

Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération

Nestor SOKPON
Samadori Honoré BIAOU
Christine OUINSAVI
Ousman HUNHYET

Laboratoire d'études et de recherches forestières (Lerf)
Université de Parakou
Faculté d'agronomie
BP 123, Parakou
Bénin

De l'étude des bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin (caractéristiques structurales des peuplements, diamètre minimal d'exploitabilité, rotation des principales essences commercialisables), il ressort que leur aménagement nécessite un enrichissement en essences de valeur et l'application de mesures restrictives concernant l'exploitation de certaines espèces.



Jeune peuplement de forêt claire à *Isoberlinia doka*, à Nalohou (commune de Djougou). Il est régulièrement brûlé et pâturé. La régénération au sol est peu abondante, hormis quelques rejets de *I. doka*.
Photo H. Biaou, mai 2003.

Nestor SOKPON,
Samadori Honoré BIAOU,
Christine OUINSAVI,
Ousman HUNHYET

RÉSUMÉ

BASES TECHNIQUES POUR UNE GESTION DURABLE DES FORÊTS CLAIRES DU NORD-BÉNIN : ROTATION, DIAMÈTRE MINIMAL D'EXPLOITABILITÉ ET RÉGÉNÉRATION

Les bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin ont été étudiées en déterminant les caractéristiques structurales des peuplements, le diamètre minimal d'exploitabilité et la rotation des principales essences commercialisables. Quatre types de forêts claires ont été identifiés, respectivement à *Isoblerlinia doka*, à *Daniellia oliveri*, à *Anogeissus leiocarpus* et à *Pterocarpus erinaceus*. Les caractéristiques structurales de ces forêts montrent que la richesse spécifique des ligneux varie de 15 à 106 espèces. La densité des arbres (pour un diamètre à hauteur de poitrine, dbh \geq 10 cm) varie de 186 à 523 tiges/ha et la surface terrière de 7,6 à 36,4 m²/ha. Les conditions stationnelles expliqueraient mieux la variabilité observée des caractéristiques structurales des types de forêts claires étudiés. Les diamètres minimaux de coupe des essences varient de 35 à 75 cm. La rotation pour les principales essences exploitées oscille entre 15 et 30 ans. La densité de la régénération et la probabilité de reconstitution des peuplements sont généralement faibles. L'aménagement durable des forêts claires du Bénin requiert, donc, l'enrichissement des peuplements ainsi que la mise en œuvre de mesures restrictives concernant l'exploitation de certaines espèces telles que *Pterocarpus erinaceus*, *Pseudocedrela kotschyi*, *Daniellia oliveri* et *Diospyros mespiliformis*.

Mots-clés : gestion durable, forêt claire, diamètre minimal d'exploitabilité, rotation, régénération, Bénin.

ABSTRACT

TECHNICAL FOUNDATIONS FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF OPEN FORESTS IN NORTHERN BENIN: ROTATION, MINIMUM FELLING DIAMETER AND REGENERATION

The technical foundations for sustainable management of open woodland forests in northern Benin were investigated by determining the structural characteristics of forest stands, the minimum felling diameter and rotations of the main commercial species. Four types of open forest were identified: *Isoblerlinia doka*, *Daniellia oliveri*, *Anogeissus leiocarpus* and *Pterocarpus erinaceus*. The structural characteristics of these forests show that species richness among woody plants varies from 15 to 106 species. Tree density (dbh \geq 10 cm) varies from 186 to 523 stems/ha, and basal area from 7.6 to 36.4 m²/ha. Station conditions appear to be largely responsible for the variability observed in the structural characteristics of the different types of open forest studied. Minimum felling diameters among species ranged from 35 to 75 cm. Rotations for the main commercial species ranged from 15 to 30 years. Regeneration density and the probability of stand reconstitution are generally low. Sustainable development in Benin's open forests thus requires enrichment planting and measures to restrict felling of certain species, such as *Pterocarpus erinaceus*, *Pseudocedrela kotschyi*, *Daniellia oliveri* and *Diospyros mespiliformis*.

Keywords: sustainable management, open forest, minimum felling diameter, rotation, regeneration, Benin.

RESUMEN

BASES TÉCNICAS PARA UN MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES ABIERTOS DEL NORTE DE BENÍN: ROTACIÓN, DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTABILIDAD Y REGENERACIÓN

Se estudiaron las bases técnicas para un manejo sostenible de los bosques abiertos del norte de Benín mediante la determinación de las características estructurales de las masas, del diámetro mínimo de cortabilidad y de la rotación de las principales especies comercializables. Se identificaron cuatro tipos de bosques abiertos: bosque de *Isoblerlinia doka*, de *Daniellia oliveri*, de *Anogeissus leiocarpus* y de *Pterocarpus erinaceus*. Las características estructurales de estos bosques muestran que la riqueza específica varía de 15 a 106 especies leñosas. La densidad de los árboles (dbh \geq 10 cm) oscila, por su parte, entre 186 a 523 tallos/ha y el área basimétrica de 7,6 a 36,4 m²/ha. Las condiciones de la estación explicarían mejor la variabilidad observada en las características estructurales de los distintos tipos de bosques abiertos estudiados. Los diámetros mínimos de corte de las especies varían de 35 a 75 cm. La rotación en el aprovechamiento de las principales especies varía de 15 a 30 años. La densidad de la regeneración y la probabilidad de reconstitución de los rodales suelen ser bajas. La ordenación sostenible de los bosques abiertos de Benín necesita, por tanto, que se enriquezcan los rodales y que se apliquen medidas restrictivas para el aprovechamiento de algunas especies como *Pterocarpus erinaceus*, *Pseudocedrela kotschyi*, *Daniellia oliveri* y *Diospyros mespiliformis*.

Palabras clave: manejo sostenible, bosque abierto, diámetro mínimo de cortabilidad, rotación, regeneración, Benín.

Introduction

Le terme forêt claire (*woodland*), dans son sens élargi, incluait les formations voisines comme la forêt dense sèche et la savane boisée. C'est pour cette raison qu'il a été consacré par la réunion des phytogéographes africains à Yangambi, en 1956, pour désigner exclusivement des formations mixtes forestières et graminéennes, comportant un peuplement ouvert avec des arbres de petite et moyenne taille dont les cimes sont plus ou moins jointives. Le recouvrement des ligneux est généralement compris entre 40 et 60 %. Selon MALAISSE (1979), les forêts claires couvrent en Afrique environ 3 800 000 km² (12 % de la superficie du continent). BELLEFONTAINE *et al.* (1997) indiquent que cette formation est surtout représentée dans les domaines soudanien (forêts claires à *Isobertinia doka* et *Uapaca* spp.) et zambézien (miombos). Au sud de l'équateur, les forêts claires constituent de vastes massifs forestiers, tandis qu'au nord elles forment des îlots généralement restreints et épars dans les savanes.

Les forêts claires occupent près de deux tiers de la superficie totale des formations forestières denses de la zone tropicale sèche du Bénin. Elles constituent, avec les forêts denses sèches et les forêts-galeries, les seules formations forestières fermées en zone de savane. Par conséquent, la pression sur les espèces de forêts claires par les exploitants de bois est très forte. L'objectif de cet article est de déterminer les bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin.

