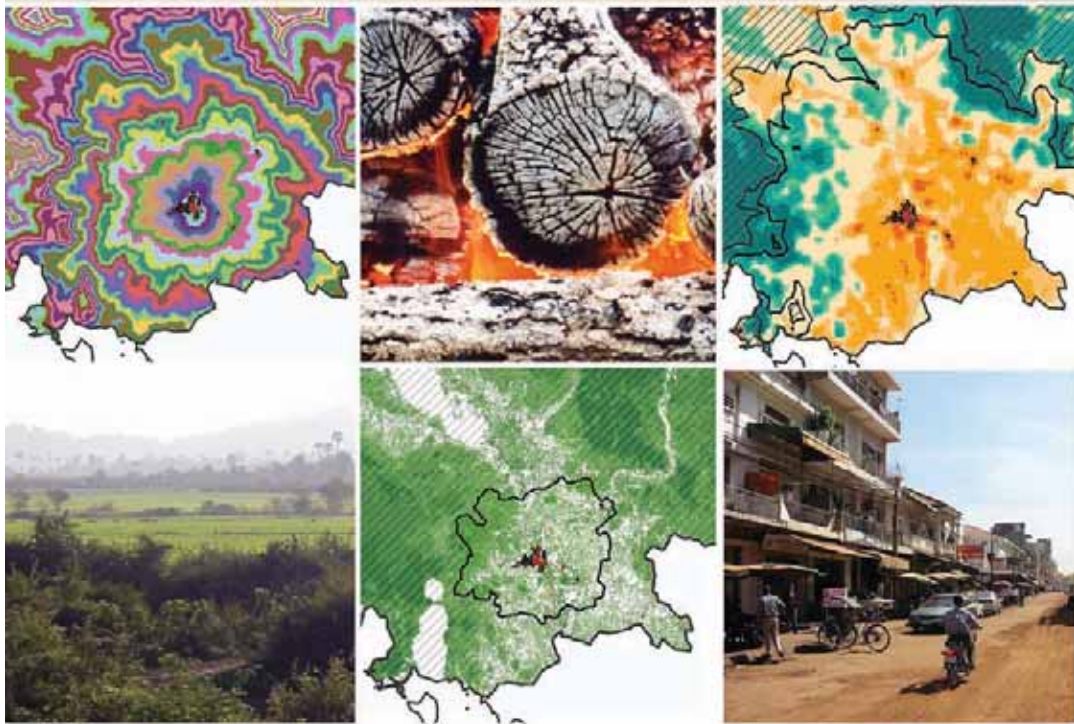


# WISDOM pour les villes

## Analyse de la dendroénergie et de l'urbanisation grâce à la méthode WISDOM

Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu



**Département des forêts de la FAO**  
**Foresterie urbaine Dendroénergie**

## **WISDOM pour les villes**

**Analyse de la dendroénergie et de l'urbanisation grâce à la méthode WISDOM\***

(\*) Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu (WISDOM)

Rapport coordonné et supervisé par

**Miguel A. Trossero** et **Michelle Gauthier**

Écrit par

**Rudi Drigo** et **Fabio Salbitano**

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent pas de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Tous droits réservés. Les informations ci-après peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au Chef du Service des publications, Division de l'information, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie ou, par courrier électronique, à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

## Avant-propos

Les forêts et les arbres sont la source d'une myriade de produits, de services et de fonctions et surtout de revenus pour de nombreuses personnes vivant dans les zones urbaines et périurbaines, ainsi que pour les communautés rurales qui gagnent leur vie en répondant à la demande des villes. Au fil du temps, les impacts des zones urbaines ont largement dépassé les limites périurbaines déterminant, entre autres, la dégradation des forêts, la déforestation et la disparition de la végétation autour des villes. L'une des graves préoccupations des responsables de la foresterie, de l'énergie et de l'agriculture, et des gestionnaires du secteur urbain dans les pays africains, asiatiques et latino-américains est de savoir comment atténuer les impacts négatifs des villes sur l'environnement local, tout en permettant aux communautés rurales de profiter des opportunités offertes.

Dans le passé, le bois de feu était considéré comme le principal responsable de la dégradation. En réalité, la situation est infiniment plus complexe. Les principales causes de la destruction des forêts et des arbres entourant les villes sont la demande de terre par des populations en expansion croissante et l'exploitation non réglementée des ressources et des matières premières comme les aliments, le fourrage, le bois d'œuvre et les combustibles, qui sont essentiels aux moyens d'existence des habitants urbains et périurbains.

Le Service des produits forestiers et le Service de la conservation des forêts de la FAO ont collaboré pour produire un outil permettant de mieux évaluer et préciser le lien entre la consommation urbaine de combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois) et les possibilités d'approvisionnement naturel.

La Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu conventionnelle de la FAO (WISDOM) a été adaptée pour produire des cartes thématiques décrivant les zones d'influence de la demande urbaine de combustibles ligneux. « WISDOM pour les villes », s'est avéré un outil capable de cartographier les ressources durables potentielles et les zones de consommation de combustibles ligneux, d'identifier celles déficitaires ou excédentaires, et de donner une définition et une description pragmatiques des zones influencées par la consommation urbaine/périurbaine de dendroénergie, ainsi que des aires d'intervention prioritaires.

Par analogie avec le « bassin versant », le terme « bassin d'approvisionnement en bois », a été créé et sera souvent utilisé dans cet ouvrage, pour identifier, délimiter et cartographier la superficie nécessaire à l'approvisionnement durable en biomasse ligneuse requis par les villes.

Nous estimons que la présente étude offre un outil valable pour l'analyse des bilans de combustibles ligneux autour des villes, facilitant par là même la formulation de stratégies et de projets détaillés en matière de dendroénergie. Nous souhaitons que « Wisdom pour les villes » stimulera le dialogue entre tous ceux qui s'intéressent à la création de systèmes dendroénergétiques durables, afin de mieux intégrer les besoins des zones rurales et urbaines, restaurer et remettre en état, le cas échéant, les ressources arborées et forestières, et améliorer les moyens d'existence des communautés pauvres.

**W. Killmann**

Directeur  
Division des produits et des  
industries forestiers  
Département des forêts  
FAO

**J. A. Prado**

Directeur  
Division de la gestion des forêts  
Département des forêts  
FAO



## Résumé analytique

La présente étude examine le lien entre les processus d'urbanisation accélérée, la pauvreté et les tendances de la consommation de combustibles ligneux dans les zones urbaines et périurbaines des pays en développement. Elle étudie les changements environnementaux et socioéconomiques déterminés par la croissance urbaine rapide, comme l'augmentation de la consommation de charbon de bois, et propose des outils théoriques et méthodologiques permettant de faciliter la planification de la dendroénergie urbaine et l'établissement de systèmes dendroénergétiques durables.

Les expériences et outils provenant de différentes disciplines, comme la foresterie urbaine et la planification de la dendroénergie, sont confrontés ici aux menaces et aux opportunités créées par la demande croissante de combustibles ligneux de la part d'un nombre grandissant d'habitants urbains et périurbains.

Il est soutenu que les gestionnaires urbains s'occupant de la foresterie, de l'énergie et du développement urbains devraient accorder plus d'importance dans leurs politiques au secteur de la dendroénergie, et assumer la responsabilité de l'impact qu'exerce la consommation urbaine sur les forêts et les terres boisées, ainsi que sur les communautés urbaines vivant hors des limites de la ville. Il est recommandé aux gestionnaires urbains, ruraux et forestiers d'une même zone géographique d'interagir et de coordonner leurs efforts afin de mettre en place des systèmes durables de dendroénergie au niveau régional, puisque la zone d'approvisionnement en combustibles ligneux d'une ville donnée pénètre profondément dans les zones rurales et les forêts, et empiète souvent sur les zones d'approvisionnement d'autres villes.

De même, il est soutenu que les institutions forestières nationales devraient s'efforcer d'améliorer la durabilité de la production du charbon de bois destiné à satisfaire la demande croissante des populations urbaines et périurbaines, afin de consolider les avantages actuels et potentiels des producteurs de charbon de bois pauvres et d'éviter de causer des dommages irréversibles à l'environnement.

Afin de soutenir la planification de la dendroénergie et la formulation des politiques, ont été conçus des méthodes analytiques et des outils de planification visant à définir de façon rationnelle et objective l'interaction urbaine/rurale. Deux niveaux de planification sont établis: 1) un niveau de planification stratégique où l'accent est mis sur le contexte national global et sur la définition des zones d'intervention prioritaires, et 2) un niveau de planification opérationnelle portant sur le flux des combustibles ligneux dans un bassin d'approvisionnement en bois urbain particulier.

Pour favoriser la planification stratégique, la méthode WISDOM<sup>1</sup> est passée en revue et adaptée afin de permettre la cartographie des zones excédentaires et déficitaires en combustibles ligneux, en fonction des modèles locaux de l'offre et de la demande, et de définir les zones d'approvisionnement en combustibles ligneux durables potentielles des grandes villes (zones désignées souvent ici comme bassins d'approvisionnement en bois à cause de leur analogie avec le concept géographique familier de *bassin hydrographique*).

La méthode WISDOM et le module additionnel de bassin d'approvisionnement en bois urbain sont appliqués ici à des villes désignées d'Afrique orientale (Dar-es-Salaam, Arusha-Moshi, Kampala et Khartoum) et d'Asie du Sud-Est (Phnom Penh, Battambang, Vientiane et Luang Prabang), à l'aide des analyses WISDOM réalisées récemment pour ces sous-régions en guise de référence. Les études révèlent la mesure dans laquelle les zones d'approvisionnement pénètrent dans les zones rurales et les forêts, les combustibles ligneux se déplaçant sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres avant d'atteindre les consommateurs urbains, et mettent en évidence la contribution essentielle d'une analyse globale à la définition des zones d'influence de villes individuelles.

Pour faciliter la planification opérationnelle de la dendroénergie au sein des zones prioritaires définies au niveau stratégique, l'étude présente les caractéristiques et les paramètres à recueillir pour une analyse précise du flux des combustibles ligneux, et passe en revue les bonnes pratiques de gestion des terres urbaines et périurbaines permettant d'intégrer la production de ces combustibles dans la foresterie urbaine polyvalente.

---

<sup>1</sup> La méthode WISDOM a été appliquée par la FAO au niveau national au Mexique, en Slovénie, au Sénégal et en Argentine et au niveau sous-régional en Afrique orientale et en Asie du Sud-Est.

## Remerciements

Étant donné le caractère interdisciplinaire et intersectoriel de la présente étude, de nombreuses personnes ont fourni des informations spécifiques et des avis compétents, soit directement soit indirectement. Les auteurs souhaitent exprimer en particulier leur gratitude à:

- Miguel Trossero du Programme dendroénergétique de la FAO, FOIP, pour ses conseils et son orientation en matière de données et questions de dendroénergie;
- Michelle Gauthier, Foresterie urbaine, FAO, pour son soutien et ses conseils sur une grande variété d'aspects de la foresterie urbaine et périurbaine;
- Massimiliano Lorenzini pour ses conseils et son aide en ligne sur plusieurs questions relatives au SIG et pour avoir donné un accès libre à ses cartes de l'accessibilité.

# Table des matières

<i>Avant-propos</i>	<i>iii</i>
<i>Résumé analytique</i>	<i>v</i>
<i>Remerciements</i>	<i>vi</i>
<i>Abréviations</i>	<i>ix</i>
<i>Résumé d'orientation</i>	<i>xi</i>
<b>PARTIE I – APERÇU DE LA FORESTERIE ET DE LA DENDROÉNERGIE URBAINES ET PÉRIURBAINES DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>3</b>
Généralités	3
Justification et objectifs	6
<b>La foresterie urbaine dans les pays en développement</b>	<b>9</b>
Urbanisation rapide et pauvreté	9
Foresterie urbaine	16
Rôle élargi de la foresterie urbaine et périurbaine: un modèle de travail	18
<b>La dendroénergie dans les villes des pays en développement</b>	<b>21</b>
Répercussions de la croissance urbaine rapide sur la dendroénergie	21
Consommateurs urbains et périurbains de combustibles ligneux	22
La question du charbon de bois	23
Impacts de la dendroénergie urbaine	25
Demande urbaine et approvisionnement rural: nouvelle interaction spatiale et socioéconomique	29
Analyse des forces, faiblesses, possibilités et menaces de la dendroénergie	32
<b>PARTIE II – DONNÉES ET MÉTHODES DE PLANIFICATION DE LA DENDROÉNERGIE URBAINE ET PÉRIURBAINE</b>	<b>35</b>
<b>Données et outils de planification de la dendroénergie</b>	<b>37</b>
Statistiques de la consommation de combustibles ligneux	37
Projections de l'EPMPF de la consommation de bois de feu et de charbon de bois	37
Outils de planification pour les décideurs	39
<b>Scénarios dendroénergétiques dans des zones urbaines d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est</b>	<b>43</b>
Consommation urbaine de combustibles ligneux en Afrique orientale et Asie du Sud-Est en 2000	43
Analyse du bassin d'approvisionnement en bois de zones urbaines désignées	46
Analyse de bassins d'approvisionnement en bois urbains: résultats et conclusions	52
<b>Planification des systèmes dendroénergétiques urbains durables</b>	<b>69</b>
Niveaux de planification stratégique et opérationnelle	69
Adaptation de la méthode WISDOM à la dendroénergie urbaine et périurbaine	70
Paramètres clés de l'analyse approfondie du flux de combustibles ligneux pour la planification opérationnelle du bassin d'approvisionnement en bois urbain	71
Modes de gestion des terres et bonnes pratiques dans la planification de la dendroénergie urbaine et périurbaine	78
<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>81</b>
Conclusions générales sur la dendroénergie urbaine	81
Conclusions sur les aspects méthodologiques de WISDOM	82
Conclusions d'études de cas WISDOM désignées concernant l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est	83



Recommandaions générales	84
Recommandations sur les aspects méthodologiques	85
<b>Références</b>	<b>87</b>
<b>Annexes</b>	<b>91</b>
1 Définitions et facteurs de conversion	93
2 Projections des modèles EPMPF 1970–2030	95
3 Carte des coûts comme base de l'évaluation de l'accessibilité physique	97
4 Étapes principales de l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain fondée sur les données WISDOM sur l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est	99
5 Surveillance des changements de la couverture du sol : aspects méthodologiques importants	105
6 Espèces pantropicales énergétiques	109
7 Secteurs, sous-secteurs, divisions et sous-divisions des utilisations finales des combustibles ligneux	115

## Abréviations

<b>ESMAP</b>	Programme d'assistance pour la gestion du secteur énergétique (Banque mondiale)
<b>AIE</b>	Agence internationale de l'énergie
<b>FOIP</b>	Service des produits forestiers (FAO)
<b>FOI</b>	Division des produits et des industries forestiers (FAO)
<b>ESRI</b>	Institut de recherches pour l'environnement
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>FAOSTAT</b>	Base de données statistiques fondamentales de l'Organisation (FAO)
<b>IISA</b>	Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués
<b>UICN</b>	Union internationale pour la conservation de la nature
<b>WCMC</b>	Centre mondial de surveillance de la nature
<b>FRA</b>	Évaluation des ressources forestières mondiales (FAO)
<b>PIB</b>	Produit intérieur brut
<b>EPMPF</b>	Étude des perspectives mondiales des produits forestiers (FAO)
<b>SIG</b>	Système d'information géographique
<b>FFPM</b>	Forces, faiblesses, possibilités et menaces
<b>CIRAF</b>	Centre mondial d'agroforesterie
<b>OMD</b>	Objectifs du millénaire pour le développement
<b>ONG</b>	Organisation non gouvernementale
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies pour le développement
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'environnement
<b>GTZ</b>	Office allemand de la coopération
<b>GPL</b>	Gaz de pétrole liquéfié
<b>UNHCR</b>	Haut commissariat des Nations Unies pour les réfugiés
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>UN-Habitat</b>	Programme des Nations Unies pour les établissements humains
<b>BM</b>	Banque mondiale
<b>SMDD</b>	Sommet mondial pour le développement durable
<b>WISDOM</b>	Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu



# Résumé

## LA QUESTION EN JEU

Le nouveau millénaire a été baptisé « le millénaire urbain ». La croissance rapide du développement urbain accuse un recul dans les pays industrialisés d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Océanie, alors que la population urbaine des pays en développement enregistre une augmentation marquée. La croissance des villes dans ces pays, et l'abandon des sociétés rurales en faveur des sociétés urbaines qui en résulte, sont liés à un ensemble complexe de facteurs responsable du phénomène connu sous le nom de « urbanisation de la pauvreté ». De fait, la raison principale pour laquelle les populations rurales émigrent vers les villes est l'attente, bien souvent une chimère, d'une amélioration des moyens d'existence et de la sécurité. Les guerres, les troubles intérieurs et les catastrophes naturelles sont souvent aussi des moteurs d'urbanisation forcée.

Dès lors, les villes sont confrontées dans le nouveau millénaire au défi qui consiste à accueillir des populations urbaines en croissance rapide, et à leur fournir des ressources adéquates et des services urbains de base, comme les logements, l'eau et l'énergie, tout en assurant la durabilité environnementale et en stimulant la croissance économique et le développement.

En ce qui concerne les questions énergétiques et le fait que les combustibles ligneux (charbon de bois et bois de feu) représentent encore la seule source d'énergie à la portée de la plupart des citoyens des zones en développement, il devient évident que les politiques et les prises de décisions en matière d'environnement urbain, d'utilisation des terres et d'interaction urbaine/rurale revêtent une importance cruciale.

Les statistiques de la consommation de combustibles ligneux fournissent une indication, voire une preuve, de la croissance de la demande urbaine de ces combustibles, notamment la demande de charbon de bois associée à l'accélération de l'urbanisation, par rapport à la baisse générale de l'utilisation du bois de feu. Le passage du bois de feu au charbon de bois a des retombées environnementales et socioéconomiques graves car le charbon de bois provient presque exclusivement des forêts et des formations forestières denses et s'écoule à travers des circuits commerciaux, alors que le bois de feu est tiré, à l'aide de moyens informels, principalement des exploitations, des résidus et sous-produits agricoles et forestiers et de la collecte de bois mort. En Afrique, par exemple, d'après l'*Étude des perspectives mondiales des produits forestiers (FAO, 2001a)*, la consommation de charbon de bois devrait augmenter de 111 pour cent entre 2000 et 2030, atteignant ainsi le tiers du volume total du bois utilisé pour la production d'énergie, ce qui implique une pression croissante sur les ressources forestières.

L'augmentation de la consommation de charbon de bois et de bois de feu par les citoyens exerce un impact négatif élevé sur la durabilité des ressources forestières et provoque des risques graves de dégradation, mais pour les agriculteurs et les communautés décentralisées pauvres elle offre aussi des possibilités réelles ou potentielles de dégager des revenus. En Afrique tropicale et dans de nombreuses autres zones en développement où règne cette situation, il est impératif de faire de la production de charbon de bois et de bois de feu un objectif prioritaire de la gestion forestière durable, afin de ralentir les processus de dégradation des forêts et de transformer des activités rémunératrices occasionnelles, souvent illégales, en actifs fiables aux fins de la réduction de la pauvreté et du développement durable au sein de communautés rurales et périurbaines pauvres.

## ENJEUX DE LA PLANIFICATION DE LA DENDROÉNERGIE URBAINE

Il est évident que le lien environnemental et économique qui relie les milieux urbains et ruraux a une grande portée, et les gestionnaires urbains doivent reconnaître la forte influence qu'exercent les zones métropolitaines sur des territoires et des groupes sociaux en forte expansion. Les villes doivent cesser de jouer un rôle passif vis-à-vis de la *source* des combustibles ligneux et *de la manière* dont les besoins de cette ressource sont satisfaits. Le rôle et la responsabilité des villes doivent au contraire être actifs et les approvisionnements en combustibles ligneux et bioénergie être évalués à l'avance dans les plans de développement urbain. Il faudrait que la planification des disponibilités comprenne, d'une part des éléments intérieurs, c'est-à-dire des mesures prises dans le contexte urbain et périurbain fondées sur de bonnes pratiques de gestion des terres et, d'autre part, des éléments extérieurs, à savoir des actions entreprises hors du contexte urbain et périurbain visant l'instauration de relations rationnelles, viables et équitables avec les producteurs ruraux de combustibles ligneux.

Mais la planification de la dendroénergie urbaine ne doit pas être prise à la légère car elle ne concerne pas un secteur autonome et bien délimité, et ne présente pas une structure institutionnelle responsable bien définie. Elle se situe plutôt à la croisée des chemins de différents secteurs, disciplines et compétences

institutionnelles, dont chacun a son répertoire particulier de responsabilités et d'outils de planification mais dont aucun ne s'estime directement responsable de la création et de la surveillance de systèmes d'hydroénergétiques durables dans les villes. Un défi de taille à cet égard consiste à combattre la fragmentation des compétences et responsabilités qui caractérise le secteur et à réaliser un niveau adapté d'intégration et de collaboration entre les différents domaines en jeu.

Pour faciliter la formulation des politiques et la planification opérationnelle il est essentiel d'analyser les modèles de consommation et les possibilités d'approvisionnement sur le plan géographique, et de créer un contexte analytique qui intègre les aspects socioéconomiques.

On peut identifier deux niveaux de planification : i) un niveau de planification stratégique portant sur le contexte national global, sur les zones d'approvisionnement des grandes villes (que nous appellerons ici « bassins d'approvisionnement en bois urbains » par analogie avec le concept géographique bien connu de bassins hydrographiques), et sur la définition de zones d'intervention prioritaires, et ii) un niveau de planification opérationnel centré sur le flux des combustibles ligneux dans un bassin d'approvisionnement en bois particulier.

## **NIVEAU DE PLANIFICATION STRATÉGIQUE: LA MÉTHODE WISDOM ET LE MODULE BASSIN D'APPROVISIONNEMENT EN BOIS URBAIN**

La méthode WISDOM<sup>2</sup>, adaptée spécifiquement au contexte urbain, est proposée ici comme outil de planification stratégique qui intègre des aspects de l'offre et de la demande de combustibles ligneux et favorise une analyse globale mais discontinue dans l'espace de la consommation de ces combustibles dans les villes et leurs zones d'approvisionnement, dans un vaste contexte territorial. Suit une synthèse des étapes méthodologiques de l'analyse.

### **Analyse WISDOM de base**

L'application de l'analyse WISDOM type, qui produit une carte de base du bilan de l'offre et de la demande évalué au niveau local, comprend cinq étapes principales (FAO, 2003b).

1. Définition de l'unité administrative *spatiale* minimale d'analyse
2. Création du module *demande*.
3. Création du module *offre*.
4. Création du module *intégration*.
5. Choix des zones *prioritaires* ou « points chauds » des combustibles ligneux dans différents scénarios.

### **Module bassin d'approvisionnement en bois urbain additionnel**

Pour mieux centrer l'analyse concernant la délimitation des bassins d'approvisionnement en bois urbains, à savoir les zones d'approvisionnement de centres urbains et périurbains désignés, il faut prévoir des étapes analytiques supplémentaires qui pourraient être résumées comme suit :

1. Cartes des approvisionnements « commerciaux » potentiels en combustibles ligneux adaptés aux marchés urbains et périurbains.
2. Définition du bassin d'approvisionnement en bois urbain, ou des zones d'approvisionnement durable potentielles, sur la base des capacités de production de combustibles ligneux et de paramètres d'accessibilité physique.

La méthode WISDOM et le module bassin d'approvisionnement en bois additionnel ont été appliqués à des villes désignées d'Afrique orientale (Dar-es-Salaam, Arusha-Moshi, Kampala et Khartoum) et d'Asie du Sud-Est (Phnom Penh, Battambang, Vientiane et Luang Prabang), en utilisant comme référence les analyses WISDOM réalisées récemment pour ces sous-régions. Les études ont révélé l'ampleur de la pénétration des zones d'approvisionnement dans les zones rurales et les forêts, les combustibles ligneux parcourant souvent des distances de plusieurs centaines de kilomètres pour atteindre les consommateurs urbains, et elles ont mis en évidence la contribution essentielle de l'analyse globale à la définition des zones d'influence de villes individuelles.

