

## **ANNEXES**



# Annexe 1

## Définitions et facteurs de conversion

### DÉFINITIONS DE LA “VILLE” ET AUTRES TERMES ASSOCIÉS

Définir une ville semble, de prime abord, relativement simple – une seule juridiction politique qui contient le centre historique de la ville. Mais des questions se posent immédiatement. Tous les centres historiques ne sont pas nécessairement au cœur des zones construites que nous appelons villes. La juridiction politique de ces zones s'étend bien au-delà d'un centre historique plutôt exigu. Du point de vue statistique, un grand nombre de pays (105) fondent leurs données urbaines sur des critères administratifs alors qu'un autre groupe de pays (100) se basent sur la taille ou la densité de la population. Si bien que, au-delà de la définition et de la notion de ville, en termes de moyens d'existence et d'offre et de demande d'énergie, nous devrions parler de *villes*, *agglomérations urbaines* et *mégavilles* comme étant des aspects du même phénomène. Les villes sont l'unité de référence en termes de politique et institutionnel, alors que l'agglomération urbaine est le résultat du groupement d'établissements humains nouveaux et anciens déterminant une zone urbaine clairement visible qui ne coïncide pas nécessairement avec les limites de la ville.

Les Nations Unies définissent une agglomération urbaine comme une zone construite ou densément peuplée comprenant la ville elle-même, les banlieues et des zones de navette en établissement constant ; dans ce sens, elle ne coïncide pas avec la zone *métropolitaine*, c'est-à-dire avec le terme qui désigne un ensemble de zones municipales officielles comprenant normalement la ville proprement dite, ainsi que ses zones de navette principales. Les mégavilles sont des établissements denses continus comprenant plus de 10 millions d'habitants (appelées parfois hypervilles lorsque le nombre d'habitants dépasse 20 millions).

Le *paysage urbain* est constitué de l'ensemble des organismes biotiques, des facteurs abiotiques et des processus d'origine humaine qui interagissent au fil du temps dans un paysage caractérisé par la présence prédominante d'une ville.

L'*urbanisation* est un processus où un pourcentage croissant d'une population vit dans des villes et des banlieues. Il est défini comme l'augmentation de la densité de la population ou l'extension de la ville au fil du temps ou une combinaison de ces facteurs. Par rapport à un lieu particulier, l'urbanisation signifie l'accroissement dans le temps de l'échelle spatiale et/ou de la concentration des logements et/ou bureaux et d'autres activités dans un même lieu. Le processus peut naître soit de l'expansion naturelle de la population existante (qui n'est pas normalement un facteur important car la reproduction en zone urbaine tend à être plus faible qu'en zone rurale), soit de la transformation de la population périphérique qui de rurale devient urbaine, soit encore de la migration vers les villes ou d'une combinaison de ces facteurs. En tout état de cause, l'urbanisation exerce un effet considérable sur l'écologie d'une région et son économie ; le processus d'urbanisation et de développement urbain détermine des changements marqués et spectaculaires qui influencent le paysage, une nouvelle hiérarchie de l'utilisation des terres et de brusques variations des mode de vie et d'emploi des ressources dans le temps et l'espace.

### DÉFINITIONS DES FORÊTS ET DE LA FORESTIERIE URBAINES ET PÉRIURBAINES

**Forêt urbaine :** « L'ensemble de la végétation ligneuse ou non présente à l'intérieur et autour d'établissements humains denses, allant des petites communautés en milieu rural aux zones métropolitaines » (Miller, 1997).

**Foresterie urbaine :** « Une approche intégrée à l'échelle de la ville de la plantation, de l'entretien et de la gestion des arbres d'une ville en vue de fournir de multiples avantages environnementaux et sociaux à ses habitants » (Miller, 1997).

**Forêt urbaine ou terre boisée :** « Un écosystème forestier (ou plutôt une zone dominée par une végétation arborée) à l'intérieur ou près d'une zone urbaine donnée, dont l'utilisation et les processus de prise de décisions relatifs sont dominés par des parties prenantes urbaines et leurs intérêts, valeurs et normes » (Konijnendijk, 1999).

**Forêt citadine :** « Une zone – considérée et gérée comme une forêt – au sein ou près d'une ville, dont l'utilisation par les habitants de cette ville est considérablement plus intense que par d'autres personnes. Une forêt citadine est accessible à tous les habitants de la ville et à leur portée » (Konijnendijk et Vlasman, 1993).

## DÉFINITIONS DE TERMES DE DENDROÉNERGIE CHOISIS

Ces définitions sont tirées de *Unified Bioenergy Terminology* (UBET) (FAO, 2004a)

<b>Bioénergie</b>	Énergie produite par des biocombustibles
<b>Biocombustible</b>	Combustible tiré directement ou indirectement de la biomasse
<b>Biomasse</b>	Matériel d'origine biologique, à l'exception du matériel incorporé dans des formations géologiques et transformé en fossile
<b>Charbon de bois</b>	Résidu solide dérivé de la carbonisation, distillation, pyrolyse et torréfaction du bois de feu
<b>Bois de démolition</b>	Bois usé provenant de la démolition de constructions ou d'installations de génie civil
<b>Arbres forestiers énergétiques</b>	Biomasse ligneuse cultivée spécifiquement pour son pouvoir calorifique en tant qu'arbres à courte révolution
<b>Bois à brûler</b>	Bois coupé et fendu prêt à brûler utilisé dans certains appareils ménagers comme les fourneaux, les cheminées et les systèmes de chauffage central. Le bois a normalement une longueur uniforme et mesure de 150 à 500 mm
<b>Combustible forestier</b>	Combustible ligneux produit dans des lieux où la matière première n'a pas servi précédemment à d'autres usages. Il est tiré directement du bois forestier par un processus mécanique
<b>Bois de feu</b>	Combustible ligneux dans lequel la composition originelle du bois est préservée. Cette catégorie comprend le bois à l'état brut et les résidus des industries de transformation du bois
<b>Énergie renouvelable</b>	Énergie produite par des sources se renouvelant à l'infini (hydraulique, solaire, éolienne) ou générée par des combustibles renouvelables (biomasse produite durablement) ; elle est exprimée normalement en unités d'énergie et, dans le cas de combustibles, en pouvoir calorifique net
<b>Systèmes dendroénergétiques</b>	Tous les processus et opérations unitaires intervenant dans la production, la préparation, le transport, la commercialisation, les échanges commerciaux et la conversion de combustibles ligneux en énergie
<b>Dendroénergie</b>	Énergie produite par des combustibles ligneux correspondant au pouvoir calorifique net du combustible
<b>Combustibles ligneux</b>	Tous les types de biocombustibles tirés directement ou indirectement de la biomasse ligneuse. Appartiennent à cette catégorie le bois de feu, le charbon de bois et la liqueur noire (cette dernière est négligeable dans le cadre de cette étude car son cycle appartient entièrement à l'industrie du papier)

## PARAMÈTRES ET FACTEURS DE CONVERSION DE BASE

Bois – Pouvoir calorifique net (30 pour cent de teneur en humidité, base sèche)	13.8	MJ/kg
Charbon de bois – Pouvoir calorifique net (5 pour cent de teneur en humidité, base sèche)	30.8	MJ/kg
Charbon de bois/bois de feu -	165	kg charbon de bois/m <sup>3</sup>
Densité du bois (sec à l'air)	725	kg/m <sup>3</sup>
Densité du bois (anhydre)	593	kg/m <sup>3</sup>

## Annexe 2

### Projections des modèles EPMPF

L'Étude des perspectives mondiales des produits forestiers (EPMPF) de la FAO a fourni des projections sur la consommation de bois de feu et de charbon de bois pour la période 1970-2030 pour tous les pays du monde, à l'aide de données d'enquêtes existantes et de techniques de modélisation (FAO, 2001a).