Milieu

La zone d'étude est située au nord du Bénin et comprend les départements du Borgou et de l'Alibori (51 082 km²), de l'Atacora et de la Donga (31 200 km²). Elle se trouve dans le domaine soudanien et

est comprise entre les latitudes 8°5' et 12°5' Nord, avec une superficie totale de 82 282 km² (figure 1). Le climat est de type soudano-guinéen au sud et soudanien au nord de la zone d'étude. On observe cinq mois secs

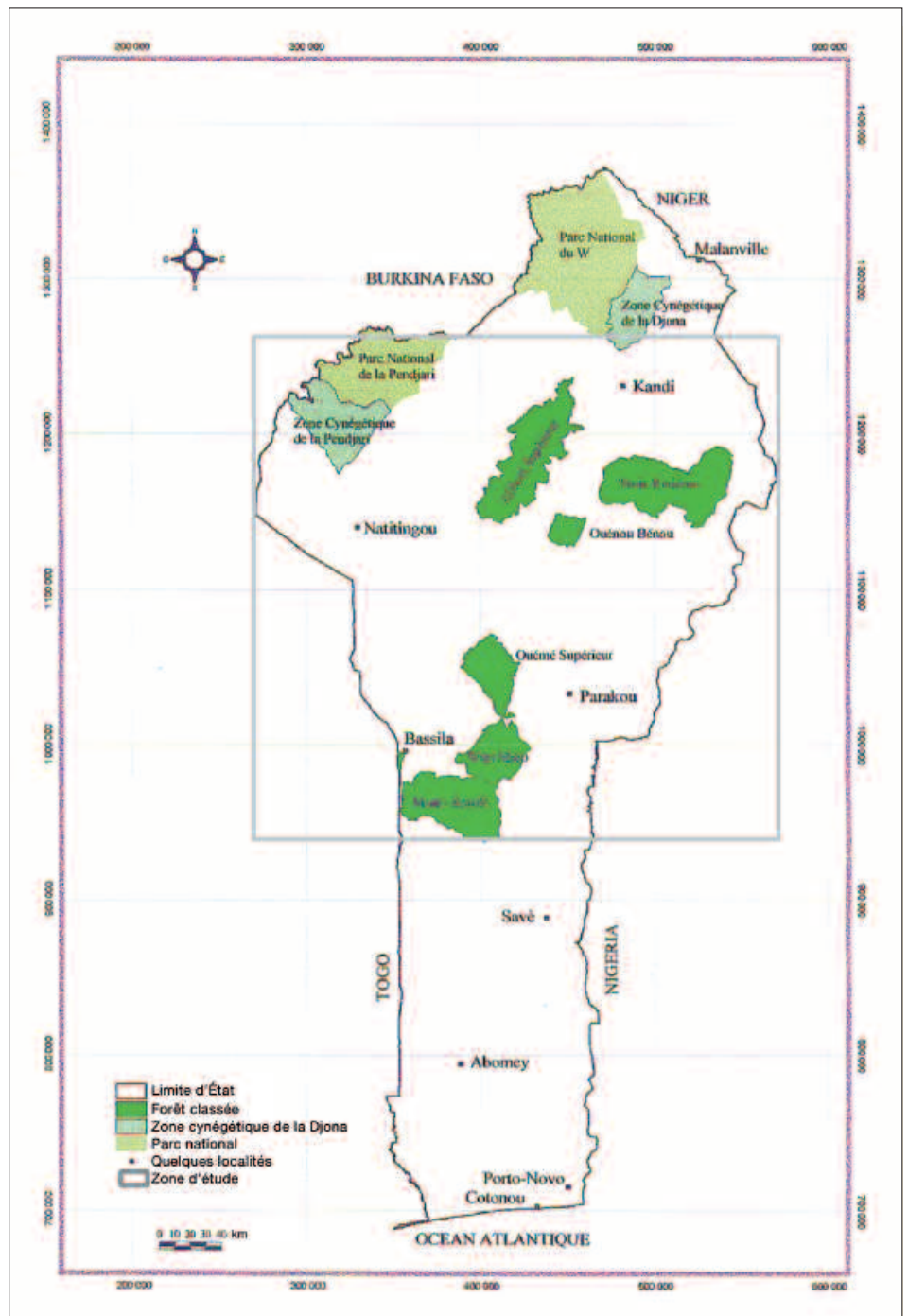


Figure 1. Localisation des forêts claires du Nord-Bénin inventoriées.

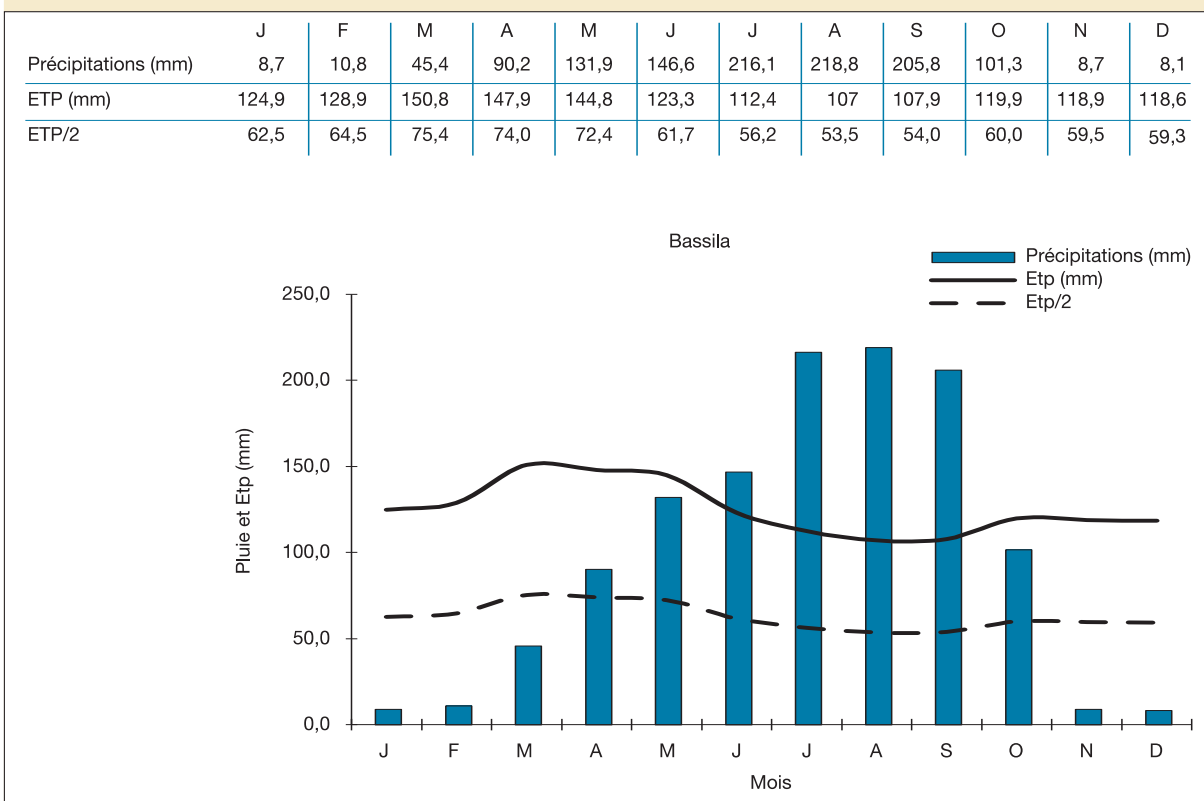
**Figure 2a.**

Diagramme climatique de la région de Bassila. Précipitations : moyennes mensuelles de Bassila (millimètres, de 1962 à 1994) ; Etp : évapotranspiration potentielle (1965-1989). Les rectangles blancs indiquent les mois secs, avec des précipitations $P < Etp/2$, et les rectangles bleus les mois pluvieux ($P > Etp/2$).

