

La production de bois d'énergie dans les jachères au Mali

Yves NOUVELLET

Cirad-forêt
Représentation du Mali
BP 1813, Bamako
Mali

Malick Ladj SYLLA

Institut polytechnique rural
BP 6, Katibougou
Mali

Amadou KASSAMBARA

Cellule combustibles ligneux
Stratégie énergie domestique
BP 275, Bamako
Mali

Le Mali développe une politique énergétique qui vise, par une exploitation raisonnée des ressources, à prévenir les risques environnementaux de désertification. La présente étude s'inscrit dans cette stratégie en proposant une méthode d'évaluation de la ressource ligneuse des jachères à l'échelle régionale.



Forêt à *Isobertinia doka*. Environs de Bougouni, sud du Mali.
Isobertinia doka forest. Near Bougouni, southern Mali.
Photo Y. Nouvellet.

RÉSUMÉ

LA PRODUCTION DE BOIS D'ÉNERGIE
DANS LES JACHÈRES AU MALI

Au Mali, le bois de feu et le charbon de bois représentent 90 % de la consommation énergétique nationale. Le prélèvement de bois à des fins énergétiques, effectué pour une partie non négligeable dans les jachères, approchait 6 millions de tonnes en 2000. Cette évaluation de la productivité des jachères, menée dans le cadre de la Stratégie énergie domestique, a porté sur cinq sites du sud du Mali. Des premiers résultats, il ressort que *Vitellaria paradoxa* et *Lannea acida* sont les espèces les plus fréquentes du parc arboré, que *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma reticulatum* et *Entada africana* sont les arbres les plus courants dans les jachères, enfin que la régénération des ligneux est dominée par *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*. La densité à l'hectare oscille, selon les sites, entre 222 arbres (à Fana) et 334 arbres (à Cinzana), excepté dans la zone cotonnière de Kougnana où elle est nettement plus faible. La productivité moyenne des jachères (estimée hors arbres de parc par régression polynomiale) est de 0,12 m³/ha/an pour l'ensemble des sites, à l'exception de Kougnana (résultat non significatif). Le stock de bois sur pied a été estimé par classe d'âge ; il progresse de 7,0 m³/ha (0-5 ans) jusqu'à 12,5 m³/ha (11-15 ans), puis descend à 12,1 m³/ha au-delà de 20 ans. Ces résultats vont permettre d'actualiser les schémas directeurs d'approvisionnement en bois d'énergie du Mali.

Mots-clés : jachère, inventaire, tarif de cubage, productivité, Mali.

ABSTRACT

FUELWOOD PRODUCTION IN
FALLOW CROPLAND IN MALI

In Mali, fuelwood and charcoal supply 90% of national energy needs. Total timber extraction for energy amounted to almost 6 million tonnes in 2000, much of which was from fallow croplands. This figure for fallow cropland productivity was estimated for the Domestic Energy Strategy from surveys carried out in five sites in southern Mali. Preliminary results show that *Vitellaria paradoxa* and *Lannea acida* are the most common species in parkland areas, that *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma reticulatum* and *Entada africana* are the most common in fallow lands and that regeneration is predominantly among *Guiera senegalensis* and *Combretum glutinosum*. Density per hectare varies from 222 trees (at Fana) to 334 trees (at Cinzana), except in the Kougnana cotton-growing area where the figure is much lower. Average estimated productivity for fallow lands (by polynomial regression excluding parkland trees) amounts to 0.12 m³/ha/year for all sites except Kougnana (result not significant). Standing timber stocks are estimated by age category as follows: 7.0 m³/ha for the 0-5 year category, rising to 12.5 m³/ha for the 11-15 year category, then dropping to 12.1 m³/ha for trees more than 20 years old. These results should help to update masterplans for fuelwood supplies in Mali.

Keywords: fallow, inventory, tree volume table, productivity, Mali.

RESUMEN

PRODUCCIÓN DE LEÑA
EN BARBECHOS EN MALÍ

La leña y el carbón vegetal representan el 90% del consumo energético nacional en Malí. De los casi 6 millones de toneladas de madera extraída en 2000 con fines energéticos, una parte nada desdeñable se obtiene en barbechos. Esta evaluación de la productividad de los barbechos, realizada en el marco del plan *Stratégie Énergie Domestique*, comprendía cinco áreas del sur de Malí. De los primeros resultados, se desprende que *Vitellaria paradoxa* y *Lannea acida* son las especies más frecuentes del arbolado; que *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma reticulatum* y *Entada africana* son los árboles más corrientes en los barbechos y, por último, que la regeneración de los leñosos está dominada por *Guiera senegalensis* y *Combretum glutinosum*. La densidad por hectárea varía, según las áreas, entre 222 árboles (en Fana) et 334 árboles (en Cinzana), con excepción de la zona algodonera de Kougnana en donde es mucho más baja. La productividad media de los barbechos (estimada exceptuando árboles de parque mediante regresión polinómica) es de 0,12 m³/ha/año en todas las áreas, con excepción de Kougnana (resultado no significativo). Se estimaron las existencias de madera en pie por clases de edad; aumentan de 7,0 m³/ha (0-5 años) hasta 12,5 m³/ha (11-15 años), para bajar a 12,1 m³/ha a partir de 20 años. Estos resultados van a permitir actualizar los planes de ordenación de suministro de leña en Malí.

