

**Analyse écogéographique de la fragmentation du couvert végétal au nord Bénin :  
paramètres dendrométriques et phytoécologiques comme indicateurs *in situ*  
de la dégradation des peuplements ligneux**

**Ecogeographical analysis of vegetation cover fragmentation in northern Benin: dendrometric  
and phytoecological parameters as *in situ* indicators of ligneous stands degradation**

HOUNTONDI Y-C<sup>1</sup>, GAOUE O.G<sup>2</sup>, SOKPON N<sup>3</sup> & OZER P<sup>4</sup>

**Abstract:** In order to access the state of ligneous cover in the north of Benin Republic, *in situ* measurements were made in woody vegetation (non-protected areas) in three eco-geographical zones selected following a climatic gradient. Ecological and structural characterization of different plant communities was conducted to identify the main functional groups of the woody stands and to assess their level of degradation. Multivariate analysis technics were used to analyze the data. The results show that basal area and species richness of stands are the parameters that allow a clear differentiation of the status of woody areas at the level of ecogeographical zones. The productivity gradient opposes a disturbance gradient suggesting a severe degradation of ligneous area in the Sudano-Sahelian and North-Sudanian zones compared to those of the southern Sudanese zone. Our study showed that woody cover degradation and reduction across the studied area are mainly explained by uncontrolled utilization of forest resources and an evolution in farming systems. In addition is grafted the energy crisis that affects populations in semi-arid area that use exclusively wood and charcoal as the main sources of domestic energy.

Keywords: Eco-geographical areas, woody specie, Productivity, Diversity, Multivariate analysis, Degradation.

**Résumé :** Dans le but de diagnostiquer l'état du couvert ligneux au Nord du Bénin, des mesures *in situ* ont été effectuées au sein des formations ligneuses (hors des zones protégées) dans trois zones éco-géographiques retenues suivant un gradient climatique. Une caractérisation structurale et écologique des différentes phytocénoses a été effectuée afin d'identifier les principaux groupements fonctionnels des faciès ligneux étudiés de chaque zone et d'apprécier leur niveau de dégradation. Les techniques d'analyse multivariée ont permis d'analyser les données. Les résultats montrent que la surface terrière et la richesse spécifique des peuplements constituent les paramètres qui permettent une nette différenciation de l'état des formations ligneuses au niveau des zones éco-géographiques. Au gradient de productivité s'oppose un gradient de perturbation suggérant ainsi une dégradation plus prononcée des formations ligneuses des zones soudano-sahélienne et nord-soudanienne comparativement à celles de la zone sud-soudanienne. La dégradation du couvert et la réduction de la diversité floristique des formations ligneuses dans l'ensemble de la zone d'étude s'expliquent principalement par les modes d'exploitation non contrôlée des ressources sylvicoles et l'évolution des systèmes de culture. A cela s'ajoute la crise énergétique qui affecte les populations des zones semi-arides qui utilisent exclusivement le bois et le charbon de bois comme sources d'énergie domestique.

Mots clés: Zones écogéographiques, Ligneux, Productivité, Diversité, Analyses multivariées, Dégradation.

---

<sup>1</sup>Département Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP: 123 Parakou, République du Bénin, E-mail : [yvon.hountondji@fa-up.bj](mailto:yvon.hountondji@fa-up.bj) (correspondant principal)

<sup>2</sup>Ecole Nationale des Sciences Agronomiques de Djougou, Université de Parakou, BP: 123 Parakou, République du Bénin

<sup>3</sup>Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP: 123 Parakou, République du Bénin

<sup>4</sup>Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Avenue de Longwy 185, B-6700 Arlon, Belgique

## INTRODUCTION

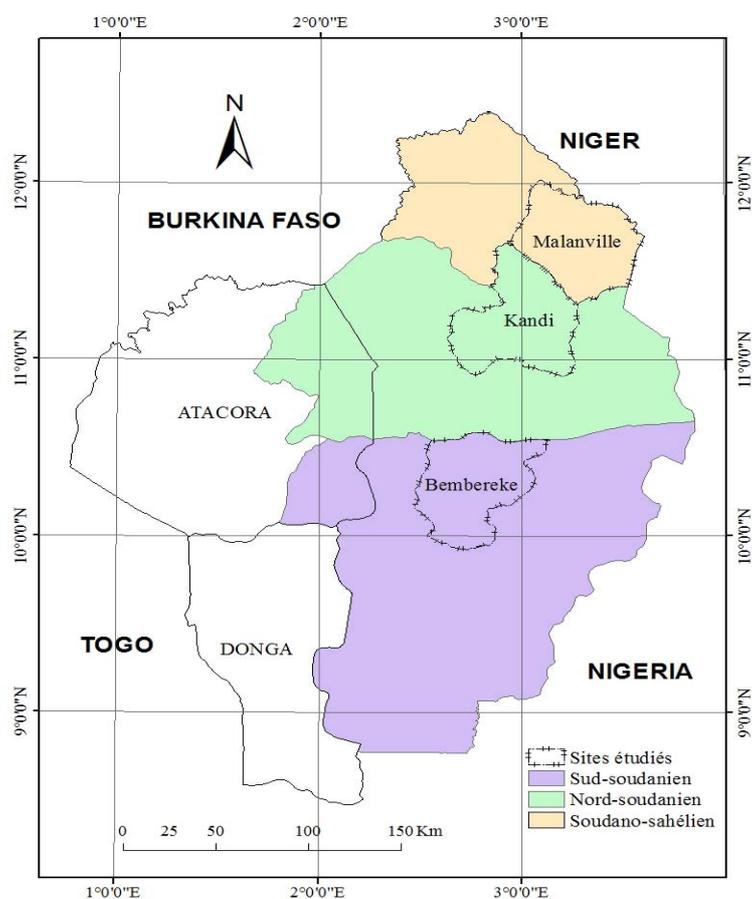
L'une des caractéristiques principales des milieux semi-arides est la précarité de leurs conditions environnementales qui fragilisent les écosystèmes. En Afrique de l'Ouest, dans les systèmes traditionnels d'exploitation agricole, les enjeux de la conservation du patrimoine forestier dépassent largement le cadre de la crise énergétique liée aux ressources ligneuses. La dégradation des formations ligneuses se traduit -en termes de dégradation des sols avec les corollaires d'accélération du cycle de l'eau et des modifications sensibles des microclimats (FAO, 2005). Au niveau local, cette évolution correspond à une détérioration des conditions de production. Le phénomène prend une allure critique dans les régions soudano-sahéliennes où la convergence de plusieurs facteurs de dégradation confère à ce processus une dynamique qui échappe aux méthodes conventionnelles de collecte et de traitement de données.

Le Bénin, à l'instar des pays de la sous-région ouest-africaine, subit depuis quelques décennies une baisse pluviométrique (HOUNTONDI & OZER, 2008) et des pressions de plus en plus importantes sur les ressources naturelles. Les effets combinés de la croissance démographique (3,25% entre 1979 et 2002 - INSAE, 2003) et des perturbations climatiques affectent le système bio-productif et induisent, par endroits, la dégradation des terres qui se manifeste sous différentes formes suivant le milieu et les systèmes de production adoptés. Par rapport à l'ensemble du pays, le Nord du Bénin concentre 92,5% de la couverture forestière nationale. Aussi est-il apparu que la zone septentrionale du pays, en dépit de la faible densité de population (18 habitants / km<sup>2</sup> en moyenne - SOKPON *et al.*, 2006) subit des changements rapides au niveau du couvert végétal, mettant à jour des paysages de plus en plus dégradés. La recherche de solutions à la régression des formations ligneuses naturelles passe d'abord par une meilleure compréhension des mécanismes de diminution du couvert ligneux et l'évaluation de son ampleur. Cette tâche nécessite, à différentes échelles géographiques, l'utilisation d'indicateurs ayant les capacités de révéler les changements observés aussi bien dans le temps que dans l'espace. L'idée de base de cette recherche s'appuie sur le besoin à la fois d'une évaluation quantitative du couvert végétal et de l'identification des aires de ligneux (hors zones protégées) subissant des changements rapides. Notre objectif principal est d'identifier des descripteurs quantitatifs de la répartition spatiale des ligneux en vue d'opérer des mesures systématiques et permettre une comparaison de l'état du couvert ligneux en fonction du gradient climatique dans la zone soudanienne au nord du Bénin.

## MATERIELS ET METHODES

### Région d'étude

L'aire d'investigation couvre le nord-est du territoire béninois entre 9°00'N et 12°25'N (Figure 1). Cette région appartient majoritairement au domaine soudanien et est caractérisée par un régime pluviométrique uni modal avec un gradient septentrional allant de 1200 mm à 900 mm. L'ensemble de la zone englobe deux départements (le Borgou et l'Alibori) et concentre environ 61% de la couverture forestière nationale (26537,5 km<sup>2</sup> pour tout le Bénin). La population de la zone est estimée à 1.246.085 habitants en 2002 (INSAE, 2003) et la majeure partie de cette population (environ 78,3%) vit en milieu rural et dépend directement des ressources naturelles pour ses besoins quotidiens. L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités qui sont pratiqués de façon extensive. Les sols ferrugineux tropicaux sont très fréquents dans la région tandis que les autres types de sols sont très faiblement représentés et très localisés. La végétation est dominée par des savanes parsemées d'îlots de formations forestières claires et sillonnées par des forêts galeries. Du point de vue climatique, on observe au cours de l'année deux saisons nettement contrastées, l'une sèche de sept mois environ et l'autre humide qui dure en moyenne de juin à octobre. Selon l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (1995), la région d'étude est subdivisée en trois zones dont les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.