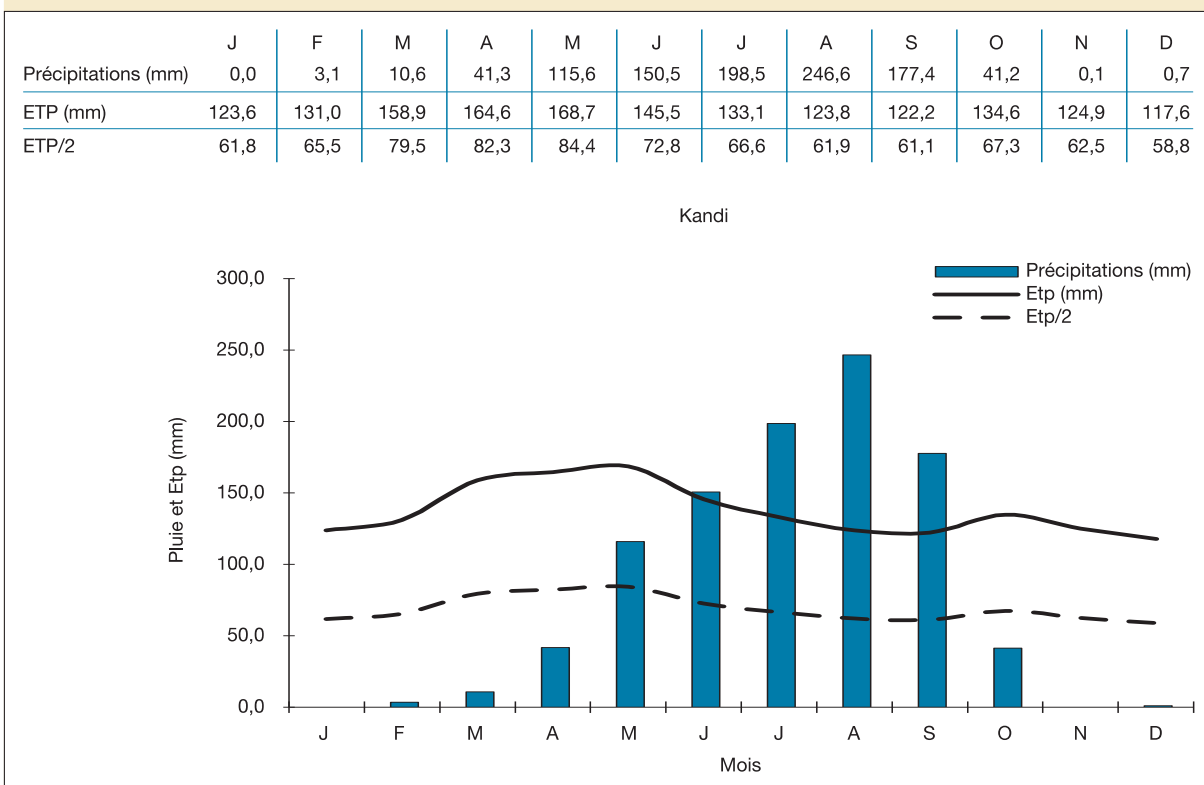
**Figure 2b.**

Diagramme climatique de la région de Kandi. Précipitations : moyennes mensuelles de Kandi (millimètres, de 1971 à 2000) ; Etp : évapotranspiration potentielle (1965-1989). Les rectangles blancs indiquent les mois secs, avec des précipitations $P < Etp/2$, et les rectangles bleus les mois pluvieux ($P > Etp/2$).



Inventaire des semis naturels dans une forêt claire à *Isoberlinia tomentosa*.
Forêt classée de Ouénou-Bénou, Bembérékè.
Photo H. Biaou, janvier 2004.

(novembre à mars; figure 2a) au sud de la zone d'étude (Tchaourou, Parakou, Bassila, Ina, Bembérékè) et sept à neuf mois secs (octobre à avril; figure 2b) au nord de la zone (Tanguiéta, Kandi, Sinendé, Kérou). La pluviosité moyenne annuelle décroît du sud vers le nord, avec des moyennes de 1 000 à 1 200 mm au sud de la zone d'étude et 700 à 1 000 mm au nord. Les températures moyennes annuelles varient entre 26 et 27 °C. L'évaporation annuelle moyenne mesurée est de 1 330 mm (évaporomètre Piche droit) ou 1 829 mm (évaporomètre bac classe A). Les valeurs les plus faibles s'observent pendant la saison des pluies (juin-septembre).

La zone d'étude est une vaste pénéplaine dont l'altitude moyenne est de 300 m environ. Les sols du périmètre d'étude peuvent être regroupés en cinq grands ensembles

(INRAB, 1995) : les sols minéraux bruts et peu évolués, les sols brunifiés ou combisols, les sols ferrugineux tropicaux, les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. Les sols ferrugineux tropicaux sont très fréquents dans la zone étudiée, tandis que les autres types de sols sont faiblement représentés et très localisés.

La végétation naturelle comporte des formations forestières claires et des savanes, sillonnées de forêts-galeries. Les forêts denses sèches existent sous forme d'îlots plus ou moins étendus au milieu des savanes.

La population de la zone est estimée à 1 323 000 habitants en 1990. La densité moyenne de population est faible (18 habitants/km²), mais marquée par de grands écarts liés à une forte concentration autour des grandes villes.

Méthodes

Partant des cartes de végétation existantes pour les aires classées (Alibori supérieur, Ouémé supérieur, Ouénou-Bénou, Bassila, Trois-Rivières, Monts-Kouffé, parc national de la Pendjari et ses zones cynégétiques), le nombre total de placeaux à installer a été déterminé proportionnellement à la superficie des forêts claires dans chacun de ces massifs forestiers. Au total, 90 placeaux ont été installés dans les forêts claires de manière aléatoire et en tenant compte de l'homogénéité floristique. Les placeaux de mesures sont rectangulaires et de 1 000 m² de surface (50 m x 20 m). L'étude de la végétation a été menée selon la méthode 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. Ces observations ont été complétées par les mesures des diamètres à 1,30 m au-dessus du sol (dbh) et des hauteurs des arbres et arbustes (dbh ≥ 10 cm), ainsi que par le comptage de la régénération (dbh < 10 cm).

Les relevés phytosociologiques effectués ont été soumis à une analyse factorielle des correspondances (Afc) avec le logiciel Anaphyto pour l'identification des groupements végétaux. La diversité spécifique du peuplement ligneux (arbres et arbustes de dbh ≥ 10 cm) de chaque groupement a été étudiée sur la base de :

- la richesse spécifique (N) qui représente le nombre total d'espèces observées ;

- l'indice de diversité de Shannon :

$$H' = - \sum Ni/N \times \log_2 (Ni/N)$$

avec Ni = effectif des individus de l'espèce i et N = effectif total des individus de toutes les espèces ;

- l'équitabilité (EQ) de Pielou :

$$EQ = H'/\log_2 N$$

La densité des arbres a été calculée, d'une part, pour le peuplement arborescent (dbh ≥ 10 cm) et, d'autre part, pour la régénération (1 ≤ dbh ≤ 10 cm). La régénération est, par convention, l'ensemble des

ligneux (semis naturels, rejets de souches et drageons) ayant un dbh compris entre 1 et 10 cm. Pour cette étude, seules les espèces atteignant la strate arborée ont été comptées parmi tous les individus de dbh < 10 cm. L'importance relative de la régénération naturelle des principales espèces ainsi que la proportion des espèces de bois de valeur ont été exprimées en pourcentage.

La surface terrière du peuplement a été calculée pour les arbres de dbh ≥ 10 cm et suivant la formule : $G = \Sigma \pi D^2 / 4$ (en m²/ha) avec D = diamètre à 1,30 m (exprimé en mètres).

La détermination de la rotation et du diamètre minimal d'exploitabilité (Dme) des principales essences exploitées est fondée sur la formule de DURRIEU DE MADRON et FORNI (1997), utilisée également et adaptée à la répartition par classe de diamètre des surfaces terrières des espèces par SOKRON et BIAOU (2002). Cette méthode de calcul de la rotation part du principe que la durée de la rotation est liée au passage du « groupe d'avenir » (tiges de diamètre inférieur au Dme) au groupe des « tiges de diamètre exploitable » (tiges de diamètre supérieur au Dme). La rotation prend donc en compte la vitesse de croissance et la structure diamétrique des espèces. Sa détermination est basée sur le calcul du pourcentage (probabi-

lité) de reconstitution de la surface terrière initialement exploitable pour chaque espèce ; le pourcentage de reconstitution étant fonction des dégâts d'exploitation, de l'accroissement en diamètre et de la mortalité des individus du peuplement. Le diamètre minimal d'exploitabilité a été déterminé par itérations en testant successivement plusieurs diamètres : 25 cm, 35 cm, 45 cm, 55 cm, etc. Lorsque le pourcentage de reconstitution (P) d'une espèce est faible, on augmente le Dme et on procède à un nouveau calcul de P jusqu'à obtenir un Dme favorisant une meilleure reconstitution de cette espèce.