Palabras clave: barbecho, inventario, tarifa de cubicación, productividad, Malí.

Introduction

Au Mali, le bois d'énergie – bois de feu et charbon de bois, essentiellement utilisés pour la cuisson des aliments, la restauration rapide (riz, brochettes, grillades...), la cuisson des poteries et le chauffage en période froide – fournit 90 % de l'énergie consommée dans les centres urbains. Le bois, combustible principal depuis toujours, est maintenant supplanté par le charbon de bois dans la ville de Bamako (en 1989, 11 % des ménages utilisaient le charbon de bois comme combustible principal, 18 % en 1995 et plus de 60 % en 2000). Le commerce du bois et du charbon de bois génère au Mali un chiffre d'affaires annuel d'environ 20 milliards de Fcfa (30,5 millions d'euros), soit autant que le produit des ventes d'électricité. Il est une source de revenus souvent indispensables pour de nombreux ruraux et citadins.

Afin de ne pas s'acheminer vers une crise du bois de feu, le Mali développe, depuis 1996, une politique énergétique : la Stratégie énergie domestique (Sed). Elle vise notamment à organiser le marché du bois en équilibrant, autant que faire se

peut, l'offre et la demande. Elle souhaite ainsi, par une exploitation raisonnée des ressources, prévenir au mieux les risques environnementaux de désertification.

L'essentiel du bois est exploité dans le domaine forestier¹ mais on constate un fort prélèvement dans le domaine agricole, notamment dans les jachères. En Afrique tropicale, le système d'utilisation des terres consiste en une phase de culture suivie d'un abandon cultural dès qu'une baisse de rendement des cultures se fait sentir (en raison d'une baisse de fertilité ou de l'invasion par des adventices ou par des parasites). La phase de jachère (de dix à trente ans, selon le climat) qui suit la culture permet la remontée de la fertilité, grâce à un retour à la savane arbusculaire ou arborée (FLORET, PONTANIER, 2000).

Si des modèles mathématiques ont été élaborés pour la détermination de la productivité des peuplements forestiers (CLÉMENT, 1982 ; SYLLA, NOUVELLET, 2001), il n'en est pas de même pour les jachères qui, cependant, contribuent largement à l'approvisionnement des populations

en combustibles ligneux. Il est donc apparu nécessaire, pour la Sed du Mali, de disposer d'informations fiables sur le mode de croissance de ces jachères. La présente étude s'inscrit dans les préoccupations de la Sed ; elle donne les bases d'une méthode d'évaluation de la ressource ligneuse des jachères à l'échelle régionale.

Des études suivant le même protocole ont été menées à Néguela (SAMAKE, 1998), Ouélessébougou (COULIBALY, 1998), Fana (SERITA, 1998 ; BAUDU, 1998), Cinzana (DIARRA, 1998 ; NOUVELLET *et al.*, 2000) et Kougnana (DRAMÉ, 1998) pour déterminer la productivité des jachères de ces régions. Les résultats obtenus seront utilisés pour actualiser les schémas directeurs d'approvisionnement en bois d'énergie des villes de Bamako, Ségou et Koutiala.

¹ Le domaine forestier national comprend les terrains dont les produits exclusifs ou principaux sont le bois d'œuvre, le bois de service, le bois de feu, les terres à vocation forestière, boisées ou non, les terrains soustraits au défrichement pour des raisons de protection, les jachères anciennes de 10 ans et plus, les bois sacrés et les lieux protégés dans un but socio-religieux. Loi n° 95-004 du 18 janvier 1995.

Régénération de *Piliostigma thonningii*, âgés d'un an, sous des karités (*Vitellaria paradoxa*). Cinzana.
One year-old *Piliostigma thonningii* regenerating under shea trees (*Vitellaria paradoxa*). Cinzana.
Photo Y. Nouvellet.



Zone d'étude

La zone d'étude, située entre les 12° et 13° de latitude nord et les 5° et 9° de longitude ouest, est baignée par le fleuve Niger et son affluent principal le Bani (carte 1).

Cette zone concentre une population importante, principalement dans les villes de Bamako (plus d'un million d'habitants), Ségo (91 000 habitants) et Koutiala (74 000 habitants), qui s'approvisionnent en combustible ligneux dans l'ensemble de la zone.

La population rurale pratique principalement l'agriculture (coton, sorgho, mil...), l'élevage (bovins, ovins et caprins), la pêche dans les deux grands cours d'eau, l'exploitation du bois, la production de charbon de bois, l'artisanat et le commerce.