---

<sup>2</sup> WISDOM est le résultat de la collaboration entre le Programme sur la dendroénergie de la FAO et l'Institut d'écologie de l'Université nationale du Mexique. Au niveau national, l'approche WISDOM a été mise en œuvre au Mexique (FAO, 2005; Masera *et al.*, 2006), au Sénégal (FAO, 2004b) et en Slovénie (FAO, 2006a). Au niveau sous-régional l'approche WISDOM a été appliquée dans les pays d'Afrique orientale et centrale intéressés par le Programme Africover (Burundi, République démocratique du Congo, Égypte, Érythrée, Kenya, Rwanda, Somalie, Soudan, République-Unie de Tanzanie et Ouganda) et dans des pays d'Asie du Sud-Est (Cambodge, Malaisie, République démocratique populaire lao, Thaïlande, Vietnam et Chine, province de Yunnan).

En dehors des cartes et des statistiques présentées pour chaque site à l'étude, il conviendrait de mettre l'accent sur les conclusions suivantes :

- Les zones d'approvisionnement théoriques d'une ville donnée peuvent varier considérablement en fonction de la quantité et de la qualité des sources de biomasse ligneuse des zones environnantes. Les sources de combustible ligneux « commercial » adapté aux marchés urbains ne représentent qu'une fraction des sources « totales » existantes. Sont exclus du circuit commercial les types de végétation clairsemée et la plupart des arbres et des arbustes présents dans les exploitations qui revêtent une importance pour la consommation locale mais sont inadaptés à la production commerciale. Autrement dit, la zone d'approvisionnement en bois « commerciale » pourrait être beaucoup plus étendue que la zone « totale ».
- Un autre élément qui influence sensiblement la taille des zones d'approvisionnement durable théoriques est la consommation locale de combustibles ligneux dans les zones rurales, les agglomérations et les autres villes situées dans la zone même. Lorsque l'on compare la zone d'approvisionnement à la consommation totale (zone étendue) et non pas seulement à celle de la ville (zone restreinte), sa taille augmente considérablement.
- La combinaison de ces deux aspects a une influence énorme sur la superficie de la zone d'approvisionnement nominale d'une ville, ce qui souligne la nécessité et l'importance d'une analyse globale comme celle de la méthode WISDOM de base pour la définition des bassins d'approvisionnement urbains. Afin de mettre en évidence l'influence de ces aspects sur la taille des bassins, quatre zones d'approvisionnement théoriques ont été déterminées pour chaque site en jeu, à savoir la zone totale restreinte, la zone commerciale restreinte, la zone totale étendue et la zone commerciale étendue, cette dernière étant la plus complète et probablement la plus réaliste.

Les aspects mentionnés plus haut concernant la carte des bassins d'approvisionnement en bois urbains ou les zones d'approvisionnement durable théoriques ne devraient pas être traités à la légère. La délimitation du bassin d'approvisionnement urbain détermine la zone du projet futur et représente un préalable fondamental pour l'identification des parties prenantes qui interviendront dans la planification participative et la formulation des politiques. Une définition erronée des bassins d'approvisionnement urbains compromettrait gravement le succès du projet et la durabilité des systèmes dendroénergétiques urbains résultants.

## **CONCLUSIONS D'ÉTUDES DE CAS WISDOM RELATIVES À L'ASIE DU SUD-EST ET À L'AFRIQUE ORIENTALE**

Les études de cas sur la délimitation des zones d'approvisionnement en bois urbaines concernant des villes désignées d'Afrique du Sud-Est et d'Afrique orientale (examinées à la section 5.2 pour ce qui a trait à la méthodologie et présentées à la section 5.3 pour les résultats) représentent le premier test de la méthode WISDOM adaptée à la perspective urbaine. Les analyses des villes désignées se fondaient largement sur des études précédentes et des sources d'informations accessibles, sans relevé supplémentaire de données nationales ou vérification sur le terrain. En tant que telles, elles se limitent à ce qu'on appelle la « base de connaissances stratégique », un niveau de diagnostic visant à favoriser la formulation de stratégies plutôt que la planification opérationnelle pour laquelle est nécessaire une approche de terrain.

Les villes choisies comme exemple pour les analyses du bassin d'approvisionnement en bois urbain (figure 1) sont les suivantes :

- Asie du Sud-Est – Phnom Penh et Battambang au Cambodge; et Vientiane et Luang Prabang en République démocratique populaire lao.
- Afrique orientale – Dar-es-Salaam, Arusha-Moshi en République-Unie de Tanzanie; Kampala en Ouganda et Khartoum au Soudan.

Les résultats de chaque étude de cas sont présentés et analysés à la section 5.3. Les conclusions les plus pertinentes et spécifiques tirées de l'analyse des bassins d'approvisionnement urbains dans ces villes sont décrites ci-dessous.

- La zone d'approvisionnement en bois de Phnom Penh, dans sa délimitation la plus complète (zone d'approvisionnement étendue-commerciale), a été estimée en 2000 à plus de 70 000 km<sup>2</sup>, ou 39 pour cent du Cambodge. Cette superficie devrait s'accroître pour atteindre quelque 51 pour cent du territoire national d'ici 2015, d'après des scénarios probables de la consommation de combustibles ligneux et les tendances du changement d'affectation des terres. Cette immense superficie est le résultat de la combinaison de la consommation de combustibles ligneux dans la ville même, soit quelque 500 000 tonnes de bois en 2000, et de celle des zones rurales et urbaines environnantes, avec une

consommation cumulative de plus de 4 millions de tonnes. La zone d'approvisionnement de Phnom Penh héberge plus de 10 millions de personnes, dont la moitié est représentée par des communautés rurales clairsemées. D'après les données de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), par rapport à d'autres parties du pays ces communautés souffrent d'un niveau élevé de malnutrition, signe évident de pauvreté extrême. Les combustibles ligneux représentent le seul combustible à leur portée et la production de charbon de bois et de bois de feu à destination de marchés urbains lointains est leur source essentielle de revenu. À cet égard, la délimitation de la zone d'approvisionnement en bois peut jouer un rôle déterminant dans le choix des zones d'intervention prioritaires où adopter des mesures de réduction de la pauvreté, comme la création de marchés ruraux associée à la gestion durable de la ressource.

- La zone d'approvisionnement étendue-commerciale de Dar-es-Salaam occupe une superficie relativement limitée à cause de la proximité de forêts et de terres boisées denses, soit quelque 30 000 km<sup>2</sup> ou 3 pour cent de la République-Unie de Tanzanie. Toutefois, d'après les analyses portant sur Arusha-Moshi, vu la densité de la population du nord-est du pays et la rareté des ressources en bois, la zone étendue-commerciale de ces villes occupent plus de 460 000 km<sup>2</sup> ou 52 pour cent du territoire national, y compris Dar-es-Salaam.
- L'étude de cas concernant Arusha-Moshi montre qu'une combinaison de facteurs extérieurs à la ville influence fortement la taille et la forme de la zone d'approvisionnement en bois urbaine, même à une distance considérable. Elle souligne aussi les avantages de l'analyse de cette zone pour plusieurs villes d'un même pays, afin d'obtenir un tableau d'ensemble de l'interaction urbaine/rurale.
- L'étude de cas intéressant Kampala met en évidence les difficultés auxquelles se heurte l'Ouganda en matière d'approvisionnement en combustibles ligneux. De fait, l'analyse de zones d'approvisionnement durable potentielles révèle que les sources de bois commercial provenant de forêts et de terres boisées denses sont insuffisantes à satisfaire la consommation urbaine, même si l'on tient compte de la superficie totale du pays (la zone d'approvisionnement étendue-commerciale reste toujours négative). Il en ressort que les types de végétation basse et fragmentée servent probablement aux marchés urbains de combustibles ligneux et non pas seulement à la consommation locale, ce qui suggère un risque élevé et généralisé de surexploitation et de dégradation prolongée des ressources naturelles, d'une part, et des pénuries d'énergie de subsistance pour les communautés rurales et périurbaines pauvres, de l'autre.
- L'étude de cas relative à Khartoum a montré les énormes zones d'approvisionnement théoriquement nécessaires pour produire le combustible ligneux consommé dans la capitale. En supposant un approvisionnement durable venant des formations denses, et compte tenu de la consommation d'autres zones rurales et urbaines, la zone d'approvisionnement étendue-commerciale de Khartoum occupe plus de 1,5 million de km<sup>2</sup> ou 62 pour cent du pays.

## **NIVEAU DE PLANIFICATION OPÉRATIONNELLE: ANALYSE APPROFONDIE DU FLUX DE COMBUSTIBLES LIGNEUX ET GESTION DES TERRES**

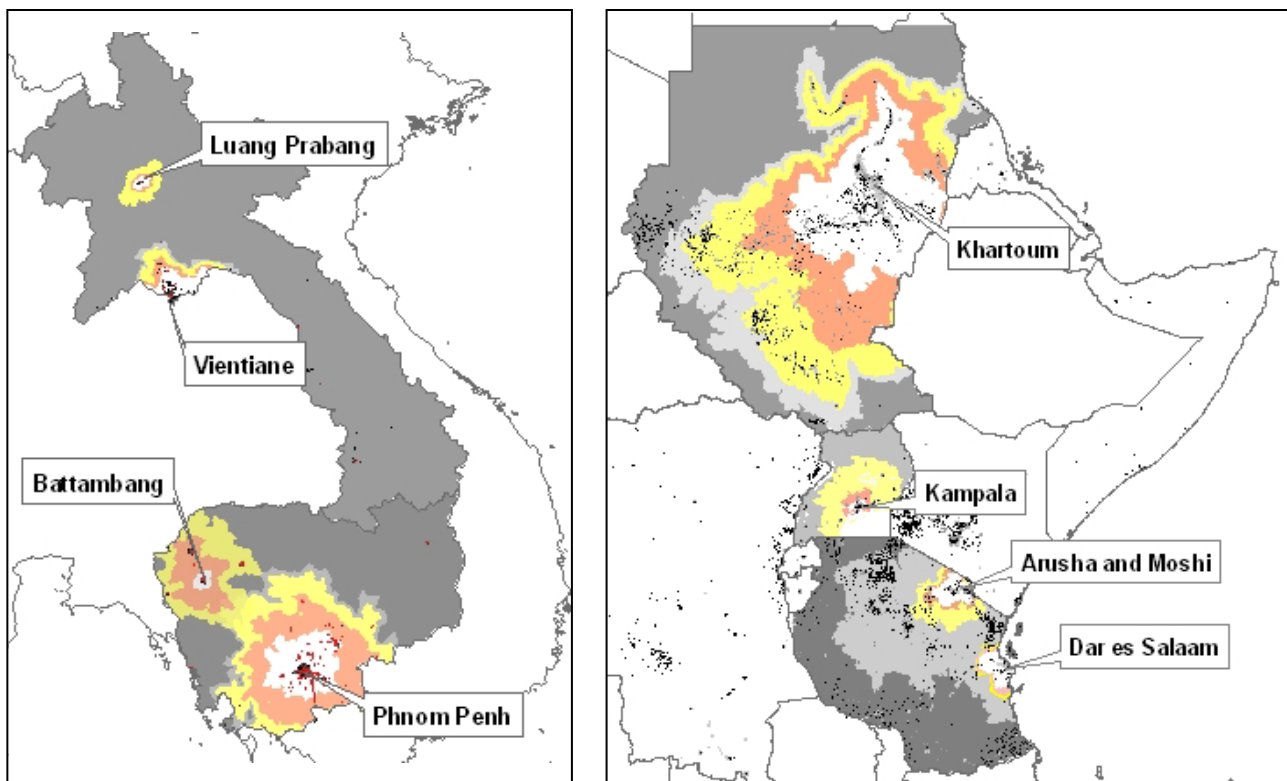
Dans le but de donner une orientation aux décisions stratégiques et de déterminer les mesures à prendre pour une zone urbaine particulière et sa zone d'approvisionnement en bois, il est recommandé d'entreprendre une analyse approfondie des flux actuels et potentiels durables de combustibles ligneux. Ce niveau d'enquête impose la disponibilité de données précises puisque son objectif est de faciliter la planification opérationnelle de la dendroénergie et la gestion urbaine/rurale des terres. L'obstacle principal à la réalisation de ce type d'analyse des flux de combustibles ligneux consiste dans le coût de la collecte de données de terrain. De fait, l'importante contribution de l'étape de planification stratégique précédente est de limiter les zones exigeant un surcroît d'investissement dans le relevé de données aux zones prioritaires où un tel investissement est justifié.

Les paramètres à examiner afin de permettre une analyse approfondie du flux de combustibles ligneux, aux fins de la planification opérationnelle de la zone d'approvisionnement en bois urbaine sont décrits dans *A guide for woodfuel surveys* (FAO, 2002a), une enquête menée par la FAO sur les combustibles ligneux qui indique aussi les méthodes d'enquête les plus adaptées à la collecte de ces paramètres. Ils sont groupés par grande catégorie : demande, offre et fourniture (production, transport et commercialisation) de combustibles ligneux.

Parmi les autres aspects à analyser figurent la définition de l'accessibilité légale et physique des zones d'approvisionnement et l'impact de l'extraction de bois des zones environnantes sur la réduction de la productivité de la biomasse ligneuse, dû à des prélèvements exagérés et irrationnels de bois de feu et à la production excessive de charbon de bois pour la consommation urbaine. À cette fin, il est recommandé d'entreprendre la surveillance de la couverture du sol au sein de la zone d'approvisionnement en bois à l'aide d'une méthode, qui garantisse l'analyse la plus fiable des changements de cette couverture et la meilleure interprétation des relations de cause à effet sous-jacentes.

FIGURE 1

**Villes désignées pour l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain en Asie du Sud-Est (à gauche : Cambodge et République démocratique du Lao) et en Afrique de l'Est (à droite: Soudan, Ouganda et République-Unie de Tanzanie)**



La gestion des terres et les bonnes pratiques peuvent contribuer sensiblement, non seulement à optimiser la production de combustibles ligneux dans des milieux urbains et périurbains, mais aussi à approvisionner les villes durablement en combustibles ligneux. Elles comprennent i) l'identification et la promotion d'espèces arborescentes et les normes de gestion qui garantissent la production de biomasse ligneuse, parallèlement à d'autres avantages environnementaux et sociaux ; ii) la promotion et l'intégration de pratiques agroforestières dans les systèmes d'exploitation urbains et périurbains afin d'augmenter la production de biomasse ligneuse ; iii) la définition de normes de développement urbain qui, conjointement à des mesures minimales de gestion des aires vertes pour la récréation et d'autres avantages environnementaux, établissent un quota minimal de « productivité de la biomasse ligneuse » pour les nouvelles zones urbanisées, iv) la récupération de toute la biomasse ligneuse provenant de l'entretien et de la gestion des arbres d'alignement et des parcs urbains. Plusieurs mesures devraient viser l'intégration de la planification urbaine/rurale et comprendre de bonnes pratiques comme l'établissement d'accords officiels entre les autorités urbaines et périurbaines et les associations rurales qui assurent l'approvisionnement continu et durable en bois de feu et charbon de bois.

## RECOMMANDATIONS PRINCIPALES

### Planification stratégique

- Les gestionnaires et les planificateurs urbains devraient réserver dans leurs politiques une place prioritaire à la dendroénergie urbaine.
- La zone d'approvisionnement en combustibles ligneux d'une ville donnée pénétrant profondément dans les zones rurales et forestières et empiétant parfois sur les zones d'approvisionnement d'autres villes, il est recommandé aux gestionnaires urbains, ruraux et forestiers d'une même région géographique d'interagir et de coordonner leurs plans et leurs actions.
- Il est essentiel que les gestionnaires urbains définissent clairement la zone d'influence de la demande urbaine de combustibles ligneux sur le plan environnemental et socioéconomique.
- Pour appuyer la planification énergétique au niveau régional, il est recommandé de cartographier objectivement la zone d'approvisionnement urbaine de chaque ville et d'identifier les parties prenantes sociales, économiques et institutionnelles relatives.



- La planification énergétique en milieu urbain et périurbain devrait accorder une attention particulière à l'impact délétère que pourrait avoir la substitution rapide et massive des combustibles ligneux par d'autres types de combustibles (kérosène, gaz de pétrole liquéfiés [GPL] ou électricité) sur les communautés rurales et forestières pauvres, qui représentent le maillon le plus faible de la chaîne et dont les moyens d'existence reposent de façon permanente ou saisonnière sur la production de combustibles ligneux.
- Les autorités urbaines et nationales devraient mettre en oeuvre ou renforcer les politiques de réduction de la consommation par la diffusion de technologies de conversion efficaces et par des programmes de substitution durables et, simultanément, formuler des politiques orientées vers l'approvisionnement durable et équitable en combustibles ligneux des utilisateurs urbains, tout en réduisant les impacts fâcheux de l'exploitation forestière non réglementée.
- Les autorités forestières nationales, régionales et internationales devraient réserver une place importante au charbon de bois dans leurs politiques forestières et élever sa production au rang d'objectif prioritaire de la gestion durable des forêts.
- Les autorités nationales et urbaines devraient concevoir et mettre en oeuvre des politiques claires telles que :
  - la reconnaissance de droits et responsabilités clairs relativement au régime foncier et à l'exploitation forestière;
  - l'élaboration d'accords d'approvisionnement officiels entre les autorités urbaines et périurbaines et les communautés rurales (associations de petits propriétaires, par exemple) qui garantissent l'accès direct des producteurs de bois de feu aux marchés urbains de consommation ;
  - la mise en place de systèmes d'établissement de prix justes et de taxation transparente ;
  - la formulation de programmes cohérents de planification de l'utilisation des terres et d'urbanisation.
- Les gestionnaires urbains devraient élaborer une planification spécialisée et participative au niveau stratégique aussi bien qu'opérationnel, afin d'optimiser la gestion polyvalente des terres et la durabilité environnementale.

### **Planification opérationnelle**

En ce qui concerne la gestion des terres et les bonnes pratiques visant à atténuer les impacts défavorables de la dendroénergie urbaine et périurbaine, les mesures suivantes sont fortement recommandées :

- Réalisation de programmes visant à promouvoir et faciliter l'accès à des foyers à efficacité élevée.
- Formulation et mise en oeuvre de politiques qui favorisent l'intégration d'autres sources d'énergie et de politiques des prix spéciales.
- Promotion de programmes de plantation et de gestion des forêts urbaines et périurbaines polyvalentes mais où l'approvisionnement en dendroénergie est pris en compte dès l'élaboration et la planification.
- Recherche sur la pertinence d'espèces arborescentes indigènes, les plans de plantation et les modes de gestion.
- Mise en oeuvre de programmes de formation et de vulgarisation sur les techniques sylvicoles et d'égagement visant la gestion optimale et durable des ressources en biomasse ligneuse dans des zones urbaines et périurbaines, ainsi que dans les zones rurales/forestières du bassin d'approvisionnement en bois urbain.
- Promotion de l'utilisation viable et efficace des combustibles ligneux comme source énergétique renouvelable légitime, qui assure la sécurité et l'autonomie énergétiques, tout en contribuant au développement rural durable et à la réduction de la pauvreté.

### **Aspects méthodologiques**

Vu l'interdépendance des populations urbaines, périurbaines et rurales et des facteurs inhérents aux systèmes de dendroénergie urbains, il est recommandé d'intégrer une analyse des facteurs concernant la demande et l'offre de combustibles ligneux aux niveaux urbains/périurbains et ruraux ; l'application de la méthode WISDOM paraît particulièrement bien adaptée à cet égard. On peut identifier deux niveaux d'analyse soutenant deux différentes étapes de la planification :

- une *base stratégique de connaissances* qui comprend les données existantes afin de renforcer la planification stratégique et les priorités ;
- une *analyse approfondie du flux de combustibles ligneux* fondée sur des données de terrain précises afin de renforcer la planification opérationnelle dans certaines zones d'approvisionnement urbain prioritaires désignées.

### **Base stratégique de connaissances**

Pour définir objectivement les bassins d'approvisionnement en bois urbains de villes désignées, et assurer la conformité de l'analyse au contexte d'un pays, il est recommandé d'effectuer cette dernière en deux étapes :

- Étape 1** *Base de WISDOM.* Un aperçu de l'ensemble du pays (ou région géographique étendue) qui fournisse, sur la base des données et cartes existantes, une représentation géographique du bilan de l'offre et de la demande de combustibles ligneux fondée sur les possibilités d'approvisionnement en biomasse ligneuse et les modèles de consommation du bois de feu et du charbon de bois.
- Étape 2** *Analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain.* Une description des zones d'approvisionnement durable potentielles de villes désignées du point de vue de la consommation urbaine/périurbaine de combustibles ligneux et de la production durable potentielle de combustibles ligneux adaptés et accessibles aux marchés locaux.

### **Analyse approfondie du flux de combustibles ligneux**

- Pour orienter les prises de décisions et identifier les mesures opérationnelles à prendre pour une zone urbaine particulière et son bassin d'approvisionnement en bois, il est recommandé d'entreprendre une analyse approfondie des flux actuels et potentiels durables de combustibles ligneux.
- Les processus méthodologiques recommandés et les paramètres à collecter/analyser sont décrits en détail dans *A guide for woodfuel surveys* (FAO, 2002a).



## **PARTIE I**

# **APERÇU DE LA FORESTERIE ET DE LA DENDROÉNERGIE URBAINES ET PÉRIURBAINES DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT**



# Introduction

## GÉNÉRALITÉS

Le nouveau millénaire a été baptisé le « millénaire urbain » (Encadré 1). La croissance accélérée du développement urbain accuse un ralentissement dans les pays industrialisés d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Océanie, alors que, simultanément, on observe une énorme augmentation de la population urbaine dans les pays en développement et les pays en transition d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie (figure 2).

La nouvelle société urbanisée est souvent le résultat de la recherche désespérée de moyens d'existence de base par des populations pauvres, qui ont perdu le sens de leur « appartenance citadine et identité sociale » dans les conditions âpres et inhospitalières des villes en expansion. L'urbanisation et la pauvreté ont souvent été jumelées : au cours des 20 dernières années, la population mondiale vivant en dessous du seuil de pauvreté dans les zones urbaines s'est accrue, passant de 47 à 64 pour cent. L'accès aux aliments et au bois de feu, ingrédients fondamentaux pour leur survie, devient, dès lors, un objectif prioritaire de la gouvernance des villes de l'avenir, notamment dans les zones périphériques ou les centres négligés dans lesquelles la concentration de la pauvreté est plus élevée.

Les statistiques de la consommation de combustibles ligneux fournissent une indication, sinon une preuve, de la croissance de la demande urbaine de ces combustibles, en particulier du charbon de bois dont la production, suite à l'urbanisation rapide, a augmenté au détriment du bois de feu. D'après *l'Étude des perspectives mondiales des produits forestiers* (FAO, 2001a), la consommation mondiale totale de charbon de bois s'est accrue, passant de 9 pour cent en 1980 à 15 pour cent en 2000, et l'on s'attend à une augmentation ultérieure de la consommation qui pourrait s'établir à 23 pour cent en 2030. En Afrique, où le lien entre l'urbanisation et le passage du bois de feu au charbon de bois est plus fort, la consommation de ce dernier a augmenté allant de 18 pour cent en 1980 à 24 pour cent en 2000 et atteindra 34 pour cent en 2030. Il s'agit d'une augmentation considérable, bien que la consommation de bois de feu haussera aussi mais à un rythme plus lent.

Le passage de la consommation du bois de feu au charbon de bois, qui est probablement le changement le plus important dû au processus d'urbanisation dans les pays en développement tropicaux, entraîne de graves risques mais offre aussi des occasions prometteuses pour l'environnement et pour le développement durable des régions et communautés productrices de ce combustible. Il suggère que l'impact majeur sur les sources d'approvisionnement se renforcera en raison de l'énergie perdue lors du processus de carbonisation, et du fait que le bois de carbonisation est tiré presque exclusivement de forêts et de formations boisées naturelles, alors que le bois de feu est souvent un sous-produit des systèmes d'exploitation agricole. Cependant, le charbon de bois offre des possibilités de revenu et d'emploi aux communautés se consacrant à sa production qui vivent dans des zones d'amont reculées.