Le pourcentage de reconstitution est calculé en fonction du temps de passage (T, en années), ou rotation, qui est le temps nécessaire pour faire passer tous les individus d'une classe de diamètre à un diamètre supérieur au Dme. T est calculé de la façon suivante :

$$T = \frac{Dme - D_{bi}}{Aam}$$

D_{bi} = diamètre de la borne inférieure de la classe de diamètre considérée ; Aam = accroissement diamétrique annuel moyen (exprimé dans la même unité que Dme et D_{bi}). La croissance en diamètre des essences autochtones obtenue dans la région de Bassila est de 45 cm en 60 ans, soit 0,75 cm par an (DJODJOUWIN, CLECH,

1991). Les autres valeurs d'accroissement sont fournies par la littérature pour les forêts des zones tropicales sèches (BELLEFONTAINE et al., 1997) et sont présentées dans le tableau I.

Les calculs sont effectués en prenant, dans un premier temps, la première classe de diamètre en dessous du Dme ; on associe alors à cette classe le temps T nécessaire pour que toutes les tiges passent au-dessus du Dme. Ensuite, on considère les deux premières classes en dessous du Dme, puis les trois premières. On détermine à chaque fois le pourcentage (ou probabilité) de reconstitution (P) correspondant au temps de passage obtenu (T) selon la formule suivante :

$$P = \frac{[Go(1 - \Delta)](1 - \alpha)^T \times 100}{G_p}$$

P = % de reconstitution de la surface terrière exploitable ; Go = surface terrière des deux, trois ou quatre classes de diamètre immédiatement en dessous du Dme ; G_p = surface terrière exploitable (surface terrière des tiges de diamètre supérieur au Dme) ; α = taux de mortalité annuel (= 0,01) ; Δ = taux de dégâts dus à l'exploitation (= 0,1). α et Δ sont estimés (DURRIEU DE MADRON, FORNI, 1997) à défaut de mesures réelles. En ce qui concerne particulièrement le taux de mortalité, les calculs ont été également effectués avec la valeur 5 % (= 0,05), afin d'appréhender les variations induites au niveau du Dme, du pourcentage de reconstitution et de la rotation.

Une courbe de reconstitution est ensuite établie en fonction de la durée de la rotation (T). La rotation idéale pour chaque essence correspond au point culminant de cette courbe de reconstitution. Mais comme dans la réalité la rotation est appliquée à l'ensemble du peuplement et non aux espèces prises isolément, on recherche un compromis induisant le meilleur pourcentage de reconstitution global dans le temps le plus court possible, en superposant l'ensemble des courbes tracées pour les différentes espèces (figure 3).

Tableau I.
Accroissements utilisés dans la détermination des diamètres minimaux d'exploitabilité et de la périodicité d'exploitation des forêts claires du Nord-Bénin.

Espèce	Accroissement annuel moyen en diamètre (cm/an)	Source
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0,8	BELLEFONTAINE et al. (1997)
<i>Daniellia oliveri</i>	0,6	BELLEFONTAINE et al. (1997)
<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,6	BELLEFONTAINE et al. (1997)
<i>Pseudocedrela kotschy</i>	0,75	DJODJOUWIN et CLECH (1991)
<i>Isobertia doka</i>	1,0	BELLEFONTAINE et al. (1997)
<i>Isobertia tomentosa</i>	1,0	BELLEFONTAINE et al. (1997)
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0,5	BELLEFONTAINE et al. (1997)

Résultats

Individualisation des types de forêts claires

La partition des relevés (une matrice de 90 relevés et 170 espèces) suivant les axes 1 et 2 (figure 4) a individualisé quatre grands groupes : les forêts claires à *Anogeissus leiocarpus* des plaines d'inondation des grands cours d'eau ; les forêts claires à *Daniellia oliveri* des plaines périodiquement inondées ; les forêts claires à *Pterocarpus erinaceus* des plaines non inondées ; les forêts claires à *Isobertinia doka* des plaines non inondées.

L'axe 1 (horizontal) du plan factoriel sépare nettement les relevés des forêts claires moins arrosées du parc national de la Pendjari situé au nord de la zone d'étude (extrémité gauche sur l'axe) des relevés des forêts claires des autres forêts classées situées au sud de la zone étudiée et plus arrosées (extrémité droite). Cet axe symbolise donc un gradient de pluviosité. L'axe 2 (vertical) sépare nettement le groupe des forêts claires des plaines d'inondation des grands cours d'eau du groupe des forêts claires des plaines périodiquement inondées et non inondées. Cet axe représente donc un gradient d'humidité du sol.

Caractéristiques structurales des forêts claires

Le tableau II donne les caractéristiques structurales des forêts claires étudiées, pour la strate arborée (dbh \geq 10 cm). La richesse des ligneux varie de 15 à 106 espèces, la densité des arbres de 186 à 523 tiges/ha et la surface terrière de 7,6 à 36,4 m²/ha. Quatre grands groupes de productivité ont été définis sur la base d'un test de comparaison de moyennes des surfaces terrières des forêts étudiées (tableau III) :

- les forêts claires à *I. doka*, les plus productives, situées au sud de la zone d'étude (forêt classée de

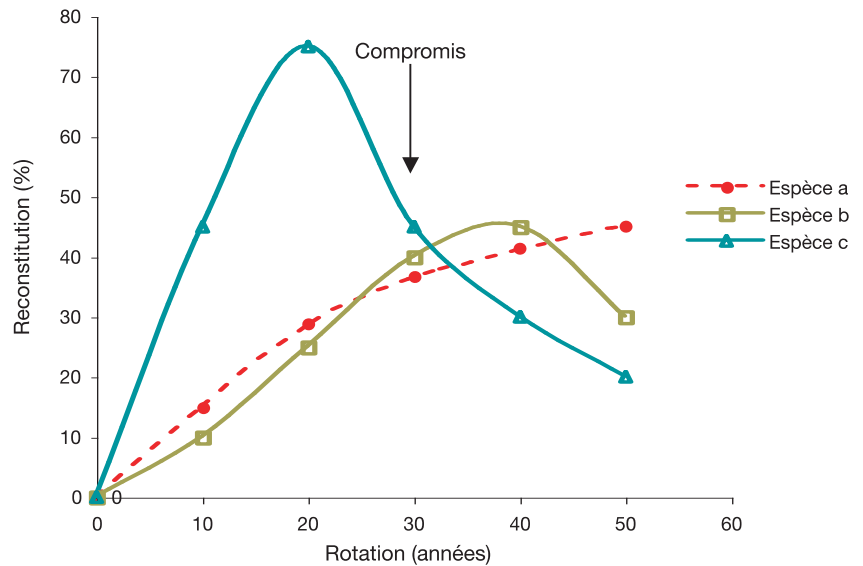


Figure 3.

Exemple de détermination de la rotation pour un peuplement de plusieurs espèces avec des courbes différentes de reconstitution.