**Figure 1** : Localisation des sites d'étude au sein des zones climatiques du Nord – Bénin

ID	Dénomination	Types climatiques	Précipitations moyennes (mm)	Période de croissance végétale (jours)	Communes concernées
Z 1	Zone de l'extrême nord du Bénin	Soudano-sahélien	700-900	140	Karimama, <b>Malanville</b>
Z 2	Zone cotonnière du nord-Bénin	Nord-Soudanien	900-1100	120-140	Banikoara, Gogounou, <b>Kandi</b> , Ségbana
Z 3	Zone vivrière du sud-Borgou	Sud-Soudanien	1100-1200	160-220	<b>Bembereke</b> , Kalalé, Ndali, Nikki, Pèrèrè, Sinendé

**Tableau 1** : Caractéristiques des zones agroécologiques du nord-est du Bénin (INRAB, 1995)

### Méthodes d'échantillonnage et collecte des données

Partant des informations synthétisées dans le document du Programme National de Lutte contre la Désertification (PAN/LCD, 2000) et des rapports techniques portant sur la dégradation des sols et des ressources végétales au Bénin, un référentiel cartographique des zones d'intérêt a été synthétisé à partir de la carte de végétation du Bénin au 1/100000 élaborée par le Centre National de Télédétection

(CENATEL, 2002). Ensuite, sur base des subdivisions agroécologiques, trois communes du Bénin septentrional ont été retenues : il s'agit des communes de Malanville, Kandi et Bembéréké (Figure 1). Des inventaires floristiques et sylvicoles ont été réalisés à la fin de la saison des pluies (entre novembre et décembre) au cours de trois campagnes de terrain successives en 2004, 2005 et 2006.

Les prospections ont eu lieu en suivant les axes routiers principaux et secondaires donnant accès aux localités des communes retenues. Avec le concours de l'agent forestier en poste dans la zone, des visites ont été organisées en vue de l'identification et de la localisation des formations naturelles et de celles en proie à la dégradation. Ces dernières sont reconnaissables par l'absence de l'une ou l'autre des strates au niveau de la canopée des arbres, la forte homogénéité floristique et l'emprise agricole par endroits. Dès lors, le nombre de placettes installées a été modulé sur le terrain en fonction des caractéristiques physionomiques et floristiques des formations végétales. Deux modes d'échantillonnage ont été adoptés :

- **Au sein des formations fortement dégradées** : l'installation des placettes de relevés s'est effectuée de manière intuitive. Ce mode opératoire est justifié par la forte homogénéité floristique et structurale qui caractérise ces peuplements déstructurés. Dès lors, un maximum de trois placettes par strate a été retenu eu égard aux travaux antérieurs effectués dans la zone (SOKPON *et al.*, 2004) qui ont montré que des relevés supplémentaires n'apportent aucune information complémentaire pour la discrimination, l'individualisation et la caractérisation des faciès dégradés.

- **Au sein des formations peu dégradées** : l'emplacement des relevés s'est effectué en respectant les notions d'homogénéité et de représentativité suggérées par GOUNOT (1969). D'après cet auteur, quand une aire paraît hétérogène, c'est souvent parce qu'elle comprend plusieurs milieux différents, étroitement imbriqués, qui constituent une mosaïque de plusieurs «éléments». L'homogénéité structurale est définie essentiellement par rapport aux discontinuités pouvant être observées dans le plan horizontal de la communauté végétale.

Des transects ont été réalisés dans chaque formation végétale, soit dans le sens de la plus grande dimension des peuplements, soit perpendiculairement à la pente existante ou la piste d'accès. Des placettes de forme circulaire de 1000 m<sup>2</sup> (rayon = 17,85m), ont été installées le long du transect. Une distance minimale de 200 m entre les centres des placettes d'un même transect fut observée dans le souci de permettre une bonne répartition des points de relevés dans les différentes unités végétales présentes. Toutefois, dans les galeries forestières, la largeur de la bande de végétation étant généralement inférieure à 20 m, des placettes rectangulaires de 1000 m<sup>2</sup> (100 m X 10 m) séparées par une distance minimale de 50 m ont été installées le long des cours d'eau. Sur l'ensemble des sites ayant fait l'objet d'inventaires, les coordonnées des points de vérification ont été enregistrées grâce au système global de positionnement (GPS) avec une erreur théorique maximale de 10 mètres. Ces points ont été pris au niveau de l'arbre central de chaque placette qui, à cet effet, a été marqué à la machette. Au total 181 placettes de 1000 m<sup>2</sup> ont été inventoriées dans les localités prospectées et leur répartition par zone et par strates échantillonnées est présentée au tableau 2.

Zones bioclimatiques (Commune étudiées)	Z1 (Malanville)	Z2 (Kandi)	Z3 (Bembereke)	TOTAL
<b>Types de formations</b>				
Forêt galerie (FG)	-	-	10	10
Forêt dense (FD)	-	6	6	12
Forêt claire (FC)	-	6	16	22
Savane Boisée (SB)	9	6	12	27
Savane arborée (SA)	9	6	18	33
Savane à emprise agricole (SE)	9	6	5	20
Savane saxicole (SX)	-	-	21	21
Savane arbustive (SI)	6	9	21	36
Total des relevés	33	39	109	181

**Tableau 2** : Relevés effectués par type de formation végétale dans les trois zones étudiées.

Pour la plupart, les espèces végétales recensées ont été identifiées directement sur le terrain à partir des flores d'AUBREVILLE (1950), de HUTCHINSON & DALZIEL (1954) et de BERHAUT (1967) ainsi que du guide des adventices de l'Afrique de l'ouest (AKOBUNDU & AGYAKWA, 1989). Ces identifications ont ensuite été confirmées par détermination comparative avec les échantillons herborisés au niveau des herbiers de référence à l'Herbier National (Université d'Abomey-Calavi). L'inventaire floristique a été réalisé selon la méthode classique de BRAUN - BLANQUET (GOUNOT, 1969). Pour chaque relevé, la stratification, la présence, l'abondance-dominance, le recouvrement moyen des espèces végétales, et les types de sols ont été notés. Les observations sont complétées par les mesures des diamètres à 1,30 m au-dessus du sol (Diameter at Breast Height : dbh) et les hauteurs des arbres et arbustes (dbh  $\square$  10 cm) ainsi que le comptage de la régénération (dbh < 10 cm). La densité des arbres a été calculée, d'une part, pour le peuplement arborescent (dbh  $\square$  10 cm) et d'autre part, pour la régénération (1 cm  $\square$  dbh < 10 cm). Seules les espèces ligneuses atteignant au moins 1,30 m de hauteur et dont le diamètre est compris entre 1 et 10 cm ont été comptées dans la régénération. La diversité spécifique du peuplement ligneux, (arbres et arbustes de dbh  $\square$  10 cm) de chaque groupement a été étudiée sur la base de la richesse spécifique (RSP) qui représente le nombre total d'espèces observées. La surface terrière des peuplements (STC) définie comme la somme des sections transversales des arbres mesurées à 1,30 m au-dessus du sol a été calculée suivant la formule :

$$STC (m^2 / ha) = \frac{10000}{4s} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

Avec :  $d_i$  : diamètre (en mètre) de l'arbre  $i$  sur la placette et  $s$  (1000 m<sup>2</sup>).

Les diverses observations relevées dans les placettes ont été complétées par des paramètres stationnels tels :

- Le type de perturbation : il s'agit d'une appréciation qualitative du principal facteur de dégradation de la végétation. Nous distinguons trois modalités : Emprise agricole et feux de végétation (EA) ; Exploitation de bois (EB) ; Pâturage (PT).
- L'intensité des perturbations: elle est exprimée par rapport au pourcentage de la surface de chaque placette touchée par la perturbation. Nous distinguons trois niveaux de sensibilité : Faible : INT < 25% ; Moyen : 25 < INT  $\square$  50% ; Fort : INT > 50 %

### Traitement et analyse des données

Dans le cas spécifique de cette étude, différentes méthodes relevant des techniques d'analyses multivariées ont été exécutées dans le but d'apprécier les similarités et/ou différences existant entre les secteurs éco-géographiques étudiés (en se basant sur les types de formations dominantes), de caractériser ces derniers par un cortège de paramètres environnementaux (dendrométriques, écologiques et stationnels) puis de sélectionner les paramètres environnementaux les plus pertinents qui reflètent au mieux les différences notées au niveau des formations dans les zones choisies. La méthode utilisée dans la présente étude est une Analyse Canonique Discriminante. Il s'agit d'un cas particulier de l'analyse canonique entre un groupe de variables quantitatives (paramètres dendrométriques et stationnels) et des variables qualitatives (zones bioclimatiques, formations végétales). Cette méthode permet de discriminer non pas directement les zones ou les formations végétales, mais les différences entre les zones ou les types de formations ligneuses en tenant compte de la variabilité intra et inter classe des différents paramètres pris en compte dans l'analyse. Le logiciel SAS<sup>1</sup> (Statistical Analysis System) offre la possibilité d'effectuer l'analyse discriminante canonique grâce à la procédure « CANDISC ». Il s'agit d'une technique de réduction des dimensions, qui crée une « méga-variable » résultant d'une combinaison linéaire de plusieurs variables. Cette combinaison linéaire est faite de telle sorte qu'elle fournisse une séparation maximale entre les groupes (ici secteurs éco-géographiques, ou types de formations). Les variables canoniques résument la variabilité entre les classes contrairement aux composantes principales qui résument la variance totale.

