

# Les productions des jachères africaines à climat soudanien

## (Bois et produits divers)

Daniel-Yves Alexandre\*, Maguette Kaïré\*\*

Le raccourcissement progressif du temps de jachère, qui accompagne l'intensification de l'agriculture, ne traduit pas un progrès pour le paysan, mais bien une nécessité due au manque de terre, soit que la population ait crû, soit qu'elle ait été confinée dans un espace restreint par la crainte d'agresseurs. Ces situations, dites opidiées, ont donné naissance à des agricultures raffinées, telles que celle des Kabyés au Togo ou celle des montagnards des monts Mandara au Nord du Cameroun. C'est un choix contraint. En effet, l'intensification se traduit par une augmentation de la quantité de travail nécessaire pour assurer la subsistance. C'est en gros le modèle, assez généralement admis, de Boserup (1970). Dans ce modèle, on s'accorde à considérer que l'agriculture évolue avec l'augmentation de la densité démographique, selon une série de phases discrètes, telles que celles décrites dans le tableau I.

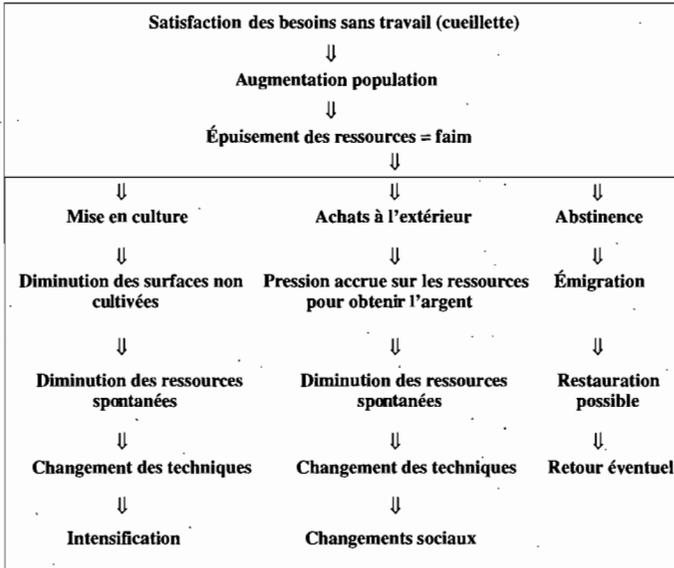
**Tableau I.** Les différents stades de l'agriculture, inspiré de Boserup (1970).

Stades		Productions indirectes de l'agrosystème disparaissant avec l'intensification	
Agriculture autarcique	Agriculture avec intrants (non durable)	Générales	Spécifiques
1 Chasse-cueillette			
2 Agriculture à longues jachères		Ouverture du couvert	
3 Agriculture à courtes jachères		Suppression des adventices	Pépinière de karité
4 Culture continue	4' Emploi de main-d'œuvre servile	Entretien physico-chimique du sol	Pépinière de faïdherbia
5 Cultures multicycles	5' Culture avec énergie fossile, abusant des transports et de biocides	Stades jeunes des cultures	

\* Institut de recherche pour le développement (I.R.D., ex-Orstom), IRD, BP 2528, Bamako Mali.

\*\* Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Direction des Recherches sur les Productions Forestières (DRPF), BP 2312, Dakar.

Les passages ou transitions qui nous intéressent dans le contexte soudanien du programme Jachère, sont ceux du stade 2 au stade 3, de la longue jachère à la courte jachère, et du stade 3 au stade 4, de la courte jachère à la culture continue. Le cultivateur devra produire, sur ses champs ou dans son exploitation, ce qui était produit « gratuitement », sans travail, par la jachère. À moins qu'il ne s'en passe ou qu'il puisse l'acheter à l'extérieur, ce qui suppose des disponibilités financières. Ce modèle est résumé dans la figure 1.



**Figure 1.** Modèle d'évolution de l'agriculture d'après Boserup (1970).

Par productions, il faut entendre à la fois les *produits* directs tels que le fourrage et les produits indirects qui peuvent être d'ordre écologique. Si la jachère disparaît, l'homme devra se substituer à la nature pour faire fonctionner le système (col. 3 et 4 du tabl. I), ce qu'on range souvent dans la catégorie *effets*, ou encore d'ordre immatériel, comme le plaisir de vivre selon le mode de vie des ancêtres, ce qu'on range dans la catégorie *fonctions*. S'il y a perte d'un produit social, il ne peut généralement pas être compensé.

La substitution par achat suppose une production supplémentaire soit du champ, soit de la jachère. L'institution d'échange permet, ou nécessite, de nouer des liens sociaux, permet une spécialisation de la production qui peut aller dans le sens d'un meilleur usage de l'écosystème cultivé ou en jachère, chaque région produisant alors selon ses capacités.

Un point important à considérer, c'est que parmi les productions potentiellement utiles d'un système, seule une fraction plus ou moins grande est utilisée. Le reste est soit perdu, en tant que production « utile », soit entre dans le fonctionnement écologique du système. Ce qui est vendu est exporté et donc totalement perdu pour le fonctionnement du système (figure 1) [Manlay & Ickowicz, 2000]. Retenons pour l'instant qu'on pourra, selon le but poursuivi, considérer ou bien la production totale (potentielle) de la jachère ou bien la production réellement prélevée. C'est une distinction qui est pertinente dans le cas des plantes médicinales (cf. *infra.*: § produits médicinaux).

Dans les systèmes de culture à jachère, il y a en fait non pas une, mais des jachères diverses et qui évoluent chacune dans leur composition, leur structure, leur phénologie, et, partant,

dans leurs productions. D'une manière générale, les jachères jeunes sont plus herbeuses, les jachères vieilles plus ligneuses. Dans le cas d'une toposéquence typique au Burkina Faso, les jachères de bas de pente sont presque toujours herbeuses, les jachères de champ de village herbeuses ou sous-ligneuses. Seules les jachères de champs de brousse peuvent être ligneuses. L'importance des rejets et des semis dépend à la fois du mode de défrichage et de culture pratiqué, du substrat et de la durée de mise en culture. Les trois facteurs sont en fait liés puisque les terres les plus riches et les plus profondes sont cultivées plus longtemps et nécessitent un travail du sol plus important.

On a coutume de faire partir l'âge des jachères de l'abandon cultural. Cette option n'est pas toujours justifiée. En fait, les plantes de la jachère commence à croître à partir de l'ouverture du couvert et elles évoluent différemment selon que les sarclages ou recépages sont intenses ou discrets. Dans de nombreux cas, les rejets ligneux sont déjà grands lors des récoltes et les mauvaises herbes participent de manière importante à la succession. On serait donc tenté d'assimiler les mauvaises herbes à une sorte de pré-jachère. L'importance des mauvaises herbes dans le maintien de la fertilité et l'équilibre biologique des sols est grande. Mais ce sont aussi d'importants produits de cueillette. Certaines herbes sont récoltées comme « brèdes », par exemple *Corchorus olitorius* consommée fraîche ou séchée, *Cassia obtusifolia*, *Gynandropsis gynandra*, etc. D'autres sont d'importantes plantes médicinales comme *Chrysanthellum americanum* ou *Euphorbia hirta* (cf. infra.: § produits médicinaux).

Nous envisagerons successivement les productions directes, en séparant la production de bois (il y a bois et bois : bois en tant que biomasse pour le feu et bois matériau plus qualitatif) des autres productions : herbe, produits divers de cueillette comme les fruits ou les feuilles fourragères, gibier, miel et enfin médicaments, puis les productions indirectes.

## Les productions directes

### Productions herbacées non fourragères

La production la plus importante des jachères est la biomasse herbacée, éventuellement pâturée et transformée en viande ou en force de travail. Elle peut occasionner un transfert de fertilité interne au système. Étant donné son importance, elle fait l'objet du chapitre 6 (Achard & Banoïn, 2000) et nous n'en traiterons pas ici. Mais la biomasse herbacée présente d'autres intérêts que fourragers.

De même que pour les arbres on parle de produits non ligneux (P.N.L.), pour tout ce qui n'est pas le bois, on peut parler de produits non fourragers (P.N.F.) pour les « produits secondaires » des herbacées. Ainsi, les herbes peuvent fournir des matériaux d'artisanat. Ce sont, par exemple, les chaumes de *Andropogon gayanus* (dans les jachères de 5 à 10 ans) ou de *A. ascinodis* (jachères de plus de 10 ans ; Somé, 1996) qui servent à couvrir les toits et tresser les sécos. Les usages en ce domaine sont locaux. Les jachères jeunes n'en produisent pas, sauf gestion intentionnelle qui amorce le passage à la culture continue (stade 4, cf. Lemire Pecheux *et al.*, 1996). Les bas-fonds peuvent produire le *Vetiveria nigritana* qui sert à faire des paniers.

La biomasse herbacée, notamment la fraction souterraine de cette biomasse, joue un rôle essentiel dans le maintien ou la reconstitution de la fertilité. Elle contribue à construire la microporosité et à stabiliser la structure pédologique grâce aux exsudats racinaires qui nourrissent la microflore édaphique qui elle même synthétise des polysaccharides hydroactifs (cf. Somé 1996 et chapitre consacré au rôle des jachères dans le maintien de la fertilité).

## Production ligneuse

Après la biomasse herbacée, la production<sup>(1)</sup> la plus importante des jachères est le bois. Le bois est à la fois la principale source d'énergie et un matériau utilisé de mille façons.

La consommation de bois énergie a été estimée dans divers travaux. Au Mali, Ohler (1985) estime sur des bases bibliographiques antérieures la consommation entre 1 et 1,5 m<sup>3</sup>/hab./an dont la moitié serait fournis par la production des jachères. Au Niger, Louppe (1991) estime également que le recru des jachère fournit environ la moitié des besoins en bois de feu. Plus récemment au Mali, Bazile (1998) montre que la consommation par habitant diminue dans les familles nombreuses : il ne faut pas beaucoup plus de bois pour chauffer une grande marmite qu'une petite. La consommation est aussi réduite là où le bois commence à manquer. Au total la consommation va de plus de 4 kg/hab./j à moins de 0,5 kg. Le dolo, consommé en principe par les seuls non musulmans, demande une grande quantité de bois pour sa production (Vielajus, 1984).

Si l'on met de côté les arbres rémanents<sup>(2)</sup>, qui ne doivent cependant pas être oubliés et qui produisent approximativement autant que la strate ligneuse de la jachère proprement dite (Bazile, 1998), la première vague de ligneux des jachères est fournie par les rejets de souches et de racinés. Les espèces qui rejettent sont nombreuses (Bellefontaine, 1997), mais plus ou moins résistantes à la remise en culture répétée. Les feux influencent négativement la croissance des ligneux. Il en est de même, mais de manière plus complexe, du pâturage. L'herbe favorise la violence du feu, qui, lui, détruit les ligneux. Le pâturage, s'il s'exerce préférentiellement sur les herbacées, peut favoriser les ligneux en faisant basculer les rapports de compétition à leur profit (par exemple Conklin, 1957 ou Bruzon, 1990). Le pâturage herbacé dès lors disparaît. On parle d'embroussaillage dans ce cas. Le feu est un moyen bien connu de lutter contre cet embroussaillage.

Les petits bois, les plus utilisés pour le feu et l'artisanat, sont exploitables à partir de trois ans de jachère. L'exploitation, pourvu qu'elle ne soit pas excessive, maintient une importante production de taillis. On parle de rajeunissement du système. Le mode d'exploitation traditionnelle qui consiste à ne prélever que ce qui est utile à un moment donné et qui s'apparente à un furetage, est également un facteur de maintien de la production<sup>(3)</sup>.

L'aspect quantitatif de la production de bois est surtout important quand on s'intéresse aux aspects énergétiques ; mais, pour l'artisanat comme pour le bois de feu, l'aspect qualitatif est aussi à considérer. Chaque espèce a ses propriétés techniques, plus ou moins affectées par les conditions de croissance. Certaines sont souples comme *Grewia* spp. et pourront servir de déclencheur de piège, d'autres résistent aux termites et pourront servir de marqueur de tombe comme *Prosopis africana*, etc. Pour le bois de feu certaines espèces fument, sentent bon ou mauvais, s'allument facilement ou pas, tiennent le feu ou s'éteignent spontanément. Pour les différents usages il faut différents bois, différentes espèces. La biodiversité n'est pas un luxe.

Beaucoup de travaux se sont intéressés à la dynamique successionnelle et ont montré que les semis de beaucoup de ligneux n'apparaissent de manière significative qu'après dix ans de jachère. Mais les bois d'œuvre qu'ils peuvent produire, n'arriveront à exploitabilité qu'après quarante ans, voire beaucoup plus. Les forêts sèches qui peuvent se reconstituer après un temps de jachère de quelques décennies sont certainement très éloignées des forêts sèches originelles.

(1) La littérature, et particulièrement la littérature forestière, fait souvent la confusion entre production et biomasse ou volume sur pied.

(2) Les grands arbres épargnés lors des défrichements constituent le parc agroforestier.

(3) Carbiener (1995) a fait un vivant plaidoyer pour les peuplements jardinés, bien préférables sur bien des plans aux peuplements équiennes.

Certains ligneux adultes sont émondés et peuvent ainsi produire régulièrement des bois de petits diamètres. Il en est ainsi du *Prosopis africana* pour les manches de hache. Le recépage de certaines espèces les conduit à produire des rejets plus droits, utilisables en perches, que l'arbre de plein jet. Par exemple le jujubier (*Ziziphus mauritiana*), le mitragyne (*Mitragyna inermis*), le nimier (*Azadirachta indica*), le gméline (*Gmelina arborea*)... Les arbres fourragers (principalement *Pterocarpus erinaceus* (le vène), *Khaya senegalensis* et *Azalia africana*), sont régulièrement émondés pour nourrir les animaux. Les émondés du vène font l'objet d'un important commerce dans certains marchés comme celui de Bamako.

