0,2191
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	1,2548	0,0777
Dennstaedtiaceae ou Pteridophyta	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	1,2396	0,061
Orchidaceae	<i>Liparis purpurascens</i> Lindl.	1,1696	0,2286
Asteraceae	<i>Helichrysum attenuatum</i> Humbert	1,1442	-0,2136
Amaryllidaceae	<i>Crinum firmifolium</i> Baker	0,5222	1,853
Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum leucosca</i> ou <i>leucasia</i> (spreng) Engler	0,5222	1,853
Lauraceae	<i>Cryptocarya ovalifolia</i> (Danguy) Van der Werff	0,5222	1,853
Solanaceae	<i>Solanum auriculatum</i> Aiton	0,5222	1,853
Balsaminaceae	<i>Impatiens lyallii</i> Baker	0,5222	1,853
Asteraceae	<i>Vernonia secundifolia</i> Bojer. ex DC.	0,4957	1,4113
Moraceae	<i>Ficus soroceoides</i> Baker	0,4366	1,3032
Myricaceae	<i>Myrica phyllireaeifolia</i> Baker	0,3824	1,8593
Rubiaceae	<i>Gallieniera</i> sp.	0,3125	1,8625
Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.	0,3125	1,8625
Rubiaceae	<i>Otiophora pauciflora</i> Baker	0,3125	1,8625
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	0,2446	1,5323

Araliaceae	<i>Schefflera longipedicellata</i> (Lecomte) Bernardi	0,2224	1,7117
Monimiaceae	<i>Tambourissa thouvenotii</i> Danguy	0,2102	1,6193
Euphorbiaceae	<i>Croton myriaster</i>	0,2074	1,3458
Rubiaceae	<i>Danais rhamnifolia</i> Baker	0,1923	1,6614
Adiantaceae	<i>Pellaea viridis</i> (Forrsk.) Prantl	0,1322	1,5609
bozakainconnueA10	bozakainconnueA10	0,1322	1,5609
Urticaceae	<i>Pilea longifolia</i> Leandri	0,1322	1,5609
Rubiaceae	<i>Chassalia bojeri</i> Bremek.	0,0274	1,5656
Lauraceae	<i>Ocotea nervosa</i> Kosterm.	0,0274	1,5656
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rhodoxylon</i> Tul.	0,0274	1,5656
Davalliaceae	<i>Arthropteris monocarpa</i> (Cordem.) C. Chr.	0,0022	1,4635
Asteraceae	<i>Vernonia exerta</i>	-1,1544	-1,1399
Poaceae	<i>Poecylostachys</i> sp.	-1,1778	-1,5048
Vaccinaceae	<i>Vaccinium secundiflorum</i> Hook.	-1,1943	-0,9201
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum firmum</i> Baker	-1,2125	-1,2434
Loganiaceae	<i>Anthocleista madagascariensis</i> Baker	-1,2313	-1,1868
Ericaceae	<i>Agauria salicifolia</i>	-1,2471	-0,9966
Schizeaceae	<i>Schizea dichotoma</i>	-1,2549	-1,1744
Arecaceae	<i>Dypsis nodifera</i> Mart.	-1,2714	-1,2301
Rubiaceae	<i>Psychotria homolleae</i> Bremek.	-1,309	-1,4431
Araliaceae	<i>Polyscias tripinata</i>	-1,3318	-1,3175
Rubiaceae	<i>Gaertenera microstipula</i>	-1,38	-1,5675
Orchidaceae	<i>Bulbophyllum perrieri</i>	-1,4131	-1,6255
Clusiaceae	<i>Garcinia aphanophlebia</i> Baker	-1,4196	-1,7285
Myrtaceae	<i>Eugenia phyllireaefolia</i>	-1,4249	-1,6704
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis</i> sp	-1,4605	-1,8052

Lauraceae	<i>Cryptocarya crassifolia</i>	-1,5011	-1,9592
Rubiaceae	<i>Coffea buxifolia</i> A. Chev.	-1,6028	-2,3443
Liliaceae	<i>Dracaena reflexa</i>	-1,6028	-2,3443
Euphorbiaceae	<i>Croton sp</i>	-1,6028	-2,3443
Piperaceae	<i>Piperonia sp</i>	-1,6028	-2,3443
Myrtaceae	<i>Syzygium emirnense</i> (Baker) Labat. & G.E. Schatz	-1,6028	-2,3443
Annonaceae	<i>Xylopia cf. buxifolia</i>	-1,6028	-2,3443
Rutaceae	<i>Evodia madagascariensis</i>	-1,6028	-2,3443
Myrsinaceae	<i>Oncostemum botryoides</i>	-1,6028	-2,3443
Sapindaceae	<i>Tina striata</i>	-1,6028	-2,3443
Rutaceae	<i>Evodia sp.</i>	-1,6028	-2,3443
Rubiaceae	<i>Peponidium humbertianum</i>	-1,6028	-2,3443
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ferrugineum</i>	-1,6028	-2,3443