## Sélection des variables discriminantes

Cette procédure consiste à prendre en compte les variables l'une après l'autre dans le modèle (selon leur corrélation partielle) par sélection progressive et, à chaque étape, à vérifier si les corrélations partielles de l'ensemble des variables déjà introduites sont encore significatives (une variable qui ne le serait plus serait rejetée, LEBART *et al.*, 1997). La procédure « STEPDISC » du logiciel SAS<sup>i</sup> permet de sélectionner les paramètres les plus efficaces et de n'utiliser qu'eux pour former la variable discriminante. Tous les paramètres sont évalués selon une certaine séquence d'entrée et aussi selon leur contribution à la maximalisation du ratio des variances inter-classes.

## Individualisation des groupements végétaux

Dans l'aménagement forestier, on a souvent recours à la notion de groupement végétal car la composition floristique détermine beaucoup la structure et le fonctionnement des écosystèmes et l'on devrait en tenir compte pour la formulation d'actions spécifiques. Ici, deux techniques ont été utilisées pour l'identification des groupements végétaux décrivant les faciès physiologiques recensés :

- **Cas des formations dégradées** : compte tenu de la forte homogénéité floristique qui les caractérise, nous nous sommes basés sur la surface terrière et la fréquence des espèces arborescentes qui contribuent le plus à la surface terrière totale des placettes représentatives des types physiologiques rencontrés (exemple : savane arbustive à *Combretum collinum* et *Terminalia avicenoides*).

- **Cas des formations peu dégradées** : l'ensemble des relevés phytosociologiques effectués a été soumis à une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) pour l'individualisation des groupements végétaux. L'AFC est une technique d'analyse statistique multivariée dont l'intérêt réside dans sa capacité à effectuer un regroupement homogène des relevés sur la base de leur composition floristique (pourcentage de ressemblance). Les relevés sont représentés dans un plan factoriel dont chacun des axes représente un gradient d'un des facteurs du milieu (variables explicatives). Les groupes de relevés homogènes ainsi séparés sont appelés « groupements ». Chaque groupement végétal est donc caractérisé par une composition spécifique bien définie dans laquelle les espèces caractéristiques révèlent par leur présence une écologie particulière et autonome. C'est l'une ou les deux principales espèces caractéristiques qui donnent leurs noms au groupement considéré.

## RESULTATS

### Variabilité de la productivité des formations ligneuses en fonction des zones éco-géographiques

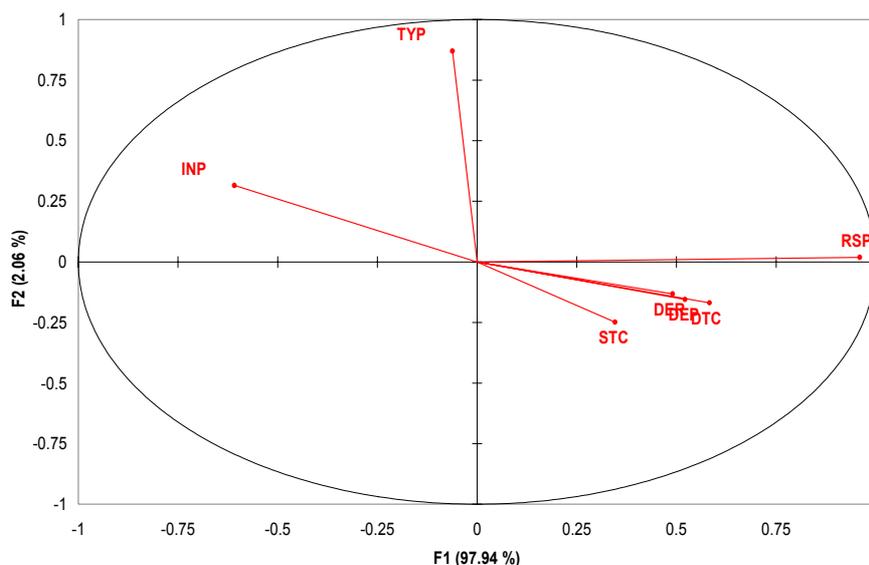
Les résultats de l'analyse de la variance multivariée ont permis de noter des différences hautement significatives entre les trois zones. La description des différences observées a été réalisée grâce à la distance moyenne de Fisher et leur significativité a été évaluée (tableau 3). Il en résulte que le secteur sud-soudanien (Z3) se démarque nettement des deux autres secteurs septentrionaux [soudano-sahélien (Z1) et nord-soudanien (Z2)] qui sont assez proches. En d'autres termes, ces deux derniers secteurs présentent pratiquement les mêmes valeurs de paramètres mesurés sur les formations recensées.

	Z1	Z2	Z3
Z1	1	0.260	< 0.0001
Z2	0.260	1	< 0.0001
Z3	< 0.0001	< 0.0001	1

**Tableau 3:** Résultats des tests de significativité (p-value) des distances de Fisher calculées entre secteurs éco-géographiques

Ce résultat pourrait s'expliquer principalement par le gradient climatique régional qui conditionne la distribution spatiale des types de formations ligneuses en fonction des zones phytogéographiques. En effet, les zones étudiées sont marquées par des régimes climatiques caractérisés par une aridité croissante et une diminution graduelle des précipitations moyennes allant de 1200 mm/an dans la zone sud-soudanienne (Z3) à 900 mm/an dans la zone soudano-sahélienne (Z1). La pluviosité, combinée aux autres facteurs mésologiques tels la durée de la saison sèche, l'importance relative des précipitations durant la période sèche, l'hygrométrie atmosphérique de même que le gradient altitudinal, seraient donc autant de facteurs déterminant la présence ou non des grands ensembles physiologiques de la végétation dominant le paysage. Ces résultats corroborent les travaux antérieurs réalisés dans la sous région [HALL & SWAINE (1976), HALL & SWAINE (1981), VAN ROMPAEY (1993), VAN ROMPAEY & OLDEMAN (1997), BONGERS *et al.*, (2004), TCHOUTO (2004), ADOMOU (2005)]. Ces auteurs ont mis en évidence l'existence d'un gradient environnemental dans la distribution spatiale des formations, groupements et associations végétales. L'étude détaillée de l'influence de ces différents facteurs mésologiques sur la distribution floristique dans la région n'étant pas l'objet principal de la présente étude, nous nous intéressons plutôt aux caractéristiques biophysiques pouvant servir à la discrimination et à l'évaluation quantitative de l'état des phytocénoses recensées.

Dans le but d'identifier les paramètres qui permettent d'expliquer les différences précédemment notées entre les zones considérées, les relevés effectués ont été soumis à une analyse canonique discriminante prenant en compte l'ensemble des variables mesurées au niveau de chaque placette. Il ressort des résultats obtenus que les paramètres dendrométriques et la richesse spécifique des différentes formations expliquent à 97,94% l'ensemble de la variabilité existant entre les trois secteurs d'étude (figure 2).



Légende :

DTC : densité des ligneux toutes catégories confondues, STC : Surface terrière, DEP : densité du peuplement, DER : densité de la régénération, RSP : richesse spécifique  
 TYP : type de perturbation, INT : intensité de la perturbation

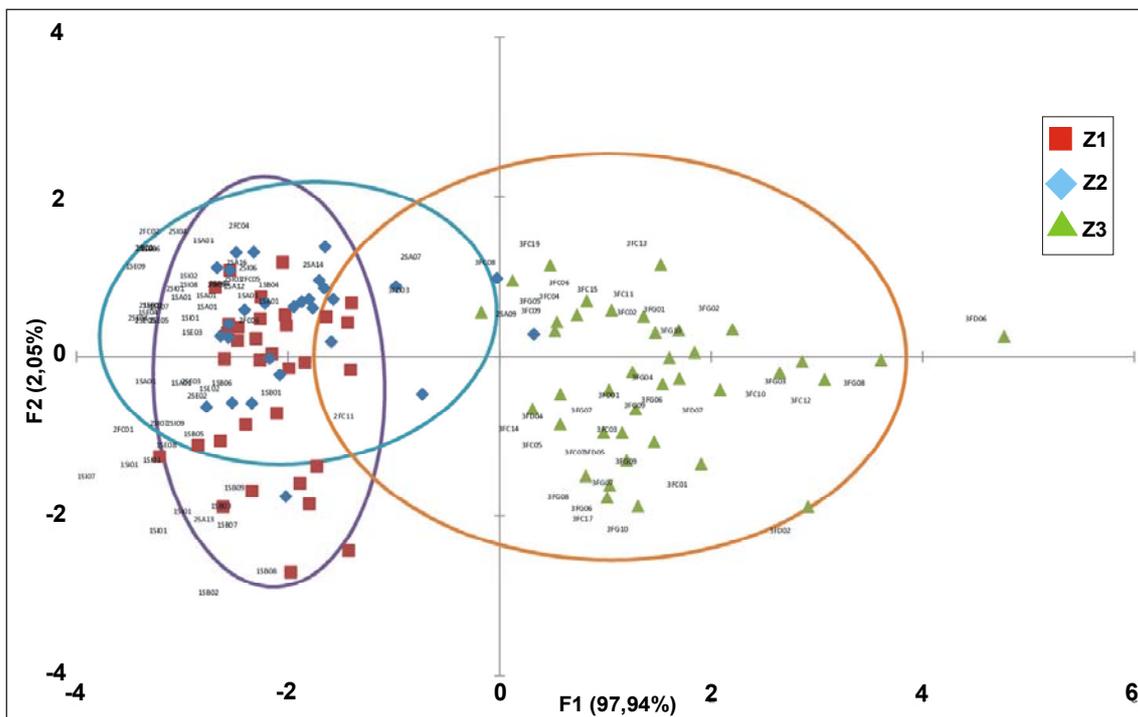
**Figure 2:** Plan factoriel des variables explicatives des différences observées au niveau des formations ligneuses recensées dans les secteurs éco-géographiques étudiés (analyse globale réalisée sur 181 relevés)

Sur ce graphique, les valeurs prises par les variables sur chaque axe canonique (F1 et F2) expriment la proportion de la variabilité totale imputable aux différences entre les zones étudiées. Ce coefficient de corrélation canonique encore appelé « pouvoir discriminant » est analogue au  $R^2$  en régression. L'axe F1 correspond donc à un gradient de productivité des formations tandis que l'axe F2 met en évidence un gradient de dégradation des formations. La densité des ligneux toutes catégories

confondues (DTC), la surface terrière (STC), la densité du peuplement (DEP), la densité de la régénération (DER) et la richesse spécifique (RSP) contribuent largement à expliquer les différences observées au sein des zones.