L'objectif général de la modélisation était de fournir les estimations les plus précises possibles de la consommation de bois de feu et de charbon de bois, afin de combler les lacunes d'information sur les produits forestiers de la base de données statistiques fondamentales de l'Organisation (FAOSTAT) en ligne. Il répondait aux inquiétudes exprimées quant aux procédures d'estimation préalables de la FAO, qui se limitaient à la projection de la consommation de combustibles ligneux sur la croissance démographique, système jugé trop simpliste.

Les modèles EPMPF se fondaient sur une série de variables explicatives indépendantes qui comprenaient :

- la parité de pouvoir d'achat du produit intérieur brut (PIB) par habitant en dollars EU (1997) ;
- la superficie forestière par habitant ;
- le pourcentage urbain de la population ;
- la production de pétrole en fûts par habitant (1997) ;
- la superficie terrestre nationale en milliers d'hectares ;
- la température ;
- des variables nominales déterminées pour chaque pays.

Les estimations relatives aux pays se fondaient sur des modèles nationaux, régionaux ou mondiaux, en fonction des données disponibles. Dix-sept modèles ont été élaborés– neuf pour la consommation de bois de feu (tableau A2.1) et huit pour la consommation de charbon de bois - appartenant à deux groupes :

- l'un basé uniquement sur FAOSTAT, limité aux pays ayant fourni au moins dix questionnaires valables utilisés pour estimer et projeter la consommation totale de bois de feu et de charbon de bois ;
- l'autre basé sur toutes les informations disponibles, y compris le jeu relativement abondant de données d'enquêtes de terrain nationales et sous-nationales tirées, à cet effet, de la littérature « grise » et de FAOSTAT, utilisé pour estimer la consommation de bois de feu familiale et non familiale et la consommation totale de charbon de bois.

TABLEAU A2.1

#### Types de modèles EPMPF de la consommation de bois de feu et pays où ils sont appliqués

Modèles de la consommation de bois de feu		Pays
Type de modèle		
FAOSTAT 1	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation nationale totale de bois de feu au logarithme de la parité de pouvoir d'achat du PIB en dollars EU (1997)	14
FAOSTAT 2	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation nationale totale de bois de feu au logarithme de la population	12
FAOSTAT 3	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation totale de bois de feu par habitant au logarithme de la parité de pouvoir d'achat du PIB par habitant en dollars EU (1997)	20
FAOSTAT linéaire	Modèle FAOSTAT- F linéaire reliant la consommation nationale totale de combustibles ligneux à la parité de pouvoir d'achat du PIB en dollars EU (1997)	2
FAOSTAT constante	Consommation nationale totale de bois de feu considérée comme constante	1
Modèle national familial + modèle national non familial		2
Modèle national familial + modèle continental non familial		11
Modèle régional familial + modèle continental non familial		142
Modèle régional familial + modèle national non familial		1

Les modèles FAOSTAT de consommation de bois de feu se fondaient sur l'élément bois de feu de la catégorie plus générale de « combustibles ligneux comprenant le bois pour la carbonisation » de FAOSTAT.

Au-delà de la fourniture d'estimations visant à « combler les lacunes », une nouvelle application prometteuse de la modélisation de l'EPMPF consiste à servir de mécanisme d'ajustement des projections à court et long terme de la consommation à l'aide de nouvelles données de référence.

Le jeu de données recueillies et harmonisées pour l'élaboration de modèles comprend des données concernant plus de 160 pays sur la consommation de combustibles ligneux, aux plans national et sous-national, par secteur et par zone, au cours de la période 1960-1999.

Le jeu de données est extrêmement hétérogène du point de vue de la représentativité et de la fiabilité mais il est néanmoins le fruit d'un effort valable qui mérite d'être poursuivi.

TABLEAU A2.2

**Types de modèles EPMPF de la consommation de charbon de bois et pays où ils sont appliqués**

**Modèles de la consommation de bois de feu**

Type de modèle		Pays
FAOSTAT F1	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation nationale totale de charbon de bois au logarithme de la parité de pouvoir d'achat du PIB en dollars EU (1997)	3
FAOSTAT F2	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation nationale totale de charbon de bois au logarithme de la population	1
FAOSTAT F3	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation par habitant de charbon de bois au logarithme de la parité de pouvoir d'achat du PIB par habitant en dollars EU (1997)	1
FAOSTAT F4	Modèle FAOSTAT reliant le logarithme de la consommation par habitant de charbon de bois à la proportion urbaine de la population	2
FAOSTAT linéaire	Modèle FAOSTAT reliant la consommation nationale totale de bois de feu à la proportion urbaine de la population	6
FAOSTAT constante	Consommation nationale totale de bois de feu considérée comme constante	1
Modèle de consommation totale mondiale		180
Modèle de consommation totale nationale		11

## Annexe 3

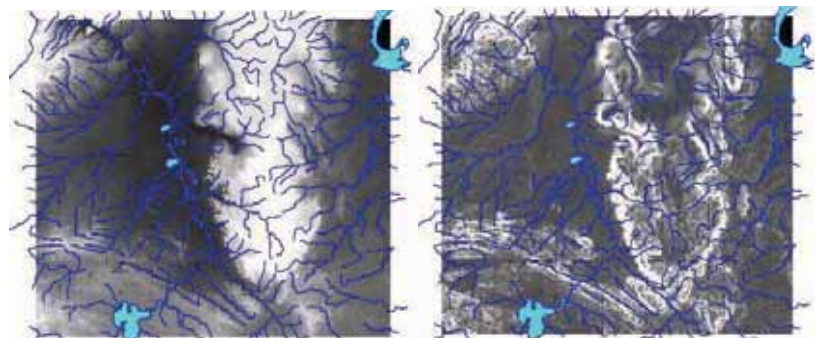
# Cartes des coûts comme base de l'évaluation de l'accessibilité physique

Afin de simuler au mieux les opérations nécessaires pour acheminer les combustibles ligneux depuis les lieux de production jusqu'à des villes désignées, et non pas simplement la distance linéaire de leur point d'origine, la procédure d'analyse prévoyait l'emploi de cartes des coûts basées sur la pente, tirées du modèle de terrain numérique, et sur la distance des routes et des agglomérations (Lorenzini, com.pers. 1999a). La procédure de production de ces cartes des coûts est décrite à la figure A31,

FIGURE A3.1  
**Procédure utilisée pour dresser la carte des coûts**

*Étape 1.* Une carte de la pente a été dressée à partir du modèle mondial d'élévation numérique EPMPF30 à la résolution de 30 sec-arc fournie par le Centre de données Eros (éd. 1997) exprimée en pourcentage de l'élévation. La pente, qui varie entre 0 (0°) et l'infini (90°), était supposée représenter le coût du franchissement de chaque cellule de la carte matricielle de la pente.

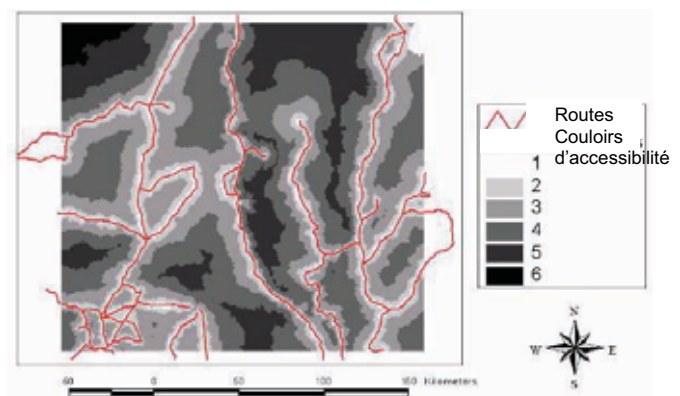
Modèle d'élévation numérique      Carte de la pente



Carte des coûts fondée sur la distance des routes et la pente

*Étape 2.* Une carte matricielle a été dressée en tant que surface de coût la moins cumulative résultant de la fonction somme (coût\*distance\_des\_routes)

estimée à partir de toutes les routes cartographiées dans la Carte numérique du monde (CNM) comme indiqué à droite.



