Lien vers le diaporama

Modifications climatiques du sous-bois induites par les plantations d'essences exotiques : quel impact sur la diversité floristique locale?

Julien Gaudence DJEGO
Maître-assistant (CAMES) en Écologie Tropicale, Laboratoire d'Écologie Appliquée,
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi
Bénin

Brice SINSIN
Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques,
Université d'Abomey-Calavi
Bénin

Julien Gaudence DJEGO
Julien Gaudence DJEGO est titulaire d'un Doctorat en Gestion de l'Environnement dans la spécialité : Gestion des Ressources Naturelles, Aménagement du Territoire et Politique Environnementale. Il est aussi titulaire d'une Maîtrise ès-Sciences Naturelles.
Actuellement, il est Maître Assistant des Universités du CAMES en Écologie Générale et Enseignant-Chercheur de Biologie Végétale, d'Ethnobotanique, de Phytosociologie et d'Écologie tropicale au Département d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement (DAGE) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) du Bénin. Ses travaux de recherche sont axés essentiellement sur la flore et la Phytosociologie du sous-bois des forêts naturelles et plantations à base d'essences exotiques; sur l'évaluation des impacts des plantations sur la biodiversité.

Résumé
Une étude d'impact des plantations d'essences exotiques a été effectuée au Sud et au Centre du Bénin. Elle a abordé la phytodiversité du sous-bois à travers une analyse écologique et phytosociologique. La méthode de collecte de données est faite de relevés phytosociologiques suivant la méthode Sigmatiste de Braun-Blanquet (1932) et la sélection de variables environnementales significatives à l'aide du test de Monte Carlo. Le pH, l'humidité, le type de formation végétale, la masse de litière et le type de sol sont les variables environnementales significatives sur la végétation du sous-bois. En interaction, elles déterminent un microclimat spécifique du sous-bois qui conditionne le développement d'une identité floristique et la répartition des associations végétales. La végétation de sous-bois se révèle comme un bon indicateur des conditions écologiques. Lesquelles conditions écologiques se résument en une abondante masse de litière au sol, une réduction de la luminosité, des modifications du pH du sol, de l'humidité ambiante et des capacités d'échange cationique. Il en résulte une réduction drastique de la richesse floristique du sous-bois des plantations à base d'essences exotiques et une simplification de leur structure verticale en comparaison avec celles des forêts naturelles. La forte dominance d'espèces à large répartition au sein des plantations traduit une dégradation et signale une perte progressive de l'identité floristique des stations d'afforestation. L'essence exotique réduit la richesse spécifique du sous-bois et accroît de manière significative le niveau d'individualisation du biotope. La préservation du patrimoine génétique de nos formations nécessite une sensibilisation de l'opinion publique par les autorités en charge de la Protection de la Nature, sur les espèces exotiques. La nécessité de réaliser des plantations hétéro-spécifiques se révèle comme un gage pour une protection efficiente des ressources naturelles du sous-bois.

Mots-clés : Bénin, phytodiversité, plantations exotiques, , microclimat, flore

1. Introduction

Les écosystèmes forestiers tropicaux constituent de grands réservoirs de diversité biologique. Ils abritent plus de 50 % des espèces terrestres (FAO, 2001). Mais malheureusement, ils sont les plus menacés; de profondes modifications des leurs caractéristiques ont eu lieu au cours des dernières décennies. Les formations végétales du Bénin n'ont pas échappé à ce phénomène de déforestation et de réduction considérable des ressources ligneuses. D'après la FAO, la déforestation des forêts tropicales qui représentait annuellement des surfaces d'environ 7

3. Méthodes

3.1. Matériels

Cette étude a porté sur :

- la flore du sous-bois des plantations d'essences exotiques (*Eucalyptus camaldulensis, Acacia auriculiformis, Tectona grandis, Senna siamea, Casuarina equisetifolia, Cocos nucifera*) et des forêts naturelles
- les variables environnementales dont la variabilité de certains facteurs climatiques du sous-bois, la chute et la décomposition de la litière.

Dans cette étude, le sous-bois a été considéré comme une végétation développée sous la strate supérieure constituant la canopée des formations forestières et jouant un rôle d'écran à la pénétration des rayons lumineux.

3.2. Critères et choix des sites d'investigation

Le choix des sites d'investigation est lié à la présence concomitante de forêts naturelles (à défaut des formations post-culturales) et de plantations d'essences exotiques suivant les gradients pédologique (à travers les types sableux, ferrallitique, vertisol et ferrugineux) et latitudinal (de 6° 20' au littoral à 8°42' au sud). Sur cette base, 252 relevés ont été effectués, dont 107 dans les formations naturelles (Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de relevés par types de formation végétale et par types de sol

Types de sol / Formations végétales		Nombre de relevés				Total
		Sableux	**Ferrallitiques**	**Ferrugineux**	**Vertisols**	
Nombre de relevés	**Plantations d'essences exotiques**					
	Eucalyptus camaldulensis	15	4	12	7	**38**
	Acacia auriculiformis	21	4	5	21	**51**
	Eucalyptus + Acacia	15	0	0	0	**15**
	Senna siamea	0	4	0	6	**10**
	Cocos nucifera	10	0	0	0	**10**
	Casuarina equisetifolia /ou *Acacia*	12	0	0	0	**12**
	Tectona grandis	0	0	0	9	**9**
	Forêts denses semi-décidues	0	0	7	60	**67**
	Savanes arborées	0	0	20	0	**20**
	Jachères	6	4	2	8	**20**
Total		**79**	**16**	**46**	**111**	**252**

3.3. Collecte des données

3.3.1. Données floristiques

Les inventaires floristiques ont été effectués d'avril 2000 à décembre 2004 suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932). Les coefficients d'abondance-dominance attribués aux espèces et leur recouvrement moyen (RM) sont :

5 : espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du relevé et à RM de 87,5 %;
4 : espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé et à RM de 62,5 %;
3 : espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé et à RM de 37,5 %;
2 : espèce couvrant 5 à 25 % de la surface du relevé et à RM de 15 %;
1 : espèce couvrant 1 à 5 % de la surface du relevé et à RM de 3 %;
+ : espèce couvrant moins de 1 % de la superficie du sol et à RM de 0,5 %.

Le coefficient d'abondance-dominance quantifie le recouvrement d'une espèce au sein de la placette inventoriée, mais pour les espèces peu recouvrantes, il donne une idée de leur abondance.

Les paramètres attribués à chaque taxon sont la forme de vie, le type phytogéographique, le groupe écosociologique et le type de dissémination de diaspore.

3.3.2. Données environnementales

Les variables environnementales considérées sont de trois catégories :

- le climat avec notamment, l'humidité relative de l'air et la température, mesuré sur le terrain à l'aide d'appareil approprié : "data loggers"; la luminosité mesurée dans le sous-bois à l'aide de luxmètre, l'évapotranspiration potentielle et les autres données ont été obtenues à l'Agence de Sécurité de la Navigation Aérienne (ASECNA) ;
- la mesure de la pente est effectuée à l'aide d'un clinomètre;
- la pédologie, avec notamment le pH obtenu à partir de deux échantillons : la litière et le sol sous-litière, soit respectivement entre 0-2 cm et 3-10 cm de l'horizon superficiel;
- les types de sol sont définis en fonction de leur texture (sableux, argileux, limoneux…) ;
- la mesure de la masse de litière au sol est faite à l'aide de 36 quadras d'un m² posés au sol. Au sein de chaque quadrat, la litière est recueillie, triée et catégorisée en tige, feuille et infrutescence. Les masses fraîches de ces différents produits sont prises à l'aide de pesons. Un échantillon est prélevé par placeau et par type de produit et mis dans un sac de productivité en papier. L'ensemble des échantillons est séché à l'étuve à 70 °C pendant 72 heures et a servi de base d'extrapolation pour l'ensemble de la production à l'hectare.