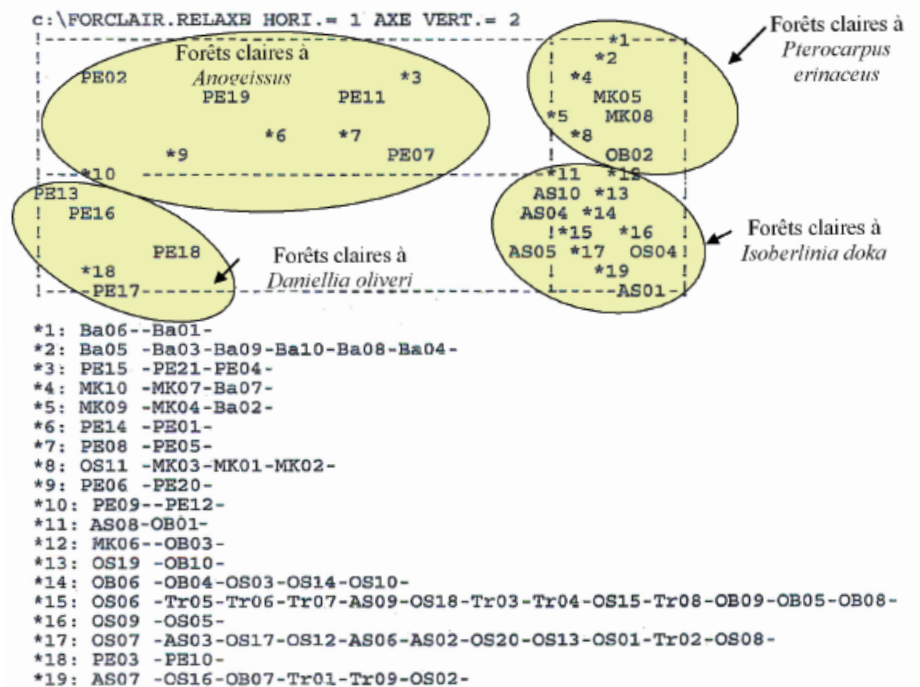


Figure 4.

Représentation dans le plan factoriel 1 et 2 des types de forêts claires dans le Nord-Bénin. PE : parc national de la Pendjari ; AS : forêt classée de l'Alibori supérieur ; OS : forêt classée de l'Ouémé supérieur ; MK : forêt classée des Monts-Kouffé ; OB : forêt classée de Ouénou-Bénuu ; TR : forêt classée des Trois-Rivières ; Ba : forêt classée de Bassila.

Tableau II.
Caractéristiques structurales des peuplements (dbh ≥ 10 cm)
de forêts claires du Nord-Bénin.

Type de forêt claire	Richesse spécifique	Densité des arbres/ha	Surface terrière (m ² /ha)
Forêt claire à <i>Anogeissus leiocarpus</i>	20	279	14,1
Forêt claire à <i>Daniellia oliveri</i>	15	186	27,9
Forêt claire à <i>Isobertinia doka</i>	47-60	349-376	7,6-36,4
Forêt claire à <i>Pterocarpus erinaceus</i>	101-106	498-523	12,1-14,4

l'Ouémé supérieur), avec une surface terrière moyenne de 36,4 m²/ha ;

- les forêts claires à *D. oliveri*, très productives, situées dans le parc national de la Pendjari au nord de la zone d'étude, de surface terrière moyenne égale à 27,9 m²/ha ;
- les forêts claires à *A. leiocarpus*, les forêts claires à *I. doka* et les forêts claires à *P. erinaceus*, moyennement productives et situées aussi bien au sud (Trois-Rivières, Ouénou-Bénou, Monts-Kouffé et Bassila) qu'au nord de la zone d'étude (parc national de

Tableau III.
Comparaison des moyennes des surfaces terrières (dbh ≥ 10 cm) des forêts claires du Nord-Bénin.

Type de forêt claire	Localisation	Latitude approximative des relevés	Pluviosité moyenne (mm/an)	Surface terrière moyenne (m ² /ha)
Forêt claire à <i>A. leiocarpus</i>	Parc national de la Pendjari	11°00-11°25 N	932	14,1 c
Forêt claire à <i>D. oliveri</i>	Parc national de la Pendjari	11°00-11°25 N	932	27,9 b
Forêt claire à <i>I. doka</i>	Ouémé supérieur	9°20-9°45 N	1 080-1 200	36,4 a
	Trois-Rivières	10°20-10°50 N		13,8 c
	Ouénou-Bénou	10°15-10°20 N		14,7 c
	Alibori supérieur	10°20-11°10 N		7,6 d
Forêt claire à <i>P. erinaceus</i>	Monts-Kouffé	8°30-8°50 N	1 148-1 200	12,1 c
	Bassila	8°55-9°00 N		14,4 c

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Tableau IV.
Diamètres minimaux d'exploitabilité et pourcentages de reconstitution des principales essences de valeur des forêts claires du Nord-Bénin (taux de mortalité = 10 % dans le peuplement).

Dme (cm)	Forêt claire à <i>Anogeissus leiocarpus</i>				Forêt claire à <i>Daniellia oliveri</i>					Forêt claire à <i>Isobertinia doka</i>						Forêt claire à <i>Pterocarpus erinaceus</i>						
	<i>A. leiocarpus</i>		<i>D. mespiliformis</i>		<i>A. leiocarpus</i>		<i>D. oliveri</i>		<i>P. kotschy</i>	<i>D. oliveri</i>		<i>I. doka</i>		<i>I. tomentosa</i>		<i>P. erinaceus</i>		<i>I. doka</i>		<i>P. erinaceus</i>		
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R		
25	-	-	-	-	1,2	19	0	25	0	20	-	-	-	-	-	-	0,5	30	34,3	15	4,1	30
35	38	19	3,9	25	11,9	19	0,06	25	2,5	20	72,4	25	6,8	15	12,9	15	1,74	30	59,9	15	7,6	30
45	156	19	1,9	25	-	-	0,6	25	3,8	20	-	-	23,6	15	80	15	5,9	30	-	-	7,6	30
55	-	-	-	-	-	-	1,1	25	4,1	20	-	-	30	15	-	-	14,9	30	-	-	3,3	30
65	-	-	-	-	-	-	5,6	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	10,8	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-	-	-	-	-	-	8,8	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les valeurs apparaissant en gras représentent les meilleurs résultats (pourcentage de reconstitution et rotation) pour chaque espèce.
P : pourcentage de reconstitution de la surface terrière ; R : rotation en nombre d'années.

la Pendjari), avec des surfaces terrières variant de 12,1 à 14,7 m²/ha ;

- les forêts claires à *I. doka*, les moins productives, situées au nord de la zone d'étude (forêt classée de l'Alibori supérieur), de surface terrière moyenne égale à 7,6 m²/ha.

Diamètre minimal d'exploitabilité

Le tableau IV présente les pourcentages de reconstitution obtenus pour chaque espèce en fonction des diamètres d'exploitabilité testés, et pour un taux de mortalité estimé à 10 % dans les peuplements. Les diamètres minimaux d'exploitabilité (Dme) obtenus sont globalement compris entre 35 et 75 cm.

Dans le cas de la forêt claire à *A. leiocarpus*, deux essences présentent un intérêt commercial : *A. leiocarpus* et *D. mespiliformis*. Les Dme induisant les pourcentages de reconstitution les plus élevés sont 45 cm pour *A. leiocarpus* et 35 cm pour *D. mespiliformis*, avec des rotations de 19 ans et de 25 ans respectivement. Avec ces Dme, les pourcentages de reconstitution des surfaces terrières sont respectivement de

156 % pour *A. leiocarpus* et 3,9 % pour *D. mespiliformis*.

Pour la forêt claire à *D. oliveri*, trois essences sont intéressantes : *A. leiocarpus*, *D. oliveri* et *P. kotschyi*. Les Dme induisant les meilleurs pourcentages de reconstitution pour ces espèces sont 35 cm pour *A. leiocarpus*, 75 cm pour *D. oliveri* et 55 cm pour *P. kotschyi*, avec des rotations de 19 ans, 25 ans et 20 ans respectivement pour chacune des trois espèces. Les pourcentages de reconstitution sont, dans ces conditions, de 11,9 % pour *A. leiocarpus*, 10,8 % pour *D. oliveri* et 4,1 % pour *P. kotschyi*.

S'agissant de la forêt claire à *I. doka*, quatre essences commercialisables ont été considérées : *D. oliveri*, *I. doka*, *I. tomentosa* et *P. erinaceus*. Les Dme induisant les meilleurs pourcentages de reconstitution pour ces espèces sont 35 cm pour *D. oliveri*, 55 cm pour *I. doka*, 45 cm pour *I. tomentosa* et 55 cm pour *P. erinaceus*, avec des rotations de 25 ans, 15 ans, 15 ans et 30 ans respectivement. Les pourcentages de reconstitution sont, dans ces conditions, de 72,4 % pour *D. oliveri*, 30 % pour *I. doka*, 80 % pour *I. tomentosa* et 14,9 % pour *P. erinaceus*.