Le climat est de type soudano-sahélien, caractérisé par une courte saison humide et une longue saison sèche. La pluviosité annuelle varie entre 650 et 950 mm.

La végétation a été fortement modifiée par l'agriculture, qui a transformé les formations forestières en parcs de type parc arboré ou arbustif. On y rencontre principalement *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., *Lannea acida* A. Rich. et *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex-G. Don dans l'étage dominant et *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Acacia seyal* Del., *Guiera senegalensis* J.F. Gmel., *Combretum glutinosum* Perr. ex-DC., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. ex-Perr. et *Pterocarpus lucens* Guill. et Perr. dans l'étage dominé.

Méthodologie

Les objectifs de ce travail peuvent se résumer de la façon suivante : déterminer la vitesse d'accroissement des essences par classe d'âge des jachères ; caractériser la régénération des jachères par classe d'âge.

La démarche méthodologique comporte trois phases :

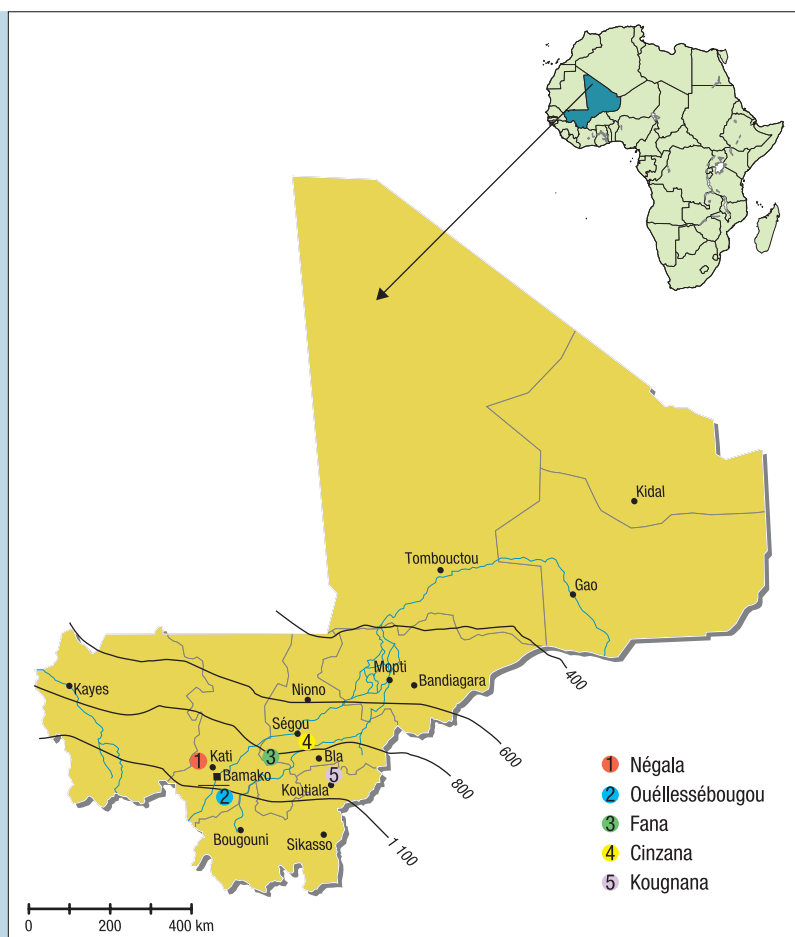
- la collecte du matériel d'inventaire et de cubage ;
- l'inventaire proprement dit et le cubage ;
- le dépouillement, le traitement et l'analyse des données.

Plan de sondage

Le mode de sondage retenu est un échantillonnage systématique à deux degrés : cinq classes d'âge (0-5 ans, 6-10 ans, 11-15 ans, 16-20 ans et plus de 20 ans) dans chaque site et échantillonnage par layon (figure 1). Il a l'avantage de couvrir, pour une classe d'âge de jachère donnée, toute la zone. Le nombre de placeaux d'inventaire à installer par classe d'âge a été fixé à 30, soit un total de 150 unités d'échantillonnage pour les cinq classes dans chaque site.

Le premier layon débute à cent pas de la limite de la jachère pour pallier les effets de bordure et il a pour direction la longueur de la parcelle. Les autres layons sont parallèles au premier et distants les uns des autres de 200 m. Deux placettes consécutives sont espacées de 100 m. Avec une distance de 200 m entre les placettes, on a obtenu une surface de maille de 4 ha. Le taux de sondage théorique est de 3 %.

Dans chaque village, les villageois indiquent les différentes jachères de leur terroir. Ils évaluent l'âge suivant leurs repères chronologiques propres : les événements historiques, l'âge d'une personne jeune ou vieille...



Carte 1.

Situation des cinq sites de l'étude, au Mali, et courbes des isohyètes (précipitations, en mm/an).

Location of the five survey sites in Mali, with isopluvial curves (rainfall in mm/year).

