

MODIFICATIONS CLIMATIQUES DU SOUS-BOIS INDUITES PAR LES PLANTATIONS D'ESSENCES EXOTIQUES : QUEL IMPACT SUR LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE LOCALE ?

*G.J. DJEGO**, *M. OUMOROU***, *B. S. ADJAHOSSOU***, *S. DJEGO* & B. SINSIN**

**Laboratoire d'Écologie Appliquée / Faculté des Sciences Agronomiques-UAC, Bénin –Email : gdjego@yahoo.fr /julien.djego@fsa.uac.bj*

*** Département de Génie de l'Environnement, École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi*

RÉSUMÉ

Une étude analytique de la phytodiversité du sous-bois des plantations à base d'essences exotiques et des forêts a été effectuée au Bénin. Elle a abordé les modifications climatiques du sous-bois à travers une analyse floristique et phytosociologique. La méthode de collecte de données est fondée sur la sélection de variables environnementales significatives à l'aide du test de Monte Carlo. Le pH du sol, la luminosité, l'humidité, le type de formation végétale, la masse de litière et type de sol sont les variables environnementales significatives sur le 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. Il en résulte une réduction drastique de la phytodiversité du sous-bois des plantations 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 érosion 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.

Mots clés : Bénin, phytodiversité, sous-bois, essences exotiques, microclimat.

CLIMATIC MODIFICATIONS OF THE UNDERGROWTH CREATED BY EXOTIC TREES PLANTATIONS: WHAT EFFECT ON THE LOCAL PLANT DIVERSITY?

ABSTRACT

An analytic study of undergrowth plant diversity of the exotic trees plantations and forests was undertaken in Benin. It examined the undergrowth climatic modifications through a floristic and phytosociological analysis. Monte Carlo's test was used to select following environmental variables as having a significant effect on undergrowth vegetation: pH, luminosity, relative humidity, vegetation type, litter weight and soil type. The latter

variable in interaction created a specific microclimate of undergrowth, which conditions the development of floristic identity and the plant association distribution. Undergrowth vegetation is revealed like a good ecological condition indicator. A drastic reduction of undergrowth plant diversity of the exotic trees plantations and their vertical structure simplification results in comparison with natural forests. The dominance of long-range distribution species was an indicator of degradation and progressive loss of the local flora. The exotic species reduced the undergrowth species richness and increases in a significant manner the level of biotope individualization. The genetic heritage preservation of our vegetation requires the public opinion sensitization on the exotic species in charge by the authorities of the nature conservation.

Keywords : Benin, plant diversity, undergrowth, exotic trees, microclimate.

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 millions d'ha dans les années 70 atteint actuellement environ 15 millions d'ha chaque année. Parmi divers facteurs responsables de cette évolution, l'augmentation considérable des populations a entraîné des besoins en bois et en terres agricoles croissants, et a conduit au défrichage de considérables surfaces forestières.

Pour freiner la déforestation, faire face aux besoins en bois et protéger les reliques floristiques et fauniques des zones forestières du Bénin, l'autorité en charge de la protection de la nature et de ses ressources naturelles a, entre autres actions, initié de vaste campagne de reboisement. Ainsi, des plantations d'essences exotiques à croissance rapide occupent de vastes espaces (plus de 112.000 ha) au détriment des forêts naturelles qui disparaissent à un rythme sans précédent, 70.000 ha/an (FAO, 2001). Mais, l'intensification actuelle de la gestion de ces espaces forestiers avec l'introduction d'essences exotiques plus productives que les espèces locales, la réduction de la durée des révolutions et l'augmentation du taux de récolte de la biomasse produite, accroissent les pertes de la diversité floristique du sous-bois (Djègo & Sinsin, 2006). La végétation du sous-bois

reflétant souvent une combinaison de facteurs au rang desquels se retrouvent le type de formation végétale, l'humidité, la température et le type de sol. Ces facteurs, de par leur influence, déterminent de façon concomitante, une ambiance climatique ou un microclimat de sous-bois. Or pour des auteurs comme Mullenders (1954), Guinochet (1955), Lacoste et Roux (1971-1972), les groupements végétaux sont l'expression de la synthèse des facteurs écologiques du milieu. Ceci étant, plusieurs interrogations subsistent quant à l'intensification actuelle de la sylviculture à base d'essences exotiques. Quelles sont les modifications climatiques du sous-bois induites par les plantations d'essences exotiques? Que devient le sous-bois des plantations forestières par rapport à la diversité floristique locale, dès lors que leur installation est précédée par un remaniement profond de la forêt préexistante ? Les essences exotiques sont-elles nocives aux espèces indigènes et à l'environnement ? En raison de l'absence de recherches d'accompagnement devant soutenir la gestion durable des plantations, la présente étude mettra en évidence les modifications climatiques du sous-bois induites par les plantations d'essences exotiques et leur influence sur la diversité floristique locale.

ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude s'étend du sud au centre du Bénin (6°20'-8°42' Nord et 1° - 3°40' Est) (Figure 1). Sur le plan géomorphologique, elle s'étend sur deux séries de plateaux séparés par la dépression de la Lama. Le sol est sableux dans la zone littorale et sub-littorale, ferrallitique et ferrugineux sur les plateaux et argileux (vertisol) dans la dépression de la Lama.

Deux séries de stations ont été réparties dans la zone d'étude suivant le type de climat . Premièrement, les stations de la zone littorale et sub-littorale sont soumises à un climat de type guinéen ou subéquatorial caractérisé par deux saisons de pluie alternant avec deux saisons sèches d'inégale durée avec une pluviosité moyenne de 1200 mm. Deuxièmement, les stations de la zone de transition soumises à un climat de type tropical caractérisé par une saison de pluie et une saison sèche avec une pluviosité moyenne de 1100 mm.

La température moyenne annuelle varie peu entre les stations (27°C). La moyenne annuelle des maxima est de 32,9°C et celle des minima est de

23°C. L'insolation moyenne annuelle varie entre 2200 et 2400 heures. L'humidité relative varie entre 42 et 96 %.

Dix-huit secteurs forestiers ont été investigués suivant les gradients pédologique et latitudinal. Les formations végétales retrouvées sont les forêts et les plantations d'essences exotiques. Les superficies des plantations dans la zone d'étude sont de 14.000 ha pour le bois de feu et d'œuvre, 1169 ha de cocoteraies et 106.000 ha de palmeraies (Sokpon, 1995). Les sous-bois sont colonisés par des associations végétales dont 10 nouvellement définies (Djègo, 2006).

Dans la zone d'étude, la densité de la population varie de 38 habitants au km² dans les Collines au Nord à 8419 habitants au km² dans le Littoral (INSAE, 2002). Les activités socio-économiques sont variées et couvrent plusieurs secteurs dont l'agriculture, l'élevage, la pêche, le commerce, l'artisanat, l'industrie et la chasse (INSAE, 2002). Ces activités ne sont pas sans influence sur la végétation.

MÉTHODES

Matériel

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.

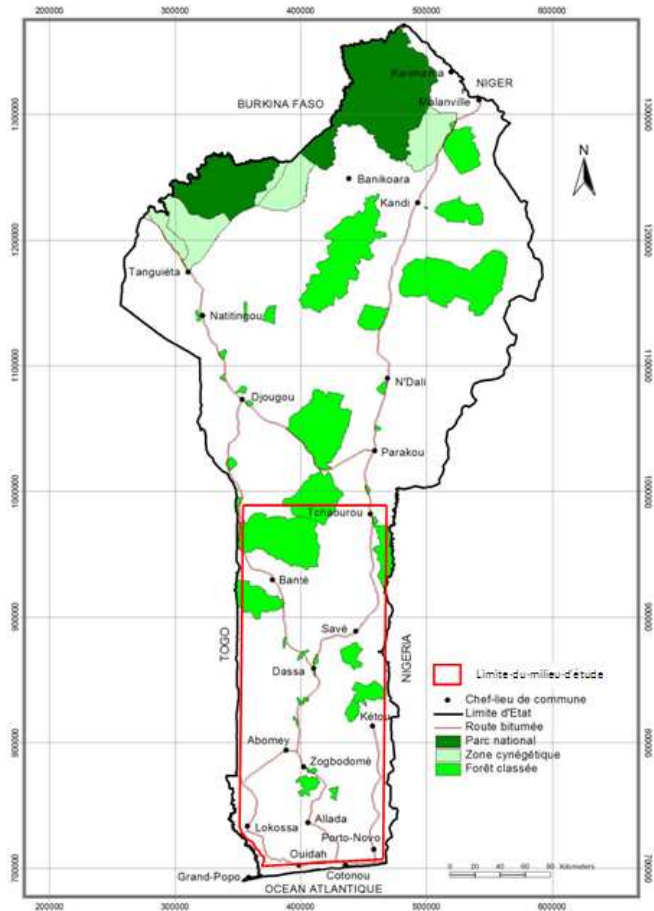


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

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-culturelles) 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 type de formation végétale et par type de sol