3.4. Analyse des données

Le logiciel CANOCO (Ter Braak et Smilauer, 2002) a permis d'effectuer une analyse canonique de correspondance afin de déterminer l'influence des variables environnementales (pH, l'humidité, la pente, la masse de litière, le type de sol et le type de végétation) sur les données « relevés-espèces ». Le test de permutation de Monte Carlo (Parmentier, 2004) servant à identifier les effets significatifs au seuil de probabilité de 5%.

Les spectres bruts et pondérés sont calculés respectivement à partir de l'effectif des espèces et de leur recouvrement moyen obtenu à partir des coefficients d'abondance-dominance.

La phytodiversité est appréciée grâce aux indices de diversité de Shannon qui traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum possible :

$$H = \sum P_i \log_2 P_i$$

H = indice de diversité spécifique de Shannon;

Pi = la proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce i dans le groupement;

p_i = ri/∑ri : avec ri comme recouvrement moyen de l'espèce i et ∑ri comme recouvrement total de toutes les espèces) et l'Equitabilité (E = H/Hmax).

4 Résultats

4.1 Analyse des facteurs environnementaux corrélés à la composition floristique du sous-bois

Les variables environnementales testées pour l'ensemble des sites sont le pH (sol et litière), l'humidité relative de l'air, la pente, la masse de litière au sol, la texture du sol et le type de végétation. Le seuil critique pour p étant celui inférieur à 0,05, les 7 variables environnementales testées présentent un effet significatif (Tableau 2) sur la végétation du sous-bois et sa composition floristique.

Tableau 2 : Résultats du test de sélection des variables environnementales

Variables environnementales	Test de Monte Carlo	
	F	P
Pente	6,10	0,00011
Humidité	9,45	0,000113
pH sol	$2.1e^{+003}$	$< 1.0e^{-6}$
pH litière	556,48	$< 1.0e^{-6}$
Masse de litière	$2.1e^{+003}$	$< 1.0e^{-6}$
Type de sol	6,28	0,000076
Type de Formation végétale	33,98	$< 1.0e^{-6}$

P = niveau de signification; F = variance

Ces variables environnementales significatives correlées avec l'ensemble des espèces collectées dans les formations végétales et les sites de relevé, ont permis de se rendre compte du degré de leur influence sur la végétation du sous-bois. Les résultats sont consignés dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3 : Résultats de la CCA appliquée à la variable "espèces" et aux VE significatives

Axes	Axe1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Inertie totale
Valeurs propres :	0,035	0,02	0,014	0,013	0,163
Longueurs de gradient:	0,458	0,362	0,278	0,353	
Corrélations Espèces – Variables environnementales :	0,999	0,999	1	0,999	
Pourcentage cumulatif de variance					
- données espèces :	21,3	33,6	42,4	50,4	
- relation espèces – variables environnementales :	21,4	33,7	42,4	50,5	
Somme de toutes les valeurs propres libres					0,163
Somme de toutes les valeurs propres canoniques					0,163

Tableau 4: Test de Monte Carlo avec les axes canoniques

**** **Résumé du test de Monte Carlo** ****
Test de signification de premier axe canonique : valeur propre = 0.646
F-ratio = 9.278
P-value = 0.0020
Test de signification de tous les axes canoniques : Trace = 3.936
F-ratio = 3.792
P-value = 0.0020

L'analyse de ces tableaux révèle que l'inertie totale de l'ensemble des variables environnementales est égale à 0,163. Elle est identique à celle expliquée par les quatre premiers axes canoniques (soit = 0,163). Les variables environnementales expliquent alors 100 % de la variabilité totale issue des quatre axes canoniques. Ces variables, de par leurs influences, déterminent des conditions écologiques spécifiques de sous-bois favorables ou non à la mise en place des associations végétales.

Le test de Monte Carlo (Tableau III) présente un résultat assez significatif (p= 0,0020; le seuil critique étant inférieur à 0,05). Les axes canoniques présentent ainsi une forte relation avec les différentes variables environnementales. Cette interaction détermine des biotopes aux exigences écologiques bien précises. Seules les espèces compatibles à ces exigences s'y développent. La figure 2 illustre une telle relation entre facteurs environnementaux et végétation. L'analyse de cette figure révèle l'influence des variables environnementales sur la répartition des groupements végétaux de sous-bois. Une corrélation significative (p = 0,002) existe entre « variables environnementales » et « composition floristique des formations végétales ».

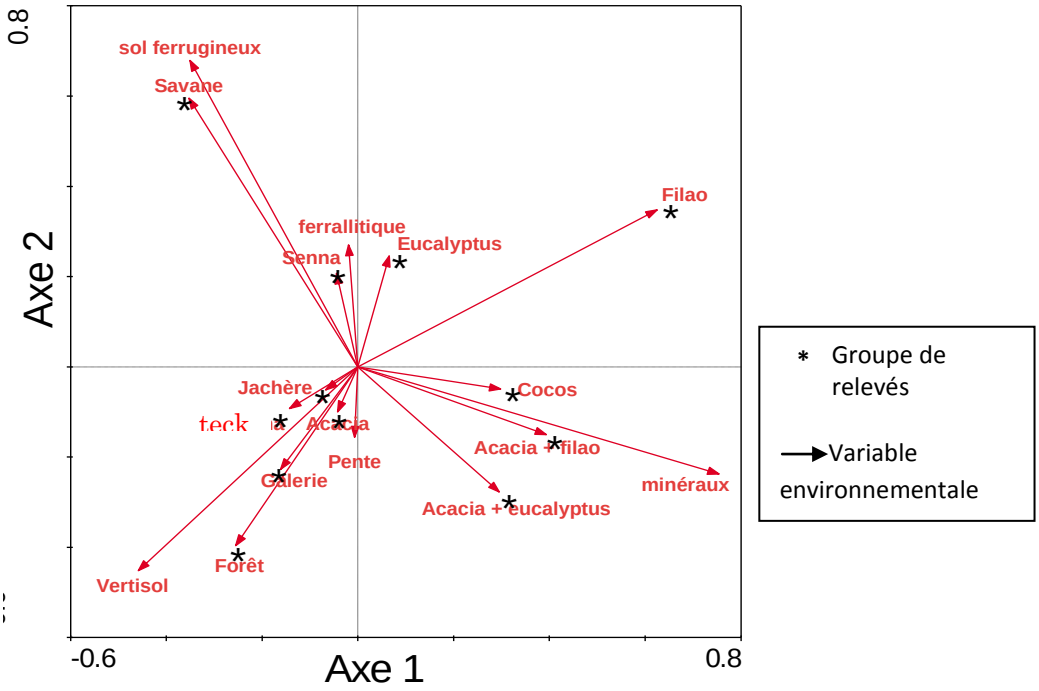


Figure 2 : Graphe de l'analyse canonique de correspondance de 252 relevés et des variables environnementales

4.2. Analyse comparée de la composition floristique et de l'ambiance climatique du sous-bois des forêts et des plantations d'essences exotiques