Selon les modes d'exploitation : arbres libres en peuplements denses (forêts) ou dispersés (parcs), arbres recépés, émondés (baobab), élagués (espèces fourragères), étêtés (nimier), on obtient une forme différente, une production et une phénologie différentes. Ainsi les vènes émondés remettent à feuille plus tôt que les individus non exploités (cf. étude de Petit, 2000). Aucune étude ne donne actuellement de moyen d'estimer valablement la production foliaire des arbres fourragers isolés. En peuplement dense, la limite théorique de production foliaire est imposée par la disponibilité de l'énergie lumineuse solaire à une valeur d'indice foliaire de l'ordre de six, soit environ six tonnes par hectare et par an dans les conditions optimales de sol et d'alimentation en eau<sup>(4)</sup>. Autant dire que cette valeur ne peut être approchée que de loin en zone soudanienne. La part de feuilles dans la biomasse totale, de même que celle des rameaux ou des racines, est importante dans les recrus jeunes et diminue régulièrement avec l'âge des peuplements et l'accroissement de la biomasse, seule la part du bois augmente (Ewel, 1971 ; Berish, 1982). Ainsi, Diao (1995), en Haute-Casamance, estime que le rapport partie souterraine/partie aérienne passe de 1,25, à un an, à 0,67, à quinze ans de jachère. Beaucoup d'espèces exotiques présentent un rapport racines/parties aériennes plus faible que les espèces sahéliennes. Ainsi *Acacia holosericea* a un pourcentage de racines relativement faible (Diatta *et al.*, 2000). La figure 2, d'après Kairé (1999), illustre la baisse de la part des rameaux dans la biomasse totale en fonction de la taille de l'individu.

La production de bois en zone soudanienne est un sujet « sensible » qui occupe une très volumineuse littérature. Elle touche au problème de la « désertification » et à la « crise du

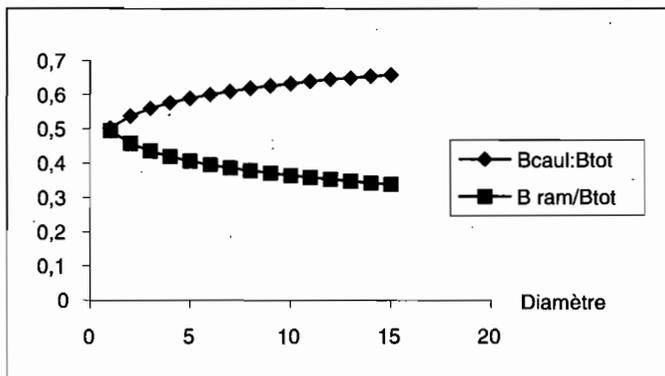


Figure 2. Rapport des rameaux et des tiges dans la biomasse ligneuse (en abscisse le diamètre des tiges) d'après Kairé (1999).

(4) Dans le modèle de Shinozaki *et al.* (1964), cité par Kira & Shidei (1967), la biomasse de feuilles est proportionnelle au diamètre sous la plus basse branche. Poupon (1977) trouve des relations linéaires entre la circonférence et la surface de feuilles de *Commiphora africana* au Sénégal, mais ces relations ne sont pas stables d'une année à l'autre.

bois de feu» qui fut une véritable mode au début des années soixante-dix. Le déboisement autour des grandes villes a été le cheval de bataille de nombreuses organisations non gouvernementales, projets nationaux ou internationaux à une époque où on parlait beaucoup d'arrêter l'avancée du désert en créant des barrières vertes autour des villes. Cette mode a largement été démontée depuis (Bonfils, 1987 ; Sow, 1990 ; Buttoud, 1995 ; Bazile, 1997 et 1998 ; Anonyme, 1998 ; etc.). Les résultats récents, présentés dans le tome 1 (Bazile ainsi que Nouvellet *et al.*, pour le Mali ; Montagne & Housseini, pour le Niger ; Kaïré & Dione ainsi que Diatta *et al.*, pour le Sénégal ; *in* Floret & Pontanier, 2000), malgré leur disparité, reflètent des conditions de terrain, montrent dans leur ensemble une production plus importante que ce qui était souvent admis. Il n'en reste pas moins que quand la pression sur la ressource ligneuse augmente elle finit par entamer le capital producteur ce qui amorce un cercle vicieux (rétroaction positive). Ceci a plus de chance de se produire là où la population est concentrée, c'est-à-dire autour des villes. Bazile (1998) pour le Mali, ainsi que Kaïre (1999) pour le Sénégal ont entrepris de modéliser ce bilan des productions et consommations en y intégrant l'accroissement des populations. Plusieurs études du CIRAD ont envisagé l'approvisionnement en bois de feu des grandes villes sahéliennes (cf. Montagne et Besse, 1998). La part importante du bois de feu dans la consommation des ménages urbains s'explique en partie par son coût qui reste attractif : deux à trois fois moins cher que le gaz (Bazile, 1998). Le commerce du bois de feu peut représenter une véritable opportunité pour les paysans des zones encore boisées. Bazile (*op. cit.*) estime ainsi que le revenu « bois » des paysans de Gouani va de 50 000 à plus d'un million, selon que son commerce est une activité marginale ou principale.

Nous présentons ci-dessous quelques résultats concernant les volumes et les biomasses puis ceux concernant les productions. Compte tenu des nombreux problèmes techniques rencontrés dans les mesures, nous joignons en annexe quelques remarques pour traiter des problèmes dendrométriques (annexe).

### ***Volumes et biomasses***

La figure 3 illustre la distribution des valeurs de biomasse en fonction du diamètre du tronc. Cette distribution en forme de trompette, dite aussi en queue de comète, est constante et extrêmement caractéristique. La variabilité de la variable dépendante (biomasse) croît en même temps que la variable primaire (diamètre ou circonférence). Cela est encore plus visible sur la figure 4 montrant les résidus de l'ajustement. Il faut bien savoir que les tests statistiques classiques ne s'appliquent pas à ce type de distribution. Dans l'exemple choisi, on constate une double tendance (dépendance) : d'une part l'augmentation de la variabilité de la biomasse en fonction du diamètre qui est générale, d'autre part une courbure qui traduit le mauvais choix de la fonction de corrélation (ici une loi binomiale au lieu de la fonction allométrique).

Nous avons réuni (tableau II) quelques-uns des nombreux tarifs de cubage ou de biomasse qui ont été établis dans le cadre du programme Jachère ou qui pouvaient présenter un intérêt de comparaison. La figure 5 illustre quatre tarifs obtenus dans le cadre du programme Jachère. Les régressions obtenues par Kaïré (1999), au Sénégal, et par Nouvellet (1992), au Burkina Faso, sont pratiquement identiques. La courbe supérieure obtenue par Neya (C.N.R.S.T., 1998), au Burkina Faso, s'explique par le fait que ce sont des poids frais qui sont mesurés. La courbe la plus basse, obtenue par Bazile (1998), au Mali, concerne des tiges écourtées, d'environ deux mètres, telles qu'elles sont utilisées comme bois de feu.

La biomasse d'une parcelle se calcule à partir de la somme des estimations individuelles, espèce par espèce, déduites des mesures de diamètre ou de circonférence (et éventuellement de hauteur). Il existe des formules rapides d'estimation directement à l'hectare qui peuvent rendre service quand on ne cherche qu'un ordre de grandeur. Nous en donnons deux sur le

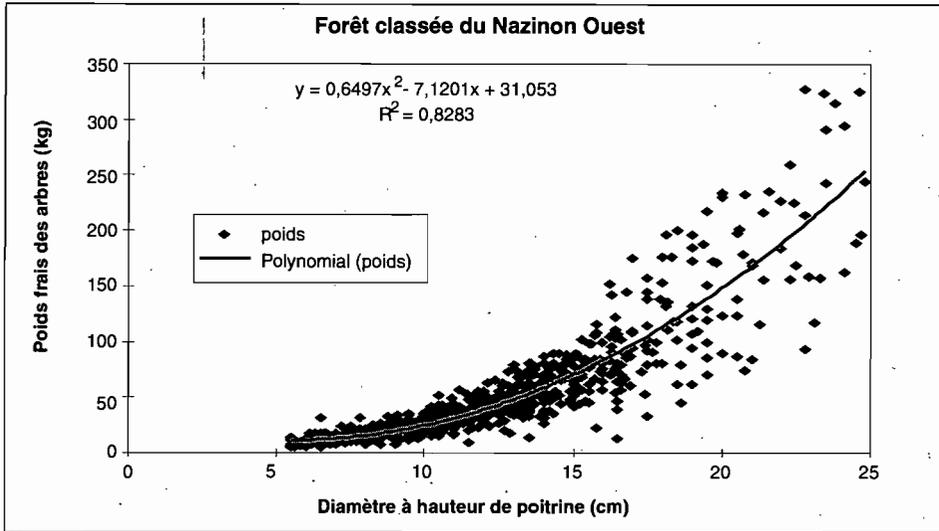


Figure 3. Courbe de régression diamètre / biomasse fraîche en forêt classée du Nazinon d'après NÉYA (CNRST, 1998).

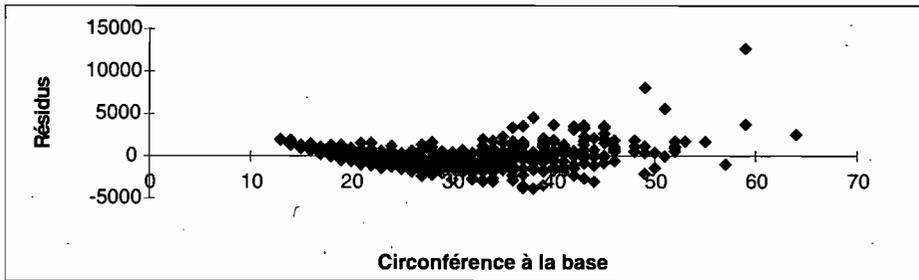


Figure 4. Résidus d'ajustement, exemple extrait de Nouvellet *et al.*(2000).

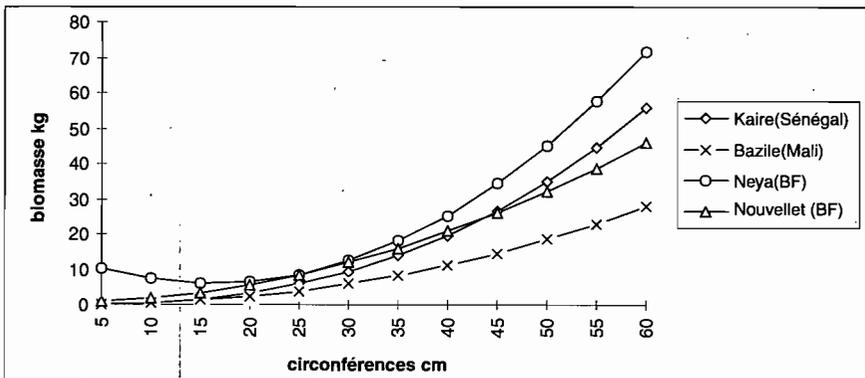


Figure 5. Quelques tarifs de biomasse obtenus en zone soudanienne (Kairé, 1999 ; Bazile 1998 ; Néya in CNRST, 1998 ; Nouvellet, 1992). La courbe de Néya a été volontairement prolongée à gauche au-delà de ses limites de validité.

**Tableau II.** Tarifs individuels de volume ou de biomasse. D et C en cm, H en m, B en kg et V en m<sup>3</sup>. Sauf indication contraire C et D sont pris à 1,30 m.

Auteur	Lieu	Pluie (mm)	Nature du peuplement	Régression volume ou biomasse	Remarque
Bazile (1998)	Mali	950	<i>Combretum glutinosum</i>	$B = 2,8 \cdot 10^{-3} X^{2,3}$ (soit $36,3 \cdot 10^{-3} D^{2,3}$ ) X circonférence au gros bout en cm	Donne une valeur faible. Il s'agit du poids de tiges de 2 m, sèches à l'air
id	id		Toutes espèces C. de 6 à 36 cm	$B = 1,8 C^{2,5}$ (ou $31,5 D^{2,5}$ )	idem
Bernhard-Reversat et al. (1993)	Congo	1 200	<i>A. mangium</i>	$B = 3,57 \cdot 10^{-4} \cdot C^3 + 19,2$ soit $1,1 \cdot 10^{-2} D^3 + 19,2$	Noter le cube pris comme valeur a priori.
id	id	id	<i>A. auriculiformis</i>	$B = 4,16 \cdot 10^{-4} \cdot C^3 + 11,2$ soit $1,3 \cdot 10^{-2} D^3 + 11,2$	
C.T.F.T. (1988) in Devineau (1997)				$V = -0,033 + 0,16 C + 0,5 C^3$	Unités non précisées
CNRST 1998	Burkina	1 000	Bois vert	$B = 30 - 7D + 0,7 D^2$	Limites de validité 5 à 25 cm de diamètre
Diallo 1995	Sénégal	1 000	<i>Guiera</i> (étendue 1-7 cm)	$B = 0,39 D^{1,6}$	Coefficient forcément faux
Eshete & Stahl (1997)	Ethiopie	700	Savane à acacias	$\log B = -2,26 + 2,4 \cdot \log D_{0,8}$	
Kaire (1998)	Sénégal	1 000	Ttes esp. biomasse caulinnaire	$B = 0,029 D_0^{2,7}$	Avec $D_0 = 1,2 \cdot D_{1,30}$
id	id	id	Biomasse ligneuse aérienne totale	$B = 0,057 D_0^{2,57}$	
id	id	1 200	<i>Comb. glutinosum</i>	$B = -0,8171 \cdot (1 - \exp(0,37 \cdot D))$	Choix de forme inapproprié
Kouyate (1995)			<i>Combretum ghasalense</i>	$V = 0,23 / (1 + 95 \cdot \exp(-29 \cdot D))$	Choix de forme inapproprié
Lacoste (1990)	Guyane	3 000	Goupi	$B_{\text{tige}} = 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,4}$ (ou $2,3 \cdot 10^{-3} D^{2,4}$ )	
Lescure et al. (1983)	Guyane	3 000	Toutes espèces	$B = 0,06 \cdot D^{2,7}$	
Renes (1991)	Burkina	800	Savane à <i>Combretum</i> et <i>A. macrostachya</i>	$V = 3,6 \cdot 10^{-3} D - 13$ $V = 3,4 \cdot 10^{-3} D + 1,7 H - 18$	$r^2$ très mauvais, Choix de forme inappropriée

tableau III. L'estimation cépée par cépée, est également parfois intéressante (Cabanettes, 1989).