Formations végétales	Type de sol				Total
	Sableux	Ferrallitiques	Ferrugineux	Vertisols	
Plantations d'essences exotiques					
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	15	4	12	7	38
<i>Acacia auriculiformis</i>	21	4	5	21	51
<i>Eucalyptus + Acacia</i>	15	0	0	0	15
<i>Senna siamea</i>	0	4	0	6	10
<i>Cocos nucifera</i>	10	0	0	0	10
<i>Casuarina equisetifolia</i> /ou					
<i>Acacia</i>	12	0	0	0	12
<i>Tectona grandis</i>	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

Collecte des données

Données floristiques

Les inventaires floristiques ont été effectués d'avril 2000 à décembre 2004 puis en 2008 suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932). Les paramètres attribués à chaque taxon sont la forme de vie, le type phytogéographique et le groupe éco-sociologique.

Données environnementales

Les variables environnementales considérées sont de deux catégories :

- le climat avec notamment, l'humidité relative de l'air et la température, mesurées 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).
- le sol, 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.

Analyse des données

Le logiciel CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 2002) a permis d'effectuer une analyse canonique de correspondance afin de déterminer l'influence des variables environnementales (pH, humidité, pente, masse de litière, type de sol et type de végétation) sur les données "relevés-espèces". Le test de permutation de Monte Carlo (Parmentier, 2003) 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, $H = -\sum P_i \log_2 P_i$ (H = indice de diversité spécifique de Shannon ; P_i = est la proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce i dans le groupement ; $p_i = r_i/\sum r_i$: avec r_i comme recouvrement moyen de l'espèce i et $\sum r_i$ comme recouvrement total de toutes les espèces) et l'Équitabilité ($E = H/H_{max}$) qui traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum possible.

RÉSULTATS

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 sept variables environnementales testées présentent un effet significatif (Tableau 2) sur la végétation du sous-bois et sa composition floristique.

Ces variables environnementales significatives corrélées 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 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

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 4) 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.

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

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.

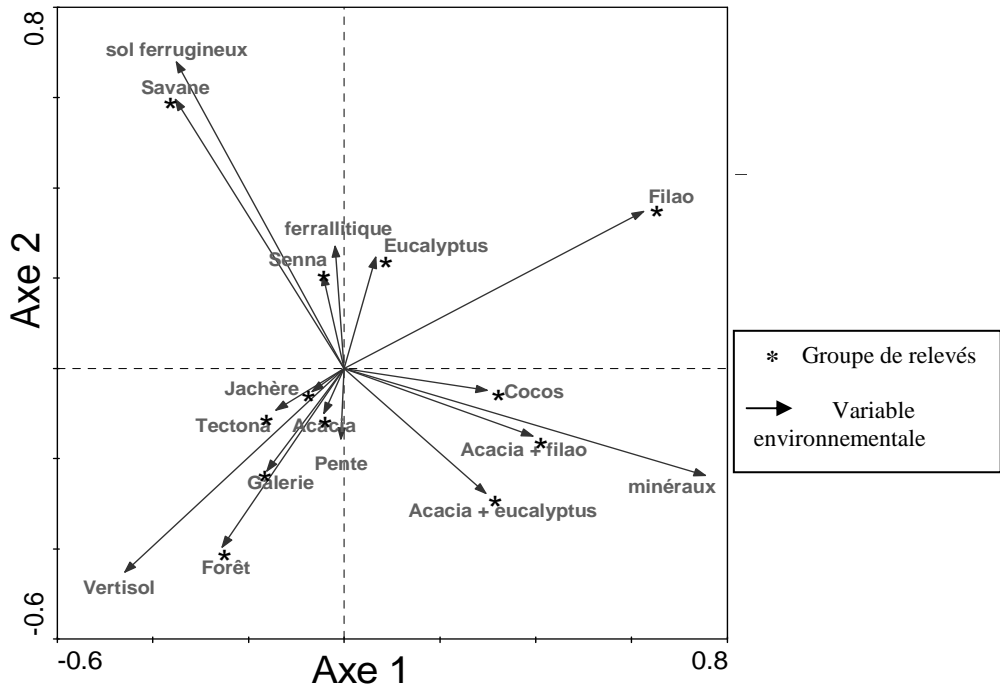


Figure 2. Graphe de l'analyse canonique de correspondance de 252 relevés et des variables environnementales

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".