Analyse comparée de la composition floristique

Le tableau 5 présente la composition floristique des groupements végétaux du sous-bois en forêts et sous plantations. Sur un même type de sol, les groupements végétaux de sous-bois ne sont pas similaires sous forêt naturelle et sous plantations. Ainsi, par exemple, sur du vertisol, l'association à *Jaundea pinnata* et *Drypetes floribunda* (RS = 156; H = 5,5 bits; Ee[1] = 21) des forêts denses semi-décidues est différente de celle à *Dioscorea sagittifolia* et *Artabotrys velutinus* (RS = 193; H = 4,2 bits; Ee= 26) des plantations d'acacia, d'eucalyptus et de jachères puis de celle à *Lecaniodiscus cupanioides* et *Anchomanes difformis* (RS = 190; H = 5,4 bits; Ee= 32) des plantations de teck, de Senna et d'îlots forestiers. Aussi, sur sol ferrugineux, le groupement à *Vitellaria paradoxa* et *Ctenium newtonii* (RS = 103; H = 5,2 bits; Ee= 22) des savanes boisées, n'est pas similaire de celui à *Grewia*

1 : Ee = Nombre d'espèces exclusives ou typiques du groupement[1]

carpinifolia et *Hoslundia opposita* (RS = 35; H = 2,4 bits; Ee= 2) sous plantation d'acacia et de celui à *Chromolaena odorata* (RS = 34; H = 1,58 bits; Ee= 5) sous plantation d'eucalyptus.

De cette analyse, il en ressort que sous un même degré de recouvrement et sur un même type de sol les groupements végétaux de sous-bois des forêts naturelles et ceux des plantations d'essences exotiques ne sont pas de composition floristique similaire.

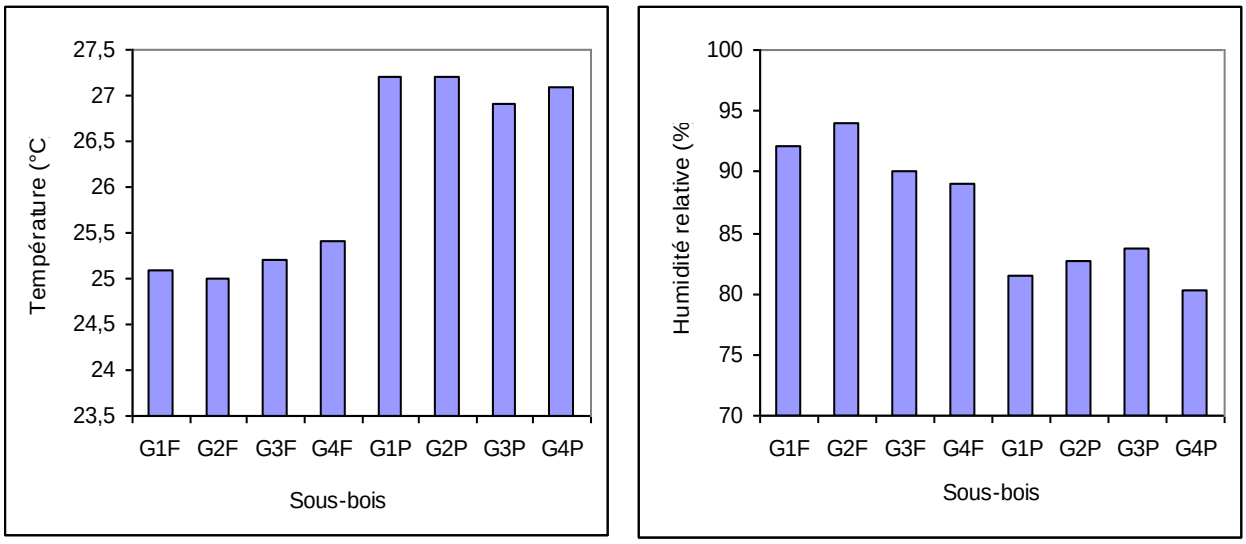
Tableau 5 : Composition floristique du sous-bois des groupements végétaux en forêts et sous plantations en fonction du recouvrement et du type de sol

Groupement à	**Sol**	**RC (%)**	**RS**	**H**	**Espèces exclusives**
Jaundea pinnata et *Drypetes floribunda* (forêts denses semi-décidues)	Vertisol	70	156	5,5	21
Dioscorea sagittifolia et *Artabotrys velutinus* (plantations d'acacia, d'eucalyptus et jachères)			193	4,2	26
Lecaniodiscus cupanioides et *Anchomanes difformis* (plantations de teck, de Senna et d'îlots forestiers)			190	5,4	32
Rytigynia gracilipetiolata et *Cyperus maritimus* (sous plantation de filao et ou d'acacia)	Sol sableux	75	103	2,47	18
Chrysobalanus orbicularis et *Rytigynia gracilipetiolata* (plantations d'eucalyptus ou + acacia)			35	2,42	4
à *Tephrosia purpurea* et *Aristida sieberiana* des jachères			61	4,4	13
Ctenium newtonii et *Vitellaria paradoxa* (jachères)	Sol ferrugineux	60	103	5,2	22
Grewia carpinifolia et *Hoslundia opposita* (sous plantation d'acacia)			35	2,4	2
Chromolaena odorata (sous plantation d'eucalyptus)			34	1,58	5

Légende : RC : Recouvrement; RS : Richesse spécifique; H = indice de Shanon

Analyse comparée de quelques facteurs climatiques du sous-bois des forêts et des plantations d'essences exotiques

La figure 3 présente les résultats de l'analyse comparative de quelques facteurs climatiques (températures et humidité relative de l'air) relevés dans les mêmes conditions (période de l'année, moment de la journée) du sous-bois entre forêts denses et plantations d'*Acacia auriculiformis* et d'*Eucalyptus camaldulensis* dans la forêt classée de la Lama. La température est plus faible dans le sous-bois des forêts denses que dans celui des plantations. Par contre, l'humidité relative de l'air est plus élevée dans le sous-bois des forêts naturelles que dans celui des plantations. Au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que l'ambiance climatique en milieu forestier naturel diffère ce celle en plantations à base d'essences exotiques. Cette ambiance climatique conditionne la mise en place, le développement et la répartition des espèces végétales du sous-bois. En plantations forestières à base d'essences exotiques, cette ambiance climatique de sous-bois contrarie le développement des ressources floristiques endogènes.



a. Température b. Humidité relative de l'air

Figure 3 : Comparaison de quelques facteurs climatiques en sous-bois forestier et sous plantations
Légende : G = Groupement ; F= Forêt ; P= Plantation

4.3. Analyse du cortège floristique du sous-bois des forêts naturelles et des plantations

Amplitude floristique du sous-bois

La liste floristique obtenue sur les 252 relevés effectués comprend 537 espèces regroupées en 354 genres appartenant à 94 Familles. Les sous-bois en forêts naturelles sont floristiquement et physionomiquement marqués par l'abondance des Rubiaceae, des Légumineuses, des Poaceae, des Euphorbiaceae, des Apocynaceae, des Cyperaceae, les Hippocrateaceae, des Loganiaceae, des Verbenaceae, des Sapindaceae, des Moraceae et des Annonaceae.