La projection des placettes de relevé (figure 3) dans le même système d'axes discriminants permet de noter que les formations les plus productives et les plus riches en espèces ligneuses se retrouvent en majorité situées dans le secteur sud-soudanien (Z3).

Il s'agit notamment des galeries forestières, des forêts claires et des forêts denses sèches. Ces formations présentent également différents niveaux de dégradation mais les perturbations semblent être masquées par la productivité élevée de ces phytocénoses. Au niveau des secteurs nord-soudanien et sahélo-soudanien, on note une dominance des savanes arborées et boisées avec des variantes à emprise agricole témoignant d'une productivité et d'une richesse spécifique moindre que dans le cas des formations denses du secteur Z3. A ces formations boisées s'associent les faciès savanicoles (plus ouvertes) qui subissent fréquemment l'assaut des feux de végétation et le broutage par le bétail,



**Figure 3:** Regroupement des placettes inventoriées par secteur éco-géographique dans un plan factoriel discriminant F1 et F2 (analyse globale réalisée sur 181 relevés)

comme en témoigne la concentration des placettes de relevés effectués au sein de ces formations dans la partie négative de l'axe canonique F1. Au regard de ce qui précède, nous pouvons conclure que le secteur soudano-sahélien et le secteur nord-soudanien (Z1 et Z2) sont en majorité dominés par des formations ligneuses moins denses, moins productives, plus perturbées et donc plus dégradées que celles regroupées au sein du secteur sud-soudanien (Z3). La richesse spécifique des peuplements (RSP) et la surface terrière toutes catégories confondues (STC) constituent les paramètres les plus discriminants ( $p < 0,0001$ ) des formations ligneuses recensées au sein des trois secteurs éco-géographiques étudiés.

### Discrimination des types de formations végétales

Ainsi, à l'instar de la démarche adoptée précédemment à l'échelle des zones, nous avons cette fois-ci basé nos analyses sur les types de formations végétales. Le tableau 4 présente la significativité des différences existantes entre formations prises deux à deux comme suite à l'exécution de l'analyse multivariée prenant en compte les paramètres mesurés.

	FC	FD	FG	SA	SB	SE	SI	SX
FC	1	0.197	< 0.0001	0.226	0.103	0.000	0.006	0.327
FD	0.197	1	0.125	0.007	0.013	< 0.0001	0.000	0.007
FG	< 0.0001	0.125	1	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
SA	0.226	0.007	< 0.0001	1	0.002	0.000	0.002	0.026
SB	0.103	0.013	< 0.0001	0.002	1	< 0.0001	0.009	0.002
SE	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	1	0.052	0.056
SI	0.006	0.000	< 0.0001	0.002	0.009	0.052	1	0.016
SX	0.327	0.007	< 0.0001	0.026	0.002	0.056	0.016	1

Légende :

Forêt galerie (FG) ; Forêt dense (FD) ; Forêt claire (FC) ; Savane Boisée (SB) ; Savane arborée (SA) ; Savane à emprise agricole (SE) ; Savane saxicole (SX) ; Savane arbustive (SI)

**Tableau 4:** Significativité du test de Fisher réalisé pour l'estimation des différences entre types de formations végétales

De l'analyse de ce tableau, il ressort que les formations denses fermées telles les forêts galeries (FG) et les forêts denses sèches (FD) semblent avoir des caractéristiques similaires et se distinguent nettement des autres types de formations. Dans la catégorie des formations moyennement boisées, on retrouve les forêts claires (FC) qui semblent avoir des caractéristiques dendrométriques proches des savanes boisées (SB) et savanes arborées (SA) comme en témoignent les différences non significatives notées. Des constats similaires sont notés aussi pour les savanes saxicoles (SX) qui, quant à elles, montrent des caractéristiques proches de celles des forêts claires eu égard aux paramètres utilisées dans l'analyse. Cette similarité des caractéristiques structurales entre ces deux types de formations pourrait s'expliquer par les contraintes topographiques qui font que les savanes saxicoles sont moins accessibles et donc un peu plus à l'abri des prélèvements et autres destructions occasionnées par l'homme sur elles. Les confusions de classes entre les types de formations sont mises en évidence par le calcul de la matrice de confusion sur un échantillon d'estimation des relevés soumis à l'analyse (Tableau 5).

de Vers	FC	FD	FG	SA	SB	SE	SI	SX	Total	% correct
FC	5	0	2	9	4	2	1	0	23	21.74%
FD	2	1	2	1	0	0	1	0	7	14.29%
FG	2	1	9	4	0	0	0	0	16	56.25%
SA	0	0	1	23	2	1	10	1	38	60.53%
SB	1	0	2	5	9	0	6	0	23	39.13%
SE	0	0	0	3	0	11	6	0	20	55.00%
SI	0	0	0	11	6	4	20	1	42	47.62%
SX	1	0	0	5	0	0	3	3	12	25.00%
Total	11	2	16	61	21	18	47	5	181	44.75%

Légende :

Forêt galerie (FG) ; Forêt dense (FD) ; Forêt claire (FC) ; Savane Boisée (SB) ; Savane arborée (SA) ; Savane à emprise agricole (SE) ; Savane saxicole (SX) ; Savane arbustive (SI)

**Tableau 5 :** Matrice de confusion pour l'échantillon d'estimation de la classification des types de formations végétales recensées

La faiblesse du pourcentage de classification correcte (44,75%) pourrait s'expliquer par le fait que certains types de formations, bien qu'étant distincts du point de vue physiologique, présentent pour

les paramètres mesurés, des valeurs propres assez proches. Cette situation découle sans doute du fait que les relevés soumis à l'analyse ont été effectués à la fois dans les formations dégradées et peu dégradées.

Les résultats de la régression « *pas à pas* » (Tableau 6) effectuée sur l'ensemble des variables permettent de retenir la surface terrière (STC), la densité de la régénération (DER), la richesse spécifique (RSP) et la densité des ligneux toutes catégories confondues (DTC), comme variables les plus discriminantes pouvant servir de base à la séparation des différentes phytocénoses étudiées. Il ressort des résultats qui précèdent que les pressions exercées sur les types de formations à différents niveaux tendent à induire des confusions dans une classification phytosociologique précise des différents faciès ligneux. Il nous paraît plus judicieux de prendre en compte des considérations écologiques et structurales pour mieux caractériser ces formations et, par là, apprécier leur état.

#### Stepwise Selection Summary

Step	Number In	Entered	Label	Partial R-Square	F Value	Pr > F	Wilks' Lambda	Pr < Lambda	Average Squared Canonical Correlation	Pr > ASCC
1	1	STC	STC	0.3599	13.89	<0.0001	0.64014	<0.0001	0.05140	<0.0001
2	2	DER	DER	0.1692	5.00	<0.0001	0.53185	<0.0001	0.07143	<0.0001
3	3	RSP	RSP	0.1126	3.10	0.0042	0.47195	<0.0001	0.08587	<0.0001
4	4	DTC	DTC	0.1018	2.75	0.0099	0.42393	<0.0001	0.09504	<0.0001

#### Légende :

DTC : densité des ligneux toutes catégories confondues, STC : Surface terrière, DEP : densité du peuplement, DER : densité de la régénération, RSP : richesse spécifique

**Tableau 6:** Résultats de la sélection des variables les plus discriminantes

### Caractérisation structurale et écologique des formations recensées

Nous mettons ici l'accent sur le potentiel sylvicole des formations dominantes et leur richesse spécifique afin d'apprécier leur degré de dégradation. Par souci de clarté et pour faciliter la comparaison de nos résultats avec des travaux effectués dans d'autres zones éco-géographiques plus ou moins similaires. Les résultats présentés se limitent aux faciès ligneux les plus fréquents et les plus importants en terme spatial et donc les plus représentatifs des zones étudiées.