### Productions

Au cours du temps, les ligneux accumulent une biomasse structurale morte qui leur permet de porter leur organes assimilateurs aériens de plus en plus haut. Les organes assimilateurs que sont les feuilles sont renouvelés plus ou moins rapidement selon l'espèce. Chez les espèces décidues, leur durée de vie est inférieure à l'année. Les rameaux qui portent les

**Tableau III.** Formules d'estimation rapide de la biomasse de peuplements.

Morel, Mali (cité par Clément, in F.A.O. 1984), la pluie est la variable	V = 5.P.G
Morel, Mali (cité par Yossi), la pluie est la variable	V = 10.P.G
Chiba (1998)	B = k. d. G
Vooren (comm. pers.)	B = 10. H <sub>D</sub>
Alexandre (en préparation)	B = k. d. G
V en m <sup>3</sup> , P (pluviométrie) en m.	

**Tableau IV.** Production de quelques recrus.

Auteur, lieu et pluie	Nature peuplement	Production
Achard 1996 Sahel Niger	Recru à <i>Guiera</i>	637 kg de bois vert (environ 300 kg PS)
Bernhard <i>et al.</i> 1993 Congo 1 200 mm	Plantation d'acacias australiens	14 à 16 t/ha/an
Clément 1983	La pluie est la variable, P de 500 à 1600	$i = 0,05 + 1,08 P^2$ P en m et i en m <sup>3</sup> /ha/an
Depommier 1987 Centrafrique approx 800 mm		Entre 1 et 2 m <sup>3</sup> /ha/an
Devineau J-L. 1997 Burkina Faso 1000 mm	Parc et vieilles jachères	3 à 3,5 % de 11 à 36 m <sup>3</sup> soit 0,3 à 0,7 m <sup>3</sup> /ha/an
Diatta 1994 Sénégal 700-800 mm	Parcelle en défens	4,8 à 9,1 t/ha/4 ans soit 1,2 à 2,3 pour le faciès à Combretum
Loupe 1991 Niger 300 mm	<i>Guiera</i> 8 mois	224 kg (soit 300 kg par an) de petit bois et 391 de feuilles (+/- 50 %)
Mato Housseni Niger	Jachères de 2-5 ans  Moyennes 6 à 8 ans Longues 20 à 30 ans.	3,7 t/ha/an de petit bois et 1 t de bois >2 cm de diam. 2 t de petit bois et 0,9 t de gros bois 2,8 t de petit bois et 4 t de gros bois
Nouvellet 1992 800 mm Burkina Faso	Ensemble des combretacées Ensemble des acacias	$i = 0,44 + 0,2 * g$ $i = 1 + 0,13 * g$
Poupon 1977 Sénégal 300mm	Savane à <i>Commiphora</i>	$i = 0,42$ t/ha/an
Rodin et Bazilevich 1968	« savane »	$i = 0,5$ t/ha/an
Sylla cité par Bazile 1998 Mali	P et R = variables	$i = 0,3699 e^{3,1652 P * R^2}$ avec i productivité en m <sup>3</sup> /ha/an P pluviométrie en m et R recouvrement en %

feuilles ne vivent pas beaucoup plus longtemps qu'elles. Ils tombent au sol dès qu'ils ont terminé de jouer leur rôle et constituent la litière grossière. Finalement, l'accroissement de biomasse qui est la production nette apparente du ligneux ne représente qu'une faible part de la production totale (environ la moitié, cf. *infra*).

La mesure de cette production est finalement la seule qui soit vraiment utile pour l'écologiste, mais c'est aussi la plus complexe. Le tableau IV réunit quelques résultats obtenus au cours du programme Jachère ou cités dans la littérature.

Clément (1983), à partir des données de la littérature, jugées par lui les plus fiables, établit une corrélation entre la production en volume et la pluviométrie (valable entre 500 et 1 600 mm) :

$$i = 0,05 + 1,08 P^2$$

où  $i$  est la production en mètres cubes par hectare et par an et  $P$  la pluviométrie en mètres<sup>(5)</sup>. Cette équation présente l'inconvénient d'être positive pour  $P = 0$  (en dehors des limites données). L'équation puissance  $i = 1,2 P^{2,1}$  ne présente pas cet inconvénient de l'équation binomiale.

Clément estime la production potentielle de vingt-cinq pour cent supérieure à celles indiquées par les auteurs, ce qui donne :

$$i_{\max.} = 0,0137 P^2 + 0,0782 P + 0,1933$$

À partir des mêmes données, si l'on considère que tous les points sont également valables et que, de plus, on admet une relation linéaire (figure 6), on obtient la relation :

$$i = 2,5 P - 1,25$$

Cette équation indique une production nulle pour une pluviométrie de cinq cent millimètres, ce qui est un peu pessimiste mais correspond assez bien à la limite en dessous de laquelle on ne peut plus espérer réussir une quelconque plantation productive.

On notera que le coefficient 1,25 utilisé par Clément pour calculer la production maximale, peut bien correspondre au surcroît de production due à l'absence de pâturage, mais pas du tout à une évolution de la végétation jusqu'à la forêt climacique qui serait marquée, entre autres, par la fermeture du couvert et la disparition des herbacées.

La corrélation entre pluviométrie et croissance a de bonnes bases écologiques. On admet en effet que la croissance des arbres est, pour un sol donné, étroitement corrélée à la longueur de la saison de croissance, qui elle-même est en relation avec la hauteur de pluie, mais de manière plus lâche. On peut estimer que la végétation transpire en moyenne cent cinquante millimètres d'eau par mois et que la longueur de la saison de végétation est donc égale à  $P/150$  si la pluie est bien répartie. Dans le cas de pluies très irrégulières, on comptera plutôt  $P/200$  et au contraire cent millimètres si la pluie est régulière et qu'il n'y a pas d'effet d'advection, c'est-à-dire que la zone est entièrement boisée<sup>(6)</sup>. Bien sûr, on ne peut dépasser douze mois de croissance par an. La variable pluie pourrait donc s'exprimer en mois ou en pourcentage de temps de croissance. On estimera alors la production d'une zone semi-aride à partir des données largement disponibles pour la forêt dense. Pour cette dernière, on peut admettre une production annuelle, sur sols pauvres, de sept tonnes par hectare et par an soit un peu plus de 0,5 tonne par mois. On a ainsi pour la zone sud-soudanienne avec mille à mille deux cents millimètres de pluviométrie, une saison de croissance de cinq à six mois et une production potentielle, sur sols pauvres, de 2,5 à 4,7 tonnes par hectare et par an.

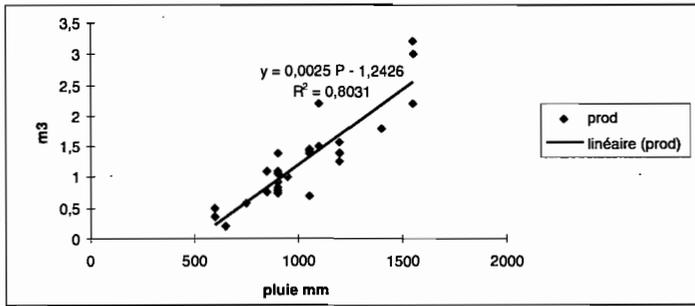
Une autre façon d'aborder le problème de la production ligneuse maximale est de considérer qu'une végétation ligneuse produit autant qu'une végétation herbacée et que la moitié de la production totale est immobilisée dans le bois (production apparente). L'intérêt du raisonnement est que les mesures de biomasses herbacées sont beaucoup plus simples à effectuer que les mesures de biomasse ligneuse. Fournier *et al.* (1982) donnent ainsi une

(5) Les principaux symboles utilisés sont (cf. Pardé et Bouchon, 1988) :

A = âge (an) ; B = biomasse ( $t\ ha^{-1}$ ) ; c = circonférence (cm) ; d = diamètre (cm) ; e = épaisseur d'écorce (cm) ; f = coefficient de forme ; g = surface terrière ( $m^2$ ) ; h = hauteur (m) ; i = accroissement ; k = coefficient de décroissance ; l = longueur (m) ; n = nombre ; p = taux ; t = durée (an) ; v = volume ( $m^3$ ).

Ces symboles sont valables pour l'ensemble de ce chapitre.

(6) L'indice de Aubréville (1949) peut être utilisé. Rappelons que pour Aubréville un mois peut être considéré comme semi-aride avec une pluviométrie moyenne comprise entre 40 et 100 mm et humide pour plus de 100 mm.



**Figure 6.** Production en volume en fonction de la pluviométrie recalculée à partir des données de Clément (1983). La régression linéaire est meilleure que la régression binomiale et a un sens biologique plus évident.

production herbacée maximale de cinq à six tonnes pour la région de Nazinga au Burkina. On pourra alors estimer que la production ligneuse potentielle pour cette zone qui reçoit mille cent millimètres de pluie, y est de 2,5 à 3 tonnes par hectare. Une étude du Cipéa (Wilson *et al.*, 1983) donne pour la zone nord-soudanienne, des productions herbacées aériennes de mille deux cents à trois mille cinq cents kilogrammes. On peut donc estimer la productivité potentielle ligneuse entre six cents et mille sept cent cinquante kilogrammes par hectare et par an pour cette zone. Sur sols riches (absents de notre zone), les chiffres pourraient être bien plus élevés.

Le raisonnement est certes contestable. Il donne des chiffres de production potentielle bien supérieurs à ceux habituellement admis dans la littérature.

Les mesures de biomasse de Kaïré (1999), au Sénégal, donnent des augmentations moyennes de biomasse de 2,15 tonnes par hectare et par an pour la zone soudano-sahélienne (700 mm) et de quatre tonnes par hectare et par an pour la zone soudano-guinéenne (1 200 mm) [figures 7 et 8]. Diallo (1995) en Basse-Casamance estime la biomasse ligneuse sèche d'une jachère de dix ans à *Guiera* et *Terminalia* à soixante tonnes par hectare, soit un accroissement moyen de six tonnes par hectare et par an. Au Niger, Montagne et Mato (1998) trouvent des productions de 4,7 t/ha/an dans des jeunes jachères et de 6,8 t dans des jachères de plus de 20 ans (cf. tableau IV). Bazile (1998) compare les volumes sur pied et les productions des jachères et d'autres formations (tableau Va) et montre l'évolution des jachères avec l'âge (tableau Vb). L'originalité de son étude est de séparer le peuplement des jachères en deux strates : la strate du recrû sur souche et celle des arbres du parc. À titre de comparaison, au sud de la France, Leonardi & Rapp (1990) estiment la biomasse ligneuse d'un taillis de chêne vert de trois ans à seize tonnes, soit une production de 5,3 tonnes par hectare et par an. Les conditions de croissance sont aussi difficiles qu'en zone soudanienne. Ceci conforte l'idée que les chiffres très faibles souvent avancés dans la littérature sont erronés.

Pour un arbre isolé, partant de graine, mais cela s'applique aussi aux peuplements partant de zéro ou à n'importe quelle population, la croissance obéit généralement à une loi de type sigmoïde (logistique), avec donc trois phases : une phase juvénile exponentielle où les nouvelles feuilles contribuent à en construire de nouvelles, une phase adulte de croissance quasi linéaire et une phase de sénescence où les pertes compensent les gains. En partant de cette optique, Kaïré (1999) a pu ajuster ses données à une loi de Chapman-Richards. Le taux de croissance  $r$  est de plus de 4,5 tonnes par hectare et par an pour la Haute-Casamance et une biomasse maximale  $K$  dépasse quarante tonnes. Les valeurs sont inférieures de moitié environ pour la zone arachidière (700 mm) (figure 8).

**Tableau V-a.** Volumes (m<sup>3</sup>/ha) et productions (m<sup>3</sup>/ha/an) des jachères de Gouani, d'après Bazile (1998).

Age de la jachère (années)	Strate arbutive « jachère »		Strate arborée « parc »		Total	
	Volume	Prod.	Volume	Prod.	Volume	Prod.
1 à 5	2,9	1,05	23,2	0,25	26,1	1,30
6 à 10	8,2	1	30,3	0,32	38,5	1,31
11 à 20	19,8	1,25	31,1	0,33	50,9	1,59
> 20	22,1	0,85	46	0,51	68,1	1,38

**Tableau V-b.** Volumes et productions de différentes formations à N'Goukan, d'après Bazile (1998).

	Jachères	Formation dégradées	Parc cultivé	Savane boisée
Volumes	25	4	21 à 46	17 à 70
Productions	0,525	0,219	0,236	0,75

### Produits divers de cueillette

Dans ce domaine on peut distinguer, bien que la confusion soit souvent faite, les produits du parc des produits de la jachère proprement dite. La production des arbres du parc se poursuit, il est vrai, au cours de la jachère, pendant longtemps (Serpantié, 1996 a et b). Il s'agit essentiellement des fruits du karité et du néré en zone soudanienne, de ceux du palmier à huile en zone un peu plus humide. La jachère offre des produits spécifiques, issus des plantes qui renaissent après l'abandon (*e. g.* bourgeons d'anone) ou apparaissent de semis (*e.g.* feuilles de *Securidaca longepedunculata*). Certaines plantes très importantes pourraient certainement être favorisées là où elles ne le sont pas encore. Au Bénin, Schreckenber (1996) montre que l'essentiel des produits de cueillette provient des zones anthropisées, jachères ou parcs, et non des zones sauvages comme une certaine idéologie pourrait le laisser penser.