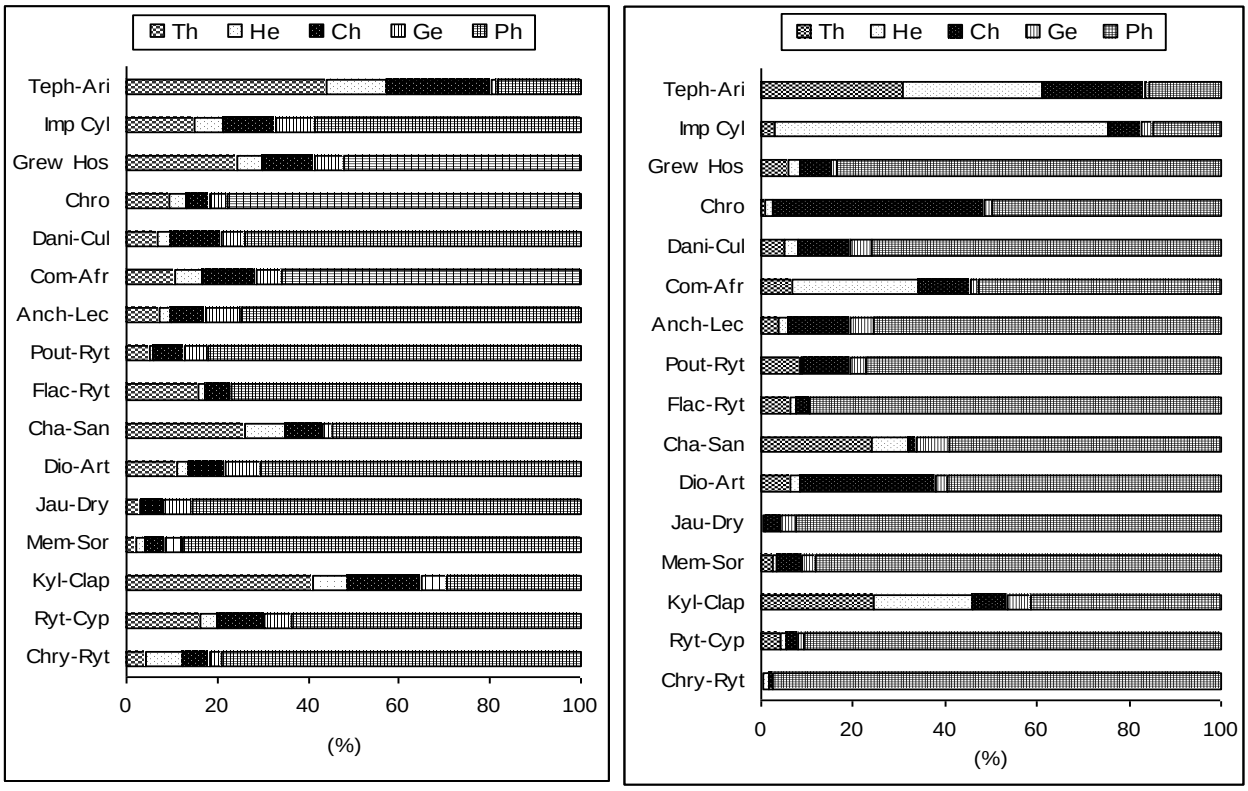
La figure 4 compare le nombre d'espèces et de genres de quelques familles importantes du sous-bois des forêts naturelles et celui des plantations d'essences exotiques. L'analyse de cette figure révèle une réduction drastique (53 à 96 %) du nombre de genres et d'espèces au sein de ces familles. De plus, on y note l'absence de certaines familles caractéristiques du sous-bois des forêts au sein des plantations comme les Zingiberaceae, les Taccaceae, les Scrophulariaceae, les Aizoaceae, les Myrsinaceae, les Oleaceae, les Periplocaceae, les Proteaceae, les Capparaceae, les Clusiaceae, les Davalliaceae, Les Dichapetaliaceae, les Erythroxylaceae et les Simaroubaceae. Ceci traduite une perte progressive de l'identité floristique de la zone d'étude. Le sous-bois en milieu forestier est marqué par un groupe de plantes écologiquement défini, fragile en raison des faibles vitesses de croissance et du pouvoir de dispersion souvent très réduit. Ces caractères font des plantes du sous-bois de bons marqueurs des changements climatiques comme l'ont déjà signalé Jacques-Fél (1976) pour les *Cincinnobotrys* (Melastomataceae) et Sosef (1991) pour les *Begonia.*

Analyse des spectres des types biologiques

Selon Germain (1957) et Lubini (1982), les types biologiques, par leur répartition, traduisent fidèlement les conditions écologiques d'une région donnée. Leur étude permet la connaissance de la dynamique d'une phytocénose. La comparaison des spectres des types biologiques (Fig. 5) des groupements étudiés, montre une prédominance des phanérophytes (52 à 87 % du spectre brut et 52 à 97 % du spectre pondéré) dans l'ensemble des phytocénoses à l'exception de celles issues des jachères représentées par les groupements à Tephrosia purpurea et Aristida sieberiana et à Imperata cylindrica et l'association à Kyllinga erecta et Clappertonia ficifolia (Kyl-Clap) du sous-bois des cocoteraies. Le pourcentage des pharérophytes obtenu en forêts denses et dans les plantations est similaire aux résultats trouvés dans les forêts denses et formations secondaires dérivées par plusieurs auteurs

(Djego, 2000; Ganglo, 1999; Sokpon, 1995; Mosango, 1990; Akpagana, 1989; Moutsamboté, 1985; Akoegninou, 1984) qui ont obtenu un pourcentage compris entre 62 et 92 % du spectre brut.

Figure 4 : Comparaison du nombre de genres et d'espèces de quelques familles importantes du sous-bois



a. Spectres bruts b. Spectres pondérés

Figure 5: Spectres brut et pondéré des types biologiques des groupements végétaux qui est qui là-dessus ?

Légende : Groupements, Chry-Ryt : *Chrysobalanus orbicularis* et *Rytigynia gracilipetiolata* ; Ryt-Cyp : *Rytigynia gracilipetiolata* et *Cyperus maritimus* ; Kyl-Clap : *Kyllinga erecta* et *Clappertonia ficifolia*, Mem-Sor : *Memecylon memecyloides* et *Sorindeia warneckei* ; Jau-Dry : *Jaundea pinnata* et *Drypetes floribunda* ; Dio-Art : *Dioscorea sagittifolia* et *Artabotrys velutinus* ; Cha-San : *Chasmanthera dependens* et *Sansevieria liberica* ; Flac-Ryt : *FLacourtia flavescens et Rytigynia senegalensis* ; Pout-Ryt : *Pouteria alnifolia* et *Rytigynia canthioides* ; Anch-Lec : *Anchomanes difformis* et *Lecaniodiscus cupanioides* : Com-Afr : *Combretum collinum et Aframomum latifolium ;* Dani-Cul : *Daniellia oliveri* et *Culcasia saxatilis* ; Chro : *Chromolaena odorata* ; Grew-Hos : *Grewia carpinifolia* et *Hoslundia opposita* ; Imp-Cyl : *Imperata cylindrica* ; Teph-Ari : *Tephrosia purpurea et Aristida sieberiana*.