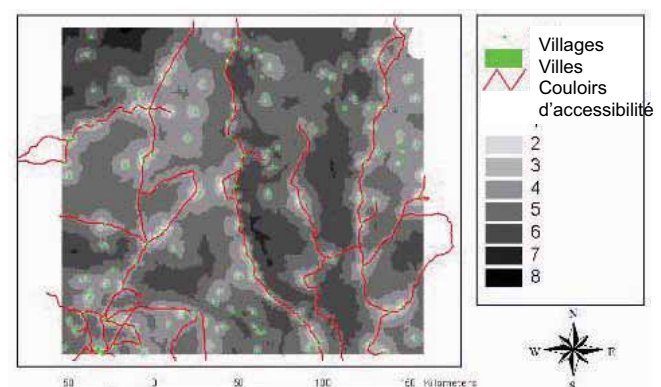
*Étape 3.* Une carte matricielle a été dressée comme surface de coût la moins cumulative résultant de la fonction somme (coût\*distance\_des\_villages/villes)

estimée à partir de tous les villages/villes cartographiés dans la CNM

Carte de coûts fondée sur la distance des routes, des agglomérations et de la pente

*Étape 4.* La carte des coûts finale, montrée à droite, a été produite en combinant les deux cartes obtenues durant les étapes 2 et 3 avec la formule suivante

$$\text{Coûtfinal} = \text{int}(\ln(\text{coût\_urbain} * \text{coût\_route})) + 1$$







## Annexe 4

# Étapes principales de l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain fondée sur les données WISDOM pour l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est

Une brève description est donnée ici des étapes analytiques suivies pour la délimitation des zones d'approvisionnement en combustibles ligneux (appelées aussi bassins d'approvisionnement en bois urbains) dans des centres urbains désignés d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est.

Les villes choisies provenant du jeu de données sur l'Afrique orientale sont Dar-es-Salaam et Arusha-Moshi en République-Unie de Tanzanie, Kampala en Ouganda et Khartoum au Soudan. Celles du jeu de données sur l'Asie du Sud-Est sont Phnom Penh et Battambang au Cambodge et Vientiane et Luang Prabang en République démocratique populaire lao.

TABLEAU A4.1  
**Strates disponibles**

<b>Afrique orientale</b>	<b>Asie du Sud-Est</b>
Données sur la consommation de combustibles ligneux : consommation estimée de biomasse ligneuse dans des cellules de 5 min-arc (9 km de l'équateur) par agglomérations urbaines, rurales et habitants ruraux.	Données sur la consommation de combustibles ligneux : consommation estimée de biomasse ligneuse en pixels de 30 sec-arc (0,9 km à l'équateur) par agglomérations urbaines, rurales et habitants ruraux.
Productivité durable potentielle de la biomasse ligneuse (données vectorielles d'Africover à haute résolution et cellules de 5 min-arc).	Productivité durable potentielle de la biomasse ligneuse (pixels de 30 sec-arc).
Biomasse ligneuse totale sur pied basée sur des définitions des classes du Système de classification de la couverture du sol (FAO, 2005c).	Biomasse ligneuse totale sur pied basée sur la carte de la Carte mondiale de la couverture du sol (2000). Pourcentage de couvert arboré et références de terrain (30 sec-arc).
Accroissement annuel estimé de la biomasse ligneuse à partir des données vectorielles de la couverture du sol à haute résolution du Système de classification de la couverture des sols et de références de terrain.	Accroissement annuel estimé de la biomasse ligneuse basé sur les données vectorielles à haute résolution du Système de classification de la couverture du sol.

## TRAITEMENT SUPPLÉMENTAIRE SIG POUR L'ANALYSE DU BASSIN D'APPROVISIONNEMENT EN BOIS

### Définition des restrictions d'accessibilité fondées sur des facteurs légaux (aires protégées) pour le jeu de données sur l'Afrique orientale

Les étapes principales étaient les suivantes :

- Téléchargement des dernières cartes des aires protégées de l'UICN WCMC. Fusion des catégories d'aires de l'UICN avec d'autres aires pertinentes non-UICN désignées en une seule carte des aires protégées.

Les parcs nationaux et les autres aires affectées à la conservation de la nature présentent différents niveaux de restriction à l'exploitation des ressources en bois. Afin de tenir compte de ces contraintes légales, un « facteur d'accessibilité légale » a été attribué aux aires protégées sur la base des définitions des catégories de gestion des aires protégées de l'UICN. Sur cette base, comme pour l'étude WISDOM concernant l'Asie du Sud-Est, il a été supposé que les catégories de I à III interdisent l'accès pour l'exploitation du bois, les catégories IV et V permettent une exploitation réglementée par les communautés locales, évaluée provisoirement à 50 pour cent, alors que la catégorie VI consent un accès majeur estimé à titre indicatif à 75 pour cent.

- Intersection de la carte des aires protégées avec les données sur la couverture du sol et la biomasse ligneuse à la résolution du jeu original des données du Système de classification de la couverture du sol (FAO, 2005c), afin d'assigner le facteur d'accessibilité légale aux données sur la couverture du sol et la biomasse.
- Nouveau calcul du matériel sur pied et de l'accroissement suivant les surfaces des nouvelles catégories.
- Calcul de l'augmentation de l'accessibilité légale en fonction du niveau de protection.

L'analyse de l'accessibilité légale se limitait aux pays d'Afrique orientale puisque ces données étaient déjà disponibles pour l'Asie du Sud-Est.

## **DEFINITION DE LA PART DE BIOMASSE LIGNEUSE DISPONIBLE POUR LA CONSOMMATION LOCALE ET POUR LES MARCHES URBAINS DE DENDROENERGIE**

### **Déduction de la production de bois rond industriel et estimation de la biomasse ligneuse disponible pour la consommation locale**

La déduction du bois rond industriel a été estimée à nouveau pour des pays désignés d'Afrique orientale sur la base des références de FAOSTAT les plus récentes ; les résultats suivants ont été obtenus :

- La production tanzanienne totale de bois rond industriel (tout le bois extrait hormis les combustibles ligneux) pour 2000 a été estimée à 2,3 millions de m<sup>3</sup>, soit environ 1,7 million de tonnes (FAOSTAT, 2006). Ce chiffre a été entièrement déduit des formations forestières fermées légalement accessibles (classe de pertinence 1 du tableau A4.2) dont l'augmentation de la disponibilité énergétique se réduisait de 6,3 pour cent.
- En Ouganda, le bois rond industriel pour 2000 était estimé à 3,2 millions de m<sup>3</sup>, soit environ 2,3 millions de tonnes (FAOSTAT, 2006). Ce chiffre a été entièrement déduit des formations forestières fermées légalement accessibles (classe de pertinence 1 dans le tableau A4.2), dont l'augmentation de la disponibilité énergétique se réduisait de 33,9 pour cent (facteur 0.6613).
- Au Soudan, le bois rond industriel pour 2000 était estimé à 2,1 millions de m<sup>3</sup>, soit 1,6 million de tonnes à peu près (FAOSTAT éd. 2006). Ce chiffre a été entièrement déduit des formations forestières fermées légalement accessibles (classe de pertinence 1 dans le tableau A4.2) dont l'augmentation de la disponibilité énergétique se réduisait de 28,7 pour cent (facteur 0.713).

La biomasse ligneuse disponible pour la consommation locale a été estimée à partir de toutes les classes de couverture du sol d'aires légalement accessibles, en appliquant des restrictions supposées à l'exploitation des ressources en bois sur la base des catégories de l'UICN, et en soustrayant le bois rond industriel (volume déduit entièrement des formations de production denses). Une réduction supplémentaire de 10 pour cent a été faite pour tenir compte des autres utilisations non énergétiques (perches, poteaux, etc.) et des ressources non accessibles pour d'autres raisons.

L'analyse a été entreprise pour les pays africains seulement car les valeurs utilisées initialement pour l'Asie du Sud-Est étaient à jour.