La foresterie urbaine a souvent été considérée comme une importante occasion d'améliorer la qualité de vie des citadins grâce à une large gamme d'avantages sociaux, économiques, écologiques, sanitaires et psychologiques. D'après la définition donnée par Miller (1997), la forêt urbaine pourrait être définie comme « 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 régions métropolitaines ». La foresterie urbaine est toute la gamme des disciplines, styles et techniques touchant à la gestion durable, à la conception et à la planification des forêts et des arbres urbains. Elle comprend les aspects écologiques, sociaux et économiques qui caractérisent les villes et leurs écosystèmes, et concerne aussi l'impact exercé par les sociétés urbaines sur les arbres et les forêts.

La consommation de combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois) par des villes en expansion de maints pays en développement exerce un impact sur des terres situées bien au-delà des limites de la ville, influençant le type d'utilisation et de gestion des ressources en bois. Cet impact concerne les arbres et les forêts qui sont des sources de combustibles ligneux, ainsi que les communautés participant directement ou indirectement à leur production et dont les caractéristiques économiques, sociales et comportementales sont bien souvent affectées par la présence urbaine.

## Encadré 1

### La révolution urbaine

La ville est l'une des grandes réalisations de l'être humain. Elle incorpore des connaissances du plus haut niveau, dans un paysage d'une complexité, d'une puissance et d'une splendeur sans pareil et, parallèlement, elle synthétise les forces sociales capables d'innovations sociotechnologiques et politiques les plus surprenantes. Mais la ville est aussi le lieu de l'échec existentiel abject, le paratonnerre de profondes insatisfactions, le théâtre de conflits politiques et sociaux (Harvey, 1988). Comme le cite Ponting, 1991 (dans Konijnendijk *et al.*, 1993), Thoreau considérait les villes comme des lieux où "des millions d'individus se sentent seuls ensemble", alors que d'autres ont loué les villes qu'ils ont perçues comme des centres d'amélioration de la vie et d'apprentissage, transmettant des connaissances accumulées sur lesquelles échafauder de nouvelles réalisations (Girardet, 1992).

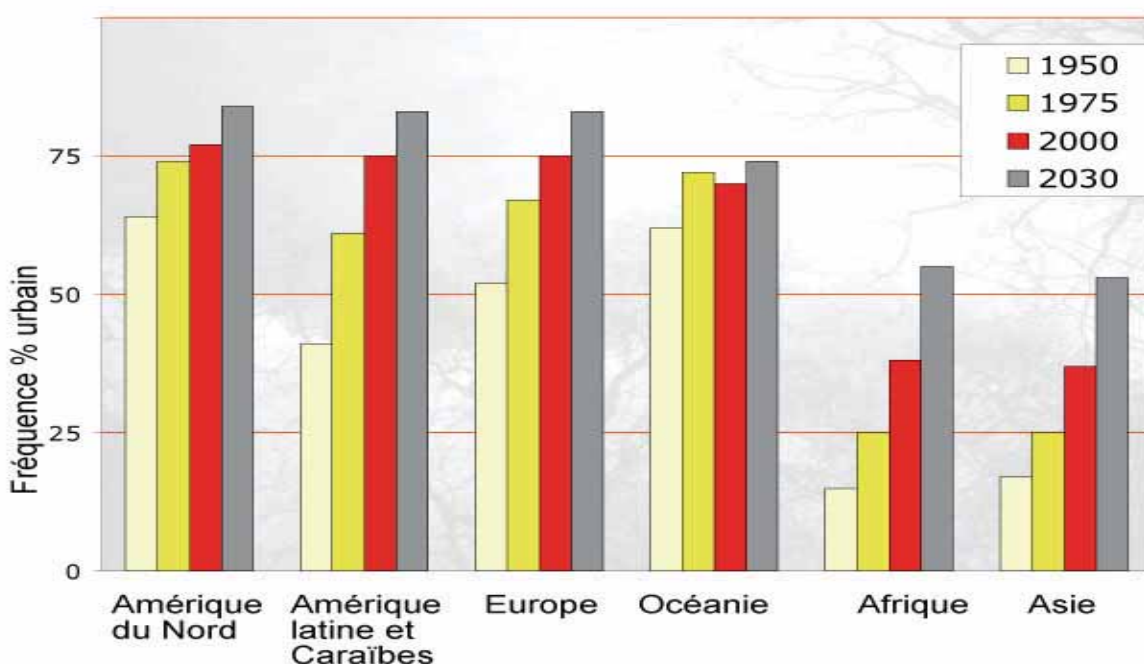
Du point de vue géographique et économique la "ville" est un lieu d'établissement humain relativement dense – si dense que les citadins ne peuvent produire leurs propres aliments ou satisfaire entièrement leurs besoins en ressources et infrastructures. Du point de vue écologique, elle n'est pas un système autonome et elle est fortement dominée, dans l'espace et le temps, par ses habitants. C'est pourquoi la population d'une ville est toujours tributaire de son arrière-pays pour son approvisionnement en aliments et ressources, les disponibilités énergétiques extérieures jouant un rôle clé dans la survie et le développement de la ville.

À l'aube du millénaire, plus de la moitié de la population mondiale vit dans des cités ou des villes, ou encore dans des agglomérations denses croissantes, et cette population est donc classée comme « urbanisée », situation qui va en augmentant rapidement.

Au cours des années 1990, malgré le ralentissement de la croissance dans les aires métropolitaines des pays développés, il est devenu éminemment clair que l'urbanisation était un phénomène désormais généralisé qui touche en particulier les sociétés traditionnellement rurales. La concentration des habitants dans des milieux urbains avait atteint des pourcentages extrêmement élevés dans la deuxième moitié du vingtième siècle ; en 1950, plus de 50 pour cent de la population d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Océanie étaient urbains et en 2000 ce chiffre avait atteint environ 75 pour cent de la population totale (figure 2). Mais la croissance rapide du développement urbain accuse un ralentissement dans ces parties du monde, alors qu'on observe en même temps une augmentation énorme de la population urbaine des pays en développement et des pays en transition. Les effets du développement urbain mondial transcendent la simple concentration des citadins. L'urbanisation est un processus qui a des retombées matérielles et géographiques, aussi bien que des impacts sociaux, culturels, comportementaux et psychologiques. Il est prévu que l'urbanisation de la prise de conscience et du mode de vie sera une caractéristique propre au millénaire urbain (Kuchelmeister, 1998).

Les établissements urbains dans les pays en développement devraient représenter au moins 90 pour cent de la croissance démographique prévue, suivant les projections à l'horizon 2030. La croissance urbaine la plus explosive serait le fait de l'Afrique et de l'Asie ; cette dernière aura la population urbaine la plus nombreuse au monde (ONU, 2004).

FIGURE 2  
Pourcentage de citadins dans la population totale depuis 1950 à ce jour et prévisions à l'horizon 2030



Source: ONU

## Place de la dendroénergie dans les programmes internationaux

De nombreux facteurs convergent pour faire de l'énergie durable et abordable une composante clé et un moyen efficace de réaliser les objectifs du millénaire pour le développement (OMD). Bien que l'accès viable à l'énergie ne soit pas considéré comme une priorité dans les OMD, la plupart d'entre eux portent directement sur le thème de l'énergie, notamment l'objectif 1 (Réduire la pauvreté extrême et la faim) et l'objectif 7 (Assurer un environnement durable) (encadré 2).

L'importance de la bioénergie a notamment été soulignée lors du Sommet mondial pour le développement durable de 2002 où l'énergie occupait une place prioritaire dans l'ordre du jour. D'après la Déclaration de Johannesburg issue du Sommet, l'énergie doit être considérée comme un besoin humain au même titre que les autres besoins fondamentaux (eau potable, assainissement, abri, soins de santé, sécurité alimentaire et biodiversité (encadré 3).

### Encadré 2

#### Objectifs du millénaire pour le développement

1. Réduire la pauvreté extrême et la faim
2. Assurer l'éducation primaire pour tous
3. Promouvoir l'égalité des genres et l'autonomisation des femmes
4. Réduire la mortalité infantile
5. Améliorer la santé maternelle
6. Combattre le VIH/SIDA, la malaria et les autres maladies
7. Assurer un environnement durable
8. Construire un partenariat mondial pour le développement.

### Encadré 3

#### Plan de réalisation du SMDD

Le Sommet mondial pour le développement durable (SMDD) de Johannesburg a accordé beaucoup d'importance à la question de la dendroénergie dans plusieurs parties de son Plan de réalisation, soulignant que l'accès à l'énergie facilite l'éradication de la pauvreté. Les paragraphes pertinents du plan sont les suivants :

#### *Chapitre II (Élimination de la pauvreté)*

Par. 9(b) Améliorer l'accès aux technologies modernes concernant la biomasse et aux sources et réserves de bois de feu, et commercialiser l'exploitation de la biomasse, y compris l'utilisation des résidus agricoles, dans les zones rurales et là où de telles pratiques peuvent être maintenues durablement.

Par. 9(c) Promouvoir une utilisation durable de la biomasse et, lorsqu'il convient, d'autres sources d'énergie renouvelables, en améliorant les modes d'exploitation actuels, grâce, par exemple, à une meilleure gestion des ressources, à une utilisation plus efficace du bois de feu et au lancement de produits et de technologies nouveaux ou améliorés.

Par. 20(g) Développer et utiliser les ressources et les infrastructures énergétiques indigènes pour différentes applications locales et promouvoir la participation des communautés rurales.

#### *Chapitre IV (Protection et gestion des ressources naturelles aux fins du développement économique et social)*

Par. 45. Les forêts et les arbres couvrent près du tiers de la surface terrestre. La gestion durable des produits du bois et des autres produits des forêts naturelles, comme des forêts plantées, est essentielle pour réaliser le développement durable et constitue un moyen fondamental pour éradiquer la pauvreté et réduire significativement la déforestation, pour mettre fin à la perte de biodiversité forestière, ainsi qu'à la dégradation des sols et des ressources et pour améliorer la sécurité alimentaire, ainsi que l'accès à l'eau potable et à des sources d'énergie abordables.

Il existe une interrelation profondément enracinée entre la pauvreté, l'accès à l'énergie et la durabilité environnementale.

Pour le Programme des Nations Unies pour les établissements humains (UN-Habitat) aussi, la dendroénergie représente une question fondamentale. Parmi les initiatives particulières pouvant tirer parti de la réalisation d'études approfondies sur les systèmes dendroénergétiques urbains durables figurent les suivantes :

- Le Programme cités viables, un instrument conjoint du Centre des Nations Unies (Habitat)/Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) établi au début des années 1990 pour la création de capacités en matière de planification et de gestion urbaine de l'environnement. Le programme s'adresse aux autorités urbaines locales et à leurs partenaires. Il se fonde sur des approches participatives à large assise des parties prenantes.
- Le Programme Action 21 local, un programme de création de capacités, qui a démarré en 1995 en réponse au chapitre 28 d'Action 21 au titre duquel les autorités locales sont appelées à mettre en oeuvre



des processus participatifs pour formuler et réaliser des programmes « Action 21 » locaux au profit de leurs communautés et avec leur collaboration. Le programme offre un appui pluriannuel aux autorités locales et à leurs partenaires pour les aider à mettre en œuvre ces processus, afin de contribuer à la mise en œuvre du programme Action 21 et à celle du Programme Habitat. Il cible en particulier les villes secondaires qui manquent souvent des capacités nécessaires et sont fréquemment oubliées par les programmes d'aide internationaux.

Éviter la déforestation et la dégradation des forêts résultant de la production non viable de combustibles ligneux, promouvoir les systèmes d'énergie renouvelable et réduire le rôle des combustibles fossiles sont autant de buts que se proposent d'atteindre les systèmes dendroénergétiques urbains durables, qui permettent la réduction des gaz à effet de serre et la prise de mesures d'atténuation du changement climatique. Ils contribuent ainsi activement à la réalisation des objectifs de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCCC).

## **JUSTIFICATION ET OBJECTIFS**

Dans les pays où l'utilisation des combustibles ligneux demeure une source d'énergie domestique pour les habitants pauvres des villes, il est essentiel de créer des bases d'information et des outils de planification adaptés à la gestion durable de l'offre et de la demande urbaines de biomasse ligneuse. Les questions en jeu sont multiples et comprennent les suivantes :

- Un nombre croissant d'habitants urbains et périurbains pauvres nécessitent d'un accès aux services énergétiques de base (et il n'existe souvent aucune alternative à court terme aux biocombustibles traditionnels).
- L'évaluation correcte des ressources en biomasse ligneuse accessible économiquement aux marchés urbains peut offrir des solutions de substitution viables en faveur de la gestion durable de la ressource et de la fourniture d'énergie propre et abordable. Elle peut aussi favoriser les communautés en amont en leur procurant des emplois et des revenus.
- Une gestion des terres adaptée peut jouer un rôle significatif dans les questions relatives à la dendroénergie en promouvant la production de combustibles ligneux, la sensibilisation sociale et la création de capacités institutionnelles et communautaires.
- Les responsables de politiques ont besoin d'informations de base et d'outils de planification adaptés pour identifier les différentes mesures à prendre.
- Il existe des outils analytiques et de planification pour des aspects particuliers de l'énergie, de la foresterie ou de la planification urbaine, mais rares sont les méthodes qui comprennent tous ces aspects. Remaniée et adaptée à la perspective urbaine, la méthode WISDOM, qui associe la foresterie et l'énergie, pourrait fournir un soutien efficace à la planification de la dendroénergie urbaine.

La méthode WISDOM a été appliquée à ce jour dans des contextes nationaux et subrégionaux (Mexique, Slovénie et Sénégal ; Afrique orientale et centrale et Asie du Sud-Est), démontrant son adaptabilité à divers objectifs prioritaires en matière d'information et de politique générale. Dans l'étude concernant l'Asie du Sud-Est, l'analyse comprenait des indicateurs de pauvreté, qui ont permis d'identifier des zones prioritaires et de cibler les communautés pauvres souffrant de pénuries de combustibles ligneux. La suite donnée aux études de cas WISDOM est synthétisée à l'encadré 4. L'approche WISDOM fondée sur des données spatiales et statistiques déjà élaborées peut être affinée ultérieurement, afin de mettre l'accent sur la demande urbaine de dendroénergie et son influence (négative et positive) sur les communautés et les ressources en terres dans la zone d'approvisionnement.

La présente étude a pour objectif de contribuer à l'identification et à la mise au point d'outils et de méthodes analytiques pouvant aider les décideurs et les planificateurs à formuler des stratégies et une planification opérationnelle en matière de dendroénergie urbaine. L'approche analytique porte en premier lieu sur les méthodes aptes à évaluer les rapports entre la dendroénergie (besoins, consommation et approvisionnement) et la gestion des forêts et du couvert arboré dans les villes et aux alentours, en mettant l'accent sur la réduction de la pauvreté dans le contexte urbain et rural. L'étude examinera également les moyens d'atténuer les effets préjudiciables de la production irrationnelle de bois de feu et de charbon de bois autour des villes.

Parmi les principaux objectifs immédiats de cette étude figurent les suivants i) remanier la méthode WISDOM et l'adapter à la réalisation d'études approfondies pour le renforcement de la gestion des combustibles ligneux dans le contexte de la foresterie urbaine, et pour le lancement d'initiatives de réduction de la pauvreté, et ii) effectuer des analyses préliminaires dans des lieux désignés d'Afrique orientale et centrale et d'Asie du Sud-Est.

Un objectif corrélé consiste à faire en sorte que la contribution potentielle de la foresterie urbaine et périurbaine puisse devenir une approche multisectorielle et transdisciplinaire des questions relatives à la dendroénergie dans les villes.

#### Encadré 4

#### **Suite donnée aux études de cas WISDOM**

**Mexique.** Les résultats de l'étude sur le Mexique – en termes d'identification des zones prioritaires ou "points chauds" du bois de feu – ont été incorporés aux projets de la Commission nationale des forêts, qui envisage de lancer un programme de foyers efficaces et de plantations énergétiques polyvalentes en faveur de ces zones.

**Slovénie.** Les mesures de suivi comprenaient i) la réalisation d'une analyse WISDOM adaptée à cinq municipalités intéressées à la production de boulettes de bois et à des systèmes de chauffage à l'échelle du district dans leur territoire ; ii) la définition d'une stratégie nationale de dendroénergie dans le cadre du Programme forestier national et du Programme national pour le développement rural ; iii) la préparation du portail internet sur la biomasse ligneuse de Slovénie pour faciliter l'accès à des informations d'avant-garde sur tous les aspects de la dendroénergie dans le pays.

**Sénégal.** Dans le cadre du projet « Systèmes d'information énergétiques – SIE Afrique », financé par l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie, cette étude de cas a contribué à la réalisation d'une analyse de la composante dendroénergie au Sénégal. Une analyse WISDOM mise à jour pour le pays est envisagée dès la fin de l'enquête sur la consommation en cours.

Les études relatives à WISDOM entreprises récemment pour l'Afrique orientale (2005) et l'Asie du Sud-Est (2006) ont contribué à l'évaluation de la biomasse régionale et aux perspectives de la dendroénergie, ainsi qu'au projet de cartographie de la pauvreté. L'analyse des bassins d'approvisionnement en bois urbains présentée au chapitre 4 pourrait être considérée comme la première suite donnée à ces études.



# La foresterie urbaine dans les pays en développement

## URBANISATION RAPIDE ET PAUVRETÉ

L'urbanisation<sup>3</sup> a des effets profonds sur l'écologie et l'économie d'une région ; le processus d'urbanisation et, en définitive, le développement urbain, provoquent des changements spectaculaires au niveau du paysage, une nouvelle hiérarchie d'utilisations des terres et une brusque modification dans le temps et l'espace des modes de vie et de l'emploi des ressources.

La croissance des villes dans les pays en développement et, partant, la transformation des sociétés rurales en sociétés urbaines sont le résultat d'un ensemble complexe de facteurs qui aboutissent à ce qui est désigné comme l'urbanisation de la pauvreté. De fait, la raison principale pour laquelle les ruraux migrent vers les villes est la perspective, souvent chimérique, d'améliorer leurs moyens d'existence et leur sécurité. Malheureusement, les guerres, les conflits intérieurs et les catastrophes naturelles sont également des facteurs fréquents de l'urbanisation forcée.

Une analyse de la tendance aux mégavilles montre (figure 3) comment le processus d'urbanisation à son niveau le plus avancé est, de façon croissante, le fait des pays en développement à faible revenu. Au début du vingtième siècle, aucune ville dans ces pays n'avait plus d'un million d'habitants. Vers la fin (1995) du siècle quelque 47 pour cent de ces mégavilles (c'est-à-dire des agglomérations de plus de 10 millions d'habitants) se rencontraient dans les pays en développement et, en cinq ans à peine, ce chiffre a crû pour atteindre 55 pour cent ; il est prévu qu'il touchera 61 pour cent d'ici 2015. Alors, près de 250 millions de personnes vivront dans les mégavilles de pays à faible revenu, tandis que dix ans auparavant ce chiffre ne dépassait pas 80 millions environ. Cela signifie que 14 aires métropolitaines de pays à faible revenu devront fournir des moyens d'existence, des logements et des possibilités d'emploi à une population équivalente à la population cumulée de la France, de l'Espagne, de l'Italie et de l'Allemagne.

Mais l'urbanisation est une question bien plus complexe que le simple concept de mégaville. Un exemple frappant de l'urbanisation galopante de la pauvreté nous vient d'Afrique. Jusqu'en 1970, 25 pour cent seulement des Africains vivaient dans des villes, alors qu'en 2006 la population urbaine était estimée à plus de 50 pour cent de la population du continent. Le taux annuel de croissance urbaine en Afrique subsaharienne est d'environ 5 pour cent (deux fois celle de l'Amérique latine et de l'Asie). La zone héberge aussi la proportion mondiale la plus élevée d'habitants de taudis qui renferment aujourd'hui 72 pour cent des citoyens africains urbains, soit près de 190 millions de personnes. Selon les prévisions, à mesure que les gens cherchent à améliorer leur niveau de vie dans les villes et les agglomérations, la population des taudis urbains d'Afrique doublera tous les 15 ans. Les villes africaines sont donc confrontées en ce nouveau millénaire à la perspective d'accueillir des populations urbaines en expansion, de leur fournir les ressources adéquates et les services urbains de base, tout en garantissant la durabilité de l'environnement et en promouvant la croissance économique et le développement.

Il est clair que la question de la pauvreté urbaine est intimement liée à l'accès aux moyens d'existence et à l'emploi et, en définitive, à la qualité de vie réalisable dans les villes. Les menaces qui planent sur les zones urbaines sont les suivantes :

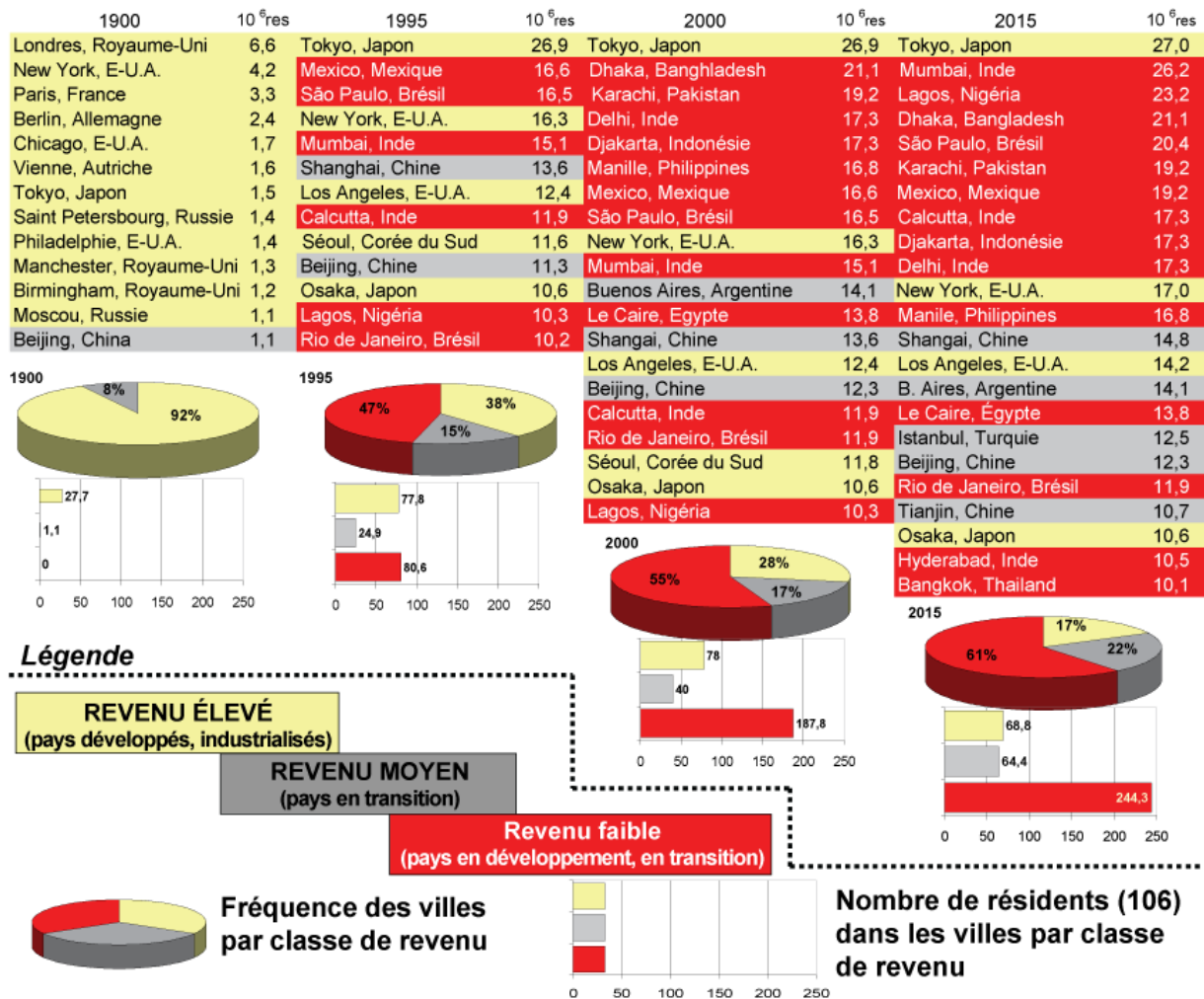
- incertitude de l'emploi ;
- précarité du logement ;
- accès difficile, voire impossible, à la propriété foncière ;
- coûts élevés des biens de première nécessité (eau potable, aliments, combustible solide, soins de santé, services, transport, éducation) et accessibilité limitée à ces biens ;
- graves problèmes de santé et d'assainissement ;
- insécurité physique et sociale, criminalité ;
- pénurie ou irrégularité des approvisionnements en énergie ;
- manque de terres à destiner à des activités économiques autonomes ;
- manque du sens d'appartenance, de familiarité avec les lieux, et frustrations inhérentes aux milieux de vie et de travail ;
- limitation des infrastructures matérielles, sociales et environnementales (lieux de récréation, de socialisation et d'activités en plein air à tous les stades de la vie).