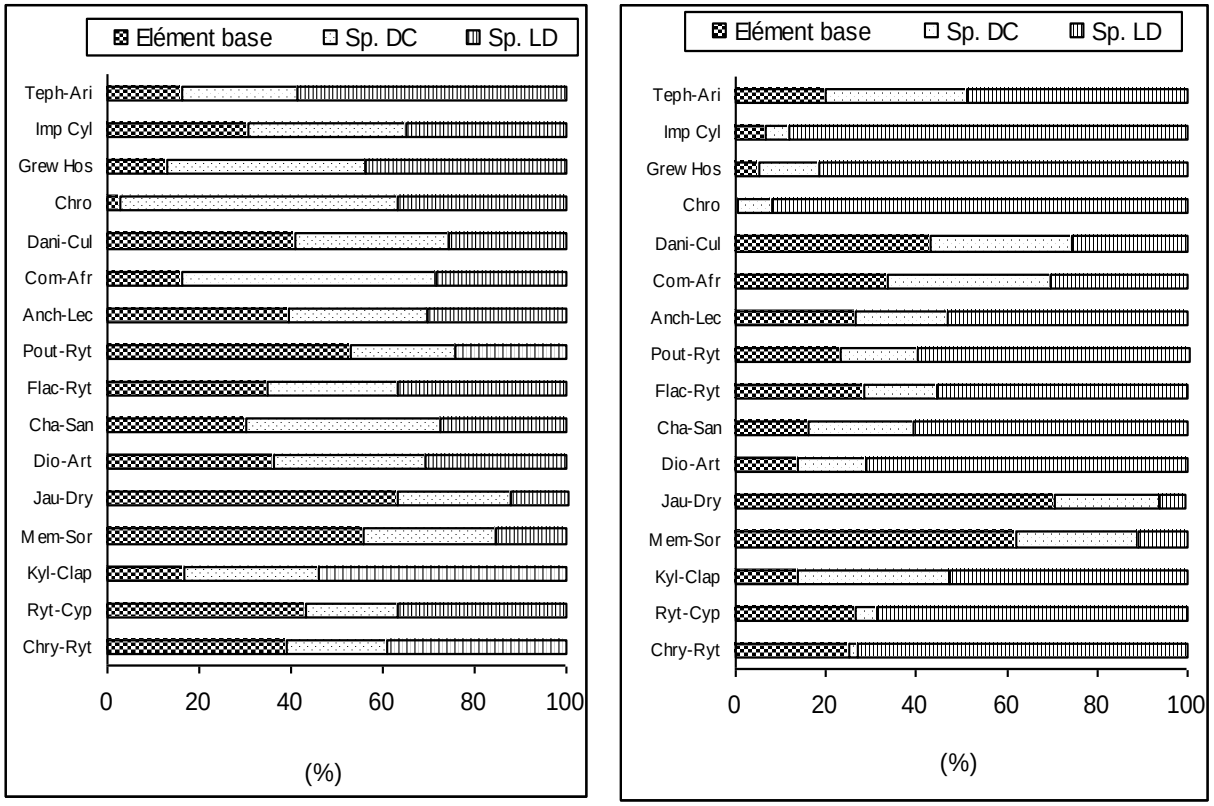
Selon Mangenot (1955), pour les forêts denses tropicales, le pourcentage des phanérophytes se situe dans les limites de 80 à 90 %. Seuls les résultats observés dans les groupements naturels de forêts denses y sont conformes. Ceux des plantations d'essences exotiques en présentent une large variabilité. Le caractère presque monospécifique de ces plantations d'essences exotiques, leur forte densité et l'abondante masse de leur litière au sol sont autant de facteurs qui expliquent un tel résultat. Les conditions écologiques du sous-bois déterminent alors le développement des formes de vie et varient suivant le type de formation.

Position phytogéographique des groupements végétaux étudiés

La figure 6 donne les spectres comparés des types phytogéographiques des groupements étudiés. Les espèces de l'élément-base Guinéo-Congolais prédominent (56 à 63 % de l'effectif total et 62 à 70 % du recouvrement total) dans les associations de forêts denses naturelles. Les plus faibles proportions (2,6 à 16 % du spectre brut et 0,3 à 20

% du spectre pondéré) des espèces de l'élément-base sont notées dans les groupements de jeunes jachères herbeuses (Chro, Teph-Ari et Imp Cyl) et ceux des jeunes plantations d'Acacia (Grew-Hos) et de Cocos nucifera (kyll-Clap).

Dans les groupements post-culturaux et ceux des plantations d'essences exotiques dominent les espèces à large distribution géographique (49 à 92 %) avec un effectif variant de 24 à 59 %. La faible individualisation floristique de l'élément-base Guinéo-Congolais de ces formations au profit des espèces à large répartition géographique, se justifie d'une part, par leur caractère anthropique. Ce sont en effet des groupements très perturbés, à couvert peu dense et soumis à une influence directe du rayonnement lumineux. Ceci confirme l'hypothèse de Devineau *et al.* (1997) selon laquelle les espèces à large distribution se rencontrent fréquemment chez les hélophytes.



a. Spectres bruts b. Spectres pondérés

Figure 6: Spectres brut et pondéré des types phytogéographiques des groupements végétaux

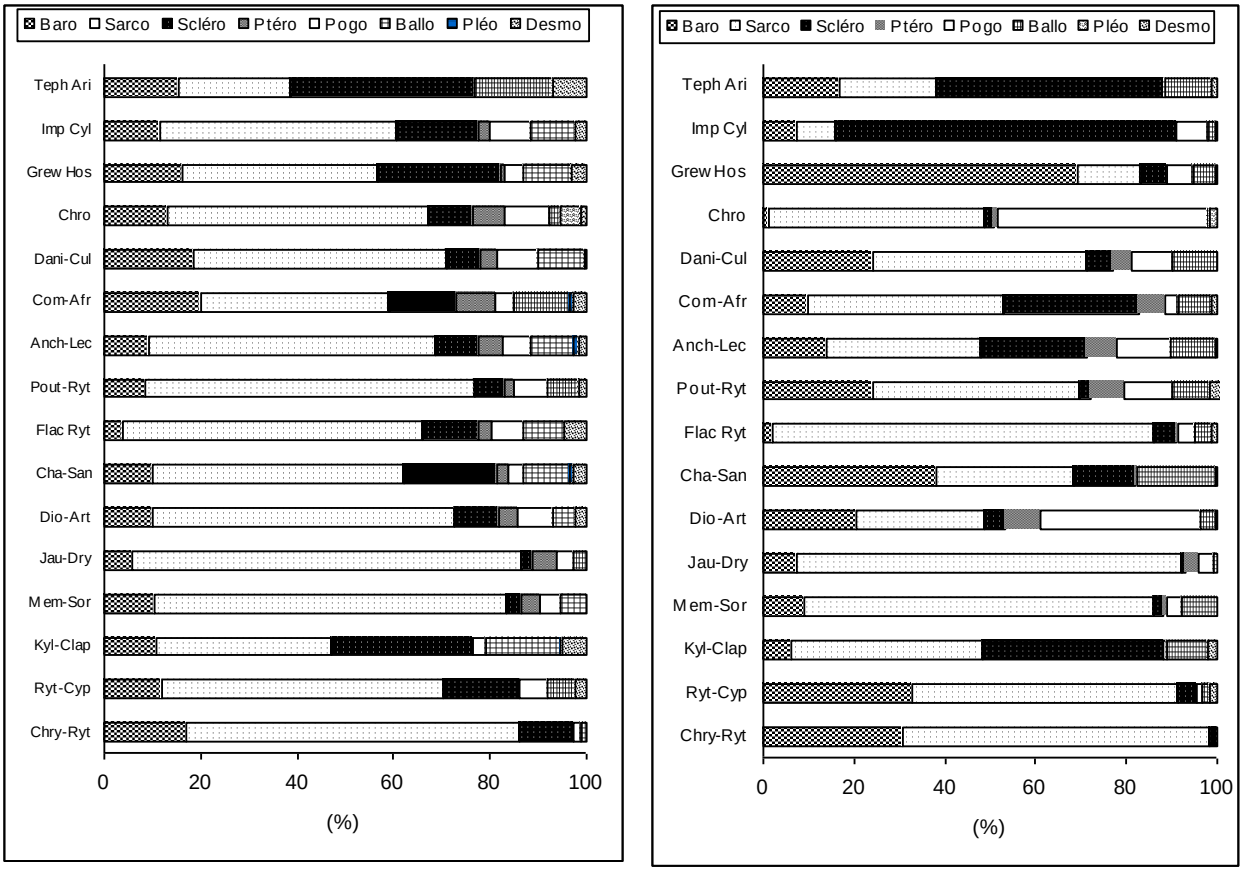
Légende : Groupements, Chry-Ryt : *Chrysobalanus orbicularis* et *Rytigynia gracilipetiolata* ; Ryt-Cyp : *Rytigynia gracilipetiolata* et *Cyperus maritimus* ; Kyl-Clap : *Kyllinga erecta* et *Clappertonia ficifolia*, Mem-Sor : *Memecylon memecyloides* et *Sorindeia warneckei* ; Jau-Dry : *Jaundea pinnata* et *Drypetes floribunda* ; Dio-Art : *Dioscorea sagittifolia* et *Artabotrys velutinus* ; Cha-San : *Chasmanthera dependens* et *Sansevieria liberica* ; Flac-Ryt : *FLacourtia flavescens* et *Rytigynia senegalensis* ; Pout-Ryt : *Pouteria alnifolia* et *Rytigynia canthioides* ; Anch-Lec : *Anchomanes difformis* et *Lecaniodiscus cupanioides* : Com-Afr : *Combretum collinum* et *Aframomum latifolium* ; Dani-Cul : *Daniellia oliveri* et *Culcasia saxatilis* ; Chro : *Chromolaena odorata* ; Grew-Hos : *Grewia carpinifolia* et *Hoslundia opposita* ; Imp-Cyl : *Imperata cylindrica* ; Teph-Ari : *Tephrosia purpurea* et *Aristida sieberiana*.