### **Estimation de la biomasse ligneuse disponible et adaptée à la production commerciale de charbon et de bois de feu destinée aux marchés urbains**

Les hypothèses de base étaient les suivantes :

- la consommation locale (à quelques kilomètres du lieu d'origine de la ressource) absorbe la biomasse ligneuse présente dans toutes les catégories de couverture du sol, y compris les exploitations, les formations arbustives dégradées, etc., alors que la production commerciale de bois de feu et de charbon de bois pour des villes éloignées s'effectue principalement dans les formations arborées denses ;
- la ressource disponible et adaptée à la production commerciale de bois de feu et de charbon de bois a été évaluée en fonction des capacités de production estimées (zone restreinte), ainsi qu'après déduction de la biomasse ligneuse servant à satisfaire les besoins locaux (zone étendue). En ce qui concerne cette deuxième, la ressource disponible pour les villes se limitait aux excédents résultant du bilan local de l'offre et de la demande.

La biomasse ligneuse disponible et adaptée à la production commerciale de bois de feu et de charbon de bois destinée aux marchés urbains était limitée à celle présente dans les formations arborées et ligneuses naturelles plus denses, en supposant qu'elle serait plus à même, du point de vue commercial, de garantir un revenu acceptable de l'investissement. La valeur minimale du matériel sur pied assurant la rentabilité de la

production de charbon de bois, si elle est réalisable, pourrait servir à établir le seuil commercial/non commercial (*Question* : Quel est le matériel sur pied minimum par hectare pour une production rentable de charbon de bois ?).

Ce sous-ensemble a été déterminé sur la base de la description de la classe (formations arborées et ligneuses plus denses).

- Pour le jeu de données sur l'Afrique orientale, basées sur le Système de classification de la couverture du sol, les sources commerciales se limitaient provisoirement aux classes de pertinence allant de 1 à 3 dans le tableau A4.2.
- Pour le jeu de données sur l'Asie du Sud-Est, basées sur la Couverture mondiale du sol (2000), les sources commerciales se limitaient provisoirement aux classes de couverture du sol allant de 1 à 9. comme il ressort du tableau A4.3.

Dans la délimitation des zones d'approvisionnement étendues, la biomasse ligneuse disponible pour les marchés urbains était estimée en fonction du bilan de l'offre et de la demande et non seulement de la productivité accessible (totale ou commerciale). Pour la zone d'approvisionnement étendue-totale, l'estimation concernait la totalité de l'excédent du bilan local de l'offre et de la demande.

Pour la zone d'approvisionnement étendue-commerciale, il a été estimé que seul l'excédent commercialement adapté serait disponible pour la consommation urbaine. Dans ce cas, on a évalué un bilan commercial (Bil\_com\_t) Cela impliquait la comptabilisation des situations de déficit proprement dites mais, pour les situations d'excédent, la ressource disponible était limitée à sa part potentiellement commerciale, comme suit :

Si le bilan local (Bil\_loc\_t)  $\leq 0$  (situation de déficit ou d'équilibre)

on aura Bil\_com\_t = Bil\_loc\_t

Si le bilan local (Bil\_loc\_t)  $> 0$  (situation d'excédent) et Biol\_com\_t  $<$  Bil\_loc\_t

on aura Bil\_com\_t = Biol\_com\_t

Si le bilan local (Bil\_loc\_t)  $> 0$  (situation d'excédent) et Biol\_com\_t  $>$  Bil\_loc\_t.

on aura Bil\_com\_t = Bil\_loc\_1

TABLEAU A4.2

**Ressources en biomasse ligneuse par catégorie de pertinence vis-à-vis de la production de bois de feu destiné aux marchés urbains suivant le Système de classification de la couverture du sol (FAO, 2005c)\***

Classe	Pertinence vis-à-vis de la production de bois de feu et de charbon de bois destinés aux marchés urbains	Description	Accroissement de la biomasse ligneuse légalement accessible	Biomasse ligneuse disponible annuellement à des fins énergétiques après déduction du bois rond industriel et de la marge improductive	
			(t <sup>6</sup> )	(t <sup>6</sup> )	(%)
1	Élevée	Formations fermées arborées et/ou ligneuses, homogénéité moyenne-élevée	26.8	22.6	39
2	Moyenne	Formations fermées principalement arborées et/ou ligneuses, homogénéité moyenne	9.1	8.2	14
3	Faible	Formations ouvertes arborées et/ou ligneuses, homogénéité moyenne-élevée	11.3	10.2	17
4	Marginale	Formations ouvertes arborées et/ou ligneuses, homogénéité faible	8.2	7.3	13
5	Marginale	Fraction inférieure de formations ouvertes arborées et/ou ligneuses, homogénéité faible	1.5	1.4	2
6	Non pertinente	Formations très ouvertes ou inadaptées	9.9	8.9	15
	Total	Total	66.8	58.6	100

\* Valeurs quantitatives relatives aux données WISDOM sur la République-Unie de Tanzanie

## **DÉTERMINATION DE LA ZONE D'INFLUENCE ENTOURANT DES VILLES DÉSIGNÉES**

### **Tampons d'accessibilité**

Afin d'évaluer les opérations nécessaires pour acheminer les combustibles ligneux des zones de production jusqu'à des villes désignées, la procédure d'analyse comprenait l'utilisation de cartes des coûts fondées sur la pente et la distance des routes et des agglomérations (Lorenzini, com.pers., 1999a) comme le montre l'Annexe 3.

Des cartes des coûts nationales ont été utilisées pour déterminer les tampons d'accessibilité autour de villes désignées à l'aide de la fonction coût-distance de l'Institut de recherche pour l'environnement. Les cartes coût-distance continues issues du processus ont été ensuite reclassées en valeurs discontinues afin de créer des tampons de coûts plus adaptés à l'analyse géostatistique successive.

### **Définition et délimitation des zones d'approvisionnement urbaines**

Différentes zones d'approvisionnement entourant les villes désignées ont été déterminées suivant les quatre définitions établies, à savoir ; restreinte-totale, restreinte-commerciale, étendue-totale et étendue-commerciale. La zone d'approvisionnement relative à chaque définition a été déterminée par le nombre de tampons d'accessibilité entourant les villes désignées qui consentaient à la production et à la consommation potentielles de combustibles ligneux relatives à chaque définition de s'équilibrer.

TABLEAU A4.3

**Classement provisoire des sources de biomasse ligneuse par niveau de pertinence vis-à-vis de la production de combustibles ligneux destinés aux marchés urbains, sur la base de la description des classes de la Couverture mondiale du sol 2000\***

	Estimation provisoire de la productivité moyenne de la biomasse ligneuse aérienne adaptée à la production de combustibles ligneux (t/ha/an)	Classe de couverture du sol 2000									
		11-TAR Forêt tropicale ombrophile	10-TAR_Eq Forêt tropicale ombrophile équatoriale	15-EqM Système montagneux tropical équatorial	16-TM Système montagneux tropical	12-TAWa Forêt tropicale humide décidue	13-TAWb Forêt tropicale sèche	14-TBSh Forêt tropicale d'arbrisseaux	21-SCf Forêt subtropicale humide	25-SM Système montagneux subtropical	
<b>Classes plus adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux</b>											
1	Couvert arboré, à feuilles larges, sempervirent	3.8	5.1	5.1	2.7	3.0	2.8	2.8	3.1	3.1	3.1
2	Couvert arboré, à feuilles larges, fermé décidu	3.0			2.7	2.7	1.8	1.8	3.1	3.1	3.1
4	Couvert arboré, de résineux, sempervirent	1.4			1.2	1.1			1.3	1.3	1.2
7	Couvert arboré, régulièrement inondé, eau douce	0.9	4.4	4.4			0.6	0.6			
8	Couvert arboré, régulièrement inondé, eau salée	0.9	4.4	4.4		0.9	0.9	0.9			
9	Mosaïque : couvert arboré ou autre végétation naturelle	2.6	5.6	5.6	1.3	1.4	1.2	1.2	1.8	1.8	1.8
<b>Classes moins adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux</b>											
11	Couvert arbustif, fermé-ouvert, sempervirent	1.7	3.2	3.2	0.9	1.0	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2
12	Couvert arbustif, fermé-ouvert, décidu	1.7	3.2	3.2	0.9	1.0	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2
13	Couvert herbacé, fermé-ouvert	1.1	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7
14	Couvert herbacé ou arbustif ouvert	1.1	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7
15	Couvert arbustif et/ou herbacé régulièrement inondé	1.1	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7
16	Zones cultivées sous gestion	1.1	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7
17	Mosaïque : terres arables/couvert arboré/autre végétation naturelle	2.1	4.0	4.0	1.1	1.2	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
18	Mosaïque : terres arables/ couvert arbustif et/ou herbacé	2.1	4.0	4.0	1.1	1.2	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
19	Zones dénudées	0.4	0.7	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
20	Masses d'eau										
21	Neige et glace										
22	Surfaces artificielles et zones associées	0.4	0.7	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
23	Absence de données	1.7	3.2	3.2	0.9	1.0	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2

\* Valeurs quantitatives se rapportant à la productivité moyenne de la classe par zone écologique (Southeast Asian WISDOM, FAO, sous presse).