Analyse comparée de la composition floristique et de l'ambiance climatique du sous-bois des forêts et 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 = 21 ; EQ = 0,95) des forêts denses semi-décidues est différente de celle à *Dioscorea sagittifolia* et *Artabotrys velutinus* (RS = 193 ; H = 4,2 bits ; Ee = 26 ; EQ = 0,95) 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 ; EQ = 0,70) 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 ; EQ = 0,91) des savanes boisées, n'est pas similaire de celui à *Grewia carpinifolia* et *Hoslundia opposita* (RS = 35 ; H = 2,4 bits ; Ee = 2 ; EQ = 0,56) sous plantation d'acacia et de celui à *Chromolaena odorata* (RS = 34 ; H = 1,58 bits ; Ee = 5 ; EQ = 0,45) sous plantation d'eucalyptus.

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	Ee	EQ
<i>Jaundea pinnata</i> et <i>Drypetes floribunda</i> (forêts denses semi-décidues)			156	5,5	21	0,95
<i>Dioscorea sagittifolia</i> et <i>Artabotrys velutinus</i> (plantations d'eucalyptus et jachères)	Vertisol	70	193	4,2	26	0,70
<i>Lecaniodiscus cupanioides</i> et <i>Anchomanes difformis</i> (plantations de teck, de Senna et d'îlots forestiers)			190	5,4	32	0,88
<i>Rytigynia gracilipetiolata</i> et <i>Cyperus maritimus</i> (sous plantation de filao et ou d'acacia)			103	2,47	18	0,53
<i>Chrysobalanus orbicularis</i> et <i>Rytigynia gracilipetiolata</i> (plantations d'eucalyptus ou + acacia)	Sol sableux	75	35	2,42	4	0,52
à <i>Tephrosia purpurea</i> et <i>Aristida sieberiana</i> des jachères			61	4,4	13	0,76
<i>Ctenium newtonii</i> et <i>Vitellaria paradoxa</i> (jachères)	Sol ferrugi-neux		103	5,2	22	0,91
<i>Grewia carpinifolia</i> et <i>Hoslundia opposita</i> (sous plantation d'acacia)		60	35	2,4	2	0,56
<i>Chromolaena odorata</i> (sous plantation d'eucalyptus)			34	1,58	5	0,45

Légende : RC : Recouvrement ; RS : Richesse spécifique ; H = indice de Shanon, Ee = Nombre d'espèces exclusives ou typiques du groupement ; EQ = Équitabilité de Pielou

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.

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.

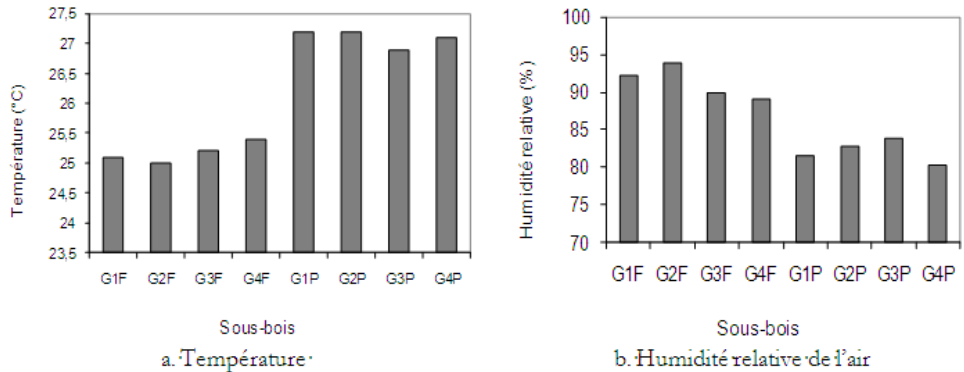


Figure 3 : Comparaison de quelques facteurs climatiques en sous-bois forestier et sous plantations

Légende : G = Groupement ; F= Forêt ; P= Plantation

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. Aux vues de ces résultats, nous pouvons conclure que l'ambiance climatique en milieu forestier naturel diffère de 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.