#### Cas de la zone sahélo-soudanienne

Les groupements identifiés concernent les localités de Bodjékali, Tomboutou, Garou et Madjékali dans la commune de Malanville. Il s'agit principalement de:

- **la savane boisée** à *Adansonia digitata* et *Parkia biglobosa* : elle se développe sur des sols minces à concrétion gravillonnaire. Le couvert très ouvert est marqué par la présence de quelques baobabs parsemés par endroits d'individus isolés de nérés (*Parkia biglobosa*). Au total, 10 espèces arborescentes ont été recensées. Les espèces ligneuses caractéristiques sont *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata* ; on retrouve également par endroits les espèces telles *Vitex doniana*, *Mitragyna inermis* (au niveau des dépressions et en bordure des mares), *Acacia spp*, *Piliostigma reticulatum*, *Prosopis africana*. La surface terrière varie entre 9,8 à 14,3 m<sup>2</sup>/ha (en fonction de la fréquence des baobabs). La densité moyenne du peuplement arborescent est de 60 arbres/ha avec une régénération très faible (20 brins/ha).

- **la savane arborée** à *Daniellia oliveri* et *Borassus aethiopicum*: le peuplement arborescent ici est dominé par les espèces *Daniellia oliveri* et *Borassus aethiopicum*, suivies accessoirement par les espèces telles que *Vitellaria paradoxa*, *Prosopis africana*, *Piliostigma reticulatum*, *Lecaniodiscus cupanoïdes*, *Acacia spp*, *Ziziphus spp*. On les retrouve sur des sols lourds assez filtrants. La surface terrière du peuplement arborescent est de 7,2 m<sup>2</sup>/ha avec une densité moyenne d'environ 40 arbres/ha

et 60 brins/ha pour la régénération. La richesse spécifique de ce groupement est de 8 espèces arborescentes.

- **la savane arbustive** à *Combretum collinum* et *Terminalia avicenoides* : la strate dominante ici est majoritairement marquée par des arbustes de la famille des Combrétacées. Les espèces caractéristiques sont *Combretum collinum* et *Terminalia avicenoides* avec un sous-bois marqué par un tapis graminéen dense faisant l'objet de broutage par les troupeaux. On y retrouve de façon éparse des arbres de *Balanites aegyptiaca*. On note également des passages fréquents de feux de végétation occasionnés par les éleveurs pour favoriser le développement du fourrage pour le bétail. La surface terrière calculée pour les ligneux arborescents est de 2 m<sup>2</sup>/ha, avec une densité moyenne de 60 arbres/ha et une richesse spécifique de 7 espèces. La densité de la régénération est de 50 brins/ha.

### **Cas de la zone nord-soudanienne**

Les sites d'échantillonnage retenus dans la commune de Kandi concernent les localités de Saah, Angaradébou, Sonsoro et Bensékou et les principaux groupements identifiés sont les forêts claires à *Isobertia spp* : ces faciès végétaux se démarquent des autres formations ligneuses par la grande taille des individus qui les composent (plus de 6 mètres) avec un sous bois discontinu et dépourvu de graminées. Plusieurs variantes principales ont été recensées et leur spécificité est liée à la composition en espèces arborescentes caractérisant ces phytocénoses. La surface terrière du peuplement varie entre 9,5 et 12 m<sup>2</sup>/ha avec une densité moyenne du peuplement arborescent oscillant entre 71 et 92 arbres/ha. La richesse spécifique des arbres dominants varie entre 7 et 15 espèces selon l'endroit avec une densité moyenne de régénération variant de 60 à 110 brins/ha. Les principaux groupements recensés dans la zone soudanienne-nord sont les suivants :

- **la forêt claire** à *Isobertia doka* et *Daniellia oliveri* au sein de laquelle on retrouve de façon éparse en dehors des espèces caractéristiques (*Isobertia doka* et *Daniellia oliveri*) d'autres espèces arborescentes (*Vitellaria paradoxa*, *Crossopterix febrifuga*, *Diospyros mespilisformis*, *Burkea africana*...) et des arbustes tels *Feretia ferruginea*, *Prosopis africana*, *Strychnos spinosa*, *Combretum collinum*.

- **la forêt** claire à *Isobertia doka* et *Isobertia tomentosa* dont les espèces caractéristiques *Isobertia doka* et *Isobertia tomentosa*, sont souvent suivies d'autres espèces arborescentes (*Vitellaria paradoxa*, *Entada africana*, *Prosopis africana*, *Daniellia oliveri*, *Crossopterix febrifuga*, ...) et des arbustes tels *Leucaniodiscus cupanoides*, *Gardenia ternifolia*, *Nauclea latifolia*, *Grewia mollis*, *Combretum collinum*, *Combretum glutinosum*.

- **la savane boisée** à *Diospyros mespilisformis* et *Vitellaria paradoxa* : elle se trouve disséminée un peu partout dans le paysage sous forme d'îlots boisés à côté de la savane arbustive sur sols sablo-argileux à argilo-sableux présentant parfois des cuirasses latéritiques. Au total, 14 espèces arborescentes ont été recensées dans ce groupement avec une densité moyenne de 270 arbres/ha et une surface terrière de 7,1 m<sup>2</sup>/ha. La densité moyenne de la régénération est de 150 brins/ha. Cette phytocénose est aussi marquée par les espèces telles que *Pterocarpus erinaceus*, *Crossopterix febrifuga*, *Maytenus senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Entada africana*.

- **la savane arborée** à *Anogeissus leicarpus* et *Entada africana* : avec une surface terrière de 8,38 m<sup>2</sup>/ha, une densité moyenne de 330 arbres/ha et une régénération d'environ 210 brins/ha, cette phytocénose enregistre 16 espèces arborescentes dont les plus fréquentes sont *Anogeissus leicarpus*, *Entada africana*, *Lannea acida*, *Detarium senegalensis*, *Feretia apodentera*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma reticulata*, *Terminalia avicenoides*, *Combretum collinum*.

- **la savane arbustive** à *Terminalia avicenoides* et *Monotes kerstingii* : la surface terrière de ce groupement est de 5,18 m<sup>2</sup>/ha, avec une densité arborescente moyenne de 300 arbres /ha et une richesse spécifique de 8 espèces ligneuses. La densité de régénération de ce groupement atteint en moyenne 140 brins /ha. Six autres espèces ligneuses arbustives ont été également recensées dont *Detarium microcarpum*, *Strychnos spinosa*, *Feretia apodentera*, *Combretum collinum*, *Prosopis africana* sont les principales.

### **Cas de la zone sud-soudanienne**

Cette zone a fait l'objet d'une description détaillée des groupements eu égard à l'importance des ressources végétales dont elle regorge mais aussi à cause de la protection relative dont certains sites

bénéficient du fait de leur proximité avec la forêt classée de Ouénou Bénou (commune de Bembéréké). Les relevés effectués dans ce secteur ont abouti à la constitution d'une matrice de 109 relevés et 127 espèces végétales toutes catégories confondues. Au total, 8 groupements végétaux ont donc été identifiés et leur description structurale se présente comme suit :

- **la forêt galerie** à *Berlinia grandiflora* et *Khaya senegalensis* - La forêt galerie à *Berlinia grandiflora* et *Khaya senegalensis* se développe sur des sols hydromorphes, de texture argilo-sableuse ou argilo-limoneuse présentant parfois des cuirasses latéritiques le long des berges. La litière au sol est très importante dans cette formation. Au total 76 espèces ont été recensées dans cette phytocénose. Les espèces ligneuses caractéristiques de ce groupement sont *Berlinia grandiflora* et *Khaya senegalensis*. Les principales espèces de valeur sont *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Diospyros mespiliformis*, *Berlinia grandiflora* et *Daniellia oliveri*. La densité moyenne du peuplement arborescent est de 370 arbres/ha. La surface terrière est de 22,7 m<sup>2</sup>/ha avec une densité de régénération importante (2490 brins/ha).

- **la forêt dense sèche** à *Anogeissus leiocarpus* - Elle est souvent adjacente à la forêt galerie et on la retrouve dans les plaines d'inondation à hydromorphie temporaire. La forêt dense sèche à *Anogeissus leiocarpus* regroupe au total 66 espèces. Les principales essences de valeur de ce groupement sont *Anogeissus leiocarpus*, *Antiaris toxicaria*, *Pterocarpus erinaceus* et *Khaya senegalensis*. La densité moyenne du peuplement arborescent est de 260 brins /ha avec densité de régénération atteignant 1710 brins /ha. La surface terrière est de 16,9 m<sup>2</sup>/ha.

- **la forêt claire** à *Isobertinia doka* et *Monotes kerstingii* - La richesse spécifique de cette phytocénose est de 75 espèces. Les espèces caractéristiques de ce groupement sont *Isobertinia doka*, *Monotes kerstingii* et *Pterocarpus erinaceus*. Les principales espèces de valeur sont *Azelia africana*, *Isobertinia doka*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*. La densité du peuplement arborescent est de 310 arbres/ha. La surface terrière est de 12,6 m<sup>2</sup>/ha. La densité moyenne de régénération de groupement est de 1080 brins /ha.

- **la savane boisée** à *Isobertinia tomentosa* et *Pterocarpus erinaceus* – celle-ci se trouve disséminée sous forme d'îlots fortement boisés au milieu de la savane arborée et arbustive. La litière au sol est pratiquement inexistante et les troncs d'arbres calcinés témoignent du passage des feux de brousse durant la saison sèche. Au total, 41 espèces ont été recensées dans ce groupement. Avec une densité moyenne de 220 arbres/ha pour le peuplement et 400 brins/ha pour la régénération, la savane boisée à *Isobertinia tomentosa* et *Pterocarpus erinaceus* est dominée par les espèces telles que *Isobertinia tomentosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Strychnos spinosa*, *Pavetta crassipes*, *Daniellia oliveri*, *Pseudocedrela kotschyi*, *Burkea africana*. La surface terrière ici est de 9,1 m<sup>2</sup>/ha.