D'autre part, le caractère exotique de certaines de ces formations avec tout le cortège des effets écologiques possibles (ombrage, litière abondante, pH acide du sol et concurrence) que pourraient induire des essences exotiques sur la flore locale (Djego et Sinsin 2006), permet de comprendre la perte de leur identité floristique au profit d'espèces à large distribution.

Analyse des types de dissémination des diaspores

Les spectres de dissémination des diaspores (Fig. 7) montrent une abondance des sarcochores (36 à 81 % de l'effectif total), sauf dans le groupement à *Tephrosia purpurea* et *Aristida sieberiana* (Walt ind) des jeunes jachères sur cordon sableux, qui présentent un effectif de 23 %.

De façon générale, la prédominance des sarcochores dans l'ensemble des formations étudiées confirme les résultats obtenus dans d'autres forêts du Bénin (Agbani, 2002; Ganglo, 1999; Affoukou, 1997; Sokpon, 1995) et permet de conclure que les zoochores prédominent dans les forêts tropicales. Cette dominance des sarcochores serait favorable à la diversité faunique des forêts tropicales. L'Homme, par son intervention dans les formations végétales, modifie cette tendance de prédominance des sarcochores au profit des anémochores (sclérochores et pogonochores) et même des autochores (barochores).



a. Spectres bruts b. Spectres pondérés

Figure 7: Spectres des types de diaspores des groupements végétaux

Légende : Groupements, Chry-Ryt : *Chrysobalanus orbicularis* et *Rytigynia gracilipetiolata* ; Ryt-Cyp : *Rytigynia gracilipetiolata* et *Cyperus maritimus* ; Kyl-Clap : *Kyllinga erecta* et *Clappertonia ficifolia*, Mem-Sor : *Memecylon memecyloides et Sorindeia warneckei* ; Jau-Dry : *Jaundea pinnata* et *Drypetes floribunda* ; Dio-Art : *Dioscorea sagittifolia* et *Artabotrys velutinus* ; Cha-San : *Chasmanthera dependens* et *Sansevieria liberica* ; Flac-Ryt : *FLacourtia flavescens* et *Rytigynia senegalensis* ; Pout-Ryt : *Pouteria alnifolia* et *Rytigynia canthioides* ; Anch-Lec : *Anchomanes difformis* et *Lecaniodiscus cupanioides* : Com-Afr : *Combretum collinum* et *Aframomum latifolium* ; Dani-Cul : *Daniellia oliveri* et *Culcasia saxatilis* ; Chro : *Chromolaena odorata* ; Grew-Hos : *Grewia carpinifolia* et *Hoslundia opposita* ; Imp-Cyl : *Imperata cylindrica* ; Teph-Ari : *Tephrosia purpurea et Aristida sieberiana*.

5. Discussion et conclusion

5.1 Discussion

Influence des facteurs environnementaux sur la composition floristique du sous-bois

Les variables environnementales influencent la répartition des groupements végétaux. Des tests de comparaisons multiples ont montré que la nature du sol et les facteurs climatiques sont significativement plus importants ($p \leq 0{,}003$) dans la définition des sous-bois de l'ensemble des formations végétales étudiées. Le sous-bois présente alors une variabilité selon le type de sol et l'ambiance climatique qui y règne. Le développement d'une identité floristique de sous-bois se conditionne donc aux interactions résultant d'un ensemble de facteurs environnementaux. Ces derniers créent un microclimat spécifique à un groupe d'espèces végétales qui s'y développent en constituant une association végétale bien définie. Les variables environnementales conditionnent donc des espèces aux biotopes et déterminent leur répartition géographique. La figure 8 est un exemple de cette répartition sous l'égide des variables environnementales.

Dans un contexte écosystémique, les relations « *sol – végétation – facteurs climatiques* » sont réciproques; ce qui laisse entrevoir que la qualité du sol est fonction de la couverture végétale et des facteurs climatiques, comme la couverture végétale est aussi fonction de la qualité du sol et des facteurs climatiques.

L'analyse des corrélations entre les groupements végétaux de sous-bois, le type de sol et le recouvrement de la strate supérieure avec les indices de diversité des associations végétales (Tableau 6), confirme que le type de sol et le recouvrement constituent des facteurs significatifs sur la diversité floristique du sous-bois. L'influence du recouvrement de la strate supérieure se justifie par son rôle d'écran à l'ensoleillement, limitant ainsi la pénétration de la lumière dans le sous-bois qui se voit ainsi régi par un microclimat.