L'importance des produits de cueillette est bien illustrée par l'étude de Belem *et al.* (1996) au Burkina Faso. Elle rapporte par exemple que sur cent treize espèces utiles, quatre-vingt-onze sont spontanées. La raréfaction de certaines plantes spontanées, comme *Stylochiton hypogeus*, est déplorée par les villageois. En Casamance, au Sénégal, Doyen (1983) estime que les produits de cueillette (il s'agit essentiellement d'espèces agroforestières protégées) rapportent cent mille francs C.F.A. par famille et par an, soit autant que la vente du bois. Dans la même région Ndiour (1996) estime qu'en plus de la part autoconsommée, qui peut être très importante, la vente des fruits, avec un prix au kilogramme de dix à deux cents francs C.F.A., assure un revenu, par famille, variant de quarante-six mille cinq cents à soixante-seize mille cinq cents francs C.F.A. selon le village (tableau VI).

Dans la région du Bénin étudiée par Schreckenber (*op. cit.*), la cueillette rapporte six mille cinq cent quarante-six francs C.F.A. par adulte<sup>(7)</sup>, soit apparemment moins qu'en Casamance, mais elle n'en contribue pas moins de manière importante aux revenus des ménages (tableau VII).

Dans le tome 1 de cette édition, plusieurs communications font état des ressources diverses des jachères en y incluant souvent les plantes médicinales. Les communications de Sène

(7) Il est en fait impossible de comparer les données qui sont données par adulte dans un cas et par famille dans l'autre.

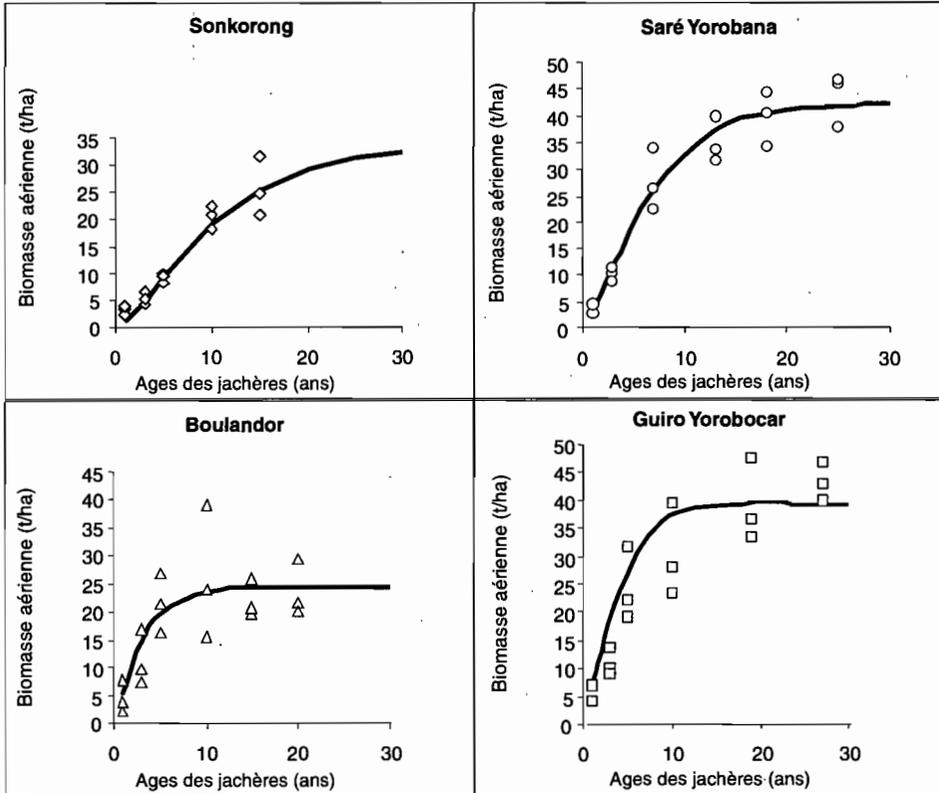


Figure 7. Biomasse ligneuse aérienne en fonction de l'âge de jachères du Sénégal et selon le modèle de Chapman-Richards ( $Y = K[1 - \exp(-2rt/K)]^2$ ), d'après Kaïré, 1999.

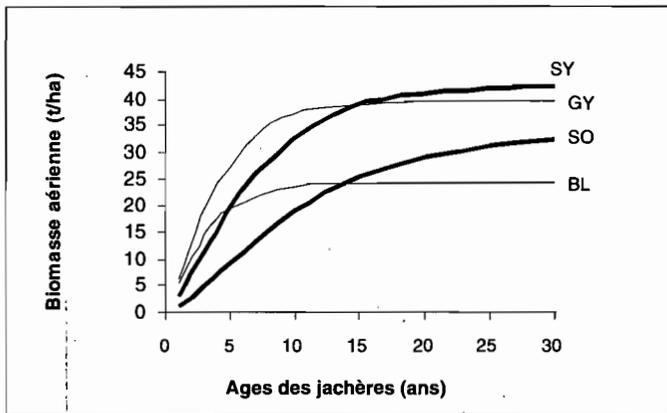


Figure 8. Ajustement à un modèle Chapman Richards de la biomasse ligneuse aérienne de jachères du Sénégal : SY=Saré Yorobana (P = 1200, 220 hab.) ; GY = Guiro Y.Bocar (P = 1200, 2800 hab.) ; SO = Sonkorong (P = 800, 1000 hab.) ; BL = Boulador (P = 1300, 480 hab.), d'après Kaïré (1999).

**Tableau VI.** Principaux fruits récoltés dans la région de Bignona selon Ndiour (1996).

Espèce	Nom Ouolof	Récolte maxi (kg pour le village)	Période de collecte
<i>Saba senegalensis</i>	<i>Mad</i>	1 080	Avril à juillet
<i>Landolphia heudelotii</i>	<i>tol</i>	415	Mai à août
<i>Elaeis guineense</i>	<i>tir</i>	4 900	Novembre à juillet
<i>Detarium senegalense</i>	<i>ditakh</i>	1 100	Novembre à mai
<i>Borassus aethiopum</i>	<i>coni</i>	4 800	Octobre à juin
<i>Dialium guineense</i>	<i>solom</i>	1 100	Avril à juin
<i>Adansonia digitata</i>	<i>bouye</i>	430	Avril à juin
<i>Parkia biglobosa</i>	<i>oul</i>	1 280	Avril à juillet
<i>Parinari excelsa</i>	<i>mampato</i>	400	Avril à juin
<i>P. macrophylla</i>	<i>néo</i>	1 440	Avril à juin

**Tableau VII.** Valeur annuelle des produits de collecte dans un village du Bénin (Schreckenber, 1996, p. 255).

Arbre	Produit	Valeur F CFA (1993)
Karité	amande beurre	566 280
Divers	miel	333 600
Palmier à huile	Huile, vin et divers	777 400
Zanthoxylum	écorce de racine	70 000
Saba	éponge	52 000
Néré	graines moutarde	14 070
Phenix	nattes	3 500
	total	1 816 850
	soit par adulte et par an	6 546

*et al.* (2000), Badiane *et al.* (2000), ainsi que de Kairé & Dione (2000), se rapportant au Sénégal, de Zapfack *et al.* (2000) au Cameroun ou de Douanio & Lacombe (2000), au Burkina, apportent de précieuses données sur cet important aspect des jachères.

### **Produits médicinaux**

On rencontre des plantes d'intérêt médicinal à tous les stades de la succession : « toute plante est médicinale, mais il y en a dont on ignore l'usage ». Dans l'évaluation des ressources médicinales et dans le contexte socio-économique actuel du Sahel, il faut tenir compte plus de la présence des espèces que des quantités prélevées, comme on le ferait s'il y avait vente. Personne ne souhaitant tomber malade, l'important est de pouvoir se soigner, pas de se soigner. En fait moins on utilise de médicaments mieux ça vaut. Pour pouvoir disposer de médicaments, quand la nécessité s'en fait sentir, il faut disposer de zones de végétation à tous les stades, avec toute leur diversité potentielle. L'intérêt des jachères sur le plan des plantes médicinales est plus qualitatif que quantitatif et il faut bien distinguer la ressource (ce qui est présent) de l'usage (ce qu'on prélève). Par ailleurs, pour toute ressource biologique, mais

c'est particulièrement vrai pour les plantes médicinales, il existe des modes d'utilisation qui détruisent la ressource, d'autres qui la préservent voire lui permettent de se développer. Le prélèvement des racines (l'écorce des racines est très souvent la partie la plus riche des plantes) conduit fréquemment à la mort de la plante.

Les plantes médicinales sont aussi bien herbacées que ligneuses. Il semble que les plantes herbacées, souvent trouvées près de la maison, soient préférées des femmes. Les hommes, spécialement les tradipraticiens, préfèrent les arbres qui disent-ils sont plus forts. Ce sont eux aussi qui vont chercher les plantes le plus loin des villages (en Côte-d'Ivoire, on dit qu'une plante qui a entendu le chant du coq a perdu ses pouvoirs).

Les plantes médicinales peuvent se répartir en deux catégories. Des plantes de bonne réputation qui servent un peu à tout, sortes de panacées, éventuellement réservées à une catégorie de la population : plantes pour femmes, pour enfants (*Anona senegalensis*), pour vieillards. Ces plantes servent à combattre tous les petits maux si fréquents de la vie quotidienne : diarrhées, problèmes respiratoires, boutons et plaies qui ne cicatrisent pas, fièvres. À côté de ces passe-partout, quelques espèces ont des propriétés bien particulières. Certaines sont à utiliser avec discernement et pourraient autrement être plus dangereuses qu'utiles par exemple le *Rauwolfia vomitoria*, les *Strophanthus*. Parmi ces plantes fortes citons *Khaya* comme fébrifuge, *Cochlospermum* comme hépatoprotecteur, *Securidaca* comme antivenimeux, *Fagara* comme antidrépanocitaire, *Guiera* comme antidiarrhéique (cf. Pousset, 1989-a).

On peut très bien envisager la production de certaines plantes médicinales pour la vente comme une alternative intéressante pour la mise en valeur de sol, notamment de sols marginaux, avec une valeur ajoutée importante (cf. Pousset, 1989-b). Mais dès lors qu'on parle de culture, on sort du domaine de la jachère et on arrive à un stade d'agriculture évolué.

Le tableau VIII, d'après Bélem *et al.* (1996), donne la liste des principales espèces alimentaires récoltées dans les jachères du Zitenga, au Burkina Faso.

Les travaux cités plus haut à propos de produits divers, inventorient et évaluent également le plus souvent les plantes médicinales. Le tableau IX, d'après Diop (1997), donne la liste des principales espèces médicinales récoltées dans les jachères de Casamance, au Sénégal.

### Miel

Le sucre de canne devenu banal avec la monétarisation de l'agriculture a un peu relégué au deuxième plan le miel. Cependant, le miel est meilleur au goût et meilleur pour la santé que le sucre industriel, de plus les abeilles qui le produisent, fécondent les fleurs et permettent une meilleure production de fruits. En Europe et aux Etats-Unis d'Amérique, les producteurs de fruits louent les services d'apiculteurs pour accroître leurs productions.

Les arbres ont un rôle essentiel dans la vie des abeilles. En effet ce sont les seules plantes actives en saison sèche, et nombreuses sont les espèces d'arbres qui fleurissent pendant cette saison. En dehors même du nectar, l'eau trouvée dans les fleurs permet la survie des insectes. Les arbres du parc, en particulier le karité, et ceux des vieilles jachères ont un rôle déterminant pour la production de miel. Ils servent aussi de support aux ruches qui, elles-mêmes, sont construites, au moins en partie, de bois (*Bombax*) ou d'écorces (*Daniellia*).

Selon Depommier (1987), la production de miel de brousse est de cinq à sept litres par hectare et rapporterait aux familles centrafricaines étudiées cinquante mille francs C.F.A. par an. À titre d'indication le miel est vendu trois mille francs C.F.A. la bouteille de un litre à Ouagadougou (prix relevé en 1995), et de deux mille francs CFA à Dakar en 2000.

### Gibier

Les productions animales spontanées n'ont reçu qu'une attention distraite, ce qui est une lacune quand on considère leur importance potentielle dans l'alimentation et l'économie.

**Tableau VIII.** Produits non ligneux vendus sur les marchés de Zitenga (Burkina Faso), d'après Bélem *et al.*, 1996.

Espèces	Partie vendue
1. <i>Acacia macrostachya</i>	Graines
2. <i>Adansonia digitata</i>	Feuilles fraîches Feuilles sèches
3. <i>Balanites aegyptiaca</i>	Fruits Graines
4. <i>Bombax costatum</i>	Calices frais Calices secs
5. <i>Butyrospermum paradoxum</i>	Amandes Beurre
6. <i>Detarium microcarpum</i>	Fruits
7. <i>Diospyros mespiliformis</i>	Fruits
8. <i>Parkia biglobosa</i>	Fruits Graines
9. <i>Piliostigma reticulatum</i>	Feuilles pilées
10. <i>Tamarindus indica</i>	Fruits Feuilles pilées
11. <i>Vitex doniana</i>	Fruits
12. <i>Ziziphus mauritiana</i>	Fruits
13. Miel	

L'importance de la jachère dans la production de gibier est grande. Beaucoup de travaux (essentiellement en zone forestière) ont montré que ce sont les stades intermédiaires de la succession qui sont les plus giboyeux. La composition chimique des plantes de jachère (souvent moins de tanins que chez les plantes climaciques) et la petite taille des arbustes, qui les met à portée de dent, jouent un rôle dans cette abondance de gibier. Quand la jachère disparaît, disparaît avec elle la quasi-totalité du gibier et avec lui le plaisir de la chasse. Par ailleurs, pour beaucoup de sociétés, seule la viande sauvage est de consommation quotidienne, le bétail et la volaille étant réservés aux manifestations sociales. Dans ce contexte social, la disparition du gibier entraîne des carences alimentaires. Selon Bernard *et al.* (1995), la vente de viande de brousse, rapporte 1,6 million de francs C.F.A. aux villageois de Dolékaha dans le Nord de la Côte-d'Ivoire, soit plus que la vente du coton. Baumer (1997) montre la diversité des productions animales et le rôle des ligneux dans cette production.