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 physiologiquement 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 traduit une perte progressive de l'identité floristique de la zone d'étude.

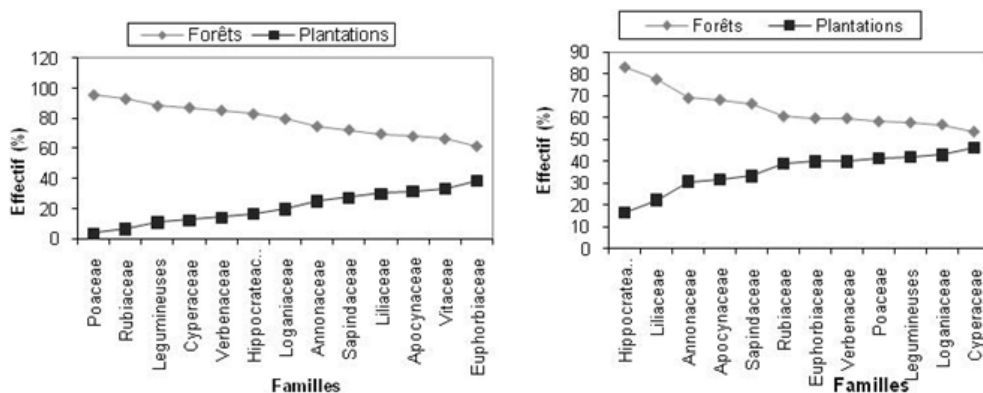


Figure 4. Comparaison du nombre de genres et d'espèces de quelques familles importantes du sous-bois

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'a déjà signalé 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 (Figure 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 phanérophytes 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 ; Akoègninou, 1984) qui ont obtenu un pourcentage compris entre 62 et 92 % du spectre brut.

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).

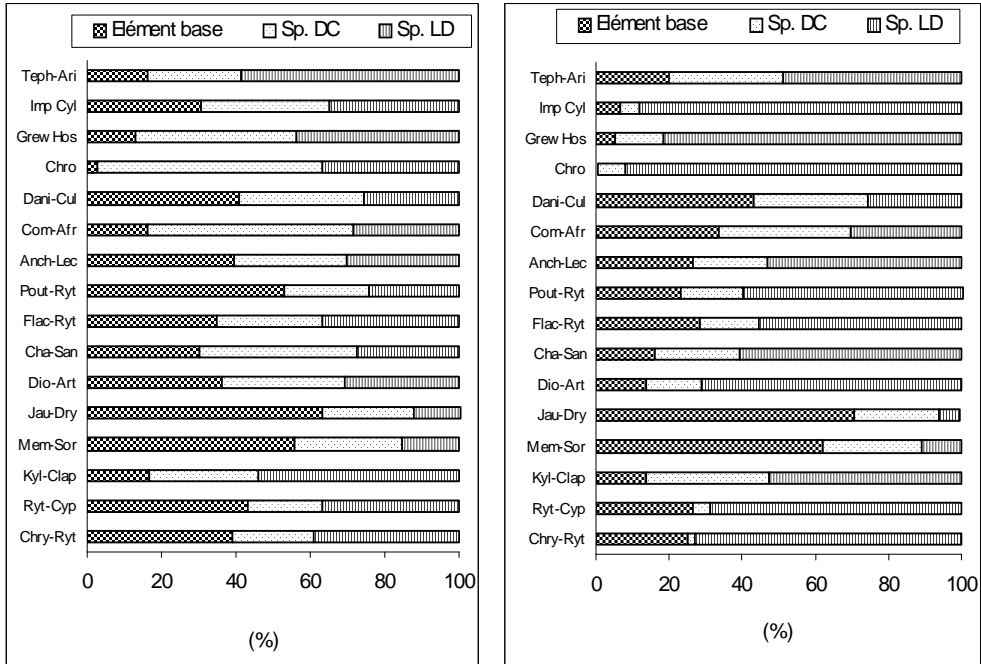


Figure 5. Spectres brut et pondéré des types biologiques des groupements végétaux

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 warneckeii* ; 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*.