---

<sup>3</sup> Voir l'annexe 1 pour les définitions de termes comme *urbanisation*, *ville*, *agglomération urbaine*, *mégaville*, etc.

Figure 3

**Tendances de la population dans les mégavilles au vingtième siècle et projections à l'horizon 2015 (sources diverses)**



Si l'on observe le phénomène d'un point de vue géographique et écologique combiné, on s'aperçoit comment l'expansion urbaine et la nécessité d'accueillir les nouveaux venus et de leur fournir des services modifient l'environnement dans les lieux où s'avère cette expansion. Les logements, les établissements industriels et commerciaux et les infrastructures se rencontrent souvent sur des terres jadis rurales ou déjà incultes et récupérées. La croissance accélérée de nombreuses villes entraîne le prélèvement de terres avant que les autorités locales ou régionales amorcent une initiative de planification. Les spéculations sur le prix des terrains où seront érigés de nouveaux immeubles résidentiels ou des usines de production peuvent être interprétées comme un moteur de paupérisation des nouveaux résidents urbains, ainsi qu'un obstacle quasi insurmontable à toute activité politique ou de planification en faveur de l'avenir durable des centres urbains.

La combinaison des questions susmentionnées souligne la nécessité de mesures concrètes visant à éviter ou réduire les principales menaces et à améliorer les conditions de vie et les moyens d'existence de la nouvelle population urbaine. Les problèmes de politique générale, de planification et socioéconomiques qui en découlent sont normalement les suivants.

- La planification urbaine et environnementale est souvent ignorée ou s'avère ambiguë et faible. Les changements intervenant dans le paysage sont les résultats de la corruption, du manque de prise de décisions et de la hiérarchie du pouvoir sur le régime foncier, plutôt que de la mise en œuvre de principes de durabilité. Les effets sur les nouveaux environnements urbains sont souvent catastrophiques.
- L'urbanisation exerce des influences qui transcendent les limites de la ville ; son impact n'est pas toujours reconnu et pourrait même être ignoré par de nombreux décideurs urbains.

- L'harmonisation et la continuité des stratégies politiques aux niveaux local, national et régional font souvent défaut ; la communication et la création réciproque de capacités sont ignorées.
- La participation et l'engagement social sont fréquemment inexistants
- Rares sont les fonds publics affectés au verdissement, à l'agriculture, à la foresterie et à l'agroforesterie dans les villes ou les zones urbaines en construction.
- La légitimité des populations locales et le régime foncier sont faibles.
- Aucun lien n'existe entre la planification rurale et urbaine. Le développement des villes est souvent dissocié de leurs paysages.

Eu égard aux problèmes énergétiques et en supposant que le bois de feu et le charbon de bois représentent encore les seuls combustibles abordables pour un grand nombre de citoyens dans les pays en développement, revêtent une importance cruciale les politiques et les prises de décision sur l'environnement urbain et l'utilisation des terres, et sur l'interaction urbaine/rurale.

## La pauvreté

*« Les lieux où sévit la pauvreté mondiale progressent vers les villes ; un processus reconnu actuellement comme « l'urbanisation de la pauvreté ». Sans une action concertée de la part des autorités municipales, des gouvernements nationaux, des acteurs de la société civile et de la communauté internationale, le nombre d'habitants des taudis risque d'augmenter dans la plupart des pays en développement. Et si aucune mesure concrète n'est prise, le nombre de leurs habitants devrait s'accroître dans le monde entier au cours des 30 prochaines années pour atteindre 2 milliards environ »* (UN-Habitat, 2003, extrait de l'avant-propos de Kofi Annan, Secrétaire général des Nations Unies).

Dans le millénaire urbain, les mots ville et pauvreté paraissent jumelés. Les multiples facettes de la pauvreté sont un aspect dramatique des paysages urbains de nombreuses régions du monde. Le rêve *moderne* qui veut que la ville soit un lieu où la pauvreté peut non seulement être réduite mais éliminée paraît bien loin de l'état présent des agglomérations urbaines. D'après UN-Habitat, 2006, on a des preuves récentes que la richesse générée par les villes ne se traduit pas automatiquement en réduction de la pauvreté : au contraire, les inégalités au sein des villes augmentent, notamment dans les villes d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie. La croissance économique et le développement que l'on attendait de l'urbanisation ne se sont pas avérés dans de nombreux pays en développement. En Afrique subsaharienne, où le taux d'expansion urbaine est le plus élevé, la croissance économique est faible et ne devrait pas s'améliorer sensiblement dans le proche avenir. Cependant, certaines économies en expansion rapide, comme celle de l'Inde, ont connu un développement économique accéléré parallèlement à l'explosion de l'urbanisation, et le rythme de la croissance urbaine a été réellement spectaculaire. Il est attendu que Mumbai, Calcutta et Delhi deviennent les deuxième, huitième et dixième agglomérations urbaines au monde respectivement, avec un pourcentage de pauvres dépassant 70 pour cent (Bhasin, 2001).

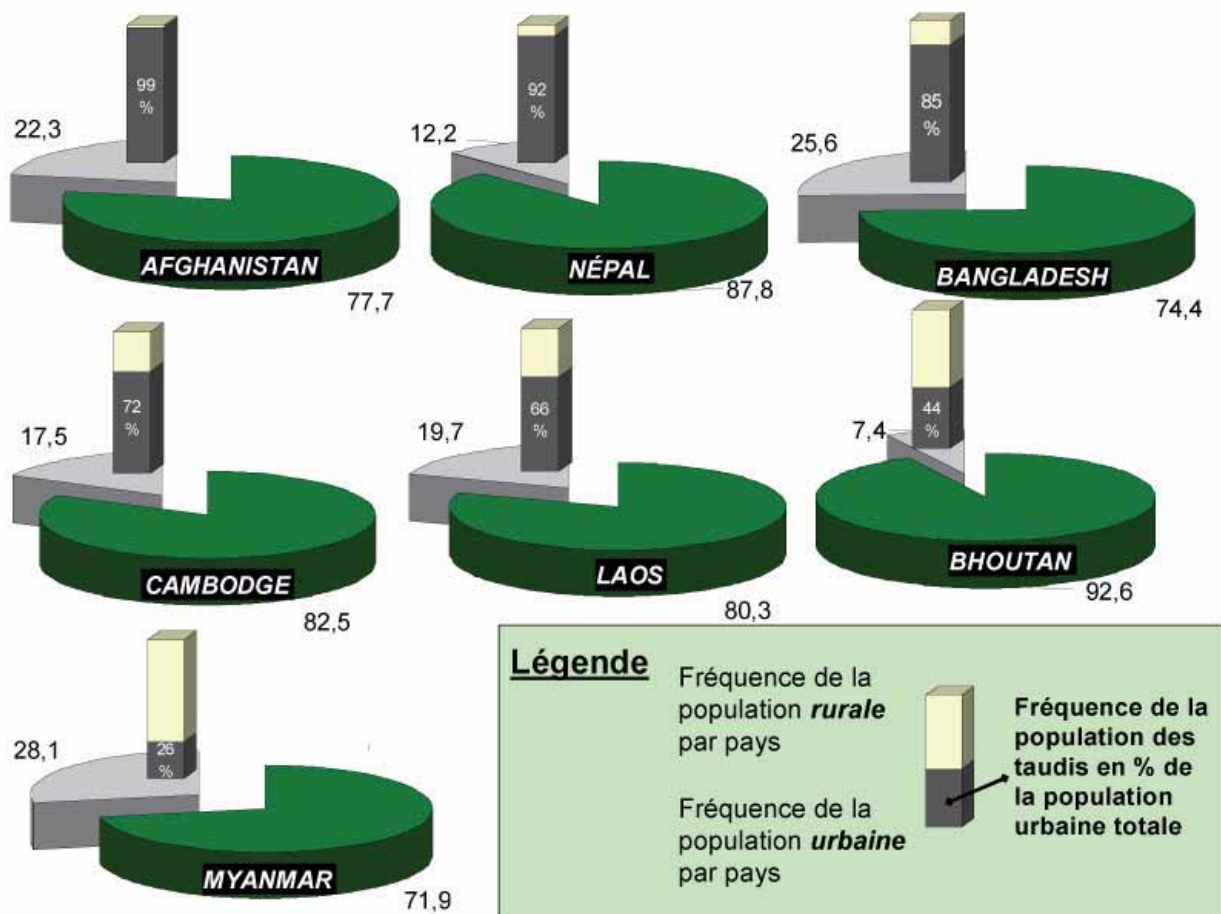
Les moteurs de pauvreté urbaine sont l'insuffisance et l'instabilité du revenu, le manque d'infrastructures publiques, la limitation, voire l'absence, de dispositifs de sécurité, la faiblesse de la protection des droits, l'impossibilité d'exprimer publiquement ses opinions et l'impuissance, et l'accès limité aux services fondamentaux.

En ce qui concerne ce dernier aspect, la fourniture d'énergie pour la cuisson des aliments (et l'ébullition de l'eau), le chauffage et les accessoires ménagers n'est souvent pas communiquée. Cependant, si l'on compare les problèmes de la pauvreté urbaine à ceux que citent les sources officielles (UN-Habitat 2004 ; 2006), et notamment la qualité de l'eau et des aliments, l'assainissement et la santé, il paraît évident que la pénurie des approvisionnements énergétiques est un autre vecteur de problèmes dramatiques affectant les pauvres ruraux et urbains. La raison principale pour laquelle s'impose la garantie d'un approvisionnement adéquat en combustibles pour la cuisson est la nécessité de faire en sorte que les aliments soient correctement cuisinés. De nombreux aliments de base ne sont entièrement digérés que s'ils cuisent assez longtemps, notamment les aliments semi liquides destinés aux nourrissons, aux jeunes enfants, aux malades et aux blessés, et aux personnes âgées. Les combustibles servant à la cuisson contribuent aussi à la potabilité de l'eau et au bon état de santé à condition que les systèmes de chauffage et d'ébullition soient efficaces. Malgré les statistiques favorables sur l'amélioration de l'adduction d'eau dans les zones urbaines, le problème de la qualité de l'eau, qui est lié à de graves maladies périodiques, demeure (UN-Habitat, 2006). En Inde, 65 pour cent des patients hospitalisés sont traités pour des maladies d'origine hydrique. En Afrique subsaharienne, les individus vivant au-dessous du seuil de pauvreté dépensent environ le tiers de leur revenu pour soigner ces maladies. La disponibilité de dendroénergie contribuerait à surmonter cet aspect de la pauvreté, en particulier dans les taudis urbains où les approvisionnements en eau garantis sont plus rares ou totalement absents par rapport à d'autres zones urbaines.

Les taudis sont l'un des éléments de la pauvreté urbaine et représentent un phénomène pluridimensionnel : les pauvres ne le sont pas tous de la même façon. L'incidence de la population des taudis est relativement plus élevée dans les pays à faible revenu, comme le montre la figure 4 pour des pays appartenant au sud de l'Asie centrale et au sud-est du continent.

FIGURE 4

**Pourcentage de la population urbaine par pays et incidence de la population des taudis dans les pays les moins avancés du sud de l'Asie centrale et du sud-est du continent (UN-Habitat, 2003).**



Dans les taudis périurbains aussi bien que dans les lotissements spontanés des villes, la pauvreté est due souvent à la multiethnicité des sociétés urbaines mondialisées, qui est fréquemment à l'origine de conflits et qui érige des barrières entre les groupes de nationalités différentes, réduisant par là l'efficacité des mesures de réduction de la pauvreté.

Les causes des liens entre la pauvreté et l'urbanisation sont multiples, et déterminées en premier lieu par les âpres conditions de vie et la faiblesse des revenus dans les zones rurales et périphériques, qui forcent les gens à migrer vers les villes dans l'espoir d'améliorer leur niveau de vie. Cela explique les mouvements massifs traditionnels de population, stimulés en outre par les besoins des entreprises à but lucratif qui cherchent à profiter de la main-d'œuvre bon marché présente dans les villes. Mais d'autres raisons insidieuses existent aussi. Lesdits conflits silencieux, souvent ignorés par les médias, provoquent le déplacement de populations entières. Sur trois pays africains, un est le théâtre de conflits armés et souffre de la baisse inévitable des revenus (UN-Habitat, 2004), accompagnée d'une augmentation de la pauvreté et des inégalités. En outre, des troubles intérieurs éclatent entre groupes de différentes provenances. Les zones périphériques des villes hébergent aussi bien des réfugiés que des personnes déplacées à l'intérieur du pays qui souffrent d'éradication et vivent dans un état de misère extrême.

On trouve davantage de personnes dans les taudis des pays africains qui sont les victimes de conflits récents ou en cours que dans les villes de pays pacifiques (UN-Habitat, 2004). Un effet particulièrement dramatique de la pauvreté est la présence de millions de personnes déplacées dans des camps de réfugiés situés souvent en des zones périurbaines. L'Afrique héberge 30 pour cent des réfugiés du monde (UN-Habitat, 2004) dans des lieux où les camps de réfugiés deviennent des villes fantômes souvent dépourvues des services fondamentaux. Bien que l'association entre le bois de feu et la pauvreté urbaine ne soit manifestement pas considérée comme un problème urgent à analyser dans les enquêtes sur la pauvreté urbaine, ni à prendre en compte dans les programmes et rapports concernant les réfugiés, la question de l'énergie n'en est pas moins cruciale (encadré 5).

De toute évidence, l'impact environnemental de l'approvisionnement en bois de feu est moins important que l'objectif prioritaire et immédiat de sauver des vies humaines. Pourtant, au fil des ans, les



approvisionnement énergétique de subsistance dans les camps de réfugiés de longue durée se réduisent et risquent même s'interrompre, avec des conséquences néfastes tant pour les réfugiés que pour les populations environnantes. La fourniture aux réfugiés d'énergie de subsistance devrait être soigneusement planifiée à moyen et à long terme. Il paraîtrait que les réfugiés abandonnent souvent le gaz et le kérosène pour retourner aux combustibles ligneux, soit parce que la disponibilité des combustibles « modernes » s'épuise soit parce que les combustibles ligneux sont plus familiers et préférés car ils font partie des pratiques culinaires traditionnelles et de l'identité culturelle.

#### Encadré 5

#### Camps de réfugiés

La majorité des réfugiés se trouve aujourd'hui dans les zones arides et semi-arides des pays les plus pauvres au monde. La concentration de populations nombreuses dans ces zones exerce une énorme pression sur l'environnement fragile et les maigres ressources. En outre, ces environnements sont hostiles aux réfugiés et peuvent compromettre leur santé et leur bien-être. En circonstances normales, les populations sont libres de se déplacer et d'aller en quête de lieux plus accueillants. Dans le cas des réfugiés, cette liberté de mouvement leur est souvent refusée. C'est dans cet environnement d'isolement particulier qu'il faut s'occuper des réfugiés et leur fournir une assistance (GTZ/UNHCR, 1992).

L'histoire est bien connue. Dans le monde en développement, où la biomasse – sous forme de bois de feu et de charbon de bois – est le principal combustible que la plupart des ménages utilisent pour cuisiner, les ressources forestières à l'intérieur et autour des zones les plus densément urbanisées ont été épuisées pour satisfaire la demande en combustibles traditionnels servant à la cuisson des aliments. Cette situation est semblable à celle où de grandes concentrations de réfugiés ramassent du bois de feu pour cuisiner et du bois d'œuvre pour construire dans les environs immédiats de leurs agglomérations ou de leurs camps.

Malheureusement, lors de la programmation des secours d'urgence, les donateurs d'aide humanitaire n'ont pas toujours compris l'importance de tenir compte, dès la phase préliminaire de l'aide, des besoins en combustibles de leurs bénéficiaires. En outre, lorsqu'ils formulent des plans pour satisfaire ces besoins, ils ne semblent s'apercevoir ni des répercussions sur la santé du choix des combustibles ni des dispositions de la résolution 46/182 de l'Assemblée générale des Nations Unies, qui affirme que l'assistance en cas de catastrophe internationale doit servir à la prévention à long terme tout autant qu'aux secours. Notamment, la résolution déclare que les secours d'urgence devraient être fournis de manière à encourager la reprise et le développement à long terme.

#### Réfugiés qui cuisinent au Congo



Source: <http://www.refugees.org/>

#### Réfugiés au Soudan



### Modification du paysage et changements d'affectation des terres

Il est notoire que des facteurs démographiques, comme l'augmentation, la densité, la fécondité, la mortalité de la population, ainsi que l'âge et le sexe des familles, leurs modes de vie et leurs structures sociales, exercent une influence importante sur les changements de la couverture du sol et de son utilisation. La migration humaine, notamment l'exode rural, les déplacements internationaux de populations pour des raisons économiques ou politiques et les grands établissements humains planifiés perturbent aussi profondément le couvert et l'utilisation des sols.

À mesure que s'étendent les zones urbaines, elles empiètent souvent sur les terres agricoles environnantes et, dans une moindre mesure, sur les zones forestières. Dans les pays en développement, cette pénétration des zones urbaines dans les terres agricoles entraîne annuellement la conversion de près de 500 000 ha de



terres arables (Rosegrant *et al.* 2001). Cependant, les villes et les zones urbanisées ne couvrent actuellement que 2-4 pour cent de la superficie terrestre. De ce fait, quelques chercheurs soutiennent que les terres cédées à l'urbanisation ne menaceront pas la production alimentaire mondiale dans un avenir prévisible (Rosegrant *et al.*, 2001). Néanmoins, l'expansion urbaine soustrait souvent des terres agricoles très fertiles à la production, rendant de plus en plus nécessaire l'exploitation de terres marginales pour les cultures vivrières et les pâturages. Par ailleurs, la concentration d'individus dans les villes impose une forte augmentation de la production alimentaire et énergétique. De graves pertes de terres agricoles périurbaines imputables à l'expansion urbaine ont été signalées à Djakarta (Indonésie), Buenos Aires (Argentine), dans plusieurs villes colombiennes et de nombreuses villes africaines.

Pour évaluer l'impact continu de l'urbanisation récente sur les paysages et l'utilisation et la gestion des terres, il faut comprendre les multiples niveaux spatio-temporels de la croissance urbaine. En particulier, les processus évolutifs de l'urbanisation qui comprennent des cas de suburbanisation, d'exurbanisation, de périurbanisation (le déplacement de populations urbaines vers des zones moins densément peuplées), de multi-nucléation (le regroupement de populations autour de plusieurs centres dans la même région), voire même de contre-urbanisation (le retour à des zones plus urbaines). Dès lors, la notion d'« urbain » s'élargit, laissant entendre que la distinction rurale/urbaine est un continuum plutôt qu'une dichotomie ; les gens vivent de plus en plus souvent dans des environnements profondément différenciés plutôt que dans de simples milieux urbains.

Les changements survenant dans le paysage et l'utilisation des terres associés à l'expansion urbaine peuvent être évalués comme suit.

### **Intensification**

Les changements intensifiés du paysage et de l'utilisation des terres surviennent aux abords des villes ou à l'interface urbaine/rurale, à la suite de la pression exercée par les établissements humains et du besoin d'espace nécessaire à des fins résidentielles et de production (industrielle et commerciale) (figure 5A, B). Il en résulte une intensification générale des fonctions dans des limites étroites et un paysage « déraciné », bien souvent non planifié. En ce qui concerne les services rendus par l'agriculture et la foresterie aux sociétés urbaines, ce phénomène débouche sur des systèmes de monoculture et un épuisement général de multiples ressources. Le régime foncier n'est souvent pas garanti et les prix haussent rapidement suivant l'importance des gains attendus des activités tant foncières qu'urbaines. L'intensification encourage le remplacement des pratiques agricoles, de pâturage et de foresterie traditionnelles par des systèmes d'exploitation modernes et des programmes de plantation.

### **Modification**

L'utilisation intensifiée des terres aux fins du développement urbain entraîne un changement fondamental dans l'affectation des terres périurbaines qui sont souvent soumises à des systèmes d'exploitation agricole « industrialisés » où prédomine la monoculture. Il en résulte des graves pertes de forêts ainsi que la modification des paysages. Le changement soudain de la propriété foncière provoque la hausse des prix et la restructuration des propriétés et des modèles agricoles. Du point de vue des ressources en dendroénergie, l'intensification et la modification peuvent déterminer soit une réduction des approvisionnements en combustibles ligneux soit une augmentation lorsque le changement signifie l'établissement de plantations particulières.

À son tour, l'urbanisation rapide causée par l'arrivée en masse de personnes déplacées à l'intérieur du pays pourrait provoquer de profonds changements d'affectation des terres et du paysage dans les zones loin des villes abandonnées par ces groupes.

### **Fragmentation**

La fragmentation est un processus déterminé par l'échelle et qui comporte une organisation diverse de l'espace due à des intérêts généraux/locaux, aux cultures et aux politiques stratégiques (infrastructure de transport, urbanisation et création de zones protégées, par exemple) (figure 6A). La désagrégation des modèles de paysage résulte autant de l'impact de structures et infrastructures (urbaines) que de changements dans la propriété foncière ou la gestion des terres. La perte de connectivité de l'habitat et des unités formant le paysage a des répercussions à la fois écologiques et socioéconomiques. Les premières déterminent une variation des comportements et des modes de reproduction et d'alimentation des animaux aussi bien que des végétaux ; les deuxièmes imposent des limitations à l'accès aux ressources des humains. La fragmentation du paysage est fortement liée au développement urbain et mène à la perte de l'interface rurale/urbaine et à une augmentation de la distance qui sépare les citadins des populations rurales.

## **Abandon**

La proximité des villes provoque souvent des changements dans les modes de vie et les types d'emploi, ce qui cause aussi le dépeuplement progressif des zones rurales et/ou l'abandon des pratiques traditionnelles d'utilisation des terres. Un phénomène associé est la navette quotidienne entre les banlieues rurales et la ville où se déroulent les occupations industrielles/commerciales. Le ménage réside souvent dans les zones périurbaines ou rurales mais n'est pas activement employé dans l'endroit où il vit, ce qui aboutit à l'abandon des activités traditionnelles et à de grandes ou petites modifications du paysage. Les effets de l'abandon sur les ressources en dendroénergie sont multiples. L'interruption des pratiques agricoles et de pâturage donne lieu, en l'absence d'autres utilisations des terres, à des processus secondaires menant à l'accroissement des disponibilités de ressources en bois. Cependant, pour les gérer et les exploiter, il faut des compétences et des capacités sociales (éducation, définition de droits fonciers, coopération et participation, et commercialisation rationnelle, par exemple).