- **la savane saxicole** à *Detarium microcarpum* et *Burkea africana* - Cette formation se retrouve sur les collines et sols rocailleux. Elle présente une richesse spécifique de 68 espèces et une densité du peuplement arborescent de 270 brins/ha et 140 brins/ha pour la régénération. La surface terrière est de 7,3 m<sup>2</sup>/ha. Ce groupement est caractérisé par les espèces telles que *Detarium microcarpum*, *Burkea africana*, *Hymenocardia acida*, *Hexalobu monopetalus*, *Strychnos spinosa*.

- **la savane arborée** à *Isobertinia tomentosa* et *Strychnos spinosa* - elle se retrouve par endroits et se distingue nettement par l'abondance de graminées dans la strate herbacée. La savane arborée à *Isobertinia tomentosa* et *Strychnos spinosa* présente une richesse spécifique de 50 espèces, une densité moyenne du peuplement arborescent de 150 arbres/ha et densité de régénération de 550 brins/ha. La surface terrière est de 5,2 m<sup>2</sup>/ha. Cette phytocénose est caractérisée par les espèces telles que *Isobertinia tomentosa*, *Strychnos spinosa*, *Combretum collinum*, *Combretum ghasalense*.

- **la savane arborée et arbustive** à *Combretum hypopilinum* et *Vitellaria paradoxa* - elle présente une richesse spécifique de 50 espèces avec une densité du peuplement arborescent de 220 arbres/ha et 530 brins/ha pour la régénération. La surface terrière est de 6,1 m<sup>2</sup>/ha. Cette phytocénose est caractérisée par les espèces telles que *Combretum hypopilinum*, *Combretum collinum*, *Combretum ghasalense*, *Vitellaria paradoxa*.

- **la savane à emprise agricole** à *Vitellaria paradoxa* et *Securinega virosa* - Avec une richesse spécifique de 45 espèces et une densité moyenne du peuplement arborescent de 80 arbres/ha, sa surface terrière est de 3,5 m<sup>2</sup>/ha avec une densité moyenne de régénération atteignant 770 brins/ha. Ce groupement est caractérisé par les espèces telles que *Vitellaria paradoxa*, *Securinega virosa*, *Parkia biglobosa*.

## DISCUSSIONS

### Productivité, diversité spécifique et régénération des peuplements ligneux

Les facteurs tels que la pluviosité et les conditions édaphiques sont vraisemblablement déterminants pour expliquer non seulement la répartition des types de formations végétales, mais encore leur richesse spécifique et leur productivité. Comme en témoigne la synthèse des caractéristiques structurales (tableau 7) des groupements identifiés au sein des forêts reliques boisées de la région d'étude, les formations végétales les plus productives (12 à 22 m<sup>2</sup>/ha) sont plus abondantes dans le secteur sud-soudanien (caractérisé par une pluviométrie moyenne de 1200 mm/an) tandis que les secteurs nord-soudanien et soudano-sahélien sont marqués par des peuplements à faible productivité.

Secteurs écogéogra- phiques	Types de formations	Groupements végétaux caractéristiques	Caractéristiques sylvicoles et écologiques			
			ST	Densité peuplement (arbres/ha)	DR	Richesse spécifique (espèces)
Soudano- sahélien (Z1)	Savane arbustive	- à <i>Combretum collinum</i> et <i>Terminalia avicenisoides</i>	2	60	50	7
	Savane arborée	- à <i>Daniellia oliveri</i> et <i>Borassus aethiopicum</i>	7,2	40	60	8
	Savane boisée	- à <i>Adansonia digitata</i> et <i>Parkia biglobosa</i>	9,8	90	20	10
Nord- soudanien (Z2)	Savane arbustive	- à <i>Terminalia avicenisoides</i> et <i>Monotes kerstingii</i>	5,2	300	140	8
	Savane arborée	- à <i>Anogeissus leiocarpus</i> et <i>Entada africana</i> ,	8,4	330	210	16
	Savane boisée	- à <i>Diopiros mespilisformis</i> et <i>Vitellaria paradoxa</i>	7,1	270	150	14
	Forêt claire	- à <i>Isobertia doka</i> ou <i>Isobertia tomentosa</i>	9,5- 12	71-92	60-110	7-15
Sud- soudanien (Z3)	Savane à emprise agricole	- à <i>Vitellaria paradoxa</i> et <i>Securinega virosa</i>	3,5	80	770	43
	Savane saxicole	- à <i>Detarium microcar- pum</i> et <i>Burkea africana</i>	7,3	270	140	68
	Savane arborée	- à <i>Isobertia tomentosa</i> et <i>Strychnos spinosa</i>	5,2	150	550	50
	Savane arborée et arbustive	- à <i>Combretum</i> <i>hypopilinum</i> et <i>Vitellaria</i> <i>paradoxa</i>	6,1	220	530	50
	Savane boisée	- à <i>Isobertia tomentosa</i> et <i>Pterocarpus erinaceus</i>	9,1	220	400	41
	Forêt claire	- à <i>Isobertia doka</i> et <i>Monotes kerstingii</i>	12,6	310	1080	75
	Forêt dense sèche	- à <i>Anogeissus leiocarpus</i>	16,9	260	1710	66
	Forêt galerie	- à <i>Berlinia grandiflora</i> et <i>Khaya senegalensis</i>	22,7	370	2490	76

Légende : ST : Surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) – DR : Densité de régénération (brins/ha)

**Tableau 7:** Caractéristiques structurales et sylvicoles des principaux groupements identifiés par secteur écogéographique

Les résultats obtenus montrent également que les valeurs de la densité du peuplement (dbh ≥ 10 cm) et de la surface terrière sont très variables d'un groupement à l'autre. La surface terrière des peuplements est plus élevée dans les formations forestières fermées : forêts galeries et forêt dense sèche (12,6 à 22,7 m<sup>2</sup>/ha) que dans les formations ouvertes savanicoles (3,6 à 9,1 m<sup>2</sup>/ha). Toutefois, les forêts claires identifiées dans les secteurs nord et sud soudaniens exhibent une certaine stabilité de la surface terrière qui s'établit en moyenne autour de 12m<sup>2</sup>/ha. Cette valeur se situe dans les mêmes

ordres de grandeur (10 à 14m<sup>2</sup>/ha) que celles obtenues par SOKPON *et al.* (2006) pour les forêts claires du nord-Bénin. Par ailleurs, l'importance de la richesse spécifique des peuplements arborescents affiche une préférence particulière pour les formations forestières fermées (forêts galeries, forêts denses sèches, forêts claires et dans une certaine mesure savanes boisées) de la zone sud-soudanienne où on dénombre entre 41 et 76 espèces selon les groupements végétaux. Par contre, les groupements recensés dans les secteurs nord-soudanien et soudano-sahélien sont caractérisés par une faible richesse spécifique, qui ici est comprise entre 7 et 15 espèces. Cette faiblesse de la richesse spécifique des phytocénoses de cette zone s'explique principalement par le fait que ce sont des milieux perturbés régulièrement (feux saisonniers) et soumis à de fortes contraintes anthropiques (emprise agricole, exploitation sélective de bois). Des observations similaires ont été faites par ORTHMANN (2005) dans le centre du Bénin. La densité de la régénération naturelle (dbh <10 cm) des groupements végétaux identifiés dans les différents secteurs éco-géographiques de la région d'étude montre une tendance similaire à celle observée au niveau de leur productivité. En outre, nos résultats révèlent des valeurs très faibles de la densité de régénération des groupements du secteur soudano-sahélien (20 à 60 brins/ha), faibles pour ceux du secteur nord-soudanien (60 à 210 brins/ha), relativement faibles pour les groupements ouverts du secteur sud-soudanien (140 à 400 brins/ha) et très importantes pour les formations fermées (1080 et 2490 brins/ha) du même secteur. Cette faiblesse de la régénération s'explique surtout par la conjonction de deux facteurs d'ordre naturel et anthropique. De façon générale, les plantules issues de nouvelles germinations des graines sont très rares ou absentes dans les peuplements. Ces plantules sont encore plus vulnérables que les rejets végétatifs et ne survivent pratiquement pas à la saison sèche. Les jeunes plants de grande taille survivent mieux aux feux et à la sécheresse que ceux de petite taille. Les premiers ont plus de chance de conserver au moins une partie de leur tige vivante même lorsque le système aérien se dessèche en saison sèche, ce qui est souvent le cas. A cela s'ajoutent les effets combinés des feux et du pâturage qui induisent une mortalité très élevée à la régénération, compromettant sérieusement la reprise des espèces ligneuses dans les peuplements.