Dans les groupements post-cultureux 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. 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 & Sinsin 2006), permet de comprendre la perte de leur identité floristique au profit d'espèces à large distribution.

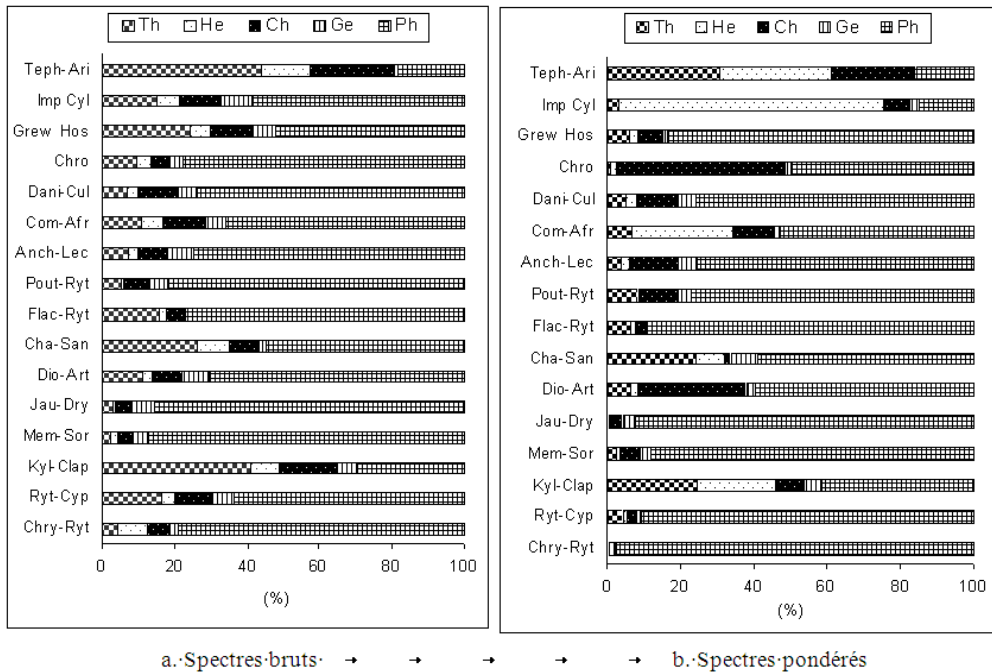


Figure 6. Spectres brut et pondéré des types phytogéographiques des groupements végétaux

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 warneckeii* ; 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*..

Analyse des types de dissémination des diaspores

Les spectres de dissémination des diaspores (Figure 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 %.

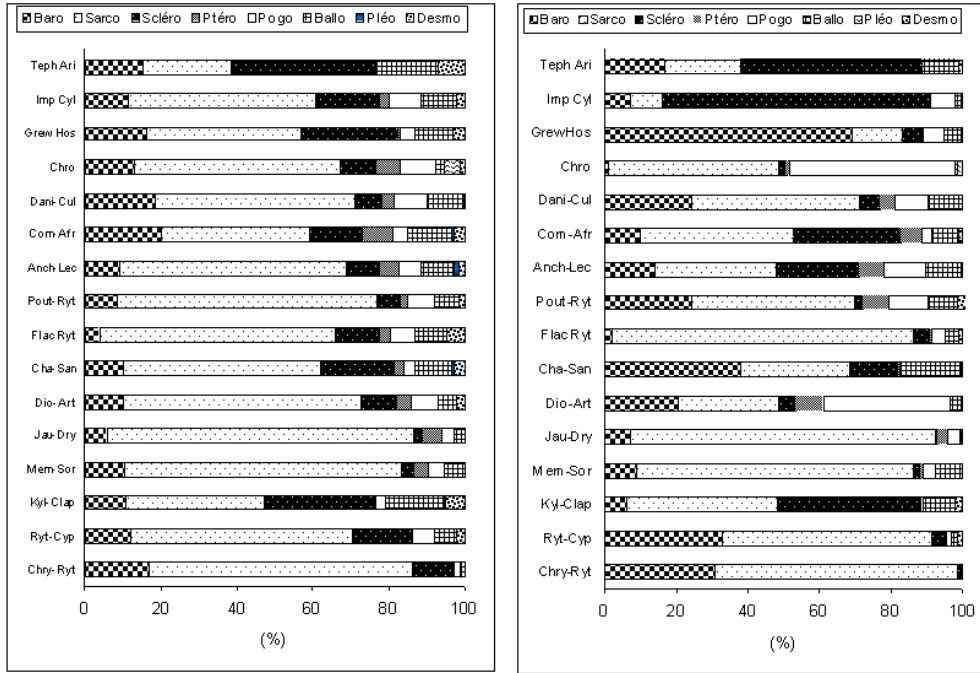
De façon générale, la prédominance des sarcochores dans l'ensemble des formations étudiées confirme les résultats obtenus dans d'autres forêts du Bénin (Agbani, 2002 ; Ganglo, 1999 ; Affoukou, 1997 ; Sokpon, 1995) et permettent de conclure que les zoochores prédominent dans les forêts tropicales. Cette 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).