Phase pratique

Inventaire forestier

Sur les placettes de 1 250 m² (25 x 50 m), les tiges ayant une circonférence à 1,30 m supérieure ou égale à 10 cm sont inventoriées par espèce (grosses tiges). Les circonférences sont mesurées à la base des tiges et à 1,30 m à l'aide d'un ruban de couturier. La hauteur totale est estimée à l'aide d'une perche de mesure ou « à l'œil ».

Sur les placettes de 10 x 30 m, implantées au centre des précédentes, sont recensées par espèce toutes les autres tiges de plus petites dimensions (petites tiges).

Cubage

Les tiges abattues pour la réalisation du tarif de cubage, sans distinction d'espèces, sont des « arbres de jachère » ; elles ont été choisies strictement au hasard, à l'exclusion des arbres de parc (*Parkia biglobosa* ou néré, *Vitellaria paradoxa* ou karité,

Lannea microcarpa ou raisinier). Elles ont fait l'objet des mesures suivantes :

- la circonférence à la base ;
- la circonférence au milieu de la tige ;
- la longueur depuis la base jusqu'à la découpe 10 cm.

Le volume sur écorce de chaque arbre exploité est calculé en utilisant la formule de Newton :

$$V = \Pi h / 24 (d_o^2 + d_f^2 + 4d_m^2)$$

ou

$$V = h / 24 \Pi (c_o^2 + c_f^2 + 4c_m^2)$$

Avec :

- d_o ou c_o = diamètre ou circonférence à la base (en cm) ;
- d_f ou c_f = diamètre ou circonférence à la découpe (en cm) ;
- d_m ou c_m = diamètre ou circonférence au milieu de la tige (en cm) ;
- h = hauteur à la découpe 10 cm de circonférence (en cm).

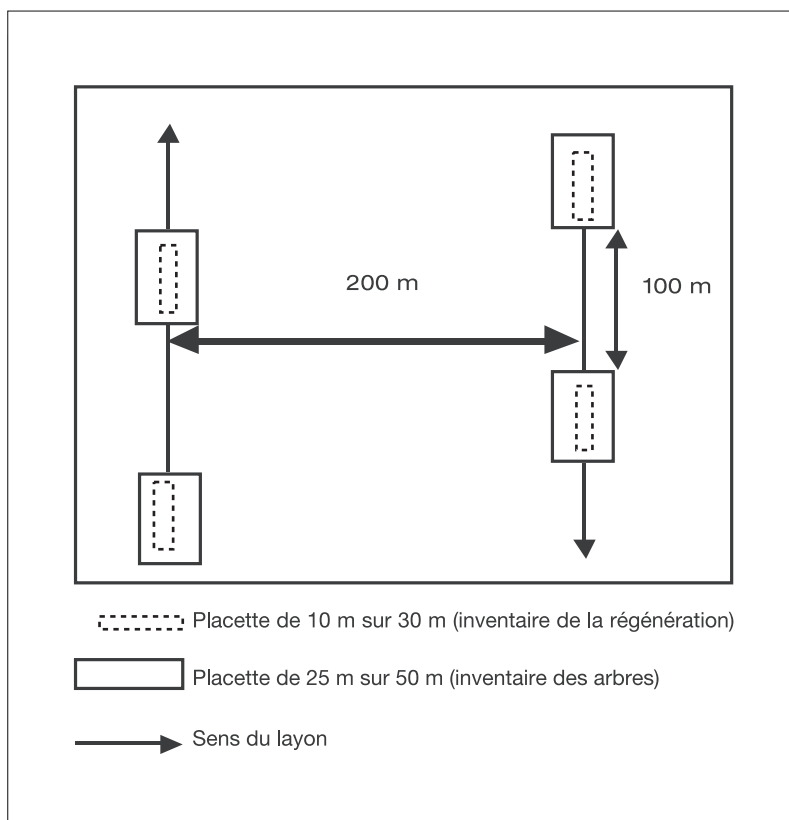


Figure 1.
Schéma de l'échantillonnage d'une jachère.
Sampling diagram for fallow lands.



Jachère de cinq à dix ans avec exploitation fourragère d'*Acacia seyal*, avant la remise en culture. Cinzana, centre du Mali.
5-10 year fallow with *Acacia seyal* used for grazing, before reconversion to crop growing. Cinzana, center of Mali.
Photos Y. Nouvellet.





Parc à karités et à nérés. San, centre du Mali.
Parkland with shea and African locust trees. San, center of Mali.
Photo Y. Nouvellet.

Résultats

Essences et densité des arbres par classe d'âge

Les jachères inventoriées présentent une grande diversité floristique. Les espèces les plus fréquentes sont différentes d'une classe d'âge à l'autre (tableau I). *Vitellaria paradoxa* est présente sur la moitié des parcelles inventoriées, accompagnée de *Combretum glutinosum* et *Entada africana*. La régénération est abondante et caractérisée par la présence de *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Acacia macrostachya*.