### **Facteurs de dégradation des formations naturelles.**

Dans la zone d'étude, l'agriculture est en partie responsable de la dégradation des ressources naturelles. La culture itinérante sur brûlis, dominée par la coton-culture, a provoqué la dispersion des agriculteurs et entraîné la multiplication de fermes agricoles, même à l'intérieur des zones protégées. Il est important de souligner que les départements du Borgou et de l'Alibori produisent à eux seuls plus des deux tiers de la production cotonnière du pays (AKOGBETO *et al.* 2005) et cette spéculation procure aux producteurs agricoles de la zone entre deux tiers et trois quarts de leurs revenus monétaires (TON & WANKPO, 2004). Or, la culture du coton exige des investissements importants (surtout en intrants) que les agriculteurs ne consentent pas actuellement à faire, si bien que les sols s'épuisent au bout de quelques années d'exploitation. Dans sa forme actuelle (semi-mécanisée, culture attelée), la culture du coton participe, avec la culture des tubercules d'igname, à la forte dégradation des terres. Pour les populations de cette partie du Bénin, la culture du coton représente un gage de sécurité et de prospérité, étant donné l'assurance de revenu après une campagne agricole. Malgré une importante utilisation d'engrais chimiques, les pratiques culturelles traditionnelles sont encore en vigueur chez les paysans. Les engrais chimiques coûtant cher, ils ne sont pas assez employés pour la culture du coton. Dès que le rendement baisse, le producteur se déplace et brûle de nouvelles parcelles pour gagner des terres cultivables. Dès lors, l'extension de la culture cotonnière se fait au détriment des formations forestières et des jachères.

En outre, la commercialisation du bois par des exploitants forestiers contribue également à la destruction du couvert végétal. Malgré la présence des services forestiers, le phénomène d'abattage des bois d'œuvre se poursuit pour le Lingué (*Azelia africana*) et le Caïlcédrat (*Khaya senegalensis*). Nos enquêtes auprès des populations locales ont permis d'établir que les essences de valeur commerciale (bois d'œuvre, bois de service,...) ont été systématiquement exploitées, non seulement pour les besoins propres mais aussi pour des raisons économiques compte tenu de la demande en bois d'œuvre très souvent exprimés par les commerçants des pays limitrophes (principalement les Nigériens). L'inefficacité du contrôle de l'administration forestière combinée à la perméabilité des frontières ont largement contribué à cette exploitation sélective des essences de valeur. D'après les responsables de

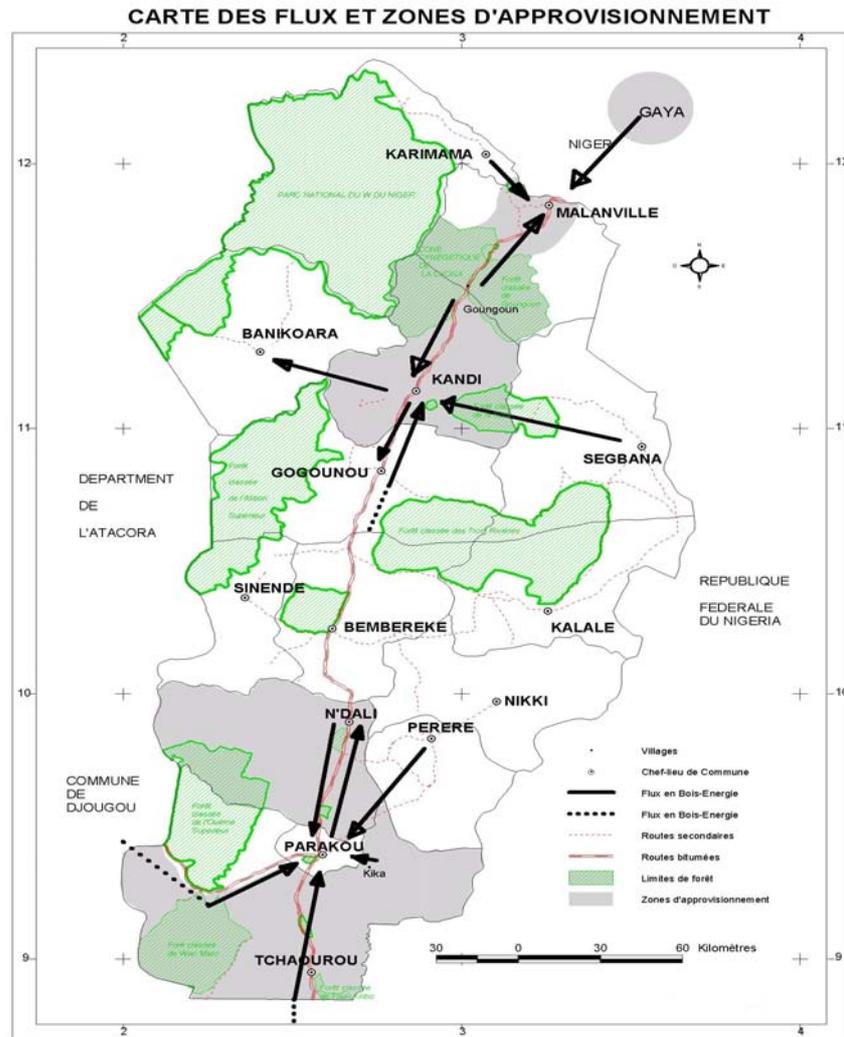
l'administration forestière et les petits exploitants forestiers interrogés, seuls les massifs classés et les domaines protégés de l'Etat constituent actuellement les zones refuges où l'on pourrait encore rencontrer des arbres à valeur commerciale. Cette affirmation est confirmée par nos relevés dans l'aire d'étude qui montrent une très faible proportion voire la rareté des essences commercialisées (entre 0,1 et 2% de la densité des peuplements selon le groupement) traduisant ainsi l'envergure et la sévérité de pression sélective exercées sur elles.

A cette pression sélective s'ajoute une crise énergétique entretenue par la demande sans cesse grandissante en bois-énergie des grandes zones urbaines adjacentes. Une étude récente conduite dans le Nord du pays (OGOUEDEJI *et al.*, 2007), a permis d'identifier les principaux axes d'approvisionnement ainsi qu'une estimation des flux d'approvisionnement en bois-énergie des centres urbains dans la région concernée par la présente recherche. On distingue respectivement par ordre d'importance les axes: Parakou-Kandi (9150,8 T d'équivalent bois par an), Ségbana-Kandi (3136,9T d'équivalent bois par an) et Malanville-Kandi (2154,2 T d'équivalent bois par an). Les axes d'exportation sont respectivement Kandi-Malanville (787,8T d'équivalent bois par an), Kandi-Banikoara (474,4 T d'équivalent bois par an) et Kandi-Parakou (284,4 T d'équivalent bois par an). La commune de Kandi se présente donc comme un important centre de transit de bois-énergie en direction de Parakou (au Sud), Malanville (au Nord), Ségbana (à l'Est) et Banikoara (à l'Ouest). Sur l'axe Parakou-Malanville, le bois-énergie transite dans les deux sens vers Parakou comme vers Malanville (Figure 4). Il importe de signaler aussi le caractère autonome des grands centres de consommation tels que Kandi (au Centre de la zone d'étude) et Malanville (à l'extrême Nord) qui s'auto-approvisionnent au-delà des agglomérations urbaines principalement à proximité et au niveau des massifs forestiers.

Il faut malheureusement souligner que la documentation de ces pratiques rétrogrades se trouve confrontée à une faible disponibilité de données quantitatives et à des difficultés d'harmonisation dans les approches méthodologiques utilisées. Au plan national, la plus forte tension sur les ressources ligneuses se situe sur le rapport entre l'offre soutenable et la demande de combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois). Actuellement, il se trouve que l'offre soutenable, c'est-à-dire celle qui pourrait être satisfaite sans prélèvement sur le stock et donc sans causer de déforestation, est déjà globalement inférieure à la demande au plan national. D'après les statistiques fournies par le Programme Régional pour le Secteur des Energies Traditionnelles (TCHIWANOU, 2001), la consommation journalière de bois de feu équivaut à 1,2 kg/personne en milieu rural et en milieu urbain et la consommation journalière de charbon de bois est estimée à 0,3 kg/personne en milieu urbain contre 0,2 kg/personne en milieu rural ; 93% de la population utilisent du bois-énergie en milieu rural, contre 80% en milieu urbain. La même source rapporte que la consommation des branches d'activités économiques serait d'environ 10% de celle des ménages pour le charbon de bois et 20% pour le bois de feu. Les projections de la demande globale en bois-énergie pour l'an 2027 seraient de 17 816 587 tonnes /an alors que le potentiel global du bois-énergie à la même échéance ne serait que de 5 786 462 tonnes.

Autre facteur aggravant la dégradation des formations boisées dans la zone d'étude, c'est la transhumance. Ce mode de gestion du cheptel bovin est perçu comme un système de production dégradant pour l'environnement, en raison du fait qu'il occasionne des déplacements massifs de cheptels à la recherche de pâturages et de points d'eau. Ici, la dégradation est perçue comme un processus de diminution des ressources pastorales, suite à leur utilisation irrationnelle par l'élevage. Au Bénin, la transhumance s'opère essentiellement dans le sens nord-sud. Le cheptel bovin national est essentiellement concentré dans les départements du nord, notamment dans les zones du Borgou, de l'Alibori, de l'Atacora et de la Donga, qui possèdent à eux seuls 85 % des effectifs nationaux avoisinant les 1 200 000 têtes (MEHU, 2002). Chez les éleveurs du Borgou et de l'Alibori, les bovins présentent un taux moyen de fécondité de 76 à 79%, alors que le seuil critique est de 50% (ADAMOU-N'DIAYE *et al.*, 2001). Cette forte fécondité accroît les effectifs, le surpâturage, la dégradation des parcours et la destruction des habitats sauvages. A cela s'ajoute le fait que depuis la sécheresse des années 70 et 80, la transhumance des bovins en provenance des pays frontaliers (Niger, Nigeria, Burkina Faso) s'est fortement accentuée : près de 200 000 têtes de bovins et 17 000 têtes d'ovins / caprins au cours de la saison sèche 1994-1995 (CAPO-CHICHI, 2000). Or, les systèmes de production agro-pastoraux et pastoraux établis dans ces milieux favorisent un mode d'élevage transhumant. Les massifs forestiers (notamment les forêts classées de la zone d'étude) sont les lieux de

prédilection des éleveurs, en majorité Peuhl. Pour les Peuhl surtout, les aires de pâturage sont en premier lieu des espaces à accès libre pour le bétail. Quand ils font paître leurs bovins, surtout pendant la saison sèche, et qu'ils font le pâturage aérien et parfois des feux tardifs, ils se soucient peu des effets négatifs de ces pratiques sur la régénération de la végétation. Il est certain que ces pratiques freinent la régénération de la fertilité des jachères. Le pâturage aérien est également une pratique répandue; tous les éleveurs appliquent cette méthode néfaste pour nourrir leurs troupeaux, surtout en période de soudure. De plus, avec la forte croissance du cheptel, les éleveurs sont contraints de procéder plus tôt au pâturage aérien pendant la saison sèche qu'auparavant.