FIGURE 5

### **Urbanisation à Port Harcourt, Nigéria**

**A.** Modification de l'utilisation des terres causée par l'expansion urbaine.

**B.** Intensification des paysages urbains par les taudis établis spontanément dans les zones périurbaines.



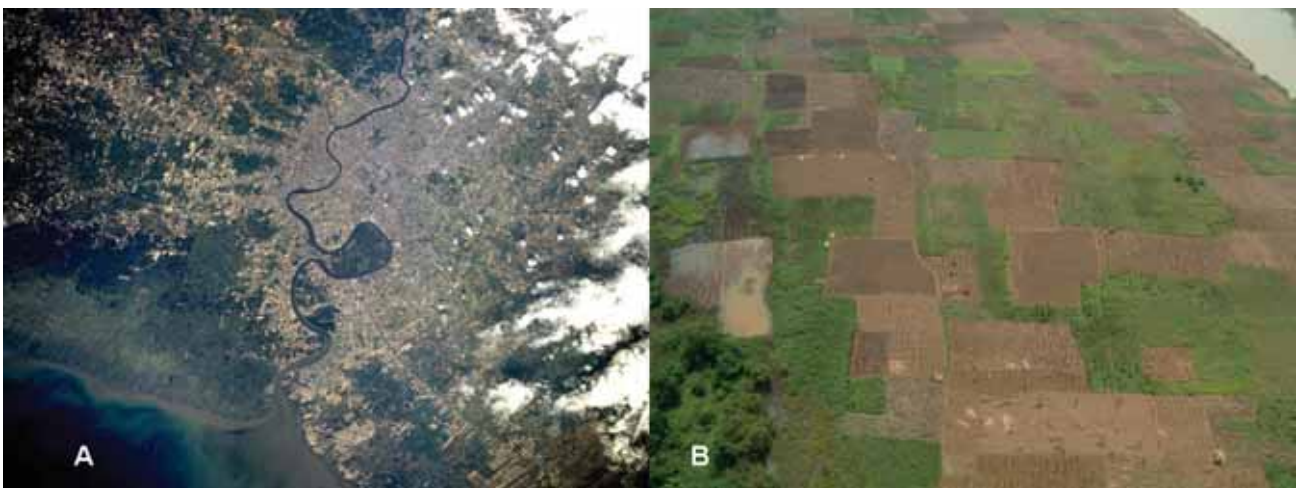
Photos : Salbitano, 2004

FIGURE 6

### **Grandes modifications du paysage**

**A.** Expansion urbaine empiétant sur des terres agricoles à Bangkok, Thaïlande.

**B.** Intensification des systèmes d'exploitation dans le sud-est du Nigéria.



Photos : Salbitano, 2004

## **Homogénéisation**

L'abandon des utilisations des sols traditionnelles porte souvent à une simplification des modèles de paysage, et aboutit à l'appauvrissement à moyen et long terme de leur diversité. L'utilisation des espèces arborescentes fait aussi l'objet de changements marqués: des plantations établies pour la production de bois d'œuvre et de bois de feu sont de nouvelles formes d'exploitation des terres qui devront être méticuleusement planifiées pour répondre aux exigences du paysage et de l'environnement. Enfin, la surexploitation de la terre pour les besoins urbains pourrait déterminer l'homogénéisation du paysage où la désertification et la déforestation vont de pair.

## **FORESTERIE URBAINE**

### **Notion et domaine de la foresterie urbaine et périurbaine**

La définition de la forêt urbaine donnée par Miller (1997), à savoir l'ensemble de la végétation ligneuse ou non présente à l'intérieur et autour d'agglomérations denses, allant des petites communautés rurales aux régions métropolitaines, porte à définir sa discipline relative, la foresterie urbaine, comme : « une approche intégrée à l'échelle de la ville de la plantation, de l'entretien et de la gestion des arbres dans une ville, afin d'assurer aux citoyens de multiples avantages environnementaux et sociaux » (Miller, 1997).

Ces définitions concernent l'emplacement matériel des forêts et des arbres de la ville dans les zones urbaines et périurbaines. Dans une autre optique qui préfère « l'influence urbaine » au « contexte urbain », une forêt ou terre boisée urbaine pourrait être décrite comme « un écosystème forestier (ou plutôt une superficie de terre dominée par un couvert arboré) à l'intérieur ou près d'une zone urbaine particulière, dont l'utilisation et les processus de prises de décision dépendent d'intervenants urbains et de leurs intérêts, leurs valeurs et leurs normes » (Konijnendijk, 1999).

La forêt urbaine comprend potentiellement une grande variété d'habitats (rues, parcs, coins négligés, terres boisées, etc.) où les arbres procurent une gamme étendue, non seulement d'avantages, mais aussi de problèmes (Grey et Deneke, 1986). Au sens le plus large, la foresterie urbaine est un système soumis à de multiples types de gestion comprenant *des bassins versants municipaux, des habitats de la faune sauvage, des lieux de récréation en plein air, un modèle de paysage, le recyclage du bois et des déchets municipaux, l'entretien des arbres en général et la production de bois de feu, de charbon de bois et de fibres ligneuses*. La possibilité de produire des combustibles ligneux et du bois d'œuvre n'est pas exclue bien qu'il soit improbable que cette production soit l'objectif principal, du moins dans les pays développés où la foresterie urbaine a été définie en premier.

Pour les techniciens et les praticiens, la foresterie urbaine est un *secteur spécialisé de la foresterie* qui a pour objectif l'entretien et la gestion des arbres en vue de leur contribution présente et future au bien-être physiologique, sociologique et économique de la société urbaine. Sur le plan scientifique, technique et stratégique, elle comprend l'ensemble des activités entreprises au centre de la ville, dans les banlieues, et dans la « frange urbaine » ou zone d'interface urbaine/rurale. Les activités forestières peuvent être très différentes en fonction de l'endroit où elles se déroulent. Dans des zones intensément construites, il est relativement difficile de réaliser de nouvelles initiatives de foresterie urbaine importantes. On se limitera à maintenir ou à remplacer des arbres plantés de longue date. Les banlieues offrent davantage d'opportunités de planter des arbres car les terres disponibles y sont plus abondantes que dans le centre de la ville, mais il faudra tenir compte des cadres juridiques, sociaux et économiques en vigueur.

La foresterie urbaine est étroitement liée à la foresterie communautaire, à savoir une forêt appartenant à une communauté qui la gère normalement, et dont les membres partagent les avantages (voir forêt communautaire, forêt sociale). La foresterie communautaire a été définie comme toute forme de foresterie sociale fondée sur la participation directe de la population locale aux processus de production, soit par l'établissement personnelle des arbres, soit par la transformation locale des produits qui en sont tirés (Raintree, 1991).

Selon un principe fondamental de la foresterie urbaine et périurbaine, une ville, pour être viable, doit se développer comme un élément du paysage et de l'écosystème qui l'entoure et être en harmonie avec eux.

### **Avantages de la foresterie urbaine**

Les avantages économiques, socioculturels et environnementaux procurés par la foresterie urbaine et périurbaine sont cités à la figure 7 mais le réseau d'avantages potentiels, beaucoup plus complexe, est illustré à la figure 8.

Le débat sur les besoins des sociétés urbaines et les avantages exigés et procurés par la foresterie urbaine et périurbaine mène à une vision commune du rôle qu'elle joue (ou, mieux, pourrait jouer) dans tous les contextes urbains au monde. Cependant, certains avantages et fonctions particuliers attirent plus ou moins d'attention suivant les aspects socioéconomiques, les politiques et la législation en vigueur et envisagées qui caractérisent les villes, et les modes de conception et de gestion traditionnels ou adoptés. Il s'ensuit que la fonction d'approvisionnement en combustibles ligneux, c'est-à-dire l'objectif de la présente étude, doit être conçue, non seulement pour elle-même, mais aussi par rapport aux autres avantages attendus de chaque arbre, haie, parc ou forêt/terre boisée urbaines et périurbaines. Autrement dit, sont essentielles la planification de la foresterie urbaine et périurbaine et l'élaboration de

stratégies de gestion propres aux diverses sociétés urbaines, ainsi que l'adoption de politiques et d'une législation claires qui garantissent le maintien d'un bon couvert arboré et la qualité de l'environnement à long terme. Cependant, un des principaux obstacles à la planification et la conception de la foresterie urbaine et périurbaine qui mérite d'être mentionné est le haut prix de la terre et de la propriété dans les zones urbaines et périurbaines.

FIGURE 7

**Les avantages économiques, socioculturels et environnementaux procurés par la foresterie urbaine et périurbaine**

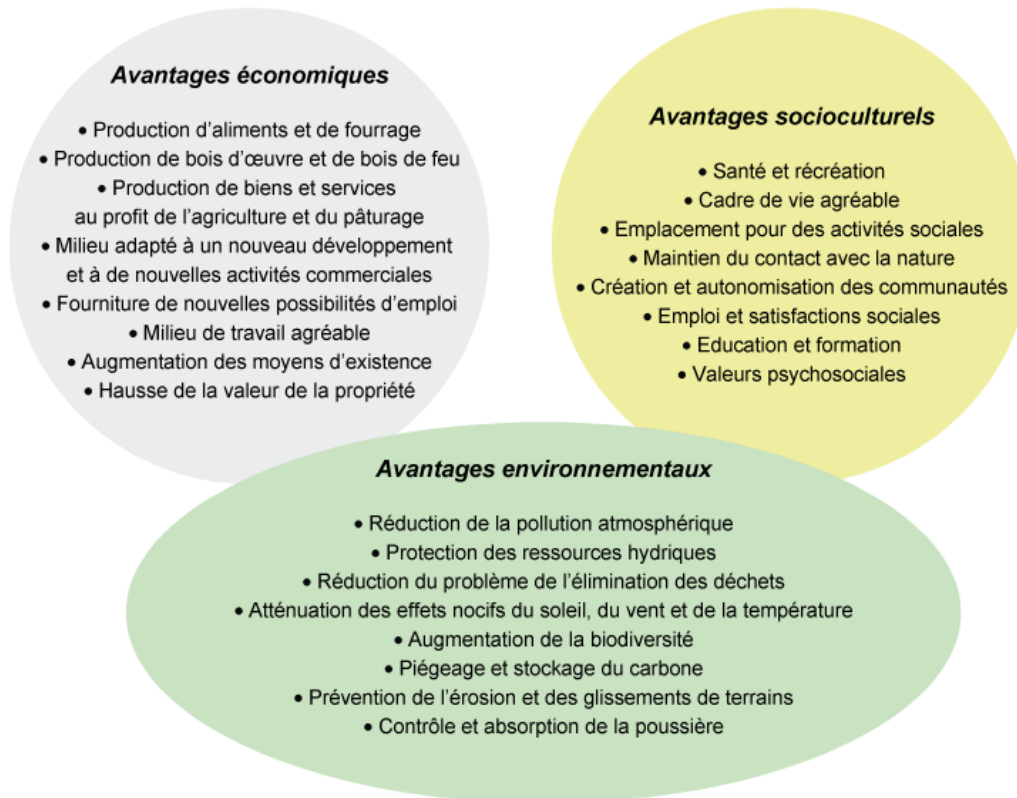
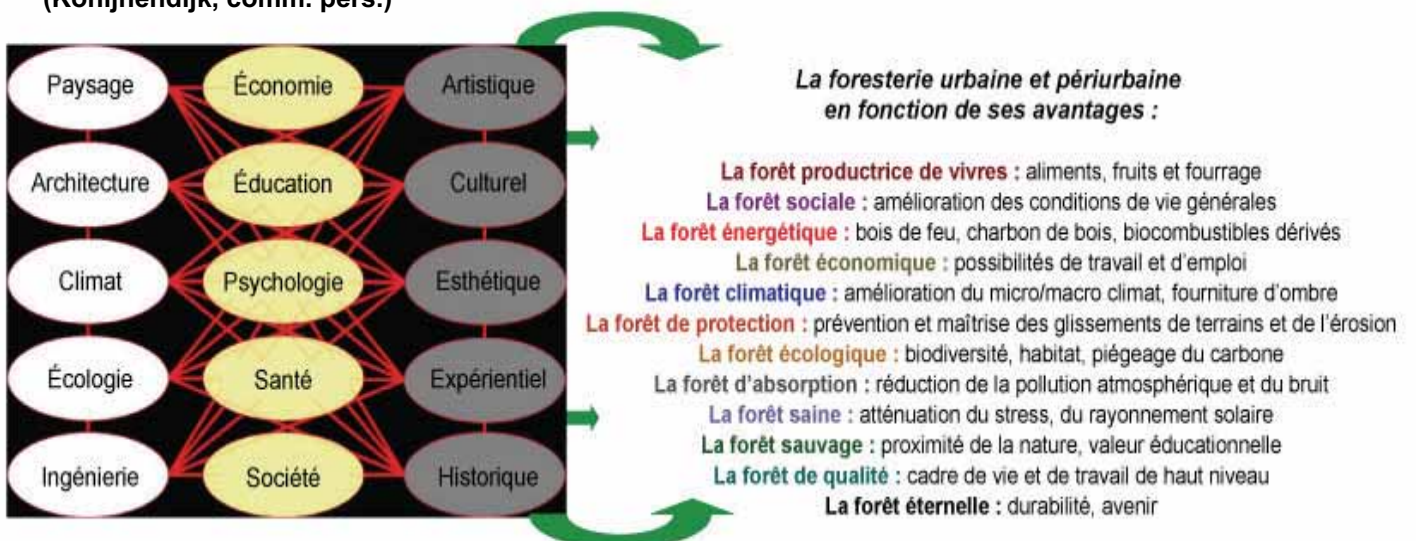


FIGURE 8

**Le réseau des avantages de la foresterie urbaine et périurbaine et les types et fonctions potentiels (Konijnendijk, comm. pers.)**



## **Comment la foresterie urbaine peut-elle contribuer à l’approvisionnement en dendroénergie**

Malgré la distribution croissante d’électricité et de gaz, et en raison de plusieurs facteurs économiques et culturels, les combustibles ligneux restent, pour un grand pourcentage des ménages urbains dans les pays en développement, une source d’énergie prioritaire sous la forme soit de bois de feu soit de charbon de bois (voir aussi la section 3.6 et le chapitre 4). Les combustibles ligneux proviennent, pour une large part, des zones périurbaines ou extraurbaines. Une petite proportion du bois consommé est obtenue au sein de la ville, souvent pour satisfaire des besoins ponctuels, mais cette consommation risque d’épuiser rapidement les ressources en bois. Les groupes les plus pauvres utilisent communément comme combustible des brindilles et des feuilles.

Pourtant le rôle des arbres urbains et périurbains transcende la fourniture occasionnelle de fagots de bois, de brindilles et de feuilles. Un examen des rôles et possibilités qu’offre la foresterie urbaine et périurbaine est essentiel pour :

- comprendre quelles sources d’approvisionnement en bois de feu alimentent les villes ;
- définir de bonnes pratiques de gestion des systèmes arborés pour de multiples utilisations durables qui exploitent correctement l’approvisionnement en dendroénergie ;
- connaître les capacités de la foresterie urbaine à créer des emplois et des revenus sous une gestion avisée des systèmes arborés urbains et périurbains ;
- vérifier le bon fonctionnement de mécanismes efficaces (juridiques, décisionnels et économiques) qui visent le maintien d’un couvert arboré optimal à l’intérieur et autour des villes et mettent fin à l’exploitation irrationnelle des ressources en bois, non seulement dans les villes, mais aussi dans l’ensemble du « bassin » des combustibles ligneux ;
- formuler des stratégies tendant à l’harmonisation de la gestion des terres et des ressources urbaines/rurales.

Mais une question clé se pose : comment et dans quelle mesure la foresterie urbaine peut-elle répondre aux besoins urbains en dendroénergie ? Ou encore :

- Comment les arbres et les forêts peuvent-ils être utilisés pour la production de dendroénergie dans un environnement urbain et par des parties prenantes urbaines ?
- Comment les arbres et les forêts peuvent-ils être protégés contre la dégradation et l’empiètement des zones construites et des infrastructures, et être gérés durablement de pair avec le développement urbain.
- Quelles sont les politiques et les stratégies qui favorisent la gestion durable des terres autour des villes par leur adaptation à leur environnement ?
- Quels sont les impacts directs et immédiats sur le couvert arboré de situations d’urgence (conflits, catastrophes naturelles, pénurie de gaz/pétrole comme sources d’énergie, par exemple) qui exigent la production de bois de feu pour répondre aux besoins ?

La demande d’énergie déterminée par les sociétés urbaines est plus forte que la quantité offerte par la biomasse des arbres et des forêts urbains et périurbains, laquelle ne peut satisfaire que partiellement les besoins en combustibles ligneux des habitants des villes. Il faudra toujours tenir compte des forêts et des populations situées hors des villes mais qui sont soumises à leur influence prédominante et directe.

Bien que la foresterie urbaine et périurbaine ne puisse répondre qu’en partie à la demande de combustible ligneux, elle joue un rôle fondamental dans la planification d’un système dendroénergétique urbain durable. Avec la collaboration des responsables du développement urbain, la foresterie urbaine et périurbaine peut déclencher un processus de planification vertueux et fournir de bonnes pratiques de gestion susceptibles de satisfaire les besoins urbains et ce, grâce à une interaction durable et responsable entre les communautés et les zones rurales situées bien au-delà des limites de la ville.

## **RÔLE ÉLARGI DE LA FORESTERIE URBAINE ET PÉRIURBAINE : UN MODÈLE DE TRAVAIL**

En élaborant ultérieurement les définitions données plus haut, et notamment l’inclusion des arbres et des forêts éloignées des villes mais dont la finalité et la gestion sont « dominées par des intervenants et des intérêts urbains », on constate que les prérogatives et responsabilités de la foresterie urbaine et périurbaine s’appliquent à des zones et des processus situés très loin des milieux urbains et périurbains.

Dans cette optique, la foresterie urbaine devrait étendre sa responsabilité pour inclure les ressources extraurbaines et aux processus socioéconomiques dominés par l’influence urbaine (FAO, 2001c). Dans ce

rôle élargi, la première tâche consistera à énoncer clairement, en termes de durabilité et d'impacts environnementaux et socioéconomiques, la relation entre les besoins croissants des citoyens et les ressources et processus qui leur fournissent des produits et services. La zone d'influence élargie pourrait être définie comme le bassin d'approvisionnement en bois urbain.

Les forestiers devront comprendre et évaluer les responsabilités directes et indirectes qu'ont les villes à l'égard des zones et communautés situées hors des limites strictes de leurs territoires, et servir de trait d'union entre les planificateurs urbains, la foresterie conventionnelle et les parties prenantes du développement rural.

La foresterie urbaine a donc à jouer un rôle fondamental de liaison des disciplines, dans le but d'assumer la part de responsabilité citadine qui lui revient vis-à-vis de l'ensemble du territoire, et de répondre aux besoins urbains qui l'influencent. C'est une question éthique et politique clé, qui prévoit la participation constante des parties prenantes aux niveaux tant urbain que rural, ainsi que l'activation de flux de communication et d'initiatives de création de capacités.

La foresterie urbaine et tous les aspects sylvicoles, économiques, socioculturels et politiques connexes deviennent le moyen grâce auquel les villes, les citoyens et les institutions urbaines peuvent assumer la responsabilité des besoins et des ressources urbaines. La responsabilité partagée de l'utilisation des terres, et notamment des forêts et des arbres, relève d'une gamme de parties prenantes et de praticiens allant des urbanistes et des décideurs aux habitants et producteurs urbains, et des organisations non gouvernementales (ONG) aux associations de marchands de bois.





# La dendroénergie dans les villes des pays en développement

## RÉPERCUSSIONS DE LA CROISSANCE URBAINE RAPIDE SUR LA DENDROÉNERGIE

Dans les pays en développement, l'urbanisation, représentée principalement par les ménages ruraux se déplaçant vers des zones urbaines et périurbaines modifie considérablement les modèles de l'offre et de la demande d'énergie de subsistance. Les changements découlent de divers facteurs, y compris la distance des sources d'approvisionnement qui limitent le ramassage direct de bois de feu, la hausse du pouvoir d'achat, la dépendance accrue vis-à-vis des combustibles commercialisés, la forte densité de l'habitat qui limite la cuisson en plein air des aliments, et les pressions culturelles qui imposent des modes de vie urbains marginalisant les pratiques et traditions rurales.

Grâce aux revenus accrus dont ils disposent, les ménages qui quittent la campagne pour la ville passent initialement du bois de feu au charbon de bois et, par la suite, au GPL et/ou au kérosène et à l'électricité. Cette « échelle » du combustible ne mène pas seulement vers le haut. On observe une diminution de l'utilisation de bois de feu de même qu'une adoption progressive des combustibles plus modernes, mais le rôle du charbon de bois reste stable et prédominant. Dans la plupart des villes pauvres c'est le principal combustible domestique, et il attire des consommateurs non seulement parmi les ménages nouvellement urbanisés, mais aussi parmi les citadins qui sont repoussés vers le bas de l'échelle du combustible par l'augmentation des prix pétroliers, la récession économique ou des troubles sociopolitiques.

C'est ainsi que, dans le cas de Maputo, Mozambique, une comparaison entre le modèle de consommation de 1992 et 2000, qui figure au tableau 1, a confirmé le changement marqué intervenu dans les types de combustibles utilisés, à l'exception du charbon de bois, qui a maintenu son rôle prioritaire en 1992 et en 2000 (CHAPOSA, 2002).

TABLEAU 1

### Proportion des types de combustibles consommés par les ménages de Maputo, en 1992 et 2000

Combustible	1992 (%)	2000 (%)	Niveau de signification (alfa : 0,05)
Bois de feu	78	22	Élevé
Charbon de bois	76	75	Négligeable
Pétrole	14	44	Élevé
Gaz	12	21	Élevé
Électricité	12	26	Élevé
<b>Total</b>	<b>952</b>	<b>208</b>	

Source : Brower et Falcão (dans CHAPOSA, 2002)

L'urbanisation accélérée des ruraux pauvres et les nouveaux « choix » de combustibles domestiques ont exercé des effets considérables sur l'exploitation des ressources en biomasse ligneuse. Le tableau 2 présente quelques-unes des principales différences entre l'utilisation du bois de feu, qui prédomine chez les ménages ruraux, et celle de charbon de bois, que préfèrent les ménages urbains.<sup>4</sup>

L'adoption massive et continue du charbon de bois aux dépens du bois de feu causée par l'urbanisation rapide aggrave les risques de dégradation de l'environnement, mais fournit aussi d'importantes possibilités de développement durable aux communautés rurales périurbaines et décentralisées, c'est-à-dire aux communautés rurales et forestières situées loin de la périphérie du bassin d'approvisionnement en bois. Le passage de la collecte informelle et indifférenciée de bois de feu à la production structurée de combustibles ligneux commerciaux accentue le caractère forestier de la dendroénergie. La dépendance accrue vis-à-vis des forêts et de terres boisées relativement denses, comme source de matériel ligneux, rend encore plus précaire la durabilité et devrait recevoir toute l'attention du secteur forestier et bénéficier de ses outils et bonnes pratiques comme la gestion durable des forêts et les approches participatives.

<sup>4</sup> Il existe des exceptions notables à cette caractérisation urbaine/rurale, comme Bangui, en République centrafricaine, où les ménages urbains consomment bien plus de bois de feu que de charbon de bois.



TABLEAU 2

**Urbanisation et passage du bois de feu aux systèmes énergétiques à base de charbon de bois**

Principaux aspects et répercussions des systèmes énergétiques	
Passage d'une situation rurale dominée par l'utilisation du bois de feu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bois de feu</b></li> <li>• Sous-produit de l'agriculture ; ramassage de bois mort et de bois vert dans les exploitations, les terres boisées et les forêts ; sous-produit de l'agriculture itinérante et des changements d'affectation des terres.</li> <li>• Acquisition non commerciale principalement ; producteur et consommateur souvent le même.</li> <li>• Rendement relativement élevé (utilisation des résidus et des sous-produits) et faible impact sur les ressources en biomasse ligneuse.</li> <li>• Efficience souvent faible de la conversion énergétique,</li> <li>• Impact relativement élevé sur le niveau de vie (temps de ramassage, pénibilité, compromission de la santé à l'intérieur des habitations) des femmes et des enfants dans les ménages les plus pauvres.</li> </ul>
à une situation urbaine caractérisée par l'utilisation de sources d'énergie différenciées où domine le charbon de bois.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Charbon de bois</b></li> <li>• Produit de l'exploitation des forêts et des terres boisées par la coupe d'écrémage très intensive et/ou la coupe rase.</li> <li>• Approvisionnement entièrement commercial ; producteur et consommateur toujours différents.</li> <li>• Rendement relativement faible (dû aux pertes d'énergie durant la carbonisation) et impact élevé sur les forêts et les formations forestières plus denses.</li> <li>• Efficience de la conversion énergétique normalement moyenne à haute (compensant quelques pertes d'énergie durant la carbonisation).</li> <li>• Impact relativement faible sur le niveau de vie.</li> <li>• Impact sur l'économie domestique (plus prononcé que le bois de feu)</li> </ul>

Du point de vue forestier, la production durable de charbon de bois représente un défi de taille. Arnold *et al.* vont jusqu'à dire que « l'objectif principal de la foresterie consiste à renforcer encore davantage les grands systèmes de production et de commercialisation du charbon de bois qui alimentent de façon croissante les grands marchés urbains. » (Arnold *et al.*, 2003).