La densité des arbres varie selon la classe d'âge et le site (tableau II). Le terroir de Kougnana (région de Koutiala) est situé dans le berceau de la production cotonnière du Mali, l'ensemble de l'espace étant cultivé à l'aide d'une mécanisation moderne (tracteur ou attelage bovin). Les

Tableau I.
Essences les plus fréquentes.

Classe d'âge (ans)	Parc	F (%)	Arbres de jachère	F (%)	Régénération	F (%)
0-5	<i>Vitellaria paradoxa</i>	59	<i>Piliostigma reticulatum</i>	34	<i>Piliostigma reticulatum</i>	59
	<i>Lannea acida</i>	18	<i>Acacia macrostachya</i>	22	<i>Guiera senegalensis</i>	52
	<i>Parkia biglobosa</i>	14	<i>Combretum glutinosum</i>	18	<i>Combretum glutinosum</i>	48
			<i>Annona senegalensis</i>	16	<i>Dicrostachys cinerea</i>	38
			<i>Terminalia laxiflora</i>	16	<i>Securinea virosa</i>	37
6-10	<i>Vitellaria paradoxa</i>	54	<i>Entada africana</i>	48	<i>Guiera senegalensis</i>	58
	<i>Lannea acida</i>	31	<i>Combretum glutinosum</i>	42	<i>Combretum glutinosum</i>	47
	<i>Terminalia macroptera</i>	18	<i>Piliostigma reticulatum</i>	42	<i>Entada africana</i>	35
			<i>Acacia macrostachya</i>	38	<i>Annona senegalensis</i>	34
			<i>Cassia sieberiana</i>	37	<i>Piliostigma reticulatum</i>	33
11-15	<i>Vitellaria paradoxa</i>	45	<i>Combretum glutinosum</i>	48	<i>Combretum glutinosum</i>	48
	<i>Lannea acida</i>	41	<i>Acacia macrostachya</i>	28	<i>Guiera senegalensis</i>	45
	<i>Terminalia macroptera</i>	33	<i>Acacia seyal</i>	23	<i>Annona senegalensis</i>	38
			<i>Detarium microcarpum</i>	23	<i>Piliostigma reticulatum</i>	36
			<i>Piliostigma reticulatum</i>	23	<i>Vitellaria paradoxa</i>	34
16-20	<i>Vitellaria paradoxa</i>	44	<i>Combretum glutinosum</i>	48	<i>Guiera senegalensis</i>	46
	<i>Lannea acida</i>	44	<i>Entada africana</i>	46	<i>Combretum glutinosum</i>	44
	<i>Terminalia macroptera</i>	35	<i>Acacia macrostachya</i>	37	<i>Acacia macrostachya</i>	43
			<i>Acacia seyal</i>	31	<i>Piliostigma reticulatum</i>	37
			<i>Cassia sieberiana</i>	23	<i>Entada africana</i>	36
> 20	<i>Vitellaria paradoxa</i>	44	<i>Combretum glutinosum</i>	57	<i>Combretum glutinosum</i>	55
	<i>Lannea acida</i>	44	<i>Entada africana</i>	44	<i>Acacia macrostachya</i>	41
	<i>Terminalia macroptera</i>	31	<i>Acacia macrostachya</i>	43	<i>Guiera senegalensis</i>	39
			<i>Guiera senegalensis</i>	35	<i>Detarium microcarpum</i>	34
			<i>Piliostigma reticulatum</i>	29	<i>Entada africana</i>	30

F : fréquence des individus dans les parcelles ou placettes.

arbres de toutes tailles ont pratiquement disparu, dans un paysage ouvert sans parc. Dans les quatre autres terroirs, la densité augmente jusqu'à 10 ans (particulièrement à Fana), puis se stabilise entre 200 et 400 tiges par hectare à partir de 10 ans.

Tarif de cubage et productivité

Deux types de régression ont été calculés (régressions du premier et du second degré). Les tarifs élaborés s'expriment sous la forme :

- $y = ax^2 + bx + c$ (polynomial) ;
- $y = ax^2 + b$ (linéaire) ;
- $y =$ volume du brin (en cm^3) ;
- $x =$ circonférence à la base du brin (en cm).

Le coefficient de la régression polynomiale étant significativement non nul pour toutes les estimations, nous avons retenu ce modèle de tarif.



La présence d'eau dans le Sahel. Plateaux Mandingues, sud-ouest du Mali.
Water in the Sahel. Mandingue Plateaux, south-western Mali.
Photo Y. Nouvellet.

La productivité pour chacune des classes d'âge est calculée à l'aide de la formule suivante : $P = Vt/Am/S$. Avec :

▪ $Vt =$ volume total en m^3 (sur les arbres au sein d'une placette mais moyenne sur les placettes) ;

- $Am =$ âge moyen ;
- $S =$ surface placettes par hectare.

La spécificité du site de Kougnana (territoire sans arbres) ne permet pas de l'intégrer dans les résultats présentés.