**Figure 4 :** Flux d'approvisionnement en bois-énergie dans la zone d'étude.

Les passages répétés des troupeaux engendrent de vastes couloirs, dont la terre et le couvert végétal se dégradent du fait du piétinement répété du sol et de l'élagage quasi-systématique des arbres. Ce phénomène crée par ailleurs des situations conflictuelles entre les paysans et les éleveurs, à cause des destructions de cultures engendrées par le passage des animaux.

## CONCLUSION

Les résultats présentés ont montré, pour les trois zones éco-géographiques étudiées, qu'il existe des différences significatives au regard des paramètres dendrométriques et écologiques mesurés. Au gradient climatique naturel existant se superpose un gradient écologique marqué par une diversité décroissante des types de peuplements ligneux tendant vers une certaine homogénéisation des faciès suivant un axe géographique Sud-Nord. La zone sahélo-soudanienne et la zone nord-soudanienne sont

caractérisées par des formations moins denses, moins diversifiées et plus dégradées que celles étudiées dans la zone soudanienne-sud où on note la présence des plus grands massifs forestiers du pays, bénéficiant d'une protection administrative du fait de leur statut de forêts classées. L'état de dégradation des faciès étudiés se traduit, au plan physiognomique, par un paysage composé d'une mosaïque de larges espaces cultivés et de petits bosquets (atteignant rarement 3 ha) disséminés à la périphérie des espaces emblavés. La plupart des formations ligneuses plus ou moins compactes fréquemment retrouvées sont de vieilles jachères, caractéristiques d'une recolonisation végétale suite à des activités agricoles antérieures ; en témoignent les valeurs faibles de la surface terrière et de la richesse spécifique enregistrées. On note par ailleurs la quasi-absence des espèces de valeur commerciale au sein des peuplements arborescents résiduels des zones soudano-sahélienne et nord-soudanienne. Les principales causes qui expliquent la dégradation observée sont les défrichements incontrôlés dus aux besoins croissants de superficies cultivables sous l'effet de la pression démographique; les mauvaises pratiques culturales (extension chronique des surfaces cultivées, disparition de la jachère, feux de végétation abusifs, absence d'apport fertilisant, monoculture, etc.); les prélèvements non contrôlés de bois de feu et de bois d'œuvre avec disparition des essences de valeur; la transhumance. Il reste cependant que la solution doit se situer au niveau local où se trouvent les instigateurs et les victimes ; d'où la nécessité de l'association des indicateurs universellement retenus à d'autres qui auront les capacités de révéler dans le temps et dans l'espace les changements qui peuvent affecter le milieu naturel. Ces indicateurs devraient être suivis sur des sites permanents proches des communautés rurales qui sont des unités de gestion de base susceptibles de contribuer grandement à la lutte contre la dégradation du couvert végétal et donc des terres. De là, la télédétection haute résolution peut être un outil efficace permettant d'évaluer la célérité ainsi que l'ampleur spatiale de la dégradation observée.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMOU-N'DIAYE M, OGODJA OJ, GBANGBOCHE AB, ADJOVI A & HANZEN CH. 2001. Intervalle entre vêlage chez la vache Borgou au Bénin. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 145: 130-136.
- ADOMOU AC. 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD thesis, Wageningen University of Wageningen 150p.
- AKOBUNDU IO & AGYAKWA CW. 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'ouest, 2nd Ed, IITA, 522p.
- AKOGBETO MC, DJOUAKA R & NOUKPO H. 2005. Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 98, (5): 400-405.
- AUBREVILLE A. 1950. Flore forestière soudano-guinéenne de l'Afrique de l'Ouest française. 525p.
- BERHAUT J. 1967- Flore du Sénégal. 2<sup>e</sup> Edition, 485p.
- BONGERS F, POORTER L & HAWTHORNE WD. 2004. The forest of Upper Guinea: gradients in large species composition. In "*Biodiversity of West African Forests: An ecological atlas of woody plants species*", Poorter, L., Bongers, F., Kouamé F.N., & Hawthorne, W.D., (Eds), CABI Publishing, Oxon, UK & Cambridge, USA, Chapter 4: 41-52.
- CAPO-CHICHI JG. 2000. La dégradation des terres et leur réhabilitation dans les zones arides du Bénin, In : *Actes du séminaire international sur « Les ressources en eau douce et réhabilitation des terres dégradées dans les zones arides »*, N'djaména, Tchad, Octobre 2000, 65-70.
- CENATEL. 2002. Base de données géoréférencées sur l'utilisation agricole des terres au Bénin. Rapport final, 20p.
- FAO, 2005. Situation des forêts du monde 2005. ([ww.fao.org/docrep/007/y5574f/y5574f00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5574f/y5574f00.htm))
- GOUNOT M. 1969.- Méthodes d'étude quantitative de la végétation, Masson et Cie, Edit.Paris, 314p.
- HALL JB & SWAINE MD. 1976. Classification and Ecology of closed canopy forest in Ghana. *Journal of Ecology*, 64: 913-951.
- HALL JB & SWAINE MD. 1981. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. Forest vegetation in Ghana. (Reviewed works), *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique*, 51, 3-4: 468-468.
- HOUNTONDJI YC, SOKPON N, NICOLAS J & OZER P. 2009. Ongoing desertification processes in the sahelian belt of West Africa: an evidence from the rain-use efficiencies. In: «Recent Advances in Remote Sensing and Geoinformation Processing for Land Degradation Assessment», Chapter 11, Edited by Achim Röder and Joachim Hill, CRC Press 2009, ISBN: 978-0-415-39769-8, 173-186.
- HUTCHINSON J & DALZIEL JM. 1954. Flora of West tropical Africa, *Vol 1. Part 1.*, Second Edition by Keay, R.W. J. & Hepper, F.R., Crown Agents for Overseas Governments and Administration, London, 827p.

- INSAE. 2003. Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-3) : Synthèse des analyses. Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, 348p.
- LEBART L, MORINEAU A & PIRON M. 1997. Statistique exploratoire multi-dimensionnelle. DUNOD, Paris, 440p.
- MEHU. 2002. Stratégie Nationale et Plan d'Action pour la Conservation de la Diversité Biologique au Bénin, 144p.
- OGOUEDJI G, MAMA V, GLELE R, HOUNTONDI F, ARIORI S & KPENAVOUN S, 2007. Etude sur les besoins en bois-énergie des grands centres de consommation au profit du Projet de Gestion des Forêts et Terroirs Riverains (PGFTR). Rapport d'étude, 194p.
- ORTHMANN B. 2005. Vegetation ecology of woodland-savanna mosaic in central Benin (West Africa): Ecosystem analysis with a focus on impact of selective logging. PhD Thesis, University of Rostock, Rostock, 139p.
- PAN/LCD. 2000: Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification. Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme, Direction de l'Aménagement du Territoire, 91p.
- SOKPON N, BIAOU SH, OUINSAVI C & HUNYET O. 2006. Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : Rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. *Bois et Forêts des tropiques*, 287 (1).
- SOKPON N, BIAOU SH & OUINSAVI C. 2004. Contribution à la création de base de données techniques sur l'aménagement participatif durable des forêts classées de Ouénou – Bénou (Bembérékè) et de Ouémé-Boukou (Savè) au Bénin : Inventaire floristique et forestier, Rapport final PGFTR, 91p.
- TCHIWANOU M. 2001: Etude Prospective du Secteur Forestier en Afrique (FOSA) - République Du Benin. FAO/EC Point Focal, 32p.
- TCHOUTO MP. 2004. Plant diversity in a Central African rain forest: Implications for biodiversity conservation in Cameroon. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands, 208p.
- TON P & WANKPO E. 2004. La production du coton au Bénin : Résumé, Préparation de politique, commercialisation et agriculture, *AgriStudies* N° 12.4.04 2795, Ed. Agriterra , Amsterdam, Pays-Bas, 28p.
- VAN ROMPAEY RS. 1993. Forest gradients in West Africa: a spatial gradient analysis. Thesis, Wageningen Agricultural University, the Netherlands, 142p.
- VAN ROMPAEY RS & OLDEMAN RA. 1997. Analyse spatiale du gradient floristique arborescent dans les forêts de plaine du SE Liberia and SW Côte d'Ivoire. *In: Phytogéographie tropicale. Réalités et perspectives*, Guillaumet J.L., Belin M. & Puig H. (eds), ORSTOM, Paris, 353-364.