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.



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 : *Mameydon memecyloides* et *Sorindeia warneckeii* ; Jau-Dry : *Jaundeia 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* ; 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*.

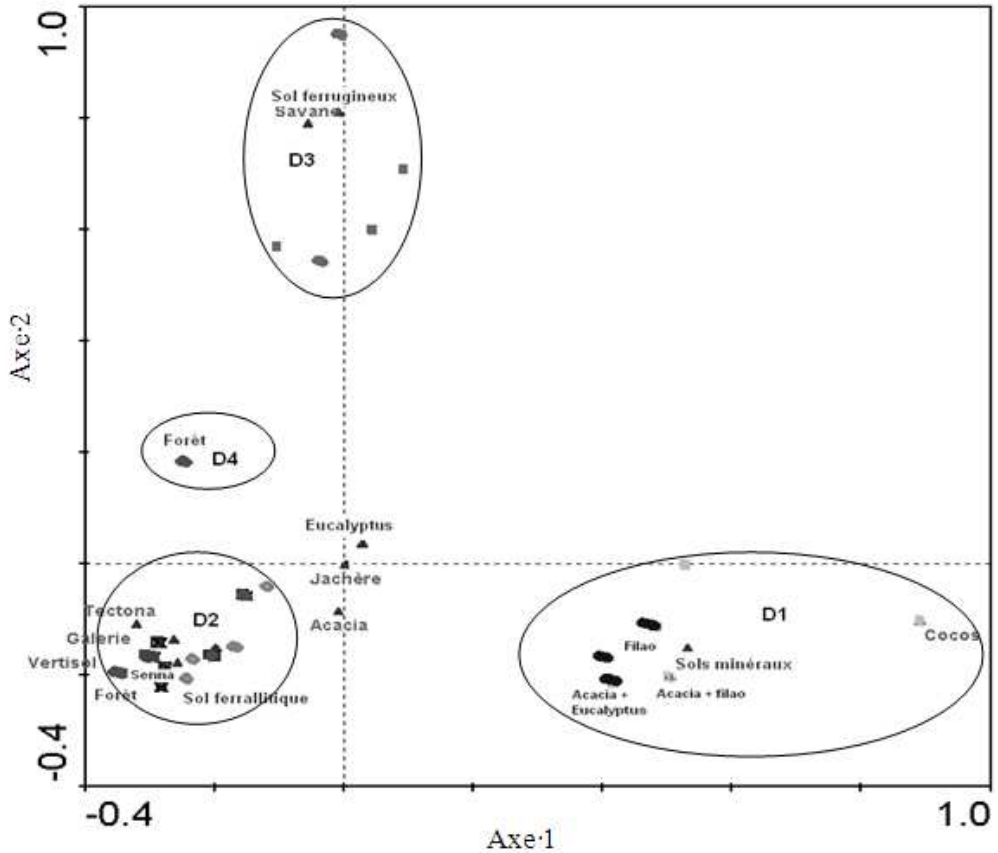


Figure 8. Ordination canonique des sites, des espèces et des variables environnementales de la zone d'étude

Légende : ▲ type de formations végétales ; autres figurés en masses contiguës : différents sites et espèces

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.