Il est essentiel pour la foresterie de relever ce défi, en collaboration avec les responsables du développement rural et de l'énergie et de trouver les outils et les moyens nécessaires pour transformer les menaces en opportunités.

**CONSOMMATEURS URBAINS ET PÉRIURBAINS DE COMBUSTIBLES LIGNEUX**

Tout comme les zones urbaines et périurbaines hébergent une forte concentration de secteurs productifs divers, outre leur fonction résidentielle évidente, les combustibles ligneux sont consommés par un groupe tout aussi varié d'utilisateurs finals. Dans les pays en développement, le secteur résidentiel est le principal consommateur de bois de feu et de charbon de bois, mais plusieurs autres secteurs les utilisent aussi soit comme seule source d'énergie soit en les associant parfois à d'autres combustibles et d'autres sources.

En dehors du secteur résidentiel, les combustibles ligneux se consomment dans les secteurs agricole, industriel, commercial et des services et institutionnel, comme décrit brièvement ci-dessous (FAO, 2002a). Une liste plus détaillée par secteur productif est donnée à l'annexe 7.

Dans le *secteur résidentiel*, les ménages urbains et périurbains utilisent le bois de feu et le charbon de bois principalement ou exclusivement pour leurs propres besoins – cuisson des aliments, ébullition de l'eau, chauffage, lessive et préparation des aliments pour animaux. Les différences principales entre les ménages ruraux et les ménages urbains ou périurbains résident dans le fait que ces derniers achètent le bois de feu dont ils ont besoin plutôt que de le ramasser directement ou de le produire, et que dans le contexte urbain la consommation de charbon de bois est relativement plus élevée.

Dans le *secteur agricole*, c'est-à-dire l'agriculture périurbaine et urbaine, le charbon de bois et le bois de feu peuvent être utilisés pour le chauffage des serres et des poulaillers.

Dans le *secteur industriel*, les combustibles ligneux servent à la transformation des matières premières. Parmi les activités industrielles faisant appel à ces combustibles figurent les usines de carbonisation et les ouvrages en briques ou en tuiles ; le séchage et la torréfaction du café, les boulangeries, les sucreries et le fumage du poisson.

Dans le secteur *commercial et des services*, les combustibles ligneux s'utilisent dans un grand nombre d'activités commerciales liées à l'achat et la vente de biens et la fourniture de services, comme les boulangeries, les hôtels, les restaurants et les blanchisseries.

Dans le *secteur institutionnel*, les consommateurs sont les écoles, les hôpitaux, les postes de police et les casernes qui utilisent les combustibles ligneux pour le chauffage, la cuisson des aliments, la lessive, etc.

## **LA QUESTION DU CHARBON DE BOIS**

Les nombreux aspects de la production, du commerce et de la consommation de charbon de bois en Afrique ont fait l'objet d'analyses de terrain détaillées dans plusieurs projets récents. D'un intérêt particulier est le projet de recherche sur le potentiel de charbon de bois en Afrique australe (CHAPOSA, 2002), qui étudie les tendances de la déforestation et de l'épuisement des forêts dans des zones approvisionnant trois villes d'Afrique subsaharienne : Lusaka en Zambie, Dar-es-Salaam en République-Unie de Tanzanie et Maputo au Mozambique, et qui explique les raisons du « succès » du charbon de bois dans les villes africaines.

Les aspects saillants de cette recherche, décrits ci-après, fournissent un excellent aperçu du rôle que joue le charbon de bois suivant la perspective des parties prenantes, des systèmes de carbonisation et de l'impact progressif du charbon de bois sur les forêts et les terres boisées.

### **La perspective des parties prenantes**

Du point de vue des utilisateurs, commerçants et producteurs, ces aspects saillants (CHAPOSA, 2002) expliquent pourquoi le charbon de bois est un combustible qui a tant de succès dans les villes des pays en développement.

- Les détaillants préfèrent vendre le charbon de bois par ce que « Il se vend bien, ne pourrait pas et les enfants ne le volent pas » (Fernandes, 1995, tiré de l'enquête sur le marché de Maputo dans CHAPOSA, 2002).
- Les gens utilisent le charbon de bois en combinaison avec le pétrole et, dans une moindre mesure, l'électricité et/ou le gaz. Lorsque les revenus haussent, ces deux derniers tendent à supplanter les combustibles ligneux mais pas entièrement ; si les prix des combustibles modernes augmentent, la part du charbon de bois dans l'ensemble des produits énergétiques domestiques tend à s'accroître.
- Le feu de bois est typiquement le combustible des pauvres. Il est utilisé par des familles élargies appartenant au groupe à revenu le plus faible. Le charbon de bois est également consommé par des ménages relativement nombreux mais il se rencontre aussi parmi les groupes à revenu plus élevé.
- Le système de production, transport et commercialisation du charbon de bois emploie un grand nombre de personnes ; il est largement géré comme un système commercial soumis à une intervention limitée de l'État.
- La production de charbon de bois est devenue l'une des principales sources de revenu pour les pauvres des zones rurales ; dans les zones de production ce revenu peut dépasser celui dégagé d'autres secteurs comme l'agriculture.
- Ce sont normalement les hommes qui s'engagent dans la production de charbon de bois.
- La production de charbon de bois est (ou pourrait devenir) un système permettant de réduire la pauvreté des populations rurales, grâce à leurs propres moyens et sans soutien extérieur.
- C'est également un moyen d'améliorer le niveau de vie des urbains pauvres qui peuvent bénéficier d'une source d'énergie fiable, bon marché et accessible pour la cuisson des aliments en tout temps et à un prix étonnamment stable. L'étude a montré que les prix du charbon de bois (en termes « réels ») sont restés stables au moins au cours des dix dernières années.
- Le commerce du charbon de bois fournit des possibilités de revenu à de nombreuses personnes vivant en milieu urbain, grâce à de petites opérations de vente au détail (figure 9) où prédominent les femmes.
- Le réseau électrique est insuffisant et peu fiable, les prix du pétrole fluctuent largement parallèlement à l'évolution du marché mondial et des politiques intérieures. Les combustibles ligneux indigènes renouvelables prédominent.

## Systèmes de production de charbon de bois

En ce qui concerne les caractéristiques principales des systèmes de production de charbon de bois, le projet CHAPOSA met en évidence les aspects suivants :

- Le système de production de charbon de bois a beaucoup en commun avec un système de marché libre, ce qui devrait garantir l'utilisation optimale des ressources.
- De nombreuses personnes participent à la mise en œuvre du système plus ou moins indépendamment les unes des autres.
- Les informations sur les caractéristiques du marché sont essentiellement gratuites et le droit d'entrée est à la portée même des plus pauvres. Il s'agit normalement d'un travail personnel.
- Les exceptions à ce qui précède se rencontrent dans le secteur des transports, notamment pour les transports à grande distance, lorsque sont nécessaires des véhicules, des routes et du carburant. Les bénéfices tirés du transport du charbon de bois sont plutôt faibles, comme le démontre l'utilisation de véhicules vieux et dilapidés.
- Le résultat final est un produit de consommation largement répandu.
- Les ressources de base de l'ensemble du système de production sont les arbres dans les forêts et les terres boisées (à la différence des sources d'approvisionnement en bois de feu qui comprennent les arbres hors forêt, les résidus des industries du bois, etc.).
- Le calcul de la valeur actualisée nette de la ressource de base montre qu'il est parfaitement rationnel de couper des arbres pour la production de charbon de bois au titre des régimes forestiers en vigueur, plutôt que de les conserver pour des autres utilisations futures, ou de faire appel à une main-d'œuvre salariée pour une gestion visant la production de bois de haute qualité.
- Actuellement, la valeur totale de la ressource en bois est la valeur commerciale pouvant être obtenue au moment de la récolte. Cette valeur est limitée pour le charbon de bois (un arbre adulte produit cinq sacs environ de charbon de bois dont la valeur, au stade de la production, s'élève à 15-20 dollars EU environ en termes monétaires). De toute évidence, il n'existe pas de taux d'intérêt suffisamment bas pour que cette valeur devienne positive dans un calcul de la valeur actualisée nette au cours des 30 à 50 années nécessaires pour qu'un arbre devienne adulte. Ce qui laisse entendre que les forces du marché n'agissent qu'au niveau de la coupe des arbres et non de leur protection.
- Il faudrait assigner aux ressources en bois des valeurs autres que les valeurs commerciales ce qui impose la présence d'une autorité apte à les maintenir. Le gouvernement pourrait représenter cette autorité, notamment du fait que dans les trois pays africains objet de l'enquête en Afrique (République-Unie de Tanzanie, Zambie et Mozambique), l'État détient des parts considérables (voire même la totalité) des ressources forestières. Cependant, dans tous les cas, le gouvernement est un propriétaire pauvre de ces ressources. Même s'il existe des politiques visant la protection des forêts pour certaines raisons, les moyens affectés à l'application de ces politiques sont malheureusement insuffisants.
- Le rôle de la gestion qui assure directement un revenu au trésor est, lui-même, faible, et les règlements sont compliqués et manquent de transparence. C'est ainsi que, dans la zone de Maputo, il a été estimé qu'environ un pour cent seulement des droits et des permis était effectivement perçu pour le secteur du combustible ligneux. En Zambie ce chiffre s'élevait à 10 pour cent environ et en République-Unie de Tanzanie à 25 pour cent.
- Les forêts sont pratiquement une ressource à accès ouvert. Les exploitants des forêts s'approprient des gains et ne s'intéressent guère aux utilisateurs futurs (ou aux propriétaires légitimes), et ce en

FIGURE 9

**Sacs de charbon de bois destinés au marché de Bangui, République centrafricaine**



Photo : Salbitano

dépit du fait que les ressources forestières appartiennent à l'État et malgré les règlements en vigueur. Normalement l'État est mal préparé pour s'acquitter des responsabilités d'un propriétaire et pour mettre en application les règles du gouvernement.

- Cependant, si la situation ne s'est pas soldée par la disparition totale de la ressource en faveur des investisseurs, c'est grâce à l'effet des politiques de protection et de production. Le risque d'application de ces politiques plutôt que l'application même décourage manifestement les gros investissements dans l'exploitation plus rapide et efficace de la ressource.
- L'industrie du charbon de bois reste dispersée et mal développée ; rares sont les capitaux qui lui sont affectés. Ceux qui participent à sa production n'y contribuent guère en dehors de leur travail personnel ; c'est pourquoi le secteur attire les pauvres en quête d'un moyen d'existence.
- Le résultat ultime de la production de charbon de bois est l'offre d'une source de revenu aux nombreux ruraux pauvres qui contribuent à fournir aux urbains pauvres un produit indispensable ou, mieux encore, une source d'énergie abordable, utile et accessible à des prix relativement stables.

## IMPACTS DE LA DENDROÉNERGIE URBAINE

Les impacts des pratiques dendroénergétiques urbaines se manifestent à de multiples niveaux. Le premier est l'impact visible au *niveau de l'écosystème*, tant urbain que forestier/rural, où se trouvent les ressources en bois. Ici, les effets de l'approvisionnement et de la consommation de dendroénergie dépendent : i) de la taille et de la population des villes ; ii) des politiques énergétiques et foncières ; iii) des modes de vie traditionnels et modernes ; iv) des politiques des prix envisagées ou en vigueur ; v) de la sécurité de l'approvisionnement énergétique ; vi) du caractère du paysage urbain, périurbain et rural/forestier. La combinaison de ces facteurs détermine l'ampleur, la périodicité et le moment des impacts au niveau de l'écosystème. Un deuxième niveau concerne les répercussions *socioéconomiques* de la production, du commerce et de l'utilisation de dendroénergie par rapport à d'autres formes d'énergie. Elles intéressent l'économie des communautés rurales participant à la production de combustibles ligneux ; les habitants urbains et périurbains s'occupant du transport et du commerce ; la santé et les caractéristiques de la qualité de l'air, tant à l'intérieur des maisons qu'à l'extérieur, liées aux techniques de conversion ; ainsi que d'autres aspects économiques et comportementaux.

Une autre façon d'évaluer les impacts potentiels et/ou réels des pratiques urbaines relatives à la dendroénergie consiste à identifier les aspects affectant directement les écosystèmes et les sociétés (*directement* liés à la chaîne dendroénergétique, comme la dégradation des écosystèmes forestiers ou les effets de la pollution produite par la combustion du charbon de bois et du bois de feu dans des foyers peu efficaces), ou exerçant des impacts *indirects* dans le temps et l'espace sur les dimensions urbaines et rurales, comme les changements d'affectation des terres déterminés par l'exploitation périodique des ressources en bois, et sur le développement personnel à cause du temps consacré au ramassage du bois de feu.

Les impacts peuvent également être classés en *positifs* et *négatifs*. Les impacts *positifs* sont la création de revenus et d'emplois pour les communautés décentralisées et les agriculteurs pauvres pendant la mortel-saison ; l'établissement de marchés ruraux et la promotion de systèmes de production (et de gestion) durable pour garantir la permanence des avantages, ainsi que l'approvisionnement en énergie de subsistance à un prix abordable pour les pauvres urbains, périurbains et ruraux. Les impacts *négatifs* sont la faiblesse et l'insécurité des revenus et l'épuisement de la ressource causés par l'incertitude des régimes fonciers et des droits d'exploitation ; la surexploitation résultant de la répartition très inégale des revenus liée à la fragmentation des groupes intéressés ; le manque d'accords d'approvisionnement clairs, qui nuit notamment au maillon le plus pauvre de la chaîne ; l'instabilité des marchés et la faible sécurité de l'exploitation de la ressource ; l'érosion du couvert arboré/forestier imputable aux crises dendroénergétiques ; la pénurie d'énergie ; et la mauvaise gestion (voire le manque de gestion) appliquée aux ressources arborées et forestières.

### Impacts sur les écosystèmes urbains et périurbains

Au cours des décennies écoulées, le terme écosystème appliqué au contexte urbain a suscité un débat plutôt animé du fait que, d'après les théories et les pratiques écologiques, une ville ne peut réellement être considérée comme un écosystème ; en effet, la population de la biocénose d'une ville ou d'une zone métropolitaine a très peu de probabilités d'être autosuffisante en aliments et énergie. Cette théorie confirme l'hypothèse selon laquelle, même si la notion d'écosystème est acceptée dans le milieu urbain, il faut le considérer comme un système fragile et relativement instable dans l'espace et le temps. L'énergie, en particulier la dendroénergie, est avec l'alimentation le meilleur exemple de cette fragilité.

Les impacts directs de la production de combustibles ligneux sur les écosystèmes urbains/périurbains sont limités par le fait évident que les ressources en arbres et forêts sont souvent rares dans les villes et à leurs alentours. Néanmoins, la coupe de branches, voire d'arbres entiers, pour la production de bois de feu est un spectacle habituel le long des rues citadines dans de nombreux pays pauvres (figures 10A, B). Cette exploitation directe des arbres et des forêts urbains peut s'accroître considérablement lorsque la pénurie d'énergie s'aggrave dramatiquement (encadré 6).

#### ENCADRÉ 6

##### Étude de cas : la forêt urbaine de Sarajevo

« Global ReLeaf Sarajevo » est le premier projet du programme « Plant it green » réalisé en partenariat avec American Forests. Ce projet est une initiative de plantation d'arbres visant à contribuer à la remise en état des forêts ravagées par la guerre, présentes dans la ville qui a hébergé les jeux olympiques hivernaux de 1984. Au cours des quatre années du siège de Sarajevo, les résidents ont coupé des arbres pour se procurer du combustible destiné au chauffage et à la cuisson des aliments et ont, de ce fait, déboisé les pentes des montagnes. La dévastation des forêts urbaines a provoqué de graves risques de glissements de terrain. Debbie Armstrong, médaille d'or des jeux olympiques hivernaux de 1984, s'est jointe aux efforts déployés par la ville de Sarajevo pour restaurer ses forêts urbaines.

#### FIGURE 10

##### Production de bois de feu à partir d'arbres urbains

A. Élagage excessif d'un arbre pour la récolte de bois de feu à Bangui.

B. Fagots de bois de feu tiré d'arbres citadins



Photo : Salbitano

#### Impacts sur les écosystèmes ruraux et forestiers

Le charbon de bois et le bois de feu sont souvent les sous-produits de diverses utilisations des terres et de régimes forestiers plutôt que leurs objectifs principaux. De même, ils tendent à constituer les sous-produits de la déforestation et des changements d'affectation des terres plutôt que leur cause directe, encore que la production de charbon de bois, par exemple, est parfois un moteur direct de dégradation (Pancel, 1993). Le bois de feu, notamment, est un sous-produit de l'exploitation forestière pour le bois d'œuvre, de l'agriculture itinérante, de la gestion des arbres des vergers et des exploitations, etc.

Dans de nombreux cas, parmi la multiplicité des facteurs dont on connaît les retombées, comme la perte permanente de couvert forestier, il est difficile d'isoler une cause précise ou de quantifier la contribution d'un facteur particulier. Les routes de débardage (ou simplement les nouveaux chemins d'accès forestiers), les nouvelles agglomérations, la demande de nouvelles terres agricoles et les besoins en combustibles ligneux sont souvent des causes concomitantes dans le processus d'épuisement des ressources forestières.

Il est désormais normalement accepté que l'extraction de combustibles ligneux soit une pratique moins destructive qu'on ne l'avait estimé dans les années 1980 et au début des années 1990 (Arnold *et al.*, 2003, et bien moins responsable de la disparition des forêts que l'expansion de l'agriculture. Cependant, on ne peut nier que la production incontrôlée de charbon de bois destiné aux marchés urbains, qui est assez fréquente, exerce un impact beaucoup plus marqué sur les forêts et les terres boisées que la collecte de bois de feu (Arnold *et al.*, 2003).

En temps normal, les défrichements de forêts pour la production de charbon de bois pourraient déterminer l'apparition d'une forêt secondaire, moyennant le recépage et la régénération, mais une production intense risque d'entraîner la dégradation des forêts et, sous l'effet d'une forte pression démographique, de provoquer indirectement une déforestation permanente. Comme noté dans le rapport final du projet sur le potentiel de charbon de bois en Afrique australe (CHAPOSA, 2002), la production de charbon de bois dans les forêts et les terres boisées a de graves répercussions écologiques, suivant l'intensité et les intervalles de l'exploitation, mais les impacts permanents, comme la perte d'arbres et de couvert arbustif, sont normalement dus à l'expansion de l'agriculture qui fait suite à la production de charbon de bois. La recherche entreprise en République-Unie de Tanzanie, en Zambie et au Mozambique a mis en évidence les impacts et phases progressifs suivants :

- Au début, sont abattus les arbres adultes mieux adaptés à la production de charbon de bois. À mesure que se raréfient ces espèces, les arbres moins convoités sont utilisés.
- Après la disparition des arbres adultes, la production de charbon de bois ne peut plus être soutenue. Le sort de la zone dépend de facteurs extérieurs.
- Si la population de la zone s'est accrue, des terres autrefois boisées seront affectées à l'agriculture ; s'il s'agit de culture itinérante, la terre finira par être abandonnée et se régénérera en produisant des formations arbustives ou une forêt ouverte ; s'il s'agit de culture permanente, les souches seront déracinées et la terre restera défrichée indéfiniment. De même si la terre est affectée au pâturage intensif.
- Dans les zones où la terre défrichée pour la production de charbon de bois est abandonnée, la régénération se fera en taillis principalement au début, puisque les producteurs de charbon de bois laissent normalement les souches des arbres abattus. La composition des espèces restera donc essentiellement semblable à celle préalable à la coupe des arbres pour la production de charbon de bois.
  - Toutefois, si la production de charbon de bois exerce une forte pression, les taillis seront à leur tour exploités avant que les arbres aient pu atteindre la maturité.
  - Sous un régime de gestion durable, la régénération peut être améliorée par la lutte contre les incendies (brûlage précoce), la coupe d'écrémage des taillis non viables et la protection contre le broutage.

Une analyse des résultats des changements de la couverture du sol, entreprise par le projet CHAPOSA autour de Dar-es-Salaam, a montré la forte dégradation imputable à la production de charbon de bois qui sévit dans la région. Sur une importante superficie de forêts fermées et ouvertes autour de la ville, le changement observé entre 1997 et 1998 était si prononcé qu'on pouvait parler de « déforestation » (transformation en brousse ou herbage) même en l'absence d'activités agricoles. Toutefois, d'après le rapport lui-même, dans la majorité des cas, la déforestation permanente était essentiellement attribuable à la demande croissante de terres agricoles, alors que la production de charbon de bois portait surtout à la dégradation avec perte de densité des arbres et des espèces adaptées à la carbonisation, notamment le long des routes.

### **Impacts sur les habitants urbains et périurbains**

La croissance rapide des populations urbaines et la concentration de l'utilisation de combustibles ligneux en milieu urbain produisent une série d'impacts à la fois positifs et négatifs sur la santé, le bien-être et la situation économique et sociale des citoyens.

#### ***Impacts négatifs***

La densité des agglomérations et la concentration des logements entraînent une augmentation marquée des émissions résultant de la consommation d'énergie. L'emploi de combustibles ligneux détermine des changements dans l'environnement urbain qui pourraient avoir des effets délétères sur la santé humaine. Notamment dans le cas de la pauvreté, les techniques de combustion des matériaux ligneux sont rudimentaires et produisent des émissions massives, accompagnées de fumée et d'un pourcentage élevé de particules. Ces phénomènes peuvent donner lieu à une série de pathologies humaines allant des maladies respiratoires au cancer.



La surexploitation pour la production de dendroénergie altère la qualité des paysages urbains. La réduction ou l'épuisement du couvert arboré urbain et périurbain modifie le microclimat, en particulier le rayonnement solaire, l'humidité relative et l'absorption des particules. De tels changements peuvent compromettre indirectement la santé et le bien-être. La réduction (ou l'absence) de couvert arboré limite aussi les possibilités d'activités à l'extérieur, tant de récréation (sport, loisirs, etc.) qu'économiques (commerce, marchés en plein air) et, partant, cause indirectement la détérioration du niveau de vie.

Lorsque les sources de biomasse ligneuse sont épuisées, l'effet négatif consistera dans l'incertitude ou l'insuffisance de l'approvisionnement en énergie de subsistance.

Par rapport à d'autres sources énergétiques comme le gaz et l'électricité, l'usage prédominant de dendroénergie exige la disponibilité accrue d'espaces d'entreposage pour le détaillant aussi bien que pour les ménages.

### **Impacts positifs**

L'emploi de dendroénergie est intimement lié aux traditions et à la culture populaires. Le bois et le charbon de bois sont des matériaux visibles et tangibles, et font partie de la vie et du paysage quotidiens de multiples parties du monde (figure 11).

Les combustibles ligneux influencent l'identité culturelle à cause de leur rôle dans la cuisine traditionnelle de la plupart des pays en développement ; ils sont toujours présents dans les marchés même lorsque d'autres sources énergétiques sont disponibles. Leur familiarité donne aux citoyens une sensation d'appartenance sans dépendance vis-à-vis de forces extérieures.

Les combustibles ligneux sont un produit essentiel pour les pauvres des zones urbaines car ils représentent des sources d'énergie accessibles à des prix abordables et relativement stables.

La filière du bois de feu permet la réalisation de multiples activités rémunératrices exigeant un faible investissement initial. Les systèmes dendroénergétiques ont un impact positif sur maints emplois à l'intérieur et aux alentours des villes. Par rapport à toutes les sources d'énergie, les combustibles ligneux ont le taux d'emploi le plus élevé par unité d'énergie dégagée.

Les combustibles ligneux sont inoffensifs contrairement à l'électricité dont l'approvisionnement est souvent insuffisant et peu fiable ou au pétrole dont les prix fluctuent sur le marché mondial.