Enfin, en ce qui concerne la forêt claire à *P. erinaceus*, deux essences présentent un intérêt commercial : *P. erinaceus* et *I. doka*. Le Dme induisant les meilleurs pourcentages de reconstitution est 35 cm pour les deux espèces, avec des rotations de 30 ans et 15 ans respectivement. Les pourcentages de reconstitution sont, dans ces conditions, de 7,6 % pour *P. erinaceus* et 59,9 % pour *I. doka*.

En réduisant le taux de mortalité à 5 % (tableau V), on obtient les mêmes Dme que précédemment, avec toutefois de meilleurs taux de reconstitution des peuplements, à une exception près (*D. oliveri* dont le Dme passe à 85 cm au niveau de la forêt claire à *Daniellia*).

Durée de la rotation

Les figures 5 et 6 présentent les courbes de reconstitution des espèces en fonction de la rotation pour chaque type de forêt claire.

Pour un taux de mortalité annuel de 10 % (figure 5), les pourcentages de reconstitution optimaux sont obtenus avec les rotations suivantes :

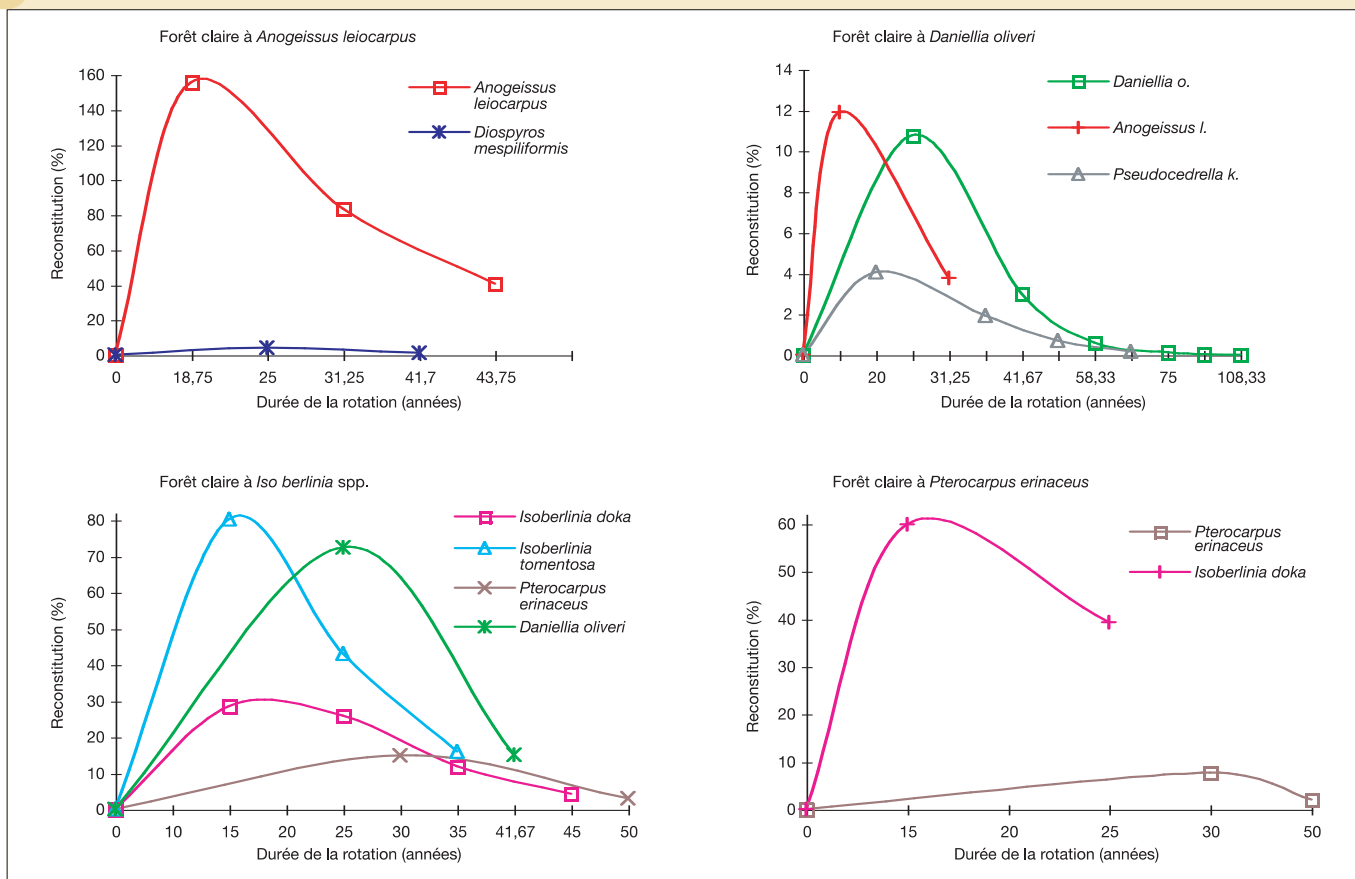
- 25 ans dans le cas des forêts claires à *A. leiocarpus*, avec un pourcentage

Tableau V.

Diamètres minimaux d'exploitabilité des principales essences de valeur des forêts claires du Nord-Bénin avec un taux de mortalité de 5 %.

Espèce	Forêt claire à <i>Anogeissus</i>	Forêt claire à <i>Daniellia</i>	Forêt claire à <i>Isoberlinia</i>	Forêt claire à <i>Pterocarpus</i>
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	45 cm (420 % en 25 ans)	35 cm (30 % en 30 ans)	–	–
<i>Daniellia oliveri</i>	–	85 cm (12 % en 30 ans)	35 cm (240 % en 25 ans)	–
<i>Diospyros mespiliformis</i>	35 cm (10 % en 25 ans)	–	–	–
<i>Isoberlinia doka</i>	–	–	55 cm (180 % en 25 ans)	35 cm (145 % en 25 ans)
<i>Isoberlinia tomentosa</i>	–	–	45 cm (90 % en 25 ans)	–
<i>Pseudocedrela kotschyi</i>	–	55 cm (8 % en 30 ans)	–	–
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	–	–	55 cm (50 % en 25 ans)	45 cm (20 % en 25 ans)

Les pourcentages de reconstitution et les rotations correspondantes sont entre parenthèses.

**Figure 5.**

Courbes de reconstitution des principales essences de valeur des forêts claires du Nord-Bénin, en fonction de la rotation, avec un taux de mortalité de 10.

moyen de reconstitution des surfaces terrières des espèces égal à 64,5 % (*A. leiocarpus*, 125 % ; *D. mespiliformis*, 3,9 %) ;

- 20 ans dans le cas des forêts claires à *D. oliveri*, avec un pourcentage moyen de reconstitution des surfaces terrières des espèces égal à 7,4 % (*D. oliveri*, 8 % ; *A. leiocarpus*, 10,25 % ; *P. kotschy*, 4 %) ;

- 20 ans dans le cas des forêts claires à *I. doka*, avec un pourcentage moyen

de reconstitution des surfaces terrières des espèces égal à 42 % (*I. doka*, 28 % ; *I. tomentosa*, 70 % ; *P. erinaceus*, 10 % ; *D. oliveri*, 60 %) ;

- 17 ans dans le cas des forêts claires à *P. erinaceus*, avec un pourcentage moyen de reconstitution des surfaces terrières des espèces égal à 31,5 % (*P. erinaceus*, 3 % ; *I. doka*, 60 %).