### Termites

Les termites jouent un rôle considérable dans la vie soudanienne. Certaines espèces de termites (*Macrotermes*) sont localement consommées et fort appréciées (Iroko, 1996). On consomme les champignons qui se développent sur les meules des termites champignonnistes. Les termites nourrissent aussi oryctéropes et oiseaux (dont poussins). Éliminées des champs par les paysans, c'est dans les jachères que se développent des termitières, car elles y trouvent les conditions d'alimentation et de tranquillité qui leur sont nécessaires (Makhfouss Sarr, *comm. Pers.*).

### Les produits indirects

Comme nous l'avons vu en introduction, l'intensification agricole, rendue nécessaire par l'augmentation des densités de population, passe par le remplacement de processus naturels

**Tableau IX.** Principales espèces ligneuses des jachères à usage médicinal en zone soudanienne du Sénégal (Diop, 1997).

Espèces	Maladies traitées	Parties utilisées
<i>Acacia albida</i>	Grippe, rhume, bronchite, maux de dent	Ecorce, feuille, racine
<i>Acacia macrostachya</i>	Maux des yeux	Racine
<i>Acacia seyal</i>	Constipation, brûlure	Ecorce
<i>Adansonia digitata</i>	Fébrifuge	Ecorce
<i>Afromosia laxiflora</i>	Grippe	Racine
<i>Alchornea cordifolia</i>	Fébrifuge	Feuille
<i>Alstonia boonei</i>	Maux de ventre	Ecorce
<i>Annona senegalensis</i>	Fièvre jaune	Racine
<i>Baissea multiflora</i>	Contre poison, maux gastriques	Racine
<i>Bridelia micrantha</i>	Maux des yeux	Racine
<i>Calotropis procera</i>	Urine non contrôlée	Racine, feuille
<i>Capparis tomentosa</i>	Impuissance sexuelle, constipation	Racine, feuille
<i>Cassia sieberiana</i>	Brûlures, fébrifuge, maux de ventre	Feuille, racine
<i>Combretum glutinosum</i>	Hypertension, rhume	Feuille, écorce
<i>Combretum micranthum</i>	Antibiotique, syphilis	Feuille
<i>Combretum racemosum</i>	Maux de ventre	Racine
<i>Conocarpus erectus</i>	Fatigue générale	Racine
<i>Cordyla pinnata</i>	Abcès, vermifuge	Ecorce, racine, feuille
<i>Daniellia oliveri</i>	Colique, brûlure	Feuille, résine
<i>Detarium microcarpum</i>	MST, diarrhée, maux de ventre	Ecorce, racine
<i>Detarium senegalensis</i>	Maux de ventre, constipation	Ecorce, feuille
<i>Erythrina senegalensis</i>	Syphilis, maux de ventre	Ecorce
<i>Fagara rubescens</i>	Maux de ventre	Feuille, racine, écorce
<i>Fagara xanthoxyloides</i>	Maux de dent	Racine
<i>Ficus sckott-elliottii</i>	Fièvre jaune	Feuille
<i>Gardenia ternifolia</i>	Stérilité chez la femme	Racine
<i>Gardenia triacantha</i>	Impuissance sexuelle, hypertension	Racine
<i>Guiera senegalensis</i>	Toux, fièvre, maux de dent	Feuilles
<i>Holarrhena floribunda</i>	Maux de ventre	Racine
<i>Icacina senegalensis</i>	Personne chétive	Racine
<i>Jatropha curcas</i>	Purgatif, rhumatisme, plaie, dermatose	Graine, feuille, huile, latex
<i>Khaya senegalensis</i>	Paludisme, avortement	Ecorce
<i>Leptadenia hastata</i>	Maux de ventre	Racine
<i>Nauclea latifolia</i>	Fièvre jaune	Racine
<i>Ostryoderris stuhlmanii</i>	MST	Racine
<i>Parinari excelsa</i>	Insomnie, fatigue	Ecorce
<i>Parkia biglobosa</i>	Hémorroïde, stérilité, bronchite, brûlure	Feuille, écorce
<i>Piliostigma thonningii</i>	Syphilis	Racine
<i>Prosopis africana</i>	Ulcère, diarrhée, vers	Ecorce, racine

Tableau IX (suite)

Espèces	Maladies traitées	Parties utilisées
<i>Securidaca longepedunculata</i>	Fièvre, contre serpent	Racine
<i>Tamarindus indica</i>	Diarrhée	Ecorce
<i>Terminalia macroptera</i>	Syphilis, plaie, maux de ventre	Ecorce
<i>Trichilia prieureana</i>	Contre le poison	Ecorce
<i>Uvaria chamea</i>	Rougeole, stérilité	Racine
<i>Vitex doniana</i>	Fièvre jaune	Racine, écorce

par des processus artificiels. Mais, en suppléant à la nature pour une fonction particulière quelconque, on détruit en fait en même temps tout un équilibre fonctionnel. Dès lors qu'on intervient en un point, il faut corriger en d'autres points pour garder un fonctionnement durable. En passant du stade de la cueillette au stade de l'agriculture à longues jachères, l'homme remplace les facteurs d'ouverture du milieu en provoquant lui-même l'ouverture du milieu. Ce faisant il introduit une notion de régularité dans un processus autrement aléatoire, ce qui conduit à la multiplication de certaines espèces aux dépens d'une plus grande biodiversité (Alexandre, 1978). En passant de la longue jachère à la jachère courte, on se prive de l'effet nettoyant de la jachère à l'encontre des adventices. On se prive aussi de l'effet « pépinière » pour certaines espèces utiles comme le karité (Ouedraogo & Devineau, 1996 ; Devineau, 2000) ; cette espèce, dont les graines perdent rapidement, en se desséchant, leur pouvoir germinatif, met plus de dix ans avant de perdre son habitus géophytique et ne peut se multiplier et être protégée par les paysans que si la jachère a été suffisamment longue. De la même façon, en passant de la jachère courte à la culture continue, on abandonne les mécanismes d'entretien de la fertilité physico-chimique du sol. On est obligé de labourer et avec le labour ce sont tous les arbres qui disparaissent, y compris le faidherbia qui pourtant profite d'une certaine usure du sol qui lui permet de ne pas affronter la compétition avec les adventices et de disposer de reliquats d'humidité suffisants pour se développer (Alexandre, 1996).

Les arbres semblent avoir un effet particulier sur la remontée de la fertilité du sol. C'est un effet plus lent à se faire sentir que celui des graminées, mais aussi plus durable. Ce rôle pourrait être lié à la présence de lignine, précurseur privilégié de matière organique stable (Alexandre, 1997). Le rôle des essences exotiques, introduites dans les jachères dites améliorées, est controversé. Ainsi Harmand (1998), au Cameroun, trouve que contrairement à *Acacia polyacantha*, qui est local et qui améliore rapidement le sol, les acacias australiens (comme *A. holosericea*) le dégrade. Au Sénégal les expériences en cours montrent également une baisse des teneurs en potassium, en calcium et en magnésium sous *A. holosericea*, qui sera préjudiciable aux futures cultures s'il n'y a pas brûlis sur place de toute la biomasse produite par ces arbres. *A. holosericea* semble présenter l'inconvénient supplémentaire de favoriser la présence de nématodes parasites. La fertilité du sol est cependant une notion trop complexe pour se limiter à ces seuls facteurs. Le rôle de la jachère dans l'entretien de la fertilité du sol ayant fait l'objet d'un atelier du programme (Floret & Pontanier, 1997) nous y renvoyons le lecteur.

## Conclusion

En faisant alterner des périodes où la terre est dénudée et semée et des périodes où elle n'est ni dénudée ni semée (jachère) le paysan assure au moins partiellement le maintien de la fertilité du sol. Mais la période de jachère n'est pas une période de « repos », où la terre serait en quelque sorte sortie du système. La jachère, fait partie intégrante du système de production. La terre y produit, spontanément, de l'herbe pouvant servir de fourrage ou de matériau, du bois pour le feu, la construction, l'artisanat, des médicaments, du gibier, du miel...

Une grande partie de la production n'est pas exploitée mais rentre cependant dans le cycle écologique. Cette distinction entre production brute et production exploitée est fondamentale. De même, l'exploitation des diverses productions peut conduire à entretenir la productivité ou au contraire la mettre en péril : le pâturage tend à maintenir la production fourragère tandis que l'exploitation des racines des plantes médicinales peut les faire disparaître.

Si actuellement la jachère reste spontanée, non semée ni plantée, elle peut néanmoins résulter de pratiques plus ou moins conscientes. Certaines espèces sont respectées, voire protégées et gérées. On connaît, ici ou là, des pratiques de semis de néré ou de karité, les modes de tailles sont différents d'une espèce à l'autre (cas des *Prosopis africana*, *Ziziphus mauritiana*, *Mitragyna inermis*,...). Pour plusieurs espèces, mais cela dépend de la région, on s'achemine vers une domestication complète.

La durée de la jachère et son mode d'exploitation déterminent largement la nature des plantes qu'on y trouve, leur taille, les usages qu'on peut en faire. Mais cette durée et ce mode de gestion n'est pas du tout une donnée fixe qui dépendrait de la densité de population ou du degré d'évolution technique d'un village. En fait il existe une gamme étendue de jachères différentes, certaines courtes et d'autres longues, certaines pâturées en saison sèche et d'autres en hivernage, etc. Dans un même village, le paysan n'a pas les mêmes pratiques selon que la terre est située proche de sa concession ou plus loin, selon que le sol est profond ou superficiel, selon qu'elle lui appartient ou pas... En fait on va donc rencontrer toute une mosaïque de parcelles d'histoire et donc de structures différentes. Les espèces traduisent assez fidèlement les conditions stationnelles (espèces pérennes sur sol profond, décidues sur sols minces) et leur morphologie (hauteur, diamètre, cicatrices, ...) les modes de gestion. Au sein de la mosaïque villageoise les parcelles évoluent. L'usage de plus en plus intensif conduit à une éclaircie progressive des grands arbres en commençant par ceux qui ne sont qu'utiles<sup>(8)</sup>. Les espèces très utiles finissent aussi par être éliminées. Le stade final est souvent actuellement une replantation avec des essences exotiques. Pour les arbustes aussi il y a une succession mais assez différente car ils sont à la fois plus soumis à l'homme et, souvent, plus aptes à se multiplier. On voit ainsi se succéder des phases à forte dominance spécifique. A Sobaka par exemple, le stade « feu » est caractérisé par *Combretum glutinosum*, le stade pâturage par *Piliostigma reticulatum* et le stade courte jachère par *Guiera senegalensis*.

L'étude des jachères dans leur diversité locale est l'entrée privilégiée vers la compréhension de l'histoire d'un terroir et ce n'est qu'en comprenant l'histoire qu'on pourra proposer des scénarios pour le futur.

La crise actuelle de la jachère provient en partie d'une sous valorisation de ses produits. L'organisation de la filière bois qui se met localement en place (cf. Bazile, 1998) est ainsi de nature à encourager la préservation des ligneux, voire leur réintroduction dans les systèmes agricoles. Le bois pouvant apparaître comme une production de rente écologiquement durable.

(8) Pour certains usages, notamment médicaux, un petit nombre de pieds peut satisfaire les besoins de tout un village.

## Annexe I

### La production de bois des jachères en zone soudanienne. Rappels dendrométriques

Le problème de la production de bois en zone soudanienne est crucial pour son développement. Mais c'est un problème complexe qui laisse la place à beaucoup de lacunes fondamentales. Les données de la littérature sont disparates, souvent impossibles à comparer. Il n'est peut-être pas inutile de faire quelques rappels sur les notions de dendrométrie pour pouvoir les appliquer au bois des jachères. L'essentiel de ce qui suit est tiré de Pardé et Bouchon (1988) et de Rondeux (1993).

#### Le volume

La notion de volume, longtemps seule utilisée par les forestiers, correspond à l'usage du bois d'œuvre. De plus le cubage s'affranchit de la nécessité de devoir mesurer la teneur en eau qui est très variable. Les tarifs de cubage du bois ne portent généralement que sur une partie de l'arbre : la grume ou rondin. Ils sont établis à partir de mesures précises, sur un grand nombre d'échantillons, de paramètres faciles à observer tels que le diamètre à hauteur de poitrine (1,30 m) et établissement de régressions. Le volume des arbres, ou d'une partie de ces arbres est soit calculé, soit mesuré à la cuve par déplacement d'un liquide, soit même maintenant par analyse d'images numériques. Les moyens actuels de calcul ont rendu l'établissement de tarifs bien plus facile que par le passé.