FIGURE 11

**Bois de feu et écoliers à Bangui, République centrafricaine, où les systèmes dendroénergétiques font partie intégrante de la vie quotidienne et de la culture**



Photo : Salbitano

## **Impacts sur les communautés rurales et forestières**

Un nombre considérable de personnes sont engagées d'une façon ou d'une autre dans la filière d'activités liées aux systèmes dendroénergétiques urbains. Outre les commerçants, les détaillants et les transporteurs des zones urbaines et périurbaines, un nombre encore plus élevé de ruraux et d'habitants des forêts participent, bien que temporairement parfois, à la collecte de bois de feu et à la production de charbon de bois. Pour les personnes « décentralisées » vivant à la périphérie du bassin d'approvisionnement en bois, la production de combustibles ligneux est la principale source de revenu ou, dans le cas de maints paysans pauvres, un important supplément à leur revenu agricole principal.

### ***Impacts négatifs***

Parmi les impacts sociaux et économiques négatifs les plus graves de l'extraction de bois de feu et de la production de charbon de bois non réglementées figurent la dégradation et la perte de ressources communautaires dues à la surexploitation de forêts gérées traditionnellement au titre de lois coutumières. Cette situation résulte de l'incertitude du régime foncier et de l'ambiguïté des droits d'exploitation des forêts et des terres boisées par les communautés rurales et forestières. Cette situation non seulement interdit la concrétisation d'avantages à long terme et la production durable de biomasse pour les villageois, mais favorise aussi les opérations de marchands sans scrupules qui ne sont intéressés qu'à l'obtention de gains rapides et offrent de maigres salaires. Dans ces conditions, la production non réglementée de bois de feu et de charbon de bois peut provoquer les dommages suivants :

- dégradation de l'environnement villageois et perte de ressources en combustibles ligneux servant à l'usage personnel des habitants ;
- transfert massif de richesses des communautés rurales à quelques marchands citadins ;
- répartition injuste des revenus parmi les producteurs et les marchands ;
- systèmes de quasi-monopole pratiqués par les marchands qui choisissent unilatéralement les forêts à exploiter pour dégager des revenus à court terme ;
- niveaux accrus de corruption ;
- appauvrissement des zones rurales ;
- accélération de l'exode rural.

### ***Impacts positifs et opportunités***

Comme on l'a vu plus haut, il est évident que la demande urbaine de combustibles ligneux doit être prise très au sérieux aussi bien par les urbanistes que par les organismes forestiers, agricoles, de développement rural et d'énergie, en raison de ses multiples répercussions sociales, économiques et environnementales. Il existe des solutions qui permettent d'atténuer les impacts négatifs et d'exploiter les opportunités en faveur du développement durable. Les facteurs clés sont évidents : régime foncier et droits d'exploitation, approches participatives et gestion durable de la ressource.

Le projet de gestion durable et participative de l'énergie (PROGEDE) du Sénégal (1997-2004), financé par la Banque mondiale et le Gouvernement des Pays-Bas, est un de ces cas positifs. En ce qui concerne l'approvisionnement, le projet a mis l'accent sur la réalisation et la surveillance de 300 000 ha de systèmes forestiers écologiquement viables et gérés par les communautés dans la zone de Tambacounda et de Kolda. Il a également tenu compte de certains aspects importants relatifs à la demande de combustibles ligneux, à la création de capacités et au renforcement des institutions.

L'encadré 7 récapitule les importants enseignements tirés du projet PROGEDE et ses réalisations, qui pourraient intéresser également d'autres pays qui font face aux mêmes problèmes.

## **DEMANDE URBAINE ET APPROVISIONNEMENT RURAL : NOUVELLE INTERACTION SPATIALE ET SOCIOÉCONOMIQUE**

### **Expansion des zones d'approvisionnement**

Du point de vue géographique, il est clair que la zone intéressée par la demande en combustibles ligneux des villes des pays en développement s'étend rapidement. Les bassins d'approvisionnement en bois urbains tendent à englober d'importantes portions du territoire national en raison de la demande croissante, née de la combinaison de l'urbanisation et de la pauvreté, et de la diminution des ressources due aux changements d'affectation des terres et à la surexploitation. Les zones d'approvisionnement en combustibles ligneux sont souvent éloignées des villes, notamment dans le cas du charbon de bois qui est parfois produit à plusieurs centaines de kilomètres du lieu de consommation (comme à Dakar où les sources d'approvisionnement se situent dans la Casamance, de l'autre côté du fleuve Sénégal).



## ENCADRÉ 7

### Projet PROGEDE

#### Les enseignements

- La production et la commercialisation des biocombustibles peuvent non seulement se stabiliser et perdurer, tout en freinant la déforestation et en contribuant à la conservation écologique, mais elles peuvent aussi s'avérer une stratégie sociale et économique de développement rural d'une grande efficacité.
- Bien que la gestion de la demande soit importante et devrait être poursuivie – notamment grâce à la diffusion de techniques et pratiques améliorées – elle ne peut résoudre les problèmes existants. Elle revêt toutefois beaucoup d'intérêt compte tenu de la distance considérable entre la demande urbaine et les lieux de production.
- L'établissement de systèmes d'approvisionnement durable en combustibles ligneux, et respectueux de l'environnement et des aspects sociaux, ne peut se réaliser que par la mise en oeuvre de programmes intégrés de foresterie communautaire et de gestion des ressources naturelles. Les gouvernements ne disposent en général ni des ressources financières et humaines ni des incitations pour ce faire, alors que le secteur privé est découragé par les longs délais de recouvrement de l'investissement, les risques inhérents et les maigres marges bénéficiaires.
- Il est donc nécessaire de prévoir un ensemble minimal de politiques qui devrait comprendre: i) des droits et responsabilités en matière de régime foncier et de ressources forestières clairs et juridiquement applicables ; ii) un système fiscal et de taxation transparent et décentralisé ; iii) un système d'établissement des prix clair et juste ; et iv) l'accès assuré pour les producteurs de combustibles ligneux aux marchés de consommation.
- Les investissements dans les activités féminines (jardins potagers ruraux, microcrédit, etc.) sont le moyen le plus sûr et le plus concret de réduire la pauvreté et, en particulier, d'améliorer la santé et l'éducation des bénéficiaires, notamment les enfants.

#### Les réalisations principales

- Des systèmes de gestion forestière durables à assise communautaire ont été établis sur une superficie de 378 161 hectares.
- Les communautés rurales et les ONG dans les zones du projet ont appliqué des modules de gestion participative et produit et commercialisé des combustibles ligneux et de multiples autres produits dérivés ou non du bois.
- Des micro-entreprises communautaires ont été mises en place, comprenant des unités de carbonisation améliorées opérées par les bénéficiaires, des coopératives d'apiculture, des unités/systèmes de diversification agricole/animale collectifs (femmes) et individuels.
- Une base viable d'activités rémunératrices (produits ligneux et non) a été établie.
- Quelque 20 pour cent des disponibilités énergétiques actuelles du Sénégal sont maintenant tirés avec succès de ressources renouvelables.
- Le commerce urbain du charbon de bois a été réorganisé et modernisé, et des accords (contrats) d'approvisionnement à long terme peuvent être établis entre les communautés rurales et les marchands urbains.
- Les marchands de charbon de bois existants ont bénéficié d'un soutien à la diversification de leurs activités économiques.
- Les substitutions de combustibles (kérosène et GPL) ont été encouragées, de même que la distribution de foyers améliorés, par le secteur privé et la communauté des ONG.
- Une base de données numérique permanente et un système d'information sur le secteur énergétique ont été établis.
- Des « boutiques de l'énergie » urbaines et périurbaines ont été conçues et mises en place.
- Le service forestier a été transformé en un organisme d'assistance technique et de renforcement des capacités, grâce à l'adoption d'approches participatives et à la forte amélioration de la gouvernance.
- Les institutions sociales traditionnelles et leur rôles et responsabilités vis-à-vis de la gestion des ressources naturelles ont été revitalisés et renforcés, ainsi que les associations et groupes féminins.
- Les marchands de charbon de bois dans la zone du projet, considérés jadis comme les « ennemis » des communautés rurales, deviennent des partenaires commerciaux effectifs. Ce changement a été encouragé par l'établissement de contrats légaux.

Source : Banque mondiale, 2008 (basé sur Banque mondiale, 2005).

En outre, il ne faut pas oublier que les zones d'approvisionnement en combustibles ligneux sont souvent dégradées, en particulier les terres boisées et les forêts exploitées pour la production de charbon de bois. Ces processus de dégradations résultent non seulement de l'exploitation mais aussi des périodes de révolution trop brèves pour permettre au peuplement d'atteindre son niveau antérieur, ainsi que des changements d'affectation des terres imputables en premier lieu au besoin croissant de terres agricoles et de pâturages. C'est pourquoi les zones d'approvisionnement réelles sont souvent insuffisantes, et les zones « nominales » sous régime durable devront être plus étendues que celles existantes.

Lorsque l'on analyse au fil du temps les bassins d'approvisionnement en bois urbains et leur évolution dans l'espace en fonction des projections de la demande urbaine, il est essentiel de tenir compte des zones d'approvisionnement *effectives* et de l'impact qu'elles subissent, ainsi que de délimiter les zones d'approvisionnement durable *nominales* ou *potentielles*. En outre, la connaissance de la disponibilité ou non de zones d'approvisionnement durable potentielles devrait orienter la formulation des politiques de développement et le choix des priorités en matière de foresterie et d'énergie urbaines.

### **La filière socioéconomique**

Au plan socioéconomique, le bassin d'approvisionnement en bois urbain comprend plusieurs catégories de consommateurs et de longues chaînes de producteurs, marchands et détaillants, qui représentent un maillon fondamental des systèmes dendroénergétiques. La production, les échanges et la commercialisation de bois de feu et de charbon de bois fournissent des emplois à la fois temporaires et permanents, et un revenu à un grand nombre de personnes vivant souvent hors des villes.

Parmi les autres sources d'énergie conventionnelles et renouvelables, la bioénergie est la technologie à plus haut coefficient de main-d'œuvre et qui a les meilleures chances de créer des emplois dans les pays en développement comme dans ceux industrialisés (AIE Bioénergie, 2005). Dans les premiers sont intéressants les systèmes dendroénergétiques et leurs taux élevés d'emploi par rapport à d'autres systèmes énergétiques, comme il ressort du tableau 3 qui donne une estimation du potentiel d'emploi local de différents combustibles domestiques par unité type d'énergie consommée (FAO, 2003c). Les valeurs comprises dans le tableau 3 sont tirées d'estimations de l'emploi local procuré par la production et la distribution de différents combustibles, provenant d'études entreprises dans des pays en développement (PNUD/BM-ESMAP, 1992). Parmi les différents combustibles domestiques, la production et le commerce de bois de feu et de charbon de bois fournissent le plus grand nombre d'emplois par unité type d'énergie consommée, alors que les carburants à base de pétrole exercent l'effet le moins prononcé sur l'emploi.

En appliquant des facteurs de conversion types du bois de feu et du charbon de bois (annexe 1) aux taux d'emploi du tableau 3, on constate que les taux d'emploi par tonne de biomasse ligneuse (anhydre) pour le bois de feu et le charbon de bois ont des valeurs comparables, à savoir 2,7 et 2,3 journées de travail en moyenne respectivement. Ces valeurs sont données à titre indicatif seulement et sont sujettes à de fortes variations locales mais elles permettent de définir l'ordre de grandeur du potentiel d'emploi des systèmes dendroénergétiques.

Vu la demande concentrée et croissante en combustibles ligneux, notamment en charbon de bois, par les grandes villes des pays en développement, il est facile d'imaginer le nombre grandissant de personnes vivant hors des villes qui sont tributaires de cette ressource pour leurs moyens d'existence.

Les administrateurs des villes, les urbanistes et les décideurs devront se rendre compte de cette dépendance et de ses interactions environnementales et socioéconomiques. Les villes en expansion sont responsables de la gestion des ressources exploitées pour satisfaire leurs besoins et ceux des communautés qui en dépendent. La foresterie urbaine peut jouer un rôle vital de liaison à cet égard en définissant et délimitant les bassins d'approvisionnement en bois urbains et la position géographique de leurs parties prenantes.

Afin de s'acquitter de cette responsabilité accrue, les urbanistes et les décideurs devront être mis au courant de ces interactions environnementales et socioéconomiques, et la foresterie urbaine peut jouer un rôle de liaison essentiel à cet égard en contribuant, comme on l'a dit, à la définition et la délimitation des bassins urbains et de la position géographique des parties prenantes.

## **ANALYSE DES FORCES, FAIBLESSES, POSSIBILITES ET MENACES (FFPM) DE LA DENDROENERGIE**

Il est évident que la dendroénergie est à la croisée des chemins de différents secteurs (foresterie, agriculture, énergie, développement urbain et rural) et qu'elle exerce une influence sensible sur l'environnement et l'économie des zones et des communautés urbaines et rurales à des échelles allant des ménages individuels à des contextes nationaux, voire internationaux.

Pour connaître les multiples aspects qui caractérisent la dendroénergie urbaine et son influence environnementale et socioéconomique dans un milieu urbain et rural, une analyse des forces, faiblesses, possibilités et menaces (FFPM) est donnée au tableau 4.

TABLEAU 3

**Potentiel d'emploi local estimé de différents combustibles domestiques par unité type d'énergie consommée (PNUD/BM-ESMAP, 1992)**

Type de combustible	Quantité de combustible par TJ	Emploi par TJ d'énergie en journées de travail <sup>a</sup>
Kérosène <sup>b</sup>	29 kl	10
GPL	22 m <sup>3</sup>	10–20
Charbon <sup>c</sup>	43 tonnes	20–40
Électricité <sup>d</sup>	228 MWh	80–110
Bois de feu <sup>e</sup>	62 tonnes	100–170
Charbon de bois	33 tonnes	200–350

a) L'emploi comprend l'établissement, l'extraction, la production, la transmission, l'entretien, la distribution et la vente, y compris le relevé des compteurs. Il ne comprend pas l'emploi généré hors du pays par des combustibles importés semi transformés.

b) Il est supposé que le pétrole brut (à raffiner), le kérosène et le GPL sont importés.

c) Les chiffres varient suivant l'intensité de capital de la mine, l'épaisseur de la couche, la valeur énergétique du charbon et la distance des lieux de consommation.

d) Les chiffres varient en fonction des méthodes de production, allant des centrales hydroélectriques aux unités traditionnelles alimentées au pétrole/charbon, et de l'efficacité de la production, de la transmission et de la distribution d'électricité.

e) Les chiffres dépendent de la productivité du site, de l'efficacité des producteurs et de la distance des marchés.

**TABLEAU 4**  
**Analyse FFPM des systèmes dendroénergétiques urbains**

Contexte RURAL							
Contexte URBAIN-PÉRIURBAIN							
Forces	Faiblesses	Possibilités	Menaces	Forces	Faiblesses	Possibilités	Menaces
<b>Général</b>							
Les compétences et méthodes des secteurs forestier, énergétique et agricole urbains sont suffisantes pour gérer un système dendroénergétique	Manque d'informations suffisantes sur l'ensemble de la filière, depuis la production jusqu'aux consommateurs	L'intégration de la foresterie, de l'énergie, de l'agriculture urbaines et la volonté politique peuvent améliorer les milieux urbains et ruraux et la qualité de la vie, grâce à des politiques et des mesures intersectorielles rationnelles.	L'absence d'informations peut entraver la compréhension et la formulation de politiques rationnelles	Les compétences et les méthodologies des secteurs forestier, énergétique et agricole urbains sont à même de gérer des systèmes dendroénergétiques	Insuffisance des informations sur l'ensemble de la filière, depuis la production jusqu'à la consommation	L'intégration de la foresterie et de l'énergie urbaine et la volonté politique améliorent les milieux urbains et ruraux ainsi que la qualité de la vie, grâce à des politiques et des mesures intersectorielles rationnelles.	Le manque d'information peut entraver la compréhension et la formulation de politiques rationnelles
<b>Environnemental</b>							
La biomasse est une ressource renouvelable	Émissions dues au manque de technologies	Réduction des émissions grâce à des techniques plus efficaces	Dégradation et épuisement des arbres urbains/périurbains à cause des besoins énergétiques croissants des urbains pauvres.	Valorisation des forêts marginales et des résidus forestiers.	Dégradation des forêts et des terres due à des techniques impropres	Promotion de la gestion durable des forêts	Dégradation des forêts/terres et désertification irréversibles
Intégration avec d'autres avantages et services (gestion polyvalente des terres)	Fumée et niveau élevé des particules	Adoption de la bioénergie	Énergétiques croissants des urbains pauvres.	Maintien du couvert forestier (grâce à des techniques forestières durables)	L'augmentation rapide de la demande de charbon de bois et des gains connexes encouragent l'exploitation anarchique des forêts et des terres boisées.	Rentabilité accrue de la foresterie durable	L'augmentation de la demande de charbon de bois (par rapport au bois de feu) accroît la pression sur les ressources forestières
Restauration/amélioration du paysage	Espace d'entreposage au niveau des ménages et du détaillant	Substitution des combustibles non renouvelables	Dégradation des terres due à des techniques impropres	Maintien des ressources en eau		La foresterie communautaire et la participation renforcent la durabilité	Des capacités institutionnelles et une reconnaissance politique insuffisantes peuvent compromettre la gestion durable et provoquer l'épuisement des ressources forestières
Qualité de l'air, de l'eau et du sol	Amélioration à long terme de l'environnement urbain	Amélioration de l'environnement urbain	L'insuffisance de capacités institutionnelles et de la reconnaissance politique risque de compromettre la gestion durable et de causer la dégradation de l'environnement			L'augmentation de la demande de charbon de bois exige et encourage une approche plus ferme de la gestion globale et participative des forêts	
Substitution de combustibles non renouvelables	L'augmentation des activités forestières urbaines peut encourager une gestion globale et participative de l'environnement urbain		Inondations/glissemements de terrain causés par la déforestation, la dégradation des bassins versants, etc.				Inondations/glissemements de terrain causés par la déforestation, la dégradation des bassins versants, etc.

**Contexte URBAIN-PÉRIURBAIN**

**Contexte RURAL**

Forces	Faiblesses	Possibilités	Menaces	Forces	Faiblesses	Possibilités	Menaces
Moins de dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs de combustibles	Usage du bois de feu considéré comme indicateur de pauvreté en termes de statut social	Utilisations accrues comme ressource énergétique grâce à des technologies améliorées	Le manque de capacités institutionnelles et de reconnaissance politique peut provoquer des inégalités sociales, l'illégalité et la corruption	Moyen de lutte contre la pauvreté en zone rurale	Dépendance vis-à-vis des transports	Création de coopératives de petits producteurs	Transfert disproportionné des richesses des communautés rurales à quelques commerçants urbains
Sécurité énergétique	Utilisation limitée (cuisine et chauffage) comme sources d'énergie exploitées par des techniques traditionnelles	La participation des petits producteurs et des parties urbaines renforce le sentiment d'appartenance.	L'augmentation rapide de la valeur des terres dans les zones périurbaines peut compromettre les projets forestiers urbains qui ont besoin d'investissements à moyen et long terme.	Refuge pour les revenus en période de crise agricole	Répartition inégale des revenus supplémentaires des parties prenantes en jeu, depuis les producteurs jusqu'aux détaillants, en l'absence de politiques des prix et en présence d'un marché non réglementé	Établissement d'accords long terme entre les communautés rurales et les commerçants urbains	Appauvrissement des communautés rurales en l'absence de politiques, règlements et participation
Chaîne locale et régionale des emplois	Prix de la terre pour les activités des petits producteurs forestiers urbains	Sécurité énergétique accrue grâce à la dépendance plus limitée vis-à-vis des combustibles importés		Adapté à la création de micro-entreprises communautaires			Accélération de l'exode rural
Taux élevé d'emploi	Manque de connaissances et de techniques sylvoles	Réduction des coûts et dettes extérieurs.		La foresterie communautaire et la participation favorisent la durabilité	Les faibles rendements des produits incitent le marché à promouvoir la coupe des arbres plutôt que leur protection.		
Produit apprécié par les détaillants et les consommateurs (charbon de bois)	Les forêts urbaines et la dendroénergie sont des secteurs négligés au niveau politique, et ne sont pas compris dans les programmes des organismes nationaux/internationaux s'occupant d'énergie/environnement				L'accroissement rapide de la demande de charbon de bois et des possibilités de gains détermine l'épuisement des ressources communautaires en faveur des opérateurs urbains et au détriment des communautés rurales		Augmentation de l'urbanisation due à l'appauvrissement des communautés rurales/forestières dont les ressources ont été épuisées
Détaillants femmes							Des capacités institutionnelles et une reconnaissance politique inadéquates peuvent provoquer des inégalités sociales, l'illégalité et la corruption.
Entrée abordable dans la chaîne commerciale des combustibles ligneux							
Demande très répandue							
La planification et la prise de décisions adéquates garantissent l'établissement éventuel de micro-entreprises communautaires							
La foresterie urbaine (communautaire) et la participation renforcent la durabilité							

**Socioéconomique**

## **PARTIE II**

# **DONNÉES DENDROÉNERGÉTIQUES ET MÉTHODES DE PLANIFICATION DE LA DENDROÉNERGIE PÉRIURBAINE ET URBAINE**



# Données et outils de planification de la dendroénergie

## STATISTIQUES DE LA CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES LIGNEUX

La détermination de la consommation actuelle de combustibles ligneux aux niveaux mondial, régional et national et l'estimation des scénarios futurs éventuels sont des tâches complexes, à cause notamment du manque d'informations sur la dendroénergie dans les données de base tant internationales que des pays en jeu. Cette situation, qui est commune aux pays développés comme à ceux en développement, découle de l'incapacité des institutions de comprendre pleinement l'importance du rôle que joue la dendroénergie dans les économies locales, régionales et nationales. Les différentes perspectives de la « foresterie » et de l'« énergie » adoptées par les estimateurs donnent lieu à de profondes divergences dans les sources des données et sont à l'origine des problèmes les plus sérieux (FAO, 2005a).

Il reste encore beaucoup à faire pour établir des statistiques fiables de la dendroénergie, mais des pas importants accomplis récemment dans ce sens montrent qu'il y a de l'espoir pour ce secteur qui est normalement négligé. Parmi les améliorations marquées figurent les suivantes :

- Le processus international promu par la FAO pour l'élaboration d'un ensemble de termes et définitions relatifs à la dendroénergie et à la bioénergie (FAO, 2004a) ;
- la modélisation multidimensionnelle, dans le cadre de l'Étude sur les perspectives mondiales des produits forestiers (EPMPF), de la consommation de bois de feu et de charbon de bois, fondée sur des données de terrain fiables et utilisée pour combler les lacunes de données dans les statistiques nationales de la FAO (FAO, 2001a) ;
- l'examen des sources nationales et internationales existantes d'informations et de statistiques sur les combustibles ligneux, et la création d'une base de données consultable provenant de multiples sources (FAO, 2005a).

La plupart des statistiques disponibles de la consommation de bois de feu et de charbon de bois se limitent à des totaux nationaux, avec quelques ventilations par ménage et autres secteurs, mais rarement par zone urbaine et rurale.

Étant donné l'absence de statistiques systématiques de la consommation urbaine de combustibles ligneux, le rôle et la dynamique de la dendroénergie urbaine se basent sur des séries chronologiques et des projections de la consommation de charbon de bois, en supposant que le charbon de bois est consommé surtout dans les villes alors que le bois de feu l'est de préférence dans les zones rurales.

## PROJECTIONS DE L'EPMPF DE LA CONSOMMATION DE BOIS DE FEU ET DE CHARBON DE BOIS

Afin d'utiliser la série la plus complète de statistiques de la consommation passée et prévue de bois de feu et de charbon de bois, tous les chiffres et les statistiques présentés ici proviennent d'estimations formulées au niveau du pays dans le cadre de l'EPMPF (FAO, 2001a) qui couvre la totalité de la planète entre 1960 et 2030. Cette série de données est la seule qui contienne des projections pour tous les pays du monde et qui offre, malgré quelques limitations et approximations dues au manque de données de terrain fiables, une vision cohérente et réaliste de scénarios probables de la dendroénergie.

Bien que d'autres sources puissent apparaître plus crédibles, dans une analyse par pays aux niveaux régional et mondial, l'EPMPF semble fournir des estimations cumulées réalistes et fiables.