Les limites des régressions ne permettent pas d'estimer la productivité totale (arbres de jachère plus arbres de parc), mais seulement celle des arbres de jachère ; 552 parcelles ont été retenues pour le calcul des régressions et de la productivité (tableau III).

Les jeunes jachères (1 à 10 ans) ont une productivité similaire : $0,15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$; celle des autres jachères (de 11 ans à plus de 20 ans) est de $0,10\text{-}0,11 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$. L'ensemble des parcelles présente une productivité moyenne de $0,12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$.

L'intervalle de confiance est de bonne qualité dans les limites des régressions.

Tableau II.
Densité des arbres par hectare selon la classe d'âge.

Classe d'âge (ans)	Cinzana	Fana	Kougnana	Négala	Ouélllessébougou
0-5	387	253	7	69	155
6-10	354	500	21	233	243
11-15	225	248	21	293	325
16-20	371	197	25	277	342
> 21	336	393	31	343	376
Moyenne	334	332	21	221	288

Tableau III.
Régression et productivité des jachères par classe d'âge.

Classe d'âge (ans)	Nombre d'observations	Régression	Coefficient de détermination (r^2)	Limite de validité à la base (cm)	Productivité ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$)	Intervalle de confiance*	Âge moyen (ans)
< 5	776	$y = 4,98x^2 + 23,1x - 402$	0,91	$10 < c < 50$	0,15	$\pm 0,022$	3,4
5-10	737	$y = 8,61x^2 - 104,4x + 683$	0,94	$10 < c < 70$	0,14	$\pm 0,023$	8,2
10-15	740	$y = 10,04x^2 - 147,1x + 1081$	0,91	$10 < c < 50$	0,11	$\pm 0,009$	12,2
15-20	731	$y = 9,04x^2 - 111,3x + 691$	0,92	$10 < c < 50$	0,10	$\pm 0,010$	17,7
> 20	675	$y = 9,18x^2 - 132,7x + 1119$	0,93	$10 < c < 75$	0,11	$\pm 0,013$	24,7
Total	3 659	$y = 10,04x^2 - 164,8x + 1215$	0,92	$10 < c < 75$	0,12	$\pm 0,008$	14,8

* $v(R) = 1/Nx^2 [N\sum_i (y_i - Rx_i)^2 / N - 1]$ suit la loi normale avec $R \pm 1,96 \sqrt{v(R)}$.

$N =$ nombre de parcelles ; $y_i =$ volume total de la parcelle ; $Rx_i =$ volume moyen de la parcelle ; $x =$ âge de la parcelle.

In COCHRAN W.G., *Sampling Techniques* (3^e édition), p. 150-157.

Productivité des arbres de jachère (toutes classes d'âge confondues)

La productivité moyenne des jachères (hors arbres de parc) est proche de 0,14 m³/ha/an (tableau IV). La productivité est très faible à Kougnana (zone cotonnière en culture intensive), elle est forte à Cinzana (présence d'un bas-fond avec *Acacia seyal* abondant) et trois terroirs sont proches de la moyenne générale. La valeur moyenne apparaît comme un bon indicateur de productivité car elle englobe une situation extrême (Kougnana) et des estimations voisines de la moyenne (Négala, Ouélllessébougou, Fana et Cinzana).

Volume sur pied des sites étudiés

Lors de la mise en œuvre des schémas directeurs d'approvisionnement en bois d'énergie de Bamako, Ségou, Mopti, Koutiala, Niono et Kayes, nous avons évalué le stock sur pied de ces formations à partir d'estimations grossières. Les études

menées dans ces quatre régions permettront de donner des résultats plus fiables. Pour l'estimation des arbres supérieurs à 75 cm de circonférence (hors limite des régressions), nous utiliserons le tarif² toutes essences du Projet d'inventaire des ressources ligneuses (PIRL, 1991). Ces données ont permis d'évaluer le nombre d'individus et leur volume par hectare de jachère (tableau V).

Les très gros arbres sont représentés, par ordre d'importance, par *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea acida* et *Ficus* sp., les arbres de parc par *Vitellaria paradoxa*, *Lannea acida*, *Entada africana*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia* sp., *Combretum glutinosum* et *Piliostigma* sp., les arbres de jachère par *Piliostigma* sp., *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia* sp., *Vitellaria paradoxa*, *Entada africana* et *Acacia macrostachya*.

Le volume des arbres de jachère est égal à environ un cinquième du volume total des ressources ligneuses. Les volumes moyens de cette formation végétale sont à comparer avec les résultats du Pirl (1991) sous pluviosité identique (650-950 mm

par an). Le volume de 7 m³/ha des jachères âgées de moins de 5 ans est plus fiable que les 10 à 20 m³/ha des cultures et jeunes jachères du Pirl ; il en est de même pour les 11 à 12,5 m³/ha des jachères de 6 à 30 ans, qu'on peut comparer aux vergers/parcs du Pirl (13 à 20 m³/ha).