La biomasse est bien plus utile à l'écologiste. Il s'agit bien entendu de la biomasse sèche ou « poids sec », seule donnée comparative. L'écologiste mesure la biomasse de tous les compartiments vivants (troncs, mais aussi tiges, feuilles, fleurs et fruits, racines) ou morts (litière et matière organique). C'est la première étape dans l'approche dynamique et fonctionnelle qui passe par la mesure de la production. La production c'est la variation des stocks des divers compartiments d'un système et les flux des uns aux autres au cours du temps. C'est bien cette production que nous avons besoin de connaître pour la gestion de nos jachères, par exemple pour savoir si la production peut faire face aux prélèvements. C'est aussi la mesure la plus complexe, surtout pour des peuplement spontanés comme ceux des jachères en zone soudanienne, plurispécifiques et inéquiennes. Les jachères se rapprochent des taillis sous futaie. En effet, elles comportent souvent des grands arbres de par cet des rejets de souches. Comme l'écrit Rondeux (1993) :

*La modélisation de la production de peuplements inéquiennes a, comparativement aux peuplements équiennes, fait l'objet de très peu d'études. Le problème essentiel provient de la difficulté, voire de l'impossibilité, étant donné la structure de ces peuplements, de se référer à un âge. En outre ces peuplements comportent presque toujours plusieurs essences en mélange.*

On utilise principalement trois méthodes pour arriver à une estimation de la production. La première consiste à mesurer de façon répétée un même peuplement protégé ou parcelle permanente. On établit les relations d'allométrie lors de l'abattage final et on reconstitue l'histoire de l'évolution des biomasses dans le passé de façon à établir des scénarios de gestion optimisée. On peut aussi établir des relations à chaque étape sur des sous-échantillons. La deuxième méthode consiste à ne faire qu'une seule mesure (dimensions et biomasses) et à reconstituer l'histoire du peuplement à l'aide d'une analyse de cernes et grâce aux relations diamètres/hauteurs. L'avantage est d'éviter la lourdeur et le prix des parcelles permanentes. La troisième méthode, qui va sans doute se développer avec les facilités de

calcul, est d'établir des lois de croissance en fonction des divers paramètres pertinents. C'est la méthode la plus souple mais qui nécessite des connaissances qui ne sont pas encore disponibles pour la zone soudanienne.

La validité des équations de régression dépend de la représentativité de l'échantillonnage. Il importe de prendre en compte toutes les sources de variabilité : différents sols, positions sur la toposéquence, espèces, âges, histoires, densités...

On a souvent tendance à établir les relations d'allométrie sur de petites parcelles et à étendre les résultats à l'ensemble d'une zone bien plus vaste. C'est évidemment incorrect et c'est en fait le contraire qu'il faudrait faire. Soulignons qu'un mauvais échantillonnage donnera souvent un meilleur coefficient de corrélation qu'un échantillonnage plus représentatif. Une régression obtenue avec les différents brins d'une seule cépée pourra ainsi avoir un coefficient de corrélation proche de un. On a de même tendance à mesurer beaucoup de petits arbres, alors que ce sont les plus gros qui sont variables et qu'il faut donc mesurer. La facilité que confère les micro-ordinateurs conduit aussi souvent à retenir des équations fantaisistes qui certes donnent d'excellents ajustements mais ne traduisent aucune réalité écologique. Indépendamment de leur valeur explicative nulle, elles ont toutes les chances de ne pas résister à un échantillonnage plus poussé. Les régressions ne sont bien sûr valables que dans la limite des échantillonnages. Cependant en étendant l'extrapolation on a un moyen facile de voir si le modèle utilisé est réaliste, en d'autres termes a ou n'a pas une signification biologique. Les équations de type polynomiales s'adaptent aux volumes ou cubages mais pour les biomasses il est admis qu'il vaut mieux retenir les équations allométriques<sup>(9)</sup> :

$$B = a \cdot X^\alpha + \epsilon$$

où X est la variable explicative, le plus souvent le diamètre à 1,30 mètre (DHP ou DBH) et où l'exposant  $\alpha$  est compris entre deux et trois, généralement de l'ordre de 2,5. Cette valeur de 2,5 pourrait avoir une explication mécanique, car elle correspond au meilleur compromis poids/résistance<sup>(10)</sup>. Le terme  $\epsilon$  qui correspond en théorie au poids d'un individu qui atteint tout juste 1,30 mètre de haut peut généralement être négligé.

Dans les résultats, il faut donner la précision (intervalle de confiance) et les limites de validité (étendue de l'échantillonnage). D'une manière générale, il est aussi bon de donner la distribution diamétrique du peuplement échantillonné, ce qui est une image synthétique de sa structure fort utile et permet de plus de savoir si certains tests statistiques s'appliquent.

On notera que la variabilité des biomasses est très généralement proportionnelle à leur valeur (distribution en trompette ou queue de comète) : plus les arbres sont gros, plus ils sont variables, moins bien ils sont estimés. Or, ce sont eux qui forment l'essentiel de la biomasse. Cela a deux conséquences. La première est qu'il est illusoire et incorrect de donner les coefficients de régression avec plusieurs chiffres significatifs (on en voit souvent 5 !). La deuxième est qu'il ne sert à rien de mesurer les petites tiges quand une seule grosse fait à elle seule plus que toutes les petites réunies. En règle générale, on ne prendra en compte que les tiges qui atteignent au moins le quart des plus gros diamètres (diamètre de précomptage). Par exemple, si les plus grosses tiges ont un diamètre de trente à quarante centimètres, on peut le plus souvent négliger les tiges de moins de dix centimètres. Pour une étude fine du milieu, il y a tout intérêt à échantillonner indépendamment les grands arbres et les petits, ou, d'une manière plus générale, toute cohorte qui peut avoir sa dynamique propre. À Sobaka, au Burkina Faso, nous avons distingué quatre strates : les grands arbres épargnés lors des défrichements ou rémanents, les « arbres » de plus de deux mètres suffisamment grands pour

(9) L'équation allométrique générale peut s'écrire  $Y = k X_1^{\alpha_1} \cdot X_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot X_n^{\alpha_n} + \epsilon$ .

(10) McMahon (1975) a établi que, pour des raisons mécaniques, on doit avoir la relation  $D = k H^{3/2}$ . Dans ce cas le coefficient vaut 2,66.

être à l'abri du feu, ceux de moins de deux mètres dont la partie aérienne disparaît à chaque feu et, enfin, les plants de l'année (cf. Somé, *et al.*, 2000).

Dans les relations de cubage ( $v = f \cdot g \cdot h$ ), les causes de variation sont au niveau de la forme des troncs en relation avec les espèces et les conditions de croissance, de la hauteur qui, pour un âge et un diamètre donné, varie avec la richesse de la station (sols fertiles = arbres grands). Parmi les facteurs importants de la fertilité des sols en zone soudanienne il faut faire une place particulière à la profondeur, qui est fréquemment limitée par les résidus de dalles, et aux états de surface, très fortement affectés par l'usage des sols.

Le bois de feu ou bois énergie est commercialisé d'après son volume d'encombrement mesuré en stères (ou en cordes, soit 4 stères<sup>(11)</sup>).

## La biomasse

Quand on passe du cubage à l'estimation de la biomasse, le paramètre supplémentaire est la densité (en fait masse volumique)  $B = d * f * g * h$ . Celle-ci varie surtout avec l'espèce et les conditions de croissance. Chez les feuillus, il semble que la densité soit d'autant plus grande que la croissance est rapide. Cela peut sembler assez paradoxal, mais s'explique en considérant que plus la saison de croissance est longue, et plus le cerne est épais, plus il y a de bois d'été, c'est-à-dire de bois avec un grain fin donc dense. La densité qui permet de passer du volume vert au poids sec est appelée infradensité. Le bois se rétracte en effet au séchage et les dimensions sont prises sur bois vif tandis que le bois est pesé après passage à l'étuve. Certains bois se rétractent plus que d'autres. On notera que les arbres vivants se rétractent aussi, selon leur bilan hydrique. Il y a un rythme diurne avec rétractation au cours de la journée, et une rétractation en saison sèche, très sensible à la fin de celle-ci quand les arbres remettent à feuille avant l'arrivée des pluies (cf. CNRST 1998).

À l'échelon de peuplements entiers, il existe des interactions entre individus qui aboutissent à une certaine homogénéisation des biomasses sur pied et des productions. La « loi d'Eichorn » (1904, *in* Parde & Bouchon, 1988) veut que le volume soit, pour une espèce donnée, fonction en premier lieu de la hauteur moyenne, indépendamment de l'âge ou de la fertilité stationnelle. Bien que critiquée par certains, elle est défendue par d'autres comme Zarnovican (1986). La hauteur dominante donne de meilleurs résultats que la hauteur moyenne. Elle donne rapidement une estimation de la biomasse (cf. Vooren, *comm. pers.*, ou Duchaufour *et al.*, 1958).

## La production

Les phénomènes qui gouvernent la production sont très complexes, mais il faut faire une place privilégiée à l'espace vital des individus, c'est-à-dire à la densité du peuplement qui est une fonction du nombre d'individus par rapport à leur taille. En zone soudanienne, et *a fortiori* sahélienne, les arbres peuvent utiliser une surface de sol bien supérieure à celle de leur houppier et un peuplement ouvert au niveau aérien peut, en fait, être saturé au niveau des racines. Au Sahel, l'eau est le facteur limitant principal de la croissance des arbres ; en forêt dense, c'est la lumière ; en zone soudanienne, les choses sont plus complexes : l'eau et la lumière peuvent être limitants mais aussi l'alimentation minérale, plus tous les stress liés à l'homme directement ou indirectement, par le feu et les animaux.

Les chiffres souvent très bas, donnés dans la littérature, correspondent probablement à des peuplements très dégradés, qui ont perdu leur capacité de production. Cette dégradation pourrait être très rapide (cf. Gaston *et al.*, 1998).

(11) La corde anglo-saxonne vaut  $4 \times 4 \times 8$  pieds soit 3,62 stères.

## Production actuelle, sous protection et production potentielle

La production est toujours un bilan entre une production brute et une certaine quantité de pertes dues à différents facteurs (respiration, chute des organes morts = litière, consommation par les insectes, feu, etc.). Lorsqu'on observe l'évolution de la biomasse ligneuse de parcelles en jachère, on a affaire à des peuplements qui subissent divers prélèvements par les animaux ou les hommes. La mise sous protection permet en théorie d'éliminer ces prélèvements. Mais cela ne donne pas pour autant une production potentielle. D'une part la protection ne permet pas une évolution instantanée vers le climax qui serait certainement le stade qui aurait la production brute la plus élevée grâce à une combinaison d'espèces diverses mais aurait en fait une production apparente nulle. Un peuplement rajeuni est plus productif qu'un peuplement vieillissant. D'autre part, la présence d'animaux pousseurs dans un recru ligneux n'est pas nécessairement négative. En effet, les graminées et les arbres se montrent constamment antagonistes et, en diminuant la vitalité des herbes, les animaux peuvent favoriser les arbres. Les herbes sont par ailleurs le véritable combustible de la savane : sans herbe pas de feu, donc pas de perte par incendie.

## Quelques remarques supplémentaires

Les forestiers s'intéressent pratiquement toujours aux volumes (de bois fort), l'écologiste aux biomasses (poids secs). On appelle « bois fort » le bois d'une circonférence supérieure à vingt-deux centimètre (ou 7 cm de diamètre).

La formule de Smalian :

$$V = (G_i + G_j) h/2$$

est la plus utilisée pour calculer le volume des rondins. C'est une formule approchée, qui n'est juste que pour une forme parabolioïde parfaite. Le volume commercial s'obtient avec une formule plus simple :

$$v = \pi/4 d'^2 h \text{ ou } 1/4\pi c'^2 h$$

avec  $c'$  ou  $d'$  circonférence ou diamètre en milieu de bille.

Le coefficient de forme  $f = k^2$  et  $k = d'/d$  où  $d'$  est le diamètre à mi-hauteur ; pour un tronc cylindrique  $k$  est proche de 1 (0,85 à 0,9), pour une belle tige de futaie résineuse on observe des valeurs proches de 0,7 ; 0,5 pour des résineux coniques de prés-bois et 0,35 pour des néloïdes comme les arbres isolés de pâtures. On considère souvent qu'un arbre est composé d'un néloïde à la base ( $f = 1/4$ ), d'un cône pour la bille ( $f = 1/3$ ) et d'un parabolioïde pour la tête ( $f = 1/2$ ).

Le diamètre des arbres à hauteur de poitrine ou  $D_{130}$  est le plus utilisé par les forestiers. Cependant dans les conditions soudanaises où les arbres sont souvent bas-branchus, on est souvent amené à opter pour un niveau de mesure situé plus bas. La hauteur de quarante centimètres a souvent été retenue, ainsi que celle de souche, c'est-à-dire environ dix centimètres au-dessus du sol, là où les bûcherons coupent les arbres. Kaïré (1999) a effectué sur les mêmes tiges des mesures à cent trente centimètres et au sol. Ses données montrent que :

Diamètre à la base ou  $D_0 = 1,15 * D_{130}$  ou encore  $D_{130} = 0,84 * D_0$ .

Sur une petite parcelle de Ouagadougou, nous avons obtenu une relation voisine (Barry & Alexandre, *en préparation*) :

$$C_{130} = 0,75 C_b \text{ soit encore } C_b = 1,33 C_{130} (R^2 = 0,94)$$

Le tableau X donne quelques valeurs guides utiles pour l'estimation bioénergétique.

Le coefficient d'empilage mesuré par Neya (CNRST, 1999) pour le bois du Nazinon, au Burkina Faso, de 0,5 est moyen, celui de 0,35 mesuré par Bazile (1998) au Mali se situe

**Tableau X.** Quelques valeurs guides utiles pour l'estimation bioénergétique.

	Min.	Moyenne	Max.
Coefficient d'empilage (m <sup>3</sup> / st.)	0,3 petits bois	0,5 gros bois	0,8 bois refendu
% écorce (en vol.)	5	10	30
Infradensité	0,3	0,5	>1
Teneur en eau du bois « sec » à l'air	10%	30%	50%
Valeur énergétique de 1 kg de bois sec à l'air		3 300 kcal (1 litre de fioul 8 424 kcal)	

parmi les valeurs faibles. La valeur de 0,7 trouvée par Balle (1996) pour des acacias australiens, est parmi les plus fortes.

Selon Bernhard-Reversat *et al.* (1993), la densité du bois de *Acacia mangium* est de 0,5, celle de *A. auriculiformis* de 0,6 à 0,75. Issaka *et al.* (1998) considèrent une densité moyenne de 0,83 pour les arbres de Bondoukui au Burkina Faso.