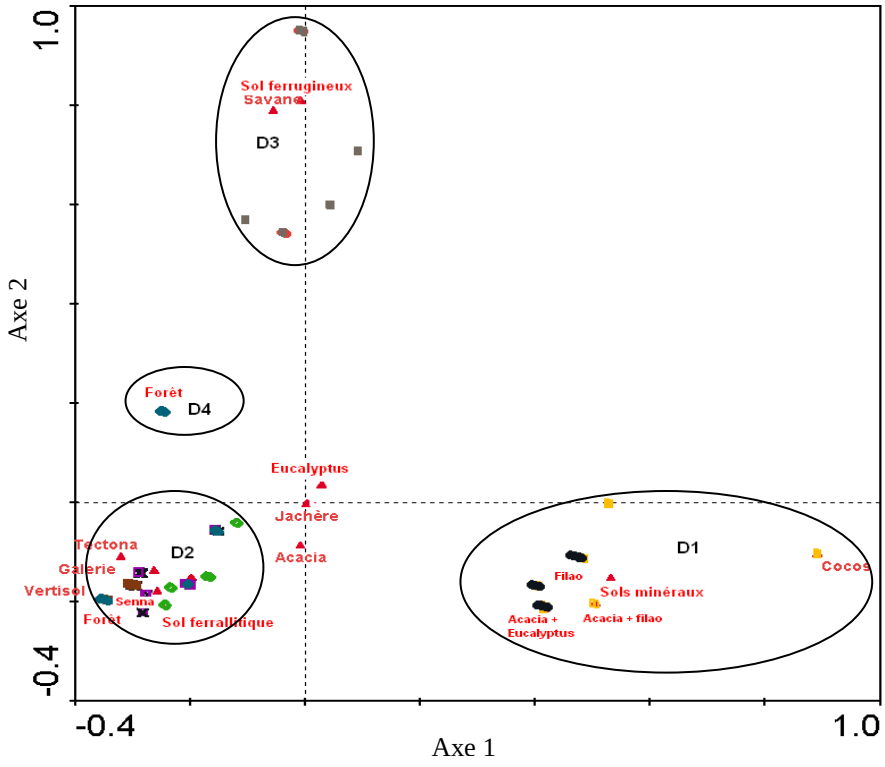


Figure 8 : Ordination canonique des sites, des espèces et des variables environnementales de la zone d'étude
Légende : ▲: type de formations végétales; autres figurés colorés : différents sites et espèces

Tableau 6 : Résultats du test de corrélations entre les variables : type de formation, type de sol, recouvrement et les indices de diversité.

Correlations

		Type form	Typ sol	D famille	Rich sp	I Shanon	Equ Piélou	RC
Type form	Pearson Correlation	1	,341	,334	,364	,423	,256	,397
	Sig. (2-tailed)		,167	,175	,138	,080	,305	,103
	N		18	18	18	18	18	18
Typ sol	Pearson Correlation		1	,665**	,733**	,543*	,371	,379
	Sig. (2-tailed)			,003	,001	,020	,129	,120
	N			18	18	18	18	18
D famille	Pearson Correlation		**	1	,961**	,707**	,471*	,598**
	Sig. (2-tailed)				,000	,001	,048	,009
	N				18	18	18	18
Rich sp	Pearson Correlation		**	**	1	,759**	,521*	,541*
	Sig. (2-tailed)					,000	,026	,021
	N					18	18	18
I Shanon	Pearson Correlation		*	**	**	1	,939**	,260
	Sig. (2-tailed)						,000	,298
	N						18	18
Equ Piélou	Pearson Correlation			*	*	**	1	,069
	Sig. (2-tailed)							,785
	N							18
RC	Pearson Correlation			**	*			1

xx .Corrélation significative au seuil de 0,01

Type form = Type de formation; Typ sol = Type de sol; D famille = Diversité des familles; Rich sp = Richesse spécifique; I Shanon = Indice de Shannon; Equ pielou = Equitabilité de Pielou; RC = Recouvrement

Impact écologique des essences exotiques

Influence des essences sur le pH du sol et la richesse spécifique

Le tableau VI présente le pH de la litière et celui du sol sous litière en fonction des essences de reboisement. La litière des plantations d'*A. auriculiformis* et d'*E. camaldulensis* en peuplement pur ou mixte présente un pH plus acide que celle des plantations de *C. equisetifolia* en peuplement monospécifique ou en association avec *A. auriculiformis..*

Le pH de la litière diffère significativement (p = 0,0089) entre les types de peuplement, influant ainsi sur la richesse spécifique de ces derniers. Ainsi, *C. equisetifolia* réduit le pH du sol et par conséquent sa fertilité. De plus, *C. equisetifolia* est une espèce fixatrice d'azote atmosphérique (CTFT, 1989), ce qui contribue au développement relatif de son sous-bois.

Tableau 7 : Le pH mesuré dans la litière et dans le sol sous litière en relation avec les essences de plantation

Essence	pH	
	litière	Sol sous litière
C. equisetifolia	5,46 ± 1,34	3,96 ± 0,42
A. auriculiformis	3,83 ± 0,58	4,23 ± 0,54
E. camaldulensis	3,53 ± 0,34	3,69 ± 0,42
A. auriculiformis + *E. camaldulensis*	3,75 ± 0,25	4,05 ± 0,14
A. auriculiformis + *C. equisetifolia*	4,11 ± 0,52	3,63 ± 0,31

Au contraire, *E. camaldulensis* augmente l'acidité du sol acide, affectant ainsi négativement les caractéristiques biochimiques et chimiques et la biodiversité du sous-bois Lozano et Velasco 1981).

Impact des plantations sur la flore

Dans le sous-bois des plantations monospécifiques d'*E. camaldulensis* ou en mélange avec *A. auriculiformis* la richesse spécifique est faible malgré une luminosité suffisante (>18.000 lux au milieu de la journée) et une litière peu abondante. Le pH acide (< 4) de la litière de *E. camaldulensis* et probablement la présence de substances toxiques phénoliques ou volatiles contenues dans les feuilles (Poore et Fies, 1986) seraient préjudiciables à la richesse spécifique de leur sous-bois. Par ailleurs, la concurrence et le développement important de racines traçantes par les pieds *d'E. camaldulensis*, sont des facteurs limitants pour la végétation de sous-bois et les cultures avoisinantes dans le cas où l'eau serait peu abondante (Poore et Fies, 1986).

Au point de vue phytogéographique dans les plantations d'essences exotiques, les espèces à large distribution géographique prédominent devant celles de l'élément-base. Ce qui reflète le caractère perturbé ou peu spécialisé du milieu et démontre selon Djego et Sinsin (2006), la nature essentiellement secondaire des groupements de sous-bois des plantations. Les essences exotiques présentent donc des effets perturbateurs sur la flore locale (ombrage, abondance de litière, perturbation de la station, litière acide, etc.) peu favorables à la reconstitution de la phytodiversité. La forte dominance d'espèces à large répartition traduit un indice de dégradation et signale une perte progressive de l'identité floristique de la zone d'étude.

5.2 Conclusion

Les plantations forestières installées dans la zone d'étude, ont induit des modifications climatiques de sous-bois. Ces modifications ont des effets écologiques qui affectent le sol et la diversité végétale. Cette ambiance climatique du sous-bois forestier conditionne le développement et la mise en place des espèces végétales. Par conséquent, les plantes du sous-bois sont de bons marqueurs des changements climatiques. Les effets écologiques induits par les essences écologiques sont peu favorables aux espèces du sous-bois. Le sous-bois des plantations à base d'essences exotiques est plus pauvre en espèces que celui des forêts naturelles. Son cortège floristique diffère de celui de la végétation naturelle qu'il remplace. Ce qui traduit un indice de dégradation et signale une perte progressive de l'identité floristique de la zone d'étude.

En vue de préserver le patrimoine génétique des formations, nous suggérons aux autorités du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN), de sensibiliser l'opinion publique (à travers des affiches, des émissions audiovisuelles, des campagnes de sensibilisation des populations rurales, etc.) sur les avantages et les inconvénients liés à l'introduction d'espèces exotiques sur l'environnement et la diversité biologique; de donner priorité aux essences locales dans les programmes de reboisement, de recommander aux gestionnaires des ressources naturelles, la mise en place des plantations hétéro-spécifiques et de déconseiller les plantations d'Eucalyptus à grande échelle.