## Annexe 5

### Surveillance des changements de la couverture du sol : aspects méthodologiques importants<sup>11</sup>

L'étude des changements de la couverture du sol n'est guère facile car les moteurs de changement sont complexes et souvent très propres au lieu. Les changements sont des événements fugaces, difficiles à prédire qui échappent à la généralisation. Ils se caractérisent par une forte variance statistique, sont souvent limités par rapport à beaucoup d'autres éléments cartographiques conventionnels, et font l'objet de procédures d'estimation moins cohérentes que celles normalement acceptées pour des objectifs plus conventionnels, comme la simple cartographie de la couverture du sol. Ces facteurs exigent l'application de méthodes rigoureuses de conception et de mise en œuvre des activités de surveillance. Il pourrait donc s'avérer utile de souligner certains aspects méthodologiques importants de l'évaluation du couvert sur la base de données de télédétection à résolution élevée.

1. La **fiabilité** de la mesure du changement dépend, en premier lieu, du degré de **cohérence** de la détermination des classes de tous les éléments de la série chronologique. Du point de vue opérationnel, l'interprétation visuelle interdépendante d'images multitemporelles (FAO, 1996), réalisée de nos jours grâce au système SIG de numérisation vectorielle, est encore la méthode la plus répandue car elle exploite pleinement l'expérience et le savoir de l'analyste et, notamment, la capacité de reconnaissance du cerveau humain. La **procédure d'interprétation visuelle interdépendante** mise au point dans le cadre de la composante de télédétection de l'Évaluation des ressources forestières mondiales de 1990 (Drigo, 1995 ; FAO, 1996) a été conçue pour conférer le niveau maximum de cohérence thématique et spatiale aux classifications des séries d'images concernant les zones objet de l'étude<sup>12</sup> Un aspect fondamental de cette procédure d'interprétation réside dans le fait que pour déterminer la classe de chaque image de la série chronologique il faut consulter toutes les images de la série. Il s'agit d'un processus itératif qui élimine la propagation du genre d'erreurs qui sont typiques de l'interprétation indépendante de l'image. La méthode d'interprétation visuelle a été jugée appropriée et préférée pour la détection automatisée du changement, car elle favorise une interprétation critique et cohérente des données des séries chronologiques, malgré la diversité commune des images d'une série due aux caractéristiques saisonnières, aux perturbations atmosphériques, etc. La distinction entre un changement réel de la couverture du sol et l'effet de facteurs saisonniers ou météorologiques temporaires est souvent subtile et, dans ce cas, le cerveau humain est de loin plus efficace et souple que tout algorithme numérique. En outre, la méthode visuelle s'est démontrée plus accessible aux interprètes pour lesquels la principale compétence requise était la connaissance des conditions particulières du lieu, plutôt que la connaissance de la télédétection, du SIG ou des procédures de traitement numérique. Outre les cartes thématiques, les principaux produits de cette procédure sont des matrices de changement cohérentes et très informatives.

Plus récemment, des méthodes fondées sur l'objet ont été proposées pour la détection des changements forestiers, afin d'associer l'analyse contextuelle de l'interprétation visuelle à l'aspect quantitatif des méthodes basées sur le pixel (Desclée *et al.*, 2006). L'intérêt pour les méthodes fondées sur l'objet s'est accru grâce à l'amélioration des techniques de segmentation de l'image et la disponibilité de logiciels commerciaux d'avant-garde (le principal étant eCognition ou Definiens Imaging, comme il est défini commercialement désormais) (Batz et Schäpe, 2000) élaborés expressément à cette fin.

2. Parmi d'autres aspects essentiels qui permettent une évaluation plus cohérente du changement figurent les suivants :
  - Les simples **systèmes de classification de la couverture du sol** fondés sur des éléments de classification physiologiques distincts qui peuvent être détectés avec un niveau de confiance acceptable dans les images de télédétection. Vu qu'un changement est plus fiable lorsque le contraste est marqué entre les classes de couverture du sol initiale et finale (FAO, 1996), la présence de nombreuses classes ayant des densités de biomasse similaires, qui

---

<sup>11</sup> Adapté de Drigo, 2005

<sup>12</sup> Une procédure d'interprétation similaire a été adoptée dans l'étude d'Achard *et al.*, 2002, où elle a été adaptée à l'interprétation visuelle à l'écran de données numériques, qui garantissait des résultats cohérents et simplifiait considérablement le processus de cartographie numérique.

ne se distinguent que par de petites différences de nuances, pourrait créer un nuage de transitions peu fiables, renforçant par là même le « bruit » dans les matrices de transition résultantes.

- Des séries chronologiques composées de **données satellitaires compatibles** (satellite à pouvoir élevé de résolution ou imagerie aérienne) avec une résolution similaire à l'échelle de l'interprétation.
  - **Saison commune** de l'acquisition des images afin de limiter au minimum les variations chromatiques liées à la phénologie végétale.
  - **Responsabilité claire de l'interprétation.** Dans n'importe quel lieu donné, l'étude doit se réaliser de A à Z par une seule personne ayant une bonne connaissance des conditions de terrain locales, de l'utilisation des terres, des pratiques communes, etc.
3. **Aspects relatifs à l'échelle spatiale et temporelle.** Aux fins de la planification stratégique à l'échelle intermédiaire, l'étude des changements de la couverture du sol paraît se réaliser le plus aisément si elle est concernée, des provinces entières, des bassins versants (bassins hydrographiques) ou, dans le présent contexte, des bassins d'approvisionnement en bois urbains de quelques millions d'hectares, et avec des intervalles suffisamment longs pour s'avérer rentables. La méthode paraît donc optimale à des échelles intermédiaires (allant de 1 : 100 000 à 1 : 500 000) et avec des intervalles de plus de cinq ans. À des niveaux plus détaillés, c'est-à-dire 1 : 50 000 avec une résolution plus élevée, l'analyse deviendrait bien plus complexe et coûteuse, puisqu'on ne disposerait pas de données satellitaires antérieures adaptées, l'unique alternative étant l'emploi de photographies aériennes historiques, lorsqu'elles sont accessibles. De même, avec des intervalles beaucoup plus courts, le changement serait trop faible pour être détecté avec une fiabilité acceptable.
4. **Coûts.** Le coût de cette méthode est relativement bas si elle se fonde sur des données satellitaires à résolution haute à moyenne (c'est-à-dire des séries Landsat TM, MODIS 250 m). Les politiques des prix actuelles relatives aux données satellitaires, notamment celles du Programme Landsat et de MODIS qui est gratuit, et la disponibilité d'archives de nombreuses données, réduisent sensiblement le coût des analyses des changements de la couverture du sol. Cependant, les analyses à haute résolution (pixel inférieur à 20 m) et des procédures compliquées de traitement de l'image peuvent augmenter considérablement le coût de l'analyse.