Le pourcentage d'écorce dans le volume total est de cinq pour cent chez un vieux hêtre, plus de trente pour cent chez le pin ou le mélèze. Le pourcentage d'écorce a une grande importance écologique car c'est l'écorce qui exporte les minéraux (teneur en cendres supérieure à 10 p. cent contre moins de 1 p. cent pour le bois).

Le volume de petit bois (inférieur à 7 cm) représente vingt-trois à quatre-vingts pour cent du gros bois. Le pourcentage augmente de la futaie au taillis.

### Estimation d'erreurs

Afin de tester quelques-uns des facteurs d'erreur sur les mesures de biomasse, nous avons effectué quelques mesures sur deux échantillons prélevés au Sénégal dans une jachère de cinq ans, l'un de *Combretum glutinosum*, l'autre de *Terminalia macroptera*. Ils avaient un mois de séchage à l'air quand nous les avons reçus et pu commencer à les étudier.

Le premier examen des échantillons montre qu'on ne peut en aucune manière leur attribuer de forme géométrique simple, cylindrique conique ou autre. Ils sont tout simplement bicornus !

La première mesure a été celle des diamètres aux deux bouts, effectuée au pied à coulisse au dixième de millimètre. On a mesuré le plus grand diamètre, en faisant tourner le pied à coulisse autour de l'échantillon puis le diamètre perpendiculaire. Nous avons ensuite mesuré la circonférence « enveloppante » à l'aide d'une ficelle et d'une règle en mm. La longueur des billons, dont les faces ne sont ni plates ni parallèles, a été mesurée à l'aide du pied à coulisse, avec une précision de l'ordre du mm (tableau XI).

**Tableau XI.** Mesures sur échantillons.

		Diamètres sur écorce avant étuve	Diamètres sous écorce après séchage
<i>Terminalia macroptera</i> L = 10,2 cm	gros bout	38,0 * 35,5	32,0 * 28,0
	petit bout	33,4 * 33,0	26,9 * 24,9
<i>Combretum glutinosum</i> L = 11,7 cm	gros bout	36,8 * 36,5	32,3 * 32,0
	petit bout	36,2 * 35,0	31,7 * 30,4

On a ensuite procédé aux pesées des échantillons (balance disponible au cg). Les pesées ont été répétées après passage à l'étude à cent cinq degrés Celsius, puis après séparation de l'écorce et du bois (tableau XII). Au cours de la deuxième journée de séchage, la perte de poids est encore de trois pour cent pour l'échantillon de *Terminalia* et seulement de 0,6 pour cent pour le *Combretum*.

Le volume de bois a été mesuré par immersion dans l'eau dans une éprouvette graduée de deux cent cinquante millilitres avec des graduations de deux en deux millilitres. Une pesée au sortir de l'eau permet d'estimer l'erreur due à l'absorption d'eau par l'échantillon. Elle est de moins de un pour cent du volume (tableau XIII).

**Tableau XII.** Poids des échantillons.

Poids en g	Poids « frais »	Poids total	Poids écorce	Poids bois
<i>Terminalia macroptera</i>	93,90	66,67	24,22	42,04
<i>Combretum glutinosum</i>	100,69	87,40	17,72	69,50

**Tableau XIII.** Précision sur les mesures.

Grandeur	Sensibilité	Valeur	% précision	
Diamètre	1/10 mm	30 mm	0.3	
Longueur	10 cm	1 mm	1	
Poids	0.01 g	20 g	0.05	
Volume	2 cc	60 cc	3 cc	
Épaisseur écorce	<i>Comb. glut.</i>	1/10 mm	2.0 mm.	5
	<i>Term. macro.</i>		2.7 mm.	3

En comparant les sections calculées à partir des mesures de diamètres ( $g d = \pi \cdot D1 \cdot D2 / 4$ ) ou de circonférences ( $g c = C^2 / 4 \cdot \pi$ ) on constate que la mesure de circonférence surestime la section d'environ sept pour cent.

Les données du tableau XIV permettent de calculer la teneur résiduelle en eau des échantillons après un mois de séchage à l'air. On constate que *Terminalia* a une teneur en eau encore très élevée, alors que *Combretum* est assez proche de la valeur d'équilibre à l'air habituellement admise (12 p. cent). Cette différence importante est sans doute à mettre en relation avec la nature liégeuse et l'épaisseur de l'écorce de *Terminalia*. On remarquera que *Combretum* est semi-sempervirent, alors que *Terminalia* est décidu. Économiser les pertes d'eau par l'écorce alors qu'on porte encore des feuilles qui transpirent abondamment aurait peu de sens. La présence de feuilles au moment du prélèvement peut aussi expliquer une faible teneur en eau initiale.

**Tableau XIV.** Teneur en eau et pourcentage d'écorce des échantillons de deux espèces.

	Teneur résiduelle en eau (%)	% pondéral d'écorce
<i>Terminalia macroptera</i>	41	36
<i>Combretum glutinosum</i>	15	20

Malgré le séchage déjà bien avancé, la rétractation du bois des deux échantillons au séchage à l'étuve est relativement importante. Elle est de deux pour cent pour *Combretum*, et de cinq pour cent pour *Terminalia* qui arrive plus humide (cf. supra).

La mesure de l'épaisseur des cernes est un des meilleurs moyens d'approcher la croissance. Après ponçage on distingue assez bien quatre cernes sur l'échantillon de *Terminalia* : les deux premiers font environ cinq millimètres, les deux suivants deux millimètres. Il y a discordance entre l'âge de la jachère et le nombre de cernes. Il se peut que la tige ait été détruite par le feu la première année de jachère, mais l'explication la plus probable est que le dernier cerne est présent mais indiscernable. Sur l'échantillon de *Combretum* on en discerne difficilement trois. L'avant-dernier cerne porte les marques du passage d'un feu. La difficulté à distinguer les cernes de la majorité des espèces tropicales est bien connue. Elle est tout à fait étonnante compte tenu de l'importance du rythme climatique. Mariaux (1967) indique que les cernes sont particulièrement difficiles à voir chez les arbres jeunes et à la base des arbres, deux conditions que nous réunissons. Il cite *Terminalia* parmi les espèces où les cernes sont mal délimités et *Daniellia oliveri*, *Detarium microcarpum*, *Lannea acida*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus* parmi celles où ils sont au contraire bien définis.

**Pour conclure** sur les problèmes que pose la mesure de la biomasse de bois des jachères on peut faire un inventaire des quelques mesures simples qu'il serait utile de faire :

- mesurer l'épaisseur des écorces ;
- mesurer l'épaisseur des cernes (et leur variation) ;
- établir les relations H/D sur différents types de sols ;
- analyser les densités de peuplements en termes d'exploitation des ressources et de saturation éventuelle de l'espace (étude de l'espace racinaire, bilans hydriques) ;
- mesurer l'humidité résiduelle du bois séché à l'air ;
- mesurer les infradensités des principales espèces (à différents âges) ;
- à plus long terme, étudier l'impact du tapis graminéen sur la croissance des arbres, celui des états de surface sur la disponibilité en eau, l'influence des rhizosphères des arbres sur les graminées et réciproquement ;
- évaluer les différents modes de gestion des arbres en termes de production ligneuse et non ligneuse.

## Références

- Achard F. *et al.* (1996). « Ressources ligneuses des jachères du sud-ouest de Niger », in Floret (éd., 1996) : pp. 43-48.
- Achard F. et Banoïn, 2000.
- Adejuwon J.O. (1981). « Fuelwood productivity of fallow regrowth in the forest areas of Nigeria », *Trav. Doc. Géogr. Trop.*, n° 43 : pp. 371-384.
- Alexandre D.-Y. (1978). « Observations sur l'écologie de *Trema guineensis* en Basse Côte-d'Ivoire », *Cahiers Orstom, sér. Biol.*, vol. XIII, n° 3 : pp. 261-266.
- Alexandre D.-Y. (1996). *Les agro-écosystèmes du Burkina : Dynamique et usage des ressources renouvelables*, colloque de clôture, Orléans, 16-17 oct. 1996 : pp. 13-36.
- Alexandre D.-Y. (1997). « Ecological effects of trees in Sudanian parkland agroforestry systems », *L'agroforesterie pour un développement durable*, Atelier international, Montpellier 23-29 juin 1997 : pp. 115-118.
- Anonyme (1984). Maîtrise de l'énergie dans les pays sahéliens, Ateliers techniques du développement, n° 4, Blact-CFECTI-Gret-SGAR-Paca, 138 p.
- Anonyme (1998). Sahelian desertification, Document sur la Toile : <http://asc.artsci.wustl.edu/~anthro/course/hew98/sahel.html>.

- Aubréville A. (1949). *Climat, forêt et désertification*, Paris, Soc. D'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 352 p.
- Awaiss A. et al. (1996). « Les ressources ligneuses et leur exploitation comme bois de feu et de service à Mayahi », *Gestion des terroirs et des ressources naturelles au Sahel*, Cnéarc : pp. 28-33.
- Badiane S., Djiba S., Bodian A., Sidibé D. & Diatta M. (2000). « Importance de la jachère en Basse et Moyenne-Casamance », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : Texte des posters : 93-95.
- Ballé P. (1996). « La problématique de la production globale dans la gestion des jachères : Cas de la zone des forêts humides », in Floret (éd., 1996) : pp. 49-54.
- Barry M. et Alexandre D.-Y. (2000). Etude de la croissance d'une petite parcelle expérimentale. En préparation.
- Bartel J.H. & Bolliet R. (1976). « Méthode utilisée pour la construction de tables de production à sylviculture variable », Fontainebleau, O.N.F., *Sér. Tech., doc.*, n° 76-79.
- Baumer M. (1987). *Agroforesterie et désertification : Le rôle possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement*, C.T.A., 260 p.
- Baumer M. (1995). *Arbres, arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique occidentale*, Enda-C.T.A., 260 p.
- Baumer M. (1997). *L'agroforesterie pour la production animale*, Icrac-C.T.A., 340 p.
- Bazile D. (1997). *La filière bois-énergie au Mali : Analyse bibliographique critique*, Coraf, 74 p.
- Bazile D. (1998). *La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations, cas de la zone soudanienne du Mali*, th., Toulouse-Le Mirail, 452 p.
- Bazilevich N.I., Drozdov A.V. & Rodin L.E. (1971). « World forest productivity, its basic regularities and relationship with climatic factors », Unesco, « Productivité des écosystèmes forestiers », *Écologie et conservation*, n° 4 : pp. 345-353.
- Belem M., Sorgho M.C., Guire D., Zare A. & Ilboudo J.-B. (1996). « Les jachères et leur utilité dans la province du Bazéga : cas des villages de Tanghin et de Bazoulé (Burkina Faso) », in Floret (éd., 1996) : pp. 89-100.
- Bellefontaine R. (1997). *Synthèse des espèces des domaines sahélien et soudanien qui se multiplient naturellement par voie végétative*. pp. 95-104 in « Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens ». D'Herbes J.-M., Ambouta J. M. K. et Peltier R. (éds.), John Libbey, Paris.
- Berish C.W. (1982). « Root biomass and surface area in three successional tropical forests », *Can. J. For. Res.*, n° 12 : pp. 699-704.
- Bernard C., Oualbadet M., Ouatarra N. & Peltier R. (1995). « Parcs agroforestiers dans un terroir soudanien. Cas du village de Dolékaha au nord de la Côte-d'Ivoire », *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 244 : pp. 25-42.
- Bernhard-Reversat F., Diangana D. et Tsatsa M. (1993). « Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation de *Acacia mangium* et *A. auriculiformis* au Congo », B.F.T., n° 238 : pp. 35-44.
- Bonfils M. (1987). *Halte à la désertification au Sahel*, Paris, Karthala, 270 p.
- Boserup E. (1970). *Évolution agraire et pression démographique [The conditions of agricultural growth]*, Paris, Flammarion, 222 p.
- Bruzon V. (1990). *Les savanes du nord de la Côte-d'Ivoire. Mésologie et dynamique : l'herbe, le feu et le pâturage*, th., Paris-VII, 302 p.
- Buttoud G. (1995). *La forêt et l'état en Afrique sèche et à Madagascar. Changer de politiques forestières*, Paris, Karthala, 244 p.
- C.N.R.S.T. (1998). *Rapport scientifique et technique du projet Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest*, Burkina Faso, Institut national de l'environnement et de la recherche agricole (Inera), 137 p.
- C.T.F.T. (1988). *Projet inventaire des ressources ligneuses au Mali : inventaire des formations végétales*, Rapport technique, 115 p.
- Cabanettes A. (1989). « Une méthode pour l'estimation de la biomasse ligneuse aérienne dans les jeunes taillis », *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, vol. X, n° 1 : pp. 65-80.
- Carbiener D. (1995). *Les arbres qui cachent la forêt : La gestion forestière à l'épreuve de l'écologie*, Édisud, 244 p.
- Chiba Y. (1998). « Architectural analysis of relationship between biomass and basal area based on pipe model theory », *Ecol. Model.*, n° 108 : pp. 219-225.