### Scénario de la consommation mondiale de bois de feu et de charbon de bois

Les tendances mondiales de la consommation de combustibles ligneux, montrées à la figure 12, soulignent l'augmentation sensible du charbon de bois dans toutes les régions, notamment en Afrique et Amérique latine, et la diminution du bois de feu, à l'exception notable de l'Afrique, où il est estimé que la demande de ce combustible progressera jusqu'en 2025.

En Asie et en Afrique, la biomasse ligneuse utilisée pour la production de charbon de bois représente actuellement une fraction de la quantité utilisée directement comme bois de feu, alors qu'en Amérique latine on s'attend à ce que le charbon de bois égale le bois de feu d'ici 2030. En Afrique, la croissance de la demande de charbon de bois due principalement à l'urbanisation est extrêmement forte et l'on prévoit que cette demande doublera d'ici 2030.

### Scénario africain

Les niveaux de consommation et les tendances attendues du bois de feu et du bois de carbonisation dans les sous-régions africaines sont indiqués à la figure 13. Les niveaux et les tendances de la consommation de



charbon de bois sont le plus élevés dans les sous-régions tropicales : sahéliennes orientales, occidentales humides, australes tropicales et centrafricaines.

L'importance croissante de la consommation de charbon de bois en Afrique tropicale par rapport à celle de bois de feu est montrée à la figure 14. D'après les estimations de l'EPMPF, le bois utilisé pour la fabrication de charbon de bois en 2030 correspondra à la moitié du bois utilisé comme bois de feu, avec un accroissement de quelque 111 pour cent à partir de 2000 contre une augmentation prévue de 27 pour cent pour le bois de feu. En 2030, le bois utilisé pour la carbonisation représentera le tiers de la quantité totale de bois utilisé à des fins énergétiques.

Toutefois, ce qui est très important, c'est que ce bois proviendra presque exclusivement des forêts et des terres boisées denses et grâce à des moyens de transport et des circuits commerciaux, alors que la majorité du bois de feu sera extraite des exploitations agricoles et des résidus et sous-produits forestiers, de la collecte de bois mort et par des circuits informels non commerciaux. Si l'impact de la production de charbon de bois sur les ressources forestières est notable aujourd'hui il augmentera probablement à l'avenir.

Il est impératif de reconnaître le rôle prédominant de la production de charbon de bois dans la gestion des forêts et les défis inhérents, et de convertir les menaces potentielles en possibilités de développement pour les communautés décentralisées et périurbaines.

FIGURE 12  
**Consommation mondiale de bois de feu et de charbon de bois par région, 1970-2030 (FAO, 2001a)**

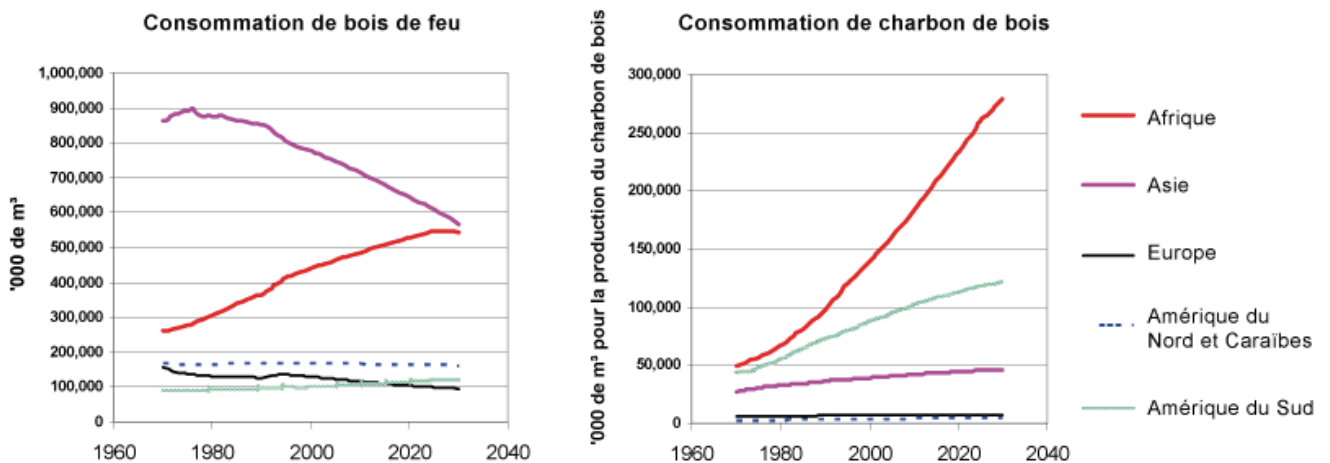


FIGURE 13  
**Consommation africaine de bois de feu et de charbon de bois par sous-région, 1970-2030 (FAO, 2001a)**

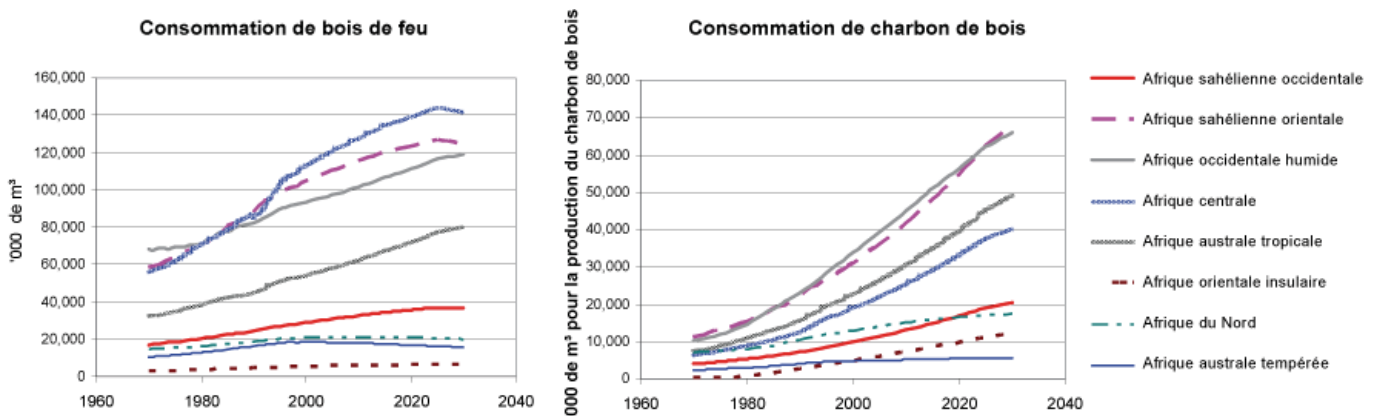
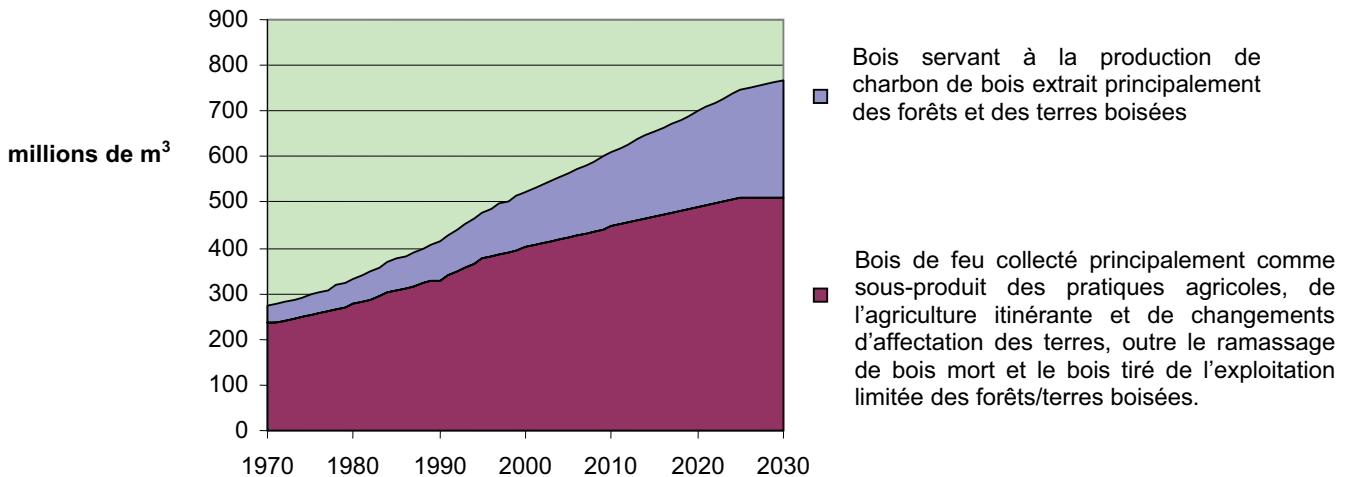


FIGURE 14

Consommation de dendroénergie en Afrique tropicale, 1970-2030 (FAO, 2001a)

**Bois consommé comme bois de feu et pour la production de charbon de bois en Afrique tropicale**

Projections des modèles EPMPF



**OUTILS DE PLANIFICATION POUR LES DÉCIDEURS**

La dendroénergie urbaine n'est pas un secteur autonome et délimité et aucune structure institutionnelle bien définie n'est responsable de sa planification et de son contrôle. Elle se situe plutôt à l'intersection de nombreux différents secteurs, disciplines et compétences institutionnelles, dont chacun a son propre ensemble de responsabilités et d'outils de planification, mais dont aucun n'assume la responsabilité directe de la réalisation et de la surveillance de systèmes dendroénergétiques durables pour les villes. Le tableau 5 fournit un aperçu synthétique des principaux secteurs qui contribuent à la planification durable de la dendroénergie urbaine.

Un important défi inhérent à la planification de la dendroénergie urbaine consiste à surmonter la fragmentation des compétences et des responsabilités qui caractérisent le secteur, et d'atteindre un bon niveau d'intégration et de collaboration avec les secteurs en jeu.

Dans le secteur énergétique, il existe divers outils de planification qui comprennent des éléments de dendroénergie, comme le Système de planification des énergies de remplacement à long terme (FAO, 1998a, SEI, 2000), mais ils sont analysés principalement du point de vue de la consommation, en omettant la plupart des questions relatives aux sources d'approvisionnement en combustible ligneux et à la durabilité de la production.

Par ailleurs, les outils de gestion forestière qui s'occupent de la durabilité de la production (FAO, 2002b) servent principalement aux concessions d'exploitation forestière et à la production de bois rond industriel plutôt qu'à la production de combustibles ligneux, malgré le rôle extrêmement important que jouent ces combustibles parmi les produits forestiers. En outre, la gestion des forêts se limite aux formations forestières, alors qu'une large part de l'ensemble des combustibles ligneux consommés est produite hors des forêts et des autres terres boisées (zones d'agriculture itinérante, conversions de l'utilisation des terres, agroforesterie, exploitations agricoles, etc.), ou vient des résidus de la récolte ou de la foresterie industrielle.

Les problèmes propres à la dendroénergie sont affrontés normalement grâce à des études locales détaillées, comme l'analyse des flux de combustibles ligneux d'une zone donnée (FAO, 1997a ; 1998b ; 2000 ; 2001b), où les résultats supportent la planification locale ou sont extrapolés au niveau national pour orienter les actions et interventions énergétiques. De nombreux études et projets locaux, voire la plupart, portent sur des villes désignées et leurs zones d'approvisionnement en bois de feu et charbon de bois, dans le but notamment de favoriser la gestion durable des ressources et l'approvisionnement permanent en combustibles ligneux (Bertrand, Konandji et Madon, 1990, ESMAP, 1993 ; Chapos, 1999).

Bien que ces études donnent suffisamment d'informations et facilitent beaucoup la formulation de politiques rationnelles, elles coûtent cher et prennent du temps. Leur coût réduit forcément leur couverture et leur fréquence, si bien qu'elles ne peuvent fournir l'aperçu national nécessaire à la formulation des politiques concernant le potentiel énergétique renouvelable, à la planification forestière et énergétique, aux inventaires de gaz à effet de serre, et ainsi de suite.

Par ailleurs, ces études ont confirmé l'hétérogénéité locale des situations en matière de dendroénergie et ont contribué à préciser les caractéristiques fondamentales des systèmes dendroénergétiques qui peuvent être synthétisées comme suit.

**Spécificité géographique.** Les modes de production et de consommation des combustibles ligneux, et leurs impacts sociaux, économiques et environnementaux relatifs, sont propres au site (Mahapatra et Mitchell, 1999 ; FAO/RWEDP, 1997 ; FAO, 2003a). Des généralisations concernant la situation et les impacts des combustibles ligneux dans les diverses régions, voire dans le même pays, ont souvent abouti à des conclusions erronées, une mauvaise planification et une mise en œuvre inefficace.

**Hétérogénéité des sources d'approvisionnement en combustibles ligneux.** Les forêts ne sont pas les seules sources de biomasse ligneuse utilisées pour la production d'énergie. D'autres paysages naturels ou créés par l'homme, comme les formations arbustives, les exploitations agricoles, les vergers et les plantations agricoles, l'agroforesterie, les arbres d'alignement et les haies, contribuent considérablement à la production de bois de feu et, dans une moindre mesure, à la fourniture de la matière première servant à la production de charbon de bois.

**Adaptabilité du consommateur.** Les modèles de la demande et de l'offre s'influencent réciproquement et tendent à s'adapter aux diverses sources disponibles, ce qui signifie que les estimations quantitatives de l'impact sur l'environnement d'un type de demande donné sont très incertaines et devraient être évitées (Leach et Mearns, 1988 ; Arnold *et al.*, 2003).

TABLEAU 5  
Secteurs intervenant dans la planification durable de la dendroénergie urbaine

Secteur	Objectif principal par secteur de gestion	Rôle potentiel du secteur dans la planification dendroénergétique urbaine
Foresterie urbaine	Gestion polyvalente des forêts, des arbres et des zones de récréation vertes urbaines	Promotion d'espèces énergétiques, pratiques de production de la biomasse et gestion participative dans les zones urbaines et périurbaines ; liaison entre la foresterie et le développement urbain.
Foresterie générale	Conservation des ressources forestières et gestion durable des forêts (pour la production de bois d'œuvre et la foresterie industrielle principalement)	Gestion participative durable des forêts et des terres boisées pour la production de bois de feu et de charbon de bois dans le bassin d'approvisionnement en bois urbain ; liaison entre le développement rural et urbain.
Développement urbain	Création de zones résidentielles, commerciales/industrielles et d'infrastructures	Inclusion de la fonction de production de biomasse ligneuse dans la gestion des terres des zones urbaines et périurbaines ; optimisation du couvert arboré.
Énergie urbaine	Extension du réseau électrique et de distribution de gaz dans les zones urbaines et périurbaines	Analyse de la demande de combustibles ligneux par les habitants des zones urbaines et périurbaines et son évolution au fil du temps ; établissement d'accords d'approvisionnement avec les communautés rurales/forestières.
Énergie générale	Politique énergétique nationale portant principalement sur les produits pétroliers, l'électricité et les sources d'énergie « modernes » renouvelables	Enquête sur les modèles et les tendances de la consommation de combustibles ligneux ; promotion de technologies énergétiques efficaces.
Agriculture	Production alimentaire	Cultures bioénergétiques, production de biomasse ligneuse grâce à des boisements d'espèces à croissance rapide, production de charbon de bois pour redresser le revenu des agriculteurs.
Développement rural	Développement durable ; communautés rurales ; associations paysannes ; gouvernance et équité ; questions de parité ; réduction de la pauvreté.	Création de marchés ruraux pour les combustibles ligneux ; reconnaissance des droits communautaires ; promotion des associations de producteurs de bois de feu et de charbon de bois.

Étant donné le caractère multisectoriel et géographique de la dendroénergie urbaine, la première phase de planification devrait donc intégrer des données provenant de différents secteurs et fournir un aperçu détaillé des questions, risques et opportunités principaux dans une optique ouverte et discrète au plan spatial.

## **Méthode WISDOM fondée sur la carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu**

Dans le but d'analyser les différents aspects des systèmes dendroénergétiques, le Service des produits forestiers de la FAO (FOIP) a conçu et mis en œuvre la méthode WISDOM, qui est un outil de planification spatiale visant à indiquer et délimiter les zones prioritaires ou « points chauds » des combustibles ligneux (FAO, 2003b). WISDOM est le fruit de la collaboration entre le programme de dendroénergie de la FAO et l'Institut d'écologie de l'Université nationale du Mexique. Au niveau national, la méthode WISDOM a été mise en œuvre au Mexique (FAO, 2005e ; Masera *et al.*, 2006), en Slovénie (FAO, 2006a) et au Sénégal (FAO, 2004b). Au niveau sous-régional, WISDOM a été appliquée dans les pays d'Afrique orientale et centrale objet du Programme Africover<sup>5</sup> (FAO, 2006b) et des pays d'Asie du Sud-Est<sup>6</sup> (FAO, sous presse).

La méthode WISDOM a été préférée à d'autres approches telles que le Système de planification des énergies de remplacement à long terme (FAO, 1998a ; SEI, 2000) pour sa spécificité thématique (les combustibles dérivés du bois plutôt que la planification énergétique ou forestière générique) et pour son ouverture qui consent une grande souplesse et adaptabilité face à l'hétérogénéité et à la fragmentation des données sur la production et la consommation des combustibles ligneux. En ce qui concerne la définition des zones d'approvisionnement urbaines normalement appliquée dans les projets de terrain (Bertrand, Konandji et Madon, 1990 ; ESMAP, 1993 ; CHAPOSA, 1999), la méthode WISDOM présente un aperçu global de l'offre et de la demande, y compris de la consommation dans les zones périurbaines et rurales, ce qui permet une définition plus cohérente, voire plus objective, des bassins d'approvisionnement en bois urbains.

Notamment lorsqu'elle est appliquée au niveau régional, WISDOM ne remplace pas l'analyse nationale approfondie du bilan de la demande et de l'offre de biomasse servant à une planification opérationnelle, mais appuie plutôt un niveau de planification supérieur, c'est-à-dire la planification stratégique et la formulation de politiques, grâce à l'intégration et l'analyse d'informations et indicateurs relatifs à l'offre et la demande existants. Plutôt que des données absolues et quantitatives, WISDOM a pour fonction de fournir des évaluations relatives ou qualitatives, comme le zonage du risque ou l'estimation de la criticité, soulignant avec le maximum de détails spatiaux les aires qui méritent une attention urgente et, le cas échéant, un surcroît de collecte de données. Autrement dit, WISDOM sert d'outil d'évaluation et de planification stratégique apte à identifier les lieux exigeant une intervention prioritaire.

**Analyse de base WISDOM.** L'application de l'analyse type de WISDOM produisant la carte du bilan local de l'offre et de la demande comporte cinq étapes principales (FAO, 2003b).

1. Définition de l'unité administrative *spatiale* minimale de l'analyse
2. Élaboration du module *demande*
3. Élaboration du module *offre*
4. Élaboration du module *intégration*
5. Choix des aires *prioritaires* ou « points chauds » des combustibles ligneux dans le cadre de différents scénarios.

**Module bassin d'approvisionnement en bois urbain supplémentaire.** La concentration ultérieure de l'analyse visant à délimiter les bassins d'approvisionnement urbains et périurbains, à savoir les zones d'approvisionnement d'aires urbaines et périurbaines particulières, exige d'autres étapes analytiques qui pourraient se résumer comme suit :

6. Carte des approvisionnements « commerciaux » potentiels en combustibles ligneux adaptés aux marchés urbains et périurbains.
7. Définition des bassins d'approvisionnement en bois urbains ou de zones d'approvisionnement durable potentielles sur la base des possibilités de production de combustibles ligneux et de paramètres d'accessibilité physique.

La figure 15 donne un aperçu des principales étapes de la méthode WISDOM. Après une analyse à l'échelle du pays, qui est essentielle pour définir avec objectivité des questions générales et les bassins d'approvisionnements en bois urbains prioritaires, la méthode WISDOM peut être ultérieurement affinée dans des domaines prioritaires désignés, grâce à l'utilisation de données particulières sur le flux des combustibles ligneux, et puis transformée en outil de planification, comme on le verra plus en détail au chapitre 5.

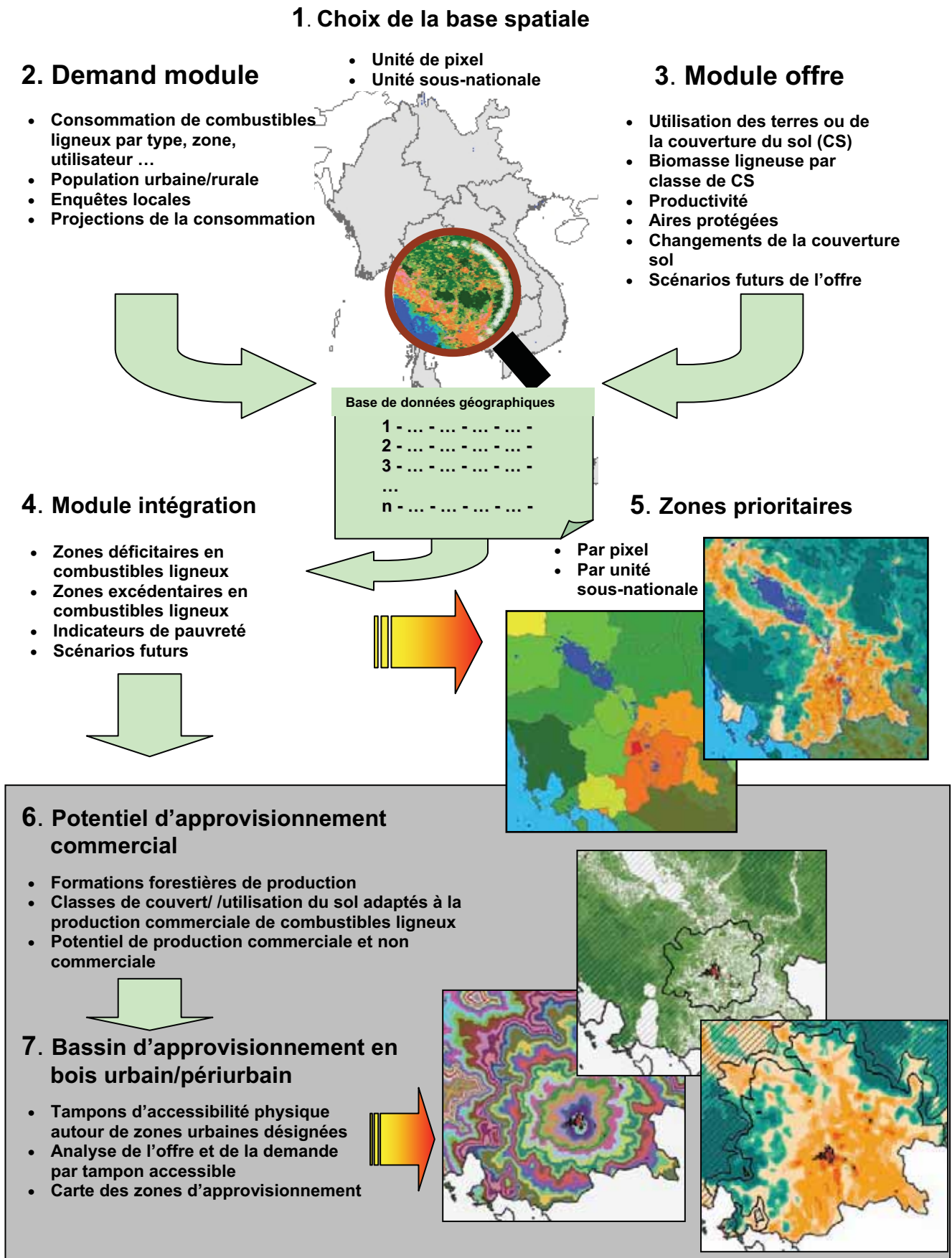
---

<sup>5</sup> Burundi, République démocratique du Congo, Égypte, Érythrée, Kenya, Rwanda, Somalie, Soudan, République-Unie de Tanzanie et Ouganda

<sup>6</sup> Cambodge, Malaisie, République démocratique populaire lao, Thaïlande, Vietnam