## APPLICATIONS CONCERNANT LE BASSIN D'APPROVISIONNEMENT URBAIN

La méthode de surveillance fondée sur des séries chronologiques satellitaires est adaptée aux niveaux national et sous-national où elle pourrait fournir des informations essentielles à la création de modèles et scénarios locaux aptes à soutenir les initiatives territoriales de planification des ressources. La résolution spatiale des données satellitaires utilisées et le détail thématique de cette méthode, à savoir la classification des unités foncières et l'analyse matricielle du changement, sont également applicables localement, et servent à étudier et décrire, par exemple, les processus de changement au niveau du district, de la province ou du bassin versant ou, ce qui intéresse le plus dans le présent contexte, à préparer des études sur le bassin d'approvisionnement en bois urbain.

En ce qui concerne la structure de l'enquête qui sert aux études de surveillance du bassin d'approvisionnement en bois urbain, la couverture complète est la méthode la plus évidente et abordable économiquement. En outre, dans une étude de surveillance locale, il serait plus facile d'associer les changements observés de la couverture du sol à d'autres aspects du territoire, comme le modèle de drainage, les caractéristiques de la pente et du sol, les agglomérations et les infrastructures, comme les routes ou les barrages, et de tenir compte aussi de variations socioéconomiques (dans l'espace et le temps). La connaissance des processus de changement qui se manifestent dans une zone donnée, ainsi que leurs impacts et tendances, augmente considérablement la valeur de simples statistiques sur les ressources disponibles obtenues par télédétection, et facilite ainsi l'élaboration de modèles et scénarios plus réalistes du changement d'affectation des terres et l'interprétation des relations de cause à effet.

## MATRICES DE TRANSITION ET DIAGRAMMES DES FLUX DE BIOMASSE

Comme exemple de l'analyse des changements de la couverture du sol, le tableau A5.1 et la figure A5.1 montrent les résultats de l'analyse réalisée sur une superficie d'un million d'hectares environ dans le district d'East Godavari dans l'Andhra Pradesh, Inde, de janvier 1973 à janvier 1995 (FAO, 1995). Le tableau donne la matrice de transition qui met en évidence les zones de classes de couverture en 1973 et 1995 et les transitions individuelles d'une classe à l'autre.

On peut obtenir de multiples informations de cette matrice. Tout d'abord, les superficies totales pour les deux dates sont comparables et le changement net pour chaque classe de couverture du sol peut être évalué. La classe *forêt fermée*, par exemple, a varié, passant de 238 900 ha en 1973 à 207 000 ha en 1995.



Mais on peut en apprendre davantage en examinant l'intérieur de la matrice. Cet examen donne, entre autres, le long de la diagonale toutes les superficies demeurées stationnaires pendant la période considérée et, loin de la diagonale, toutes les transitions individuelles d'une classe à l'autre. Les cellules en gris clair dans la matrice indiquent des transitions négatives suggérant une perte de biomasse, alors que les autres montrent des transitions positives laissant supposer une augmentation.

Les informations sur les dynamiques de la couverture du sol dans la matrice de changement peuvent être représentées efficacement et de manière plus accessible sous la forme d'un diagramme des flux de biomasse ligneuse. Il a été conçu afin de mieux exprimer l'ampleur des changements de la couverture du sol par l'attribution de densités de biomasse aux classes de couverture individuelles (FAO, 1995). En incluant la perspective de la biomasse, on peut observer et comprendre plus aisément les processus de changement, voire même évaluer leur impact sur l'environnement dû à la libération (ou au piégeage) du carbone contenu dans la biomasse ligneuse. Une valeur de biomasse nominale pour chaque classe permet ainsi l'estimation des changements de la biomasse liés à chaque transition de classe. Le diagramme des flux peut être considéré comme une sorte de « signature », représentant le caractère dynamique d'une superficie donnée sur une certaine période de temps.

TABLEAU A5.1

**Matrice de transition des superficies dans le district d'East Godavari, Andhra Pradesh, Inde, 1973-1995**

Classes de couverture du sol en 1995	État en 1973	% de la superficie	Classes de couverture du sol en 1995								
			Forêt fermée	Forêt ouverte	Jachère longue	Forêt fragmentée	Arbustes	Jachère courte	Autres couvertures du sol	Eau	Plantations
Forêt fermée	238.9	23.7	204.1	5.8	4.6	0.8	2.1	9.9	8.7	0.8	2.1
Forêt couverte	9.9	1.0		8.3			0.4	0.4	0.8		
Jachère longue	14.5	1.4	2.5		8.3			2.9	0.4		0.4
Forêt fragmentée	5.4	0.5				4.6			0.8		
Arbustes	38.9	3.9					35.6		3.3		
Jachère courte	9.1	0.9	0.4					7.9	0.8		
Autre couverture du sol	571.0	56.7							565.6	5.0	0.4
Eau	116.4	11.5							1.2	115.1	
Plantations	3.3	0.3									3.3
<b>État en 1995</b>	<b>1007.4</b>		<b>207.0</b>	<b>14.1</b>	<b>12.8</b>	<b>5.4</b>	<b>38.1</b>	<b>21.1</b>	<b>581.8</b>	<b>120.9</b>	<b>6.2</b>
<b>% de la superficie</b>		<b>100.0</b>	<b>20.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>	<b>0.5</b>	<b>3.8</b>	<b>2.1</b>	<b>57.7</b>	<b>12.0</b>	<b>0.6</b>

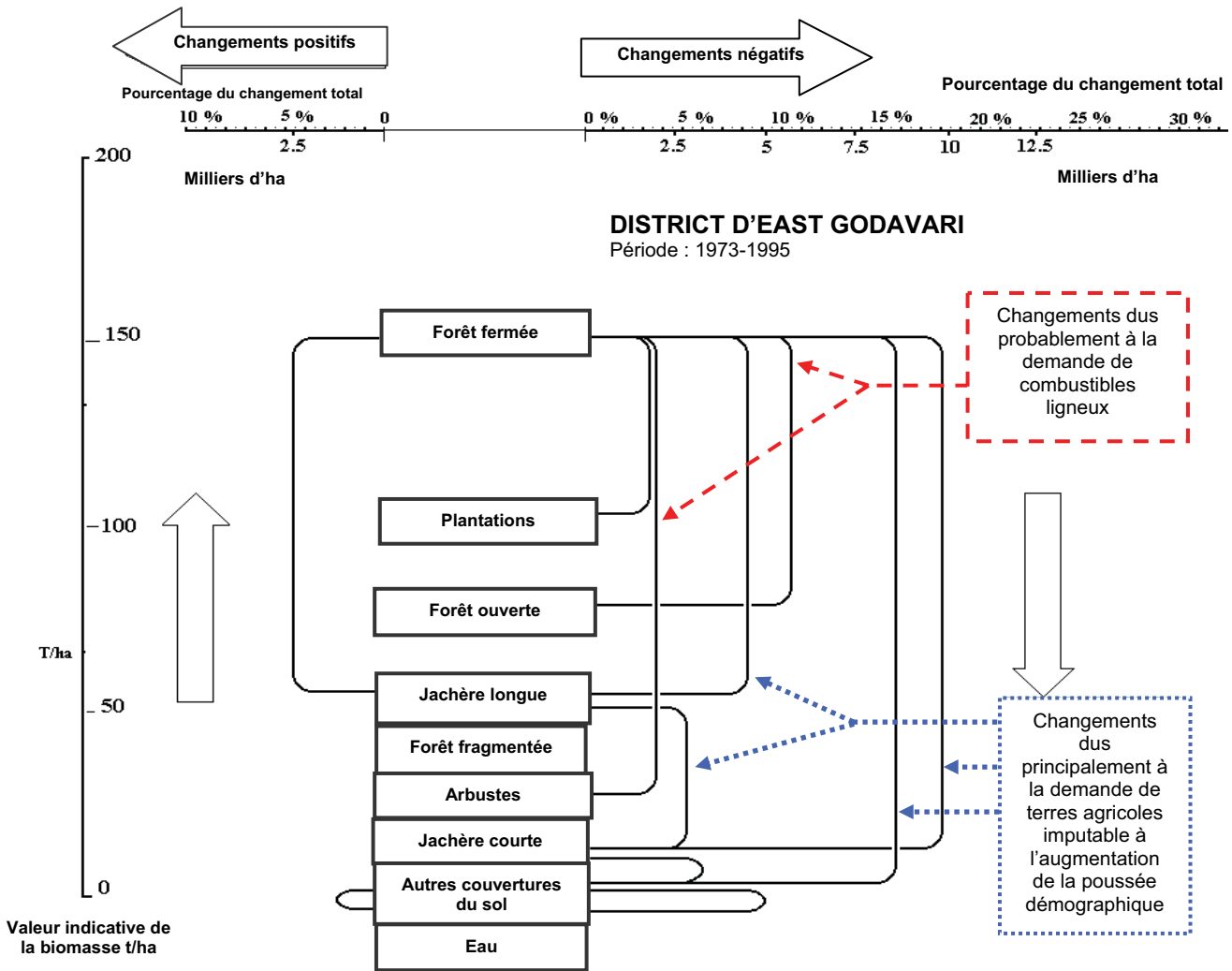
Le diagramme des flux de biomasse ligneuse de la figure A5.1, qui associe les taux de changement indiqués dans le tableau A5.1 aux valeurs estimées de la biomasse, est structuré comme suit.

- L'axe des Y, avec ses valeurs indicatives de la biomasse, montre l'ordre des classes par leur biomasse estimée par hectare.
- L'axe des X montre les superficies de transition d'une classe à l'autre, divisées en changements positifs et négatifs. Le côté gauche du diagramme représente la partie gauche inférieure de la matrice et montre les transitions de classe positives (la flèche tournée vers le haut indique un accroissement de la biomasse), alors que le côté droit représente la partie droite supérieure de la matrice et montre les transitions de classe négatives (la flèche tournée vers le bas indique une perte de biomasse).

Ici le processus est assez complexe et implique l'expansion de l'agriculture de subsistance à jachère courte et l'agriculture permanente dans des zones de forêt fermée, diverses phases de dégradation des forêts (de la forêt fermée à la forêt ouverte et de la forêt fermée aux formations arbustives), l'expansion de l'agriculture itinérante à jachère longue dans les zones de forêt fermée et la régénération de la forêt dans les zones autrefois objet de jachères longues, dans un cycle qui était très répandu dans le passé mais qui, maintenant, est très rare. L'étude n'a pas été réalisée dans le but spécifique d'évaluer l'impact de la production de combustibles ligneux et il n'est guère possible, sans des données de terrain auxiliaires adaptées, d'isoler les

causes des changements. On pourrait raisonnablement supposer que la collecte de combustibles ligneux soit responsable des processus de dégradation (forêt fermée à forêt ouverte et à formations arbustives) et la cause concomitante des processus de déforestation (forêt fermée à cultures à jachère courte et autres couvertures du sol),

FIGURE A5.1  
**Diagramme du flux de biomasse ligneuse dans le district d'East Godavari, Andhra Pradesh, Inde, 1973-1995**



## **Annexe 6**

### **Espèces pantropicales énergétiques** <sup>13</sup>

Ci-dessous figure une brève description des caractéristiques des espèces énergétiques adaptées à différents systèmes d'utilisation des terres et aux principaux services environnementaux. Les tableaux A6.1, 2 et 3 donnent la liste des principales espèces pantropicales, qui se prêtent à la production de bois de feu et de charbon de bois, par grandes zones écologiques avec une indication de leur adaptation à différents systèmes d'utilisation des terres et services environnementaux.

#### **SYSTEMES SYLVOPASTORAUX.**

Les pratiques sylvopastorales associent les arbres à la production de fourrage et à l'élevage. Les arbres produisant un feuillage, des gousses et des brindilles appétibles peuvent contribuer à la production pastorale, notamment à la fin de la saison sèche, lorsque les pénuries de fourrage se font sentir. Les arbres peuvent fournir aussi de l'ombre au bétail mais doivent être tolérants à l'impact des animaux et supporter les dommages qu'ils peuvent causer au système racinaire et à l'écorce. Les feuilles et les fruits ne devraient pas être vénéneux pour le bétail, et les houppiers devraient être suffisamment hauts pour être hors de sa portée. Un couvert arboré léger est l'idéal car il permet la transmission de la lumière aux plantes fourragères. Une production abondante de gousses et de feuillage est indispensable.

#### **AGROFORESTERIE**

L'agroforesterie est un système où les cultures agricoles sont associées à des arbres et arbustes. Ces derniers fournissent aux agriculteurs du bois de feu, du fourrage, du paillage, des fruits, des engrais verts, assurent la fixation de l'azote et jettent une ombre contrôlée sur les cultures agricoles. Les arbres ne devraient pas concurrencer les cultures pour les éléments nutritifs ou la lumière. Les systèmes à enracinement profond sont conseillés. Le couvert arboré devrait permettre la pénétration de la lumière nécessaire aux cultures. Il faudra éviter que les pratiques agricoles ou de récolte des cultures environnantes puissent endommager les arbres. En outre les arbres fournissent souvent des produits commercialisables.

#### **BOISEMENTS**

Les boisements sont de petites superficies que les agriculteurs consacrent à l'arboriculture. Ils fournissent non seulement du bois de feu mais aussi du bois d'œuvre et des perches. Les arbres des boisements sont généralement à croissance rapide et capables de recépage ou de se régénérer facilement. Les boisements permettent la mise en production des terrains escarpés, des berges de cours d'eau et d'autres terres inaccessibles. Établis dans une zone marginale, les arbres devraient pouvoir supporter des conditions difficiles.

#### **GRANDES PLANTATIONS A PROXIMITE DES VILLES**

Pour fournir du bois de feu aux citoyens, de grandes plantations sont établies autour des villes et des agglomérations. Ces plantations fournissent de grandes quantités de bois de feu et de charbon de bois tant pour satisfaire les besoins des citoyens qu'à des fins industrielles. Elles comprennent les essences les plus recherchées sur le marché, et devraient également être adaptées à la production de charbon de bois. Le bois compact est préférable car le matériel est normalement transporté par camion. Vu l'extension des plantations, les arbres devraient être particulièrement résistants aux maladies et aux incendies.

#### **REMISE EN ETAT DES TERRES**

Certaines espèces peuvent servir à la remise en état des terres surpâturées, érodées ou pauvres en nutriments. La remise en état vise à augmenter progressivement le potentiel de production du site. Les essences adaptées à la remise en état peuvent supporter des conditions âpres. Tolérants à la sécheresse, aux sols infertiles et à l'abandon, les arbres devraient être à croissance rapide pour établir un nouvel environnement, et leur enracinement devrait être profond afin de leur permettre d'absorber l'eau en période de sécheresse. Ils devraient pouvoir améliorer la qualité du sol par la fixation de l'azote et accroître sa fertilité en fournissant du paillis et des engrais verts. Ces derniers exigent la production de litière à haute teneur en azote qui ajoute de la matière organique au sol.

---

<sup>13</sup> Adapté de Van de Vreken, 2005

## **LUTTE CONTRE L'ÉROSION**

Les arbres protègent le sol contre l'érosion s'ils empêchent le déplacement des particules. Les espèces adaptées à la lutte contre l'érosion ont un système racinaire latéral très étendu qui stabilise le sol. La formation de drageons est un avantage supplémentaire contre l'érosion (CABI, 2005). Un autre moyen de protection sont les brise-vent qui ralentissent aussi le vent qui souffle à travers les champs.

## **BRISE-VENT**

Les brise-vent sont extrêmement utiles en agriculture parce qu'ils augmentent la productivité des cultures en les protégeant contre la vitesse et l'effet desséchant du vent. Il faut que les arbres aient des branches basses et puissent être établis en formations denses et au moins en rangées doubles. L'association d'espèces arbustives de petite taille avec de grandes espèces assure une protection plus efficace contre le vent. Si le brise-vent n'est formé que d'une seule espèce, il faudra que les branches s'étendent jusqu'au sol. Les arbres compris dans le brise-vent devront être dotés de systèmes racinaires vigoureux capables de résister au vent. Le houppier devrait être broussailleux et permettre un certain niveau de pénétration du vent. Les branches aussi devront pouvoir résister au vent ; elles devront être pliables et difficiles à casser. Les arbres ne devront pas abriter les ravageurs provenant des cultures adjacentes et le système racinaire ne devra pas concurrencer trop fortement d'autres cultures pour l'eau (Wilkinson *et al.*, 2000). Si les brise-vent sont établis le long des côtes, les arbres devront être tolérants au sel.