Bibliographie

Adjanohoun E. J., Adjakidje V., Ahyi M. R. A., Ake Assi L .,Akoegninou A., D'almeda J., Apovo F., Boukef K., Chadare M., Cusset G., Dramane K., Eyme J., Gassita J.-N., Gbaguidi N., Goudote E., Guinko S., Houngnon P., Issa Lo., Keita A., Kiniffo H. V., Kone-Bamba D., Musampa Nseyya A., Saadou M., Sodogandji Th., De Souza S., Tchabi A., Zinsou Dossa C., Zohoun Th., 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en R.P.B. *ACCT*., Paris, France, 895 p.

Affoukou O. M.,1997. *Forêts sacrées et conservation de la biodiversité au Bénin: Etude de cas sur le plateau d'Allada.* Mém. (DIT). APE/CPU/UNB. 108 p.

Agbani P. O., 2002. *Etudes phytosociologiques des groupements forestiers par bandes longitudinales à grandes échelles : cas du noyau central de la forêt dense semi-décidue de la Lama au Bénin*. Mém. D.E.A/FLASH/UAC, Bénin. 74 p. + Annexes.

Akoegninou, A., 1984. *Contribution à l'étude botanique des îlots de forêts denses humides semi-décidues en R. P. du Bénin*. Thèse de 3è Cycle. Université de Bordeaux III, 250 p.

Akpagana K. 1989. *Recherche sur les forêts denses humides du Togo*. Thèse de l'Université Bordeaux III. 223 p.

Aoudji A., 2003. *Phytosociologie appliquée à l'aménagement des forêts : cas du périmètre forestier de Pahou (Département de l'Atlantique, Sud-Bénin)*. Thèse présentée pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. DAGE / FSA / UAC ; R. Bénin. 148 p. + Annexes.

Attignon S. E., Weibel D., Lachat T., Sinsin B., Nagel P. & Peveling R., 2004. Leaf litter breakdown in natural and plantation forests of the Lama forest reserve in Benin *Applied Soil Ecology*, 27 : 109-124.

Ayichedehou M., 2000 - *Phytosociologie, écologie et biodiversité des phytocénoses culturales et post-culturales du Sud et du Centre Bénin*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique. 282 p.

Bouvet, J. M., 1999. Les plantations d'Eucalyptus. Évolutions récentes et perspectives. *Flamboyant* 49 :4-14.

Braun-Blanquet J., 1932 - *Plant sociology* –The study of plant communities – translated revised and edited by FULLER G.D.& Conard H.S. 439 p.

CEDA, 1998. *Profil de la zone côtière du Bénin*. M.E.H.U. Bénin. 93p.

CTFT, 1989 - *Mémento du Forestier*. Centre Technique Forestier Tropical; Ministère de la coopération. Paris, France.

Devineau, J. L., 1976. Principales caractéristiques physionomiques et floristiques des formations forestières de Lamto (moyenne Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan*. Serie E., 9 : 274-303.

Devineau, J. L., Fournier A. et Kaloga B., 1997. Les sols et la végétation de la région de Bondoukui (Ouest burkinabé), *Editions de l'O.R.S.T.O.M*., Paris, 111 p.

Djego J. G., 2000 - *Impacts écologiques des plantations forestières sur la diversité biologique des écosystèmes côtiers du Bénin (Cas du périmètre de reboisement de Sèmè)*. Mém. D.E.A/FLASH/UNB, A. Calavi, Bénin. 129 p.

Djego J. G., 2006. *Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au Sud et au Centre du Bénin.* Thèse de Doctorat. UAC. 329p.

Djego J. & Sinsin B., 2006 – Impact des espèces exotiques plantées sur la diversité spécifique des phytocénoses de leur sous-bois. *Syst. Geog. Pl.* 76: 191-209 (2006).

Dubroeucq D., 1977. Notice explicative n° 66 (3). Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000. *Feuille de Savè. ORSTOM*, Paris 45 p.

Dupuy B., 1985. Plantations à vocation bois d'œuvre et associations d'espèces en mélange : Objectifs et contraintes sylvicoles. *Division sylviculture. C.T.F.C.I.* 11 p.

FAO (www 2001). *SOFO–Situation des forêts du monde*. www.**fao**.org/DOCREP/003/Y0900F/y0900f05.htm, 12/12/2006.

Ganglo, J. 1999 - *Phytosociologie de la végétation naturelle du sous-bois, écologie et productivité des plantations de teck (Tectona grandis L. f.) du Sud et du Centre Bénin.* Thèse de Doctorat. Université Libre de Belgique, Belgique. 366 p. + Tableau

Germain R., 1957. Un essai d'inventaire de la flore et des formes biologiques en forêt équatoriale congolaise. *Bull. Jard. Bot.* Etat, Bruxelles 22 : 563-576.

INSAE, 2002. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH)*. Résultats provisoires. Ministère du plan, Cotonou, Bénin.

Lichtein J. W.; Grau H. R. et Aragón R..; 2004. Recruitment limitation in secondary forests dominated by an exotic tree. *Journal of Vegetation Science* 15: 721-728. IAVS; Opulus Press Uppsala.

Lozano J. M. et Velasco F., 1981. Evolucion del humus y de la microflora telúrica por la impantacion de Eucalyptus camaldulensis Dehn. En bosques autóctonos de Extremadura. *Anales de Edafologia y Agrobiologia* **40** (5/6) : 711-720.

Lubini A., 1982. *Végétation messicole et postculturale des sous-régions de Kinsangani et de la Tshopo (Haut Zaïre)*. Thèse de doctorat, Fac. Sc. Uni. Kinsangani, 489 p.

Mangenot G., 1955. Etudes sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire. Etudes Eburnéennes, *IFAN,* 4 : 5-61.

Mosango, M., 1990. *Contribution à l'étude botanique et biogéographique de l'écosystème forêt en région équatoriale (IIe Kongo, Zaïre)*. Thèse de doct. Université Libre de Bruxelles : 446 p.

Poore & Fies, M. E. D., 1986 - *Les effets écologiques des Eucalyptus*. Etude FAO Forêts, n° 59. 118p. Rome; Italie.

Sokpon N. 1995 -*Recherches écologiques sur la forêt dense semi-décidue de Pobè au sud-est du Bénin. Groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière.* Thèse de Doctorat. Université Libre de Bruxelles, Belgique. 350 p.

Van der Zel, D. W. 1997. Sustainable industrial afforestation in South Africa under water and other environmental pressures. P. 217-225 in D. Rosbjerg, editor. Sustainability of water resources under increasing uncertainty. Proceedings of the Rabat Symposium. IAHS Press, Wallingford, UK.

Van Lill W. S.; Kruger F. J. & Van Wyk D. B., 1980. The effect of afforestation with *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and Pinus patula Schlecht. Et Cham. On streamflow experimental catchments at Mokobulaan, Transvaal. *Journal of Hydrology* 48 107-118.

Weibel, D., 2003. *Abbau von laubstreu in naturwaldrelikten und forstplantagen des Lama-waldes (Süd-Benin)*. Diplomarbeit, Departement géographie der Univ. Basel, Inst. für Natur-, Landschafts-und Umweltschutz (NLU) – Biogeographie, Switzer-land.

Yang Y. S., 1998. Studies on the sustainable management of Chinese fir plantations; *China Forestry Publishing House*, Beijing (in Chinese).