En réduisant le taux de mortalité annuel à 5 % (figure 6), et pour des rotations identiques au cas précédent,

les pourcentages de reconstitution de la surface terrière sont nettement plus élevés pour tous les peuplements ; soit, en moyenne, 215 % pour la forêt claire à *Anogeissus*, 17 % pour la forêt claire à *Daniellia*, 140 % pour la forêt claire à *Isobertia* et 82,5% pour la forêt claire à *Pterocarpus*. Ces pourcentages de reconstitution s'améliorent encore avec des rotations un peu plus longues.

Tableau VI.

État de la régénération naturelle dans les forêts claires du Nord-Bénin.

Type de forêt claire	Densité des brins à l'hectare 1 ≤ dbh < 5 cm	Densité des perchis à l'hectare 5 ≤ dbh < 10 cm	Total
Forêt claire à <i>Isobertia doka</i>	174-394	130-645	304-1 039
Forêt claire à <i>Pterocarpus erinaceus</i>	392-793	591-673	983-1 466
Forêt claire à <i>Daniellia oliveri</i>	329	73	402
Forêt claire à <i>Anogeissus leiocarpus</i>	600	136	736

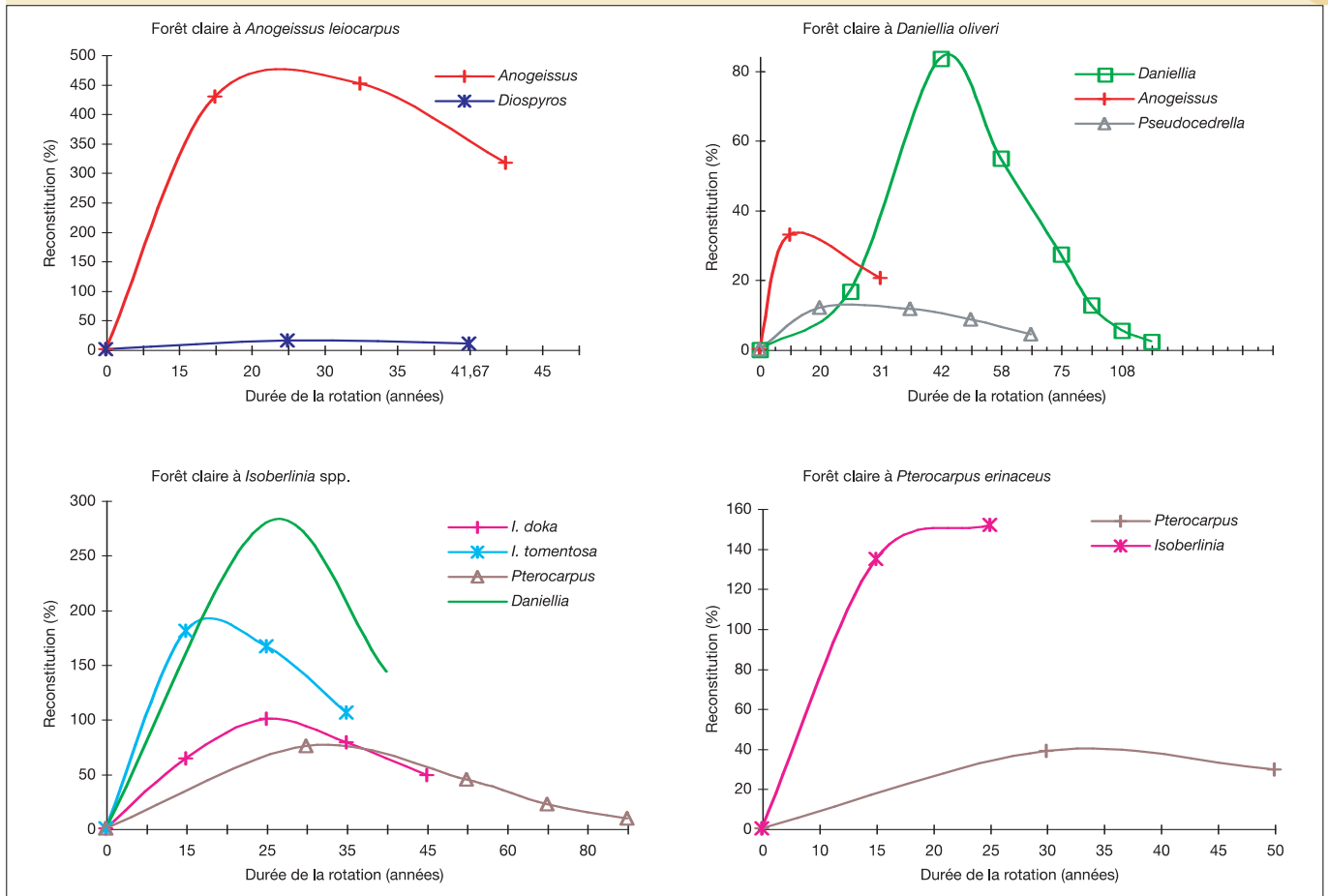


Figure 6.

Courbes de reconstitution des principales essences de valeur des forêts claires du Nord-Bénin, en fonction de la rotation, avec un taux de mortalité de 5 %.

Régénération naturelle des forêts claires

Le tableau VI donne l'état de la régénération naturelle dans les différentes forêts claires du Nord-Bénin. La densité de la régénération (dbh < 10 cm) dans les forêts claires varie de 304 à 1 466 tiges par hectare. Le tableau VII présente la densité des brins et perchis des principales espèces. Les espèces présentant les densités de régénération les plus importantes sont *D. mespiliformis* (36,7 %), *A. leiocarpus* (21,6 %), *I. doka* (10,3 %) et *Uapaca togoensis* (10,2 %). La régénération de *P. erinaceus* ne représente que 6,7 %, celles de *D. oliveri* 6,6 %, *I. tomentosa* 5,4 %, *P. africana* 1,6 %, *A. africana* 0,8 % et *P. koschyi* 0,2 %. La qualité de la régénération naturelle, indiquée par la proportion en essences de valeur, est faible pour l'ensemble de ces forêts.

Discussion

Facteurs du milieu et répartition des forêts claires

Les facteurs du milieu tels que la pluviosité, l'hydromorphie et les types de sols sont déterminants pour expliquer les variations de la composition floristique et de la surface terrière observées dans les forêts claires du Nord-Bénin. Le milieu écologique favorable aux forêts claires à *A. leiocarpus* se situe à l'extrémité nord du pays, plus sec, tandis que les forêts claires à *P. erinaceus* sont plus abondantes au centre du Bénin (extrémité sud de la zone d'étude), plus humide. Les forêts claires à *Isoberlinia* sont présentes dans l'ensemble de la zone étudiée mais *I. doka* est plus abondant au sud et au centre de la zone

d'étude et il est progressivement remplacé par *I. tomentosa* qui domine le faciès à partir de la latitude 11° et sur les dalles latéritiques.

Selon WHITE (1983), il convient de diviser les forêts claires soudanaises en deux types, bien que leurs différences floristiques ne puissent être différenciées : les forêts claires plus humides du sud à dominance d'*I. doka* et les forêts claires plus sèches du nord se caractérisant par l'absence d'*I. doka*. Au nord du Nigeria, la forêt claire à *A. leiocarpus* est la végétation la plus étendue dans la réserve forestière de Zamfara à l'ouest de Katsina, avec une pluviosité d'environ 700 mm par an. Au sud de cette zone, on rencontre des forêts claires plus humides à dominance d'*I. doka*.

Tableau VII.
Densité de régénération naturelle des espèces nobles dans les forêts claires du Nord-Bénin.