Le stock sur pied des jachères se stabilise à partir de 10 ans, l'exploitation la plus logique étant une exploitation par furetage ou coupe sélective de ces jachères âgées de plus de 10 ans. Ce prélèvement de bois d'énergie n'a pas été évalué lors de nos inventaires mais son estimation doit être envisagée à l'avenir.

Pour l'actualisation des schémas directeurs d'approvisionnement³ des différentes villes similaires (pluviosité comprise entre 650 et 950 mm), nous utiliserons les résultats suivants : cultures et jeunes jachères, 7 m³/ha ; vergers/parcs, 10 à 12 m³/ha suivant leur situation climatique.

² Tarif toutes essences :

$$Vt = -0,03263c + 0,16223c^2 + 0,49948c^3, \text{ avec } 0,22 \text{ m} < c < 1,30 < 1,60 \text{ m et } r^2 = 0,93.$$

³ Pour l'établissement des schémas directeurs d'approvisionnement en bois d'énergie du Mali, nous avons utilisé les estimations du Pirl : cultures et jeunes jachères, 10 à 20 m³/ha (600 à 800 mm) ; vergers/parcs, 13 à 20 m³/ha (400 à 1 000 mm).

Tableau IV.
Productivité des cinq terroirs étudiés.

Station	Âge moyen (ans)	Nombre de parcelles	Circonférence moyenne (cm)	Productivité (m ³ /ha/an)	Intervalle de confiance
Cinzana	13,4	150	28	0,17	± 0,009
Fana	14,9	68	32	0,23	± 0,041
Kougnana	14,5	150	44	Non significatif	
Négala	16,2	184	37	0,07	± 0,008
Ouélllessébougou	14,6	150	23	0,09	± 0,006

Tableau V.
Nombre d'individus et volume par hectare des jachères (à l'exception de Kougnana).

Classe d'âge (ans)	Très gros arbres c 130 > 160 cm Nombre	Arbres de parc 75 < c base < 160 cm		Arbres de jachère 10 < c base < 75 cm		Total	
		Nombre	Volume	Nombre	Volume	Toutes circonférences Nombre	Volume
0-5	1,1	16	5,9	254	1,2	268	7,0
6-10	1,1	14	9,1	350	2,0	365	11,0
11-15	1,4	36	8,2	368	1,9	426	10,2
16-20	1,5	26	9,8	449	2,7	476	12,5
> 20	1,0	22	9,0	472	3,0	495	12,1
Total	1,2	22	8,4	382	2,2	405	10,5

Conclusion

Les résultats obtenus devront être complétés par des études sur les arbres de parc pour l'exploitation du bois de feu par les villageois (chablis, branches coupées, etc.).

La réalisation d'une typologie des jachères ne peut se limiter à une description morphologique du couvert ; elle doit intégrer une étude évolutive du peuplement, c'est-à-dire son histoire au sein d'un terroir villageois. Le terme jachère ne décrit pas un type de formation végétale mais un mode d'occupation du sol. De ce fait, l'état de la ressource ligneuse et son évolution sont fortement liés aux activités humaines du terroir dont dépendent les jachères.

Les résultats obtenus, quoique partiels (productivité en $m^3/ha/an$ pour des individus de moins de 75 cm de circonférence), permettent de préciser l'évolution de ces arbres de petite taille, très nombreux dans les jachères.

L'utilisation des tarifs calculés lors de nos inventaires et de nos cubages, en 1998, complétés par le tarif toutes essences du Pirl (1991), a permis de déterminer le volume sur pied de cinq classes d'âge de jachères qui seront utilisables pour la gestion et la planification des ressources ligneuses des bassins d'approvisionnement des villes.

Cette contribution va permettre d'actualiser les différents schémas directeurs d'approvisionnement en bois d'énergie du Mali, grâce à une définition plus exacte des stocks ligneux des formations agropastorales, regroupant les cultures, les jeunes jachères (moins de 5 ans) et les vergers/parcs.



Forêt classée des plateaux Mandingues.
Reserved forest in the Mandingue plateaux.
Photo Y. Nouvellet.



Parc à karités. Monts Mandingues, sud-ouest du Mali.
Parkland with shea trees. Mandingues Range, in south-west Mali.
Photo Y. Nouvellet.

Références bibliographiques

BAUDU M., 1998. Mise au point d'une méthode d'évaluation de la ressource ligneuse diffuse des jachères au Mali. Ina-Paris, Paris VI, Ens, Cirad-forêt, Sed/Ccl, 51 p.

CLÉMENT J., 1982. Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. Données concernant les pays d'Afrique francophone au nord de l'équateur et les recommandations pour la conduite de nouvelles études. Bois et Forêts des Tropiques 198 : 55-74.

COULIBALY S. M., 1998. Détermination de la productivité des jachères dans la zone de Ouélessébougou. Mémoire de fin d'études, ministères des Enseignements supérieurs et de la Recherche scientifique, université du Mali, Katibougou, Ipr/Isfra, 66 p.