- Clément J. (1983). Estimation de la biomasse et de l'accroissement des ligneux dans les formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. Voir Inra, 1983.
- Conklin H.C. (1957). *Hanunó agriculture in the Philippines*, F.A.O., 210 p.
- Coquillard P. & Hill D.R.C. (1997). *Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets*, Paris, Masson, 273 p. (coll. *Écologie*).
- Dagnélie P., Palm R., Rondeux J. & Thill A. (1985). *Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers*, Les Presses Agronomiques de Gembloux, 148 p.
- Depommier D. (1987). *Aspects du parc à karités et nérés dans la région de l'Ouham, République Centrafricaine*. Icrاف, *multigr.*
- Devineau J.-L. (1997). «Évolution saisonnière et taux d'accroissement des surfaces terrières des ligneux dans quelques peuplements savanicoles soudaniens de l'Ouest burkinabè», *Écologie*, vol. XXVIII, n° 3 : pp. 217-232.
- Devineau J.-L. (2000). «Écologie des principales espèces ligneuses alimentaires et fourragères dans un système culture-jachère (Sud-ouest du Burkina Faso)», in Floret & Pontanier (éd.) : vol. I, pp. 441-450.
- Diallo M.T. (1995). *Importance des ligneux dans les jachères naturelles et améliorées en Basse Casamance*, mém., Bambey, ENCR.
- Diao O. (1995). *Comportement des systèmes racinaires des ligneux durant le cycle culture jachère en Afrique soudanienne : Étude de la région de Kolda, Haute-Casamance, Sénégal*, 34 p. + annexe.
- Diatta M. & Faye E. (1996). «Effets de quelques années de protection sur la jachère en zone sahélo-soudanienne du Sénégal : structure et production primaire», in Floret (éd., 1996) : pp. 33-42
- Diatta M. (1994). *Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire*, th., Strasbourg, 202 p. + annexes.
- Diatta M., Faye E., Masse D. & Chotte J.-L. (2000). «Effets des modes de gestion des jachères d'âge différent sur la phytomasse ligneuse aérienne et souterraine : cas du sud-bassin-arachidier au Sénégal», in Floret & Pontanier (éd., 2000) vol. I, pp. 451-459.
- Douanio M. & Lacombe B. (2000). «La perception de la jachère chez les Bwabas de Mamou (province des Balé, Burkina Faso)», in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 15-21.
- Doyen A. (1983). «Inventaire de la mangrove à usages multiples en Basse-Casamance et au Saloum, république du Sénégal», in Inra, n°19 : pp. 45-66.
- Duchaufour P., Jacamon M., Debazac E.F. & Pardé J. (1958). «Un exemple d'utilisation pratique de la cartographie des stations : la forêt du Ban d'Étival (Vosges)», *Rev. For. Franç.*, vol. X, n° 10 : pp. 597-630.
- Eichhorn F. (1904). «Beziehungen swischen Bestandeshöhe und Bestandesmasse», *Allg. Forst. U. J.-Ztg.*, n° 80 : pp. 45-49.
- Eshete G. & Stahl G. (1998). «Functions for multi-phase assessment of biomass in acacia woodlands of the rift Valley of Ethiopia», *For. Ecol. Management*, n° 105 : pp. 79-90.
- Ewel J. (1971). «Biomass changes in early tropical succession», *Turrialba*, vol. XXI, n° 1 : pp. 110-112.
- Cailliez F. & Alder D. (1980). *Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers avec référence particulière aux forêts tropicales*. Etudes FAO, 2 vol., 99 p. et 229 p.
- F.A.O. (1984). *Études sur les volumes et la productivité des peuplements forestiers tropicaux*, 1, *Formations forestières sèches*, Études F.A.O. Forêts, 51/1, 88 p.
- Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) (1997). *Jachère et maintien de la fertilité. Actes de l'atelier de Bamako*, 2-4 oct. 1997, Coraf-Union européenne, 146 p.
- Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) (1998). *Jachère et systèmes agraires. Actes de l'atelier de Niamey*, 30 sept. au 2 oct. 1998, Coraf-Union européenne, 212 p.
- Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) (2000). *La jachère en Afrique tropicale*, 2 vol., vol. I, *Actes du séminaire international*, Dakar (Sénégal), 13-16 avr. 1999, vol. II, *De la jachère naturelle à la jachère améliorée : Le point des connaissances*, Paris, John Libbey, 804 p. & 356 p.
- Floret Ch. (éd.) (1996). *La jachère lieu de production*, Coraf-Union européenne, 144 p.
- Fournier A., Hoffmann O. & Devineau J.-L. (1982). «Variations de la phytomasse herbacée le long d'une toposéquence en zone soudano-guinéenne, Ouango-Fitini (Côte-d'Ivoire)», *Bull. Ifan*, vol. XLIV, sér. A, n° 1-2 : pp. 71-77.
- Gaston G. et al. (1998). «State and change in carbon pools in the forests of tropical Africa», *Global Change Biology*, n° 4 : pp. 97-144.

- Harmand J.-M. (1998). « Rôle des espèces ligneuses à croissance rapide dans le fonctionnement biogéochimique de la jachère. Effets sur la restauration de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux », B.F.T., vol. CCLVI, n° 2 : pp. 75-79.
- Inra (1983). « Mesures des biomasses et des accroissements forestiers », *Les Colloques de l'Inra*, n° 19, 356 p.
- Iroko A.F. (1996). *L'homme et les termitières en Afrique*, Karthala, 298 p.
- Issaka B., Ouedraogo J. S. & Devineau J.-L. (1998). « Potentialités forestières de la région de Bondoukou », *Arbres et développement*, n° 21 : pp. 22-28.
- Joet A. et al. (1996). « Le défrichement amélioré : une pratique paysanne d'agroforesterie au Sahel », in Cnéarc, *Gestion des terroirs et des ressources naturelles au Sahel* : pp. 34-42.
- Kaire M. (1999). *La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme au Sénégal*, th., univers. Aix-Marseille-I, 150 p.
- Kairé M. & Dione F. (2000). « Ressources ligneuses des jachères en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 460-474.
- Kairé M. (1996). « La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme en zones soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal », in Floret (éd., 1996) : pp. 1-18.
- Kira T. & Shidei T. (1967). « Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of Western Pacific », *Jap. J. Ecol.*, vol. XVII, n° 2 : pp. 70-87.
- Kouyaté A.M. (1995). Contribution à l'étude des méthodes d'estimation rapide du volume dans les formations savanicoles. Mémoire DEA en sciences forestières, Université d'Antananarivo, 48 p.
- Lacoste J.-F. (1990). Effets de la suppression d'arbres pionniers sur l'évolution d'un jeune recru forestier guyanais. Thèse Paris-Sud, 134 p.
- Lamotte M. & Bourliere F. (1967). *Problèmes de productivité biologique*, Paris, Masson, 246 p.
- Lemire Pécheux L., Fournier A. & Dugast S. (1996). « Artificialisation des savanes soudanienne et dynamique d'une herbe spontanée utile », *Dynamique et usages des ressources renouvelables*, Colloque, Orléans, 16-17 oct. 1996 : pp. 37-55.
- Leonardi S. & Rapp M. (1990). « Production de phytomasse et utilisation des bioéléments lors de la reconstitution d'un taillis de chêne vert », *Acta Oecologica*, vol. XI, n° 6 : pp. 819-834.
- Lescure J.-P., Puig H., Riera B., Leclerc D., Beekman A. & Beneteau A. (1983). « La phytomasse épigée d'une forêt dense en Guyane française », *Acta Oecologica Oecol. Gener.*, vol. IV, n° 3 : pp. 237-251.
- Lieth H. & Whitaker R.H. (éd.) (1975). *Primary productivity of the biosphere*, Spinger Verlag.
- Loupe D. (1991). *Guiera senegalensis*, espèce agroforestière ? Bois et Forêts des Tropiques, 228 : 41-47.
- Manlay R. & Ickowicz A. (2000). « Rôle de l'élevage dans la dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agro-pastoral de Haute-Casamance », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 534-545.
- Mariaux A. (1967). « Les cernes dans les bois tropicaux africains, nature et périodicité », *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 113 : pp. 3-14 et n° 114 : pp. 23-37.
- Montagne P. et Mato H. (1998). Gestion des ressources ligneuses dans les jachères de l'Ouest Niger. In Floret et Pontanier éd. 1998.
- McMahon M.C. (1975). « The mechanical design of trees », *Scientific American*, vol. CCXXXIII, n° 1 : pp. 92-102.
- Mélaré G. (1990). *Méthodes de prévision à court terme*, Éditions de l'Université de Bruxelles-Ellipses, 468 p. (coll. *Statistique et mathématiques appliquées*).
- Mercier J.R. (1991). *La déforestation en Afrique*, Édisud, 178 p.
- Montagne P. & Besse F. (1998). Enjeux de la gestion concertée des ressources forestières : le cas de la stratégie énergie domestique au Niger. Atelier Agriculture péri-urbaine en Afrique Sub-saharienne. CIRAD, Montpellier 20-24 avril 1998.
- Montagne P. & Housseni M. (2000). « Ressources ligneuses des jachères de l'ouest nigérien », in Floret & R. Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 75-79.
- Ndiour P.A. (1996). *Rôle et importance des fruits forestiers issus de la jachère dans la formation des revenus des ménages dans le département de Bignona, Sénégal*.
- Nouvellet Y. (1992). *Évolution d'un taillis de formation naturelle en zone soudanienne du Burkina Faso*, th., Paris-VI, 209 p.
- Nouvellet Y., Sylla M.L. & Kassambara A. (2000). « Détermination de la productivité des jachères dans la zone de Cinzana (Mali) » in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 475-483.

- Nye P.H. (1958). « The relative importance of fallows and soils in storing plant nutrients in Ghana », *J. Wasa*, n° 4.
- Ohler F.M.J. (1985). The fuelwood production of wooded savanna fallows in the Sudan zone of Mali. *Agroforestry Systems* 3 : 15-23.
- Ouedraogo S.J. & Devineau J.-L. (1996). « Rôle des jachères dans la reconstitution du parc à karité (*Butyrospermum paradoxum*) dans l'ouest du Burkina Faso », in Floret (éd., 1996) : pp. 81-88.
- Pardé J. & Bouchon J. (1988). *Dendrométrie*, 2<sup>e</sup> éd., École nationale des Eaux et Forêts de Nancy, 328 p.
- Pardé J. (1961). *Dendrométrie*, École nationale des Eaux et Forêts de Nancy, 350 p.
- Petit S. (2000). Environnement, conduite des troupeaux et usages de l'arbre chez les agropasteurs peuls de l'ouest burkinabè. Approche comparative et systématique de trois situations, Barani, Kourouma, Ouangolodougou. Thèse Université d'Orléans, 528 p.
- Poupon H. (1977). « Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : premières données sur *Commiphora africana* », *La Terre et la Vie*, n° 31 : pp. 127-132.
- Poupon H. (1980). *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord du Sénégal*, Paris, Orstom, 352 p. + carte (coll. *Travaux et Document*, n° 115).
- Pousset J.-L. (1989a). *Plantes médicinales africaines : Utilisation pratique*, A.C.C.T., 155 p.
- Pousset J.-L. (1989b). *Plantes médicinales africaines : Possibilités de développement*, A.C.C.T., 160 p.
- Renes G.J.B. (1991). « Regeneration capacity and productivity of natural forest in Burkina Faso », *For. Ecol. Manage.*, n° 41 : pp. 291-308.
- Rodin L.E. & Basilevich N.I. (1968). *Fonctionnement des écosystèmes terrestres au niveau de la production primaire*, Unesco, *Recherches sur les ressources naturelles*, vol. V : pp. 45-52.
- Rondeux J. (1993). *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*, Les Presses agronomique de Gembloux, 521 p.
- Schreckenberk K. (1996). *Forests, fields and markets : a study of indigenous tree products in the woody savannas of the Bassila region, Benin*, th., London, School of Oriental and African Studies, 326 p.
- Sène A., Dièye P.N. & Gningue M. (2000). « La jachère dans les systèmes agro-pastoraux de la Haute-Casamance : pratique, stratégies de valorisation, importance socio-économique », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 113-119.
- Serpantié G. et al. (1996). « Pratiques et enjeux de la culture du karité (*Butyrospermum paradoxum*) dans l'ouest du Burkina Faso », in Floret (éd., 1996) : pp. 59-72.
- Serpantié G. (1996a). « La production du karité (*Butyrospermum paradoxum*) des parcs arborés de l'ouest du Burkina Faso. Effets de différents mode de gestion », in Floret (éd., 1996) : pp. 73-80.
- Serpantié G. (1996b). « Rôle des jachères dans la production arborée non ligneuse en savane soudanienne : Cas du karité dans l'ouest du Burkina Faso », in Floret (éd., 1996) : pp. 55-58.
- Shinizaki K., Yoda K., Hozumi K. & Kira T. (1964). « A quantitative analysis of plant form : the pipe model theory », *Jap. J. Ecol.*, n° 14 : pp. 97-105 et pp. 133-139.
- Somé N.A. (1996). *Les systèmes écologiques post-culturels de la zone soudanienne (Burkina Faso). Structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques*, th., Paris-VI, 210 p.
- Somé N.A., Ouedraogo S.J. & Alexandre D.-Y. (2000). « Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes post culturels de la zone soudanienne (Burkina Faso) », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 422-430.
- Sow H. (1990). *Le bois-énergie au Sahel*, Paris, Karthala-A.C.C.T., 176 p.
- Vielajus J.L. (1984). Maîtrise de l'énergie dans les pays sahéliens. GRETE-GERES, 140 p.
- Whittaker R.H. & Marks P.L. (1975). « Methods of assessing terrestrial productivity », in Lieth & Whittaker (éd., 1975) : pp. 55-118.
- Wilson R.T., De Leeuw P.N. & De Haan C. (éd.) (1983). « Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali : résultats préliminaires », Cipea, n°15, 188 p.
- Yossi H. et al. (1996). « Dynamique de la végétation ligneuse post-culturelle en zone soudanienne au Mali. Conséquences pour l'amélioration et la gestion de la jachère », in Floret (éd., 1996) : pp. 19-32.

- Zapfack L., Weise S.F., Ngobo M., Tchamou N. & Gillison A. (2000). « Biodiversité et produits forestiers non ligneux de trois types de jachères du Cameroun méridional », in Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 484-492.
- Zarnovican R. (1986). « La loi d'Eichhorn et les tables de production de l'épinette noire de l'est du Canada », *Forestry chronicle*, vol. LXII, n° 3 : pp. 170-174.