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

		Corrélations						
		Type form	Typ sol	D famille	Rich sp	I Shanon	Equ Piélu	RC
Type form	Person							
	Correlation	1	0,341	0,334	0,364	0,423	0,256	0,397
	Sig. (2-tailed)		0,167	0,175	0,138	0,08	0,305	0,103
Typ sol	N		18	18	18	18	18	18
	Person							
	Correlation		1	0,665	0,733	0,543	0,371	0,379
D famille	Sig. (2-tailed)			0,003	0,001	0,02	0,129	0,12
	N			18	18	18	18	18
	Person							
Rich sp	Correlation	**	**	1	0,961	0,707	0,471	0,598
	Sig. (2-tailed)				0	0,001	0,048	0,009
	N				18	18	18	18
I Shanon	Person							
	Correlation	*	**	**	1	0,759	0,521	0,541
	Sig. (2-tailed)					0	0,026	0,021
Equ Piélu	N					18	18	18
	Person							
	Correlation		*	*	**		1	0,069
RC	Sig. (2-tailed)							0,785
	N							18
	Person							
	Correlation		**	*				1

** .Corrélation significative au seuil de 0,01

* .Corrélation significative au seuil de 0,05

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 piélu = Equitabilité de Pielou ; RC = Recouvrement

*Impact écologique des essences exotiques**Influence des essences sur le pH du sol et la richesse spécifique*

Le Tableau 7 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
<i>C. equisetifolia</i>	5,46 ± 1,34	3,96 ± 0,42
<i>A. auriculiformis</i>	3,83 ± 0,58	4,23 ± 0,54
<i>E. camaldulensis</i>	3,53 ± 0,34	3,69 ± 0,42
<i>A. auriculiformis</i> + <i>E. camaldulensis</i>	3,75 ± 0,25	4,05 ± 0,14
<i>A. auriculiformis</i> + <i>C. equisetifolia</i>	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 & 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 & 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 & 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 & 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.

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 exotiques 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.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 3^e Cycle. Université de Bordeaux III, 250 p.
- AKPAGANA K. 1989. *Recherche sur les forêts denses humides du Togo*. Thèse de l'Université
- 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, 93 p.
- CTFT, 1989 - *Mémento du Forestier*. Centre Technique Forestier Tropical ; Ministère de la coopération. Paris, France.
- 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.G & 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.
- 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.
- GUINOCHET M., 1955. Logique et dynamique du peuplement végétal. *Masson et cie*, Paris, 144 p.
- INSAE, 2002. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH)*. Résultats provisoires. Ministère du plan, Cotonou, Bénin.
- LACOSTE A. & ROUX M., 1971. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en Ecologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. I. – L'analyse des données floristiques. *Oecol. Plant.* 6 (2) : 353-369.
- LACOSTE & ROUX, 1972. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en Ecologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. II. – L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Oecol. Plant.* 5 (2) : 125-146.
- LOZANO J. M. & VELASCO F., 1981. Evolucion del humus y de la microflora telúrica por la implantacion de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. En bosques autóctonos de Extremadura. *Anales de Edafología y Agrobiología* 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 (Ile Kongo, Zaïre)*. Thèse de doct. Université Libre de Bruxelles, 446 p.
- MOUTSAMBOTE J. M., 1985. Dynamique et reconstitution de la forêt Yombe (Dimonika, Rép. Pop. Du Congo). Thèse 3ème cycle, Ecol. Vég. Univ. de Bordeaux III. 301 p.
- MULLENDERS W., 1954. La végétation de Kaniama (entre-Lubishi-Lubilash, Congo Belge). Thèse de Doctorat en Sciences. Laboratoire d'écologie végétale de l'Université Catholique de Louvain. *INEAC Série Scientifique* 16: 520 p.
- PARMENTIER I., 2003. Etude de la végétation des inselbergs de la forêt dense d'Afrique centrale atlantique. Th. Doct., Fac. Sc., Lab. Bot. Syst. & Phyt., Uni. Lib. Bruxelles, 93 p.
- POORE & FIES, M. E. D., 1986 - *Les effets écologiques des Eucalyptus*. Etude FAO Forêts 59, Rome; Italie, 118p.
- SOSEF M. S. M., 1991. New species of *Begonia* in Africa and their relevance to the study of glacial rain forest refuges. *Wageningen Agric. Univ. Papers*, 9 1-4, 11 7-1 51.
- 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.
- TER BRAAK C. J. F. & Smilauer P. (2002). *CANOCO Reference Manual and Cano Draw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*, Microcomputer Power, Ithaca, U.S.A.
- 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.