DIARRA D., 1998. Détermination de la productivité des jachères dans la zone de Cinzana. Mémoire de fin de cycle, ministères des Enseignements supérieurs et de la Recherche scientifique, université du Mali, Katibougou, Ipr/Isfra, 71 p.

DRAME D., 1998. Détermination de la productivité des jachères de la zone de Kougnana. Mémoire de fin de cycle, ministères des Enseignements supérieurs et de la Recherche scientifique, université du Mali, Katibougou, Ipr/Isfra, 60 p.

FLORET C., PONTANIER R., 2000. La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives (Dakar, Sénégal, 13-16 avril 1999). Paris, France, John Libbey Eurotext, 777 p.

NOUVELLET Y., MALICK L. S., KAS-SAMBARA A., 2000. Détermination de la productivité des jachères dans la zone de Cinzana (Mali). In : La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives (Dakar, Sénégal, 13-16 avril 1999). Paris, France, John Libbey Eurotext, p. 475-483.

PROJET D'INVENTAIRE DES RES-SOURCES LIGNEUSES AU MALI (PIRL), 1988-1991. Rapports techniques. Première phase : Inventaire des formations végétales, 115 p. ; Rapport de synthèse des formations végétales, 205 p. (Bdpa/Scet-Agri, Cirad-Ctft, Mrne/Dnef/Fac Mali). Phase B : Synthèse technique, 143 p. ; Synthèse régionale, 327 p. (Bdpa/Scet-Agri, Cirad-Ctft-Sysame).

SAMAKE S., 1998. Détermination de la productivité des jachères dans la zone de Négala. Mémoire de fin d'études, ministères des Enseignements supérieurs et de la Recherche scientifique, université du Mali, Katibougou, Ipr/Isfra, 48 p.

SERITA M., 1998. Photographie, productivité des jachères. Mémoire de fin d'études, ministères des Enseignements supérieurs et de la Recherche scientifique, université du Mali, Katibougou, Ipr/Isfra, 65 p.

SYLLA M. L., NOUVELLET Y., 2001. Détermination rapide de la productivité des formations savaniques. Revue Malienne de Science et de Technologie, 5 (septembre) : 66-77.

Jachère d'environ cinq ans à *Guiera senegalensis* et à *Combretum*. Siby, Mali.
Land left fallow for about five years, with Guiera senegalensis and Combretum.
Siby, Mali.
Photo Y. Nouvellet.



Synopsis

FUELWOOD PRODUCTION IN FALLOW CROPLANDS IN MALI

Yves NOUVELLET, Malick Ladj SYLLA,
Amadou KASSAMBARA

As a Sahelian country, Mali is mainly dependent on its timber resources to satisfy its energy needs. Fuelwood and charcoal account for 90 % of national energy consumption. Total timber extraction for energy needs amounted to almost 6 million tonnes in 2000.

Introducing a system for the sustainable management of timber resources requires sound knowledge of the productivity of woody formations, especially in the fallow lands that supply substantial amounts of the wood used as fuel by local populations.

By providing the basis for evaluating the productivity of fallow lands, this study is geared to one of the main lines of investigation for the Domestic Energy Strategy.

The surveys were made, moving from west to east, at Négala, Ouélléssébougou, Fana, Cinzana and Kougnana. The following conclusions have been drawn from the preliminary survey results.

Tree species and densities

- *Vitellaria paradoxa* and *Lannea acida* are the most common species in parkland savannah areas.
- *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma reticulatum* and *Entada africa* are the most common species in fallow croplands.
- Regeneration of woody species is predominantly among *Guiera senegalensis* and *Combretum glutinosum*.

The lowest tree densities per hectare in the survey sites were observed in the Kougnana zone (26 trees/ha), the country's main cotton growing area. Densities in the other zones varied from 222 trees/ha (Fana) to 334 trees/ha (Cinzana).

Tree volume tables and productivity

Two tree volume tables (one linear and one polynomial) were drawn up for each of five age categories (0-5 years, 6-10 years, 11-15 years, 16-20 years and over 20 years). The polynomial regression method proved to be of better quality and was used for all subsequent evaluations.

Average productivity in fallow lands (excluding parkland trees) amounted to 0.12 m³/ha/year for all survey sites taken together except Kougnana (results not significant). Productivity was evaluated at 0.07 m³/ha/year at Négala, 0.09 m³/ha/year at Ouélléssébougou, 0.17 m³/ha/year at Cinzana and 0.23 m³/ha/year at Fana.

Standing timber volumes

The different stocks of standing timber were estimated as follows:

- 7.0 m³/ha for the 0-5 year category ;
- 11.0 m³/ha for the 6-10 year category ;
- 10.2 m³/ha for the 11-15 year category ;
- 12.5 m³/ha for the 16-20 year category ;
- 12.1 m³/ha for the category above 20 years.

These results will help to update Mali's various fuelwood supply masterplans, thanks to a more exact definition of the state of woody stocks in agro-pastoral formations comprising crops, recent fallow lands (less than 5 years), orchards and parkland.