## **HAIES VIVES**

Les haies vives servent d'écran aux maisons et permettent aux habitants de préserver leur vie privée. Elles entourent aussi les champs et les prairies. Les buissons épineux sont fortement recommandés pour les enclos du bétail. Un feuillage dense est nécessaire pour interdire la visibilité. Les arbres doivent pouvoir être établis en formations denses servant de clôture et ils devront supporter un cisaillement fréquent.

## **ORNEMENTATION**

Les arbres ornementaux se caractérisent par leur beauté : fleurs attrayantes et feuillage luxuriant ou houppier d'une forme particulière. Lorsqu'ils sont plantés dans des villes ou le long des avenues, ils devront pouvoir résister à la pollution atmosphérique. En outre il leur faudra aussi, si possible, offrir de l'ombre.

## **OMBRE**

Un arbre d'ombrage a un feuillage dense qui persiste pendant la saison chaude. L'ombre qu'il fournit est importante pour les villes, les jardins, les pâturages ou les champs, ainsi que pour la protection des humains, des animaux et des cultures.

TABLEAU A6.1

**Principales espèces énergétiques adaptées aux zones tropicales arides et semi-arides et leur pertinence vis-à-vis de différentes utilisations des terres et services environnementaux**
**Zones arides et semi-arides** (précipitations <800 mm ou < de 6 mois humides)

	Systèmes sylvopastoraux	Agroforesterie	Boisements	Grandes plantations à proximité des villes	Remise en état des terres	Lutte contre l'érosion	Brise-vent	Haies vives	Ornementation	Ombre
<i>Acacia cyclops</i>	x					x				
<i>Acacia nilotica</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	
<i>Acacia raddiana</i>	x					x		x		x
<i>Acacia senegal</i>	x	x		x	x	x	x			
<i>Acacia seyal</i>	x	x								
<i>Albizia lebbek</i>	x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Anogeissus latifolia</i>	x				x	x				
<i>Azadirachta indica</i>		x	x	x	x	x		x		x
<i>Balanites aegyptiaca</i>	x		x				x	x		x
<i>Cajanus cajan</i>	x	x	x			x	x	x		x
<i>Cassia siamea</i>	x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Dalbergia sissoo</i>	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>			x	x	x	x	x		x	x
<i>Eucalyptus citriodora</i>					x					x
<i>Eucalyptus microtheca</i>				x		x	x	x	x	x
<i>Eucalyptus occidentalis</i>			x		x	x	x		x	x
<i>Parkinsonia aculeata</i>	x				x	x	x	x	x	x
<i>Pithecellobium dulce</i>			x				x	x	x	x
<i>Populus euphratica</i>	x				x		x			
<i>Prosopis alba</i>	x				x	x	x		x	
<i>Prosopis juliflora</i>	x				x	x	x	x	x	
<i>Sesbania sesban</i>	x	x			x	x	x	x		x

TABLEAU A6.2

**Principales espèces énergétiques adaptées aux zones tropicales humides et leur pertinence vis-à-vis de différents utilisations des terres et services environnementaux**
**Zones tropicales humides** (précipitations >800 mm ou >6 mois humides)

	Systèmes sylvopastoraux	Agroforesterie	Boisements	Grandes plantations à proximité des villes	Remise en état des terres	Lutte contre l'érosion	Brise-vent	Haies vives	Ornementation	Ombre
<i>Acacia auriculiformis</i>		x		x	x	x			x	x
<i>Calliandra calothyrsus</i>	x	x	x		x	x		x	x	x
<i>Casuarina equisetifolia</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Eucalyptus brassiana</i>				x						x
<i>Eucalyptus deglupta</i>						x			x	x
<i>Eucalyptus pellita</i>				x						
<i>Eucalyptus urophylla</i>				x	x					
<i>Gliricidia sepium</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Gmelina arborea</i>		x		x					x	x
<i>Guazuma ulmifolia</i>	x				x			x	x	x
<i>Hibiscus tiliaceus</i>					x	x		x	x	
<i>Leucaena leucocephala</i>	x	x		x	x	x	x	x		
<i>Mimosa scabrella</i>	x	x		x	x				x	x
<i>Muntingia calabura</i>		x			x	x			x	x
<i>Pinus caribaea</i>		x		x	x	x			x	x
<i>Sesbania grandiflora</i>	x	x			x		x	x	x	x
<i>Syzygium cumini</i>	x		x		x		x	x	x	x
<i>Tamarindus indica</i>	x	x	x				x		x	
<i>Terminalia catappa</i>		x		x	x	x			x	x
<i>Trema orientalis</i>		x		x	x	x	x	x	x	x

TABLEAU A6.3

**Principales espèces énergétiques adaptées aux montagnes tropicales et leur pertinence vis-à-vis de différents utilisations des terres et services environnementaux**

**Montagnes tropicales** (au-dessus de 1 500 m)

	Systèmes sylvopastoraux	Agroforesterie	Boisements	Grandes plantations à proximité des villes	Remise en état des terres	Lutte contre l'érosion	Brise-vent	Haies vives	Ornementation	Ombre
<i>Acacia decurrens</i>		x	x		x	x	x			x
<i>Acacia mearnsii</i>		x				x				x
<i>Alnus acuminata</i>	x				x					
<i>Eucalyptus globulus</i>			x	x	x	x	x		x	x
<i>Eucalyptus grandis</i>		x		x	x	x			x	x
<i>Eucalyptus robusta</i>				x	x	x	x	x		x
<i>Eucalyptus tereticomis</i>				x	x	x				x
<i>Gleditsia triacanthos</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Grevillea robusta</i>	x	x	x	x	x				x	x
<i>Melaleuca quinquenervia</i>					x	x			x	
<i>Melia azedarach</i>	x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Sapium sebiferum</i>		x							x	





## Annexe 7

### Secteurs, sous-secteurs, divisions et sous-divisions des utilisations finales des combustibles ligneux

Secteur de production	Sous-secteur	Division	Sous-division	Utilisation finale du combustible ligneux	
Primaire	Agriculture	Production agricole	Céréales et oléagineux Tabac	Séchage des céréales et des oléagineux Séchage du tabac	
		Production animale	Porcins Volaille Autre	Cuisson des aliments pour animaux Poulaillers Chauffage Autre	
Secondaire	Industrie manufacturière	Aliments et boissons	Sucre granulé Sucre brun Café Thé Tabac Herbes Huiles Produits laitiers Pain Confiserie Tortillas de maïs Farine de tapioca	Production de vapeur Évaporation du jus de canne à sucre Séchage, rôtissage Dessiccation, séchage Séchage Séchage Production de vapeur Vapeur Cuisson au four Cuisson, stérilisation Nixtamalisation Séchage	
			Minerais métalliques	Fer Acier	Réduction, fusion Restauration du carbone
			Minerais non métalliques	Chaux vive Craie Ciment Tuiles et briques Poterie Sel Kaolin	Forges Calcination Déshydratation Clinkérisation Cuisson, céramisation Glaçage Cuisson, glaçage Évaporation-cristallisation Séchage
			Pâte et papier	Pâte et papier	Vapeur et électricité pour les opérations de transformation
		Produits à base de bois	Bois	Dessiccation du bois	
Tertiaire	Commerce et services	Aliments et boissons	Restaurants	Préparation des aliments	
	Tourisme et loisirs		Hôtels Campings	Chauffage, eau chaude, préparation des aliments, blanchissage	
	Public	Santé	Hôpitaux Écoles	Blanchissage Préparation des aliments	