Espèce	Densité des brins à l'hectare 1 ≤ dbh < 5 cm	Densité des perchis à l'hectare 5 ≤ dbh < 10	Total	
			Nombre	(%)
<i>Diospyros mespiliformis</i>	289	57	346	36,7
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	107	97	204	21,6
<i>Isobertia doka</i>	26	71	97	10,3
<i>Uapaca togoensis</i>	19	77	96	10,2
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	12	51	63	6,7
<i>Daniellia oliveri</i>	15	47	62	6,6
<i>Isobertia tomentosa</i>	13	38	51	5,4
<i>Prosopis africana</i>	9	6	15	1,6
<i>Azelia africana</i>	4	4	8	0,8
<i>Pseudocedrela kotschyii</i>	2	–	2	0,2
Total	506	448	954	100

Productivité

La pluviosité influence vraisemblablement la productivité des forêts claires du Nord-Bénin. Les forêts claires les plus productives (36,4 m²/ha) se situent dans les régions les plus arrosées de la zone d'étude tandis que les moins productives (7,6 m²/ha) se trouvent très au nord et dans les stations plus sèches. La composition floristique semble aussi influencer sur la productivité des forêts claires. Dans une même zone, les forêts claires à *Anogeissus* ont une surface terrière nettement inférieure (14,1 m²/ha) à celle des forêts claires à *D. oliveri* (27,9 m²/ha). Cependant, en dehors des cas très extrêmes, la majorité des forêts claires du Bénin a une surface terrière voisine de 14 m²/ha. Selon MALAISSE (1982), les valeurs de surface terrière des forêts claires du Shaba se situent entre 15 et 25 m²/ha. DEVINEAU (1984) a obtenu pour les forêts claires de la région de Ouango-Fitini (Côte d'Ivoire), en zone soudanienne, une surface terrière moyenne de 10,8 m²/ha. Dans l'ensemble, pour les zones soudanienues et guinéennes, on note une grande variabilité en ce qui concerne la surface terrière des forêts claires, qui se situe entre 10 et 25 m²/ha.

Dme, périodicité de coupe et exploitation durable

Au Bénin, comme dans beaucoup d'autres pays de la sous-région, les Dme et la périodicité de coupe ont souvent été fixés par l'administration forestière, de façon empirique. Il arrive que les prescriptions ne soient pas compatibles avec l'équilibre naturel des essences forestières. Ainsi, par exemple, le plan d'aménagement de la forêt classée de Pénésoulou, dans la région de Bassila (Bénin), prévoyait une rotation de 10 ans (PRRF, 1998) tandis que des études dans la même région estiment la rotation à 22 ans, sur la base de la structure diamétrique et de la dynamique de croissance des espèces de cette région (SOKPON, BIAOU, 2002).

Les Dme obtenus pour les forêts claires du Nord-Bénin sont inférieurs à ceux fixés par la Société des forêts (Sodefor) dans le cadre de l'aménagement de la forêt de Badénu en Côte d'Ivoire (60 cm pour les essences de savanes boisées et arborées et 50 cm pour *I. doka*). Toutefois, la périodicité de coupe (17 à 25 ans) est du même

ordre que celles pratiquées en Afrique de l'Ouest, notamment 20 à 30 ans (BELLEFONTAINE *et al.*, 1997). Par ailleurs, dans les forêts claires du Bénin, les essences telles que *D. mespiliformis*, *Pseudocedrela kotschyii*, *D. oliveri* et *P. erinaceus* présentent des probabilités de reconstitution très faibles. L'aménagement devra leur prêter une attention particulière.

Régénération naturelle et reconstitution des peuplements

Pour beaucoup d'espèces, la régénération naturelle, comme c'est le cas de la plupart des forêts tropicales, est faible dans les forêts claires du Nord-Bénin et la proportion des essences de valeur dans la régénération également. Seules *D. mespiliformis* et *A. leiocarpus* possèdent une régénération naturelle abondante. Les essences telles que *A. africana* et *P. erinaceus* subissent pendant la saison sèche une forte pression de la part des éleveurs, qui coupent les branches, ce qui compromet dangereusement leur fructification et leur régénération.

Références bibliographiques

Les forêts claires sont également la proie des feux de brousse en saison sèche. C'est surtout la strate sous-arbustive et herbacée qui est souvent décimée par les feux. À l'arrivée des premières pluies, on assiste à des rejets de souches sous forme de touffes, très appétissantes pour le bétail et la faune sauvage. Les effets combinés des feux et du pâturage induisent une mortalité très élevée lors de la régénération, compromettant sérieusement le recrutement des espèces dans le peuplement. L'aménagement des forêts claires du Bénin nécessitera donc un enrichissement des peuplements et une bonne gestion des feux et pâturages.

Conclusion

Ce travail nous a permis d'examiner les bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin. Au total, quatre types de forêts claires ont été identifiés, notamment la forêt claire à *I. doka*, la forêt claire à *D. oliveri*, la forêt claire à *A. leiocarpus* et la forêt claire à *P. erinaceus*. Les caractéristiques structurales de ces forêts montrent que la richesse spécifique des ligneux varie de 15 à 106 espèces. La densité des arbres (dbh \geq 10 cm) varie quant à elle de 186 à 523 tiges/ha et la surface terrière de 7,6 à 36,4 m²/ha. Les diamètres minimaux de coupe des essences varient de 35 à 75 cm. La pluviosité et les conditions stationnelles (hydromorphie et type de sol) expliqueraient mieux la variabilité observée quant aux caractéristiques structurales des forêts claires. La rotation pour les principales essences exploitables oscille entre 15 et 30 ans, avec toutefois des taux de reconstitution faibles pour de nombreuses espèces. Du fait des faibles probabilités de reconstitution et de l'insuffisance de la régénération naturelle pour beaucoup d'essences, l'aménagement durable de ces forêts nécessitera leur enrichissement en essences de valeur et l'imposition de mesures restrictives concernant l'exploitation d'espèces telles que *P. erinaceus*, *P. kotschy*, *D. oliveri* et *D. mespiliformis*, afin de garantir leur pérennité dans le peuplement.

BELLEFONTAINE R., GASTON A., PETRUCCIY., 1997. Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Rome, Italie, Fao, 316 p.

DEVINEAU J.-L., 1984. Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest Africain (Côte d'Ivoire). Station d'écologie tropicale de Lamto. Programme Mab Savanes n° 5, 295 p.

DJODJOUWIN L., CLECH A., 1991. Inventaire des plantations de 1988. Projet de Restauration des Ressources Forestières dans la Région de Bassila. Section Recherche, Étude et Planification. Bassila, Bénin, Prff, 106 p.

DURRIEU DE MADRON L., FORNI E., 1997. Aménagement forestier dans l'est du Cameroun : structure du peuplement et périodicité d'exploitation. Bois et Forêts des Tropiques, 254 (4) : 39-49.

GOUNOT M., 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Paris, France, Masson, 314 p.

INRAB, 1995. Fiche technique sols et forêts. Les sols et leurs potentialités agricoles, les essences forestières. Cotonou, Bénin, Institut national des recherches agricoles du Bénin, 69 p.

MALAISSÉ F., 1979. L'écosystème miombo. In : Écosystèmes forestiers tropicaux. Unesco/Pnue/Fao, p. 641-659.

MALAISSÉ F., 1982. Comparison on the woody structure in a regressive Zambezi succession : dry evergreen forest – open forest – wooded savanna (Luiswishi, Shaba, Zaïre). Geo-Eco-Trop, 6 : 309-350.

PRRF (Projet de restauration des ressources forestières dans la région de Bassila), 1998. Plan d'aménagement participatif de la forêt classée de Pénésoulou. Dfrn, Mdr-Gtz-Luso consult, 85 p.

SOKPON N., BIAOU S. H., 2002. The use of diameter distributions in sustained-use management of remnant forests in Benin : case of Bassila forest reserve in North Benin. Forest Ecology and Management, 161 : 13-25.

WHITE F., 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memory to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO. Vegetation map of Africa. Paris, France, Unesco, 356 p.



Effets nocifs du feu sur la régénération et les peuplements d'arbres de la forêt classée de Ouénou-Bénou. Bembérékè. Photo H. Biaou, janvier 2004.



Forêt claire à *Isobertinia doka* à Bassila, en période de végétation. Le sous-bois comporte beaucoup de rejets et de semis qui seront malheureusement brûlés à la prochaine saison sèche. Photo H. Biaou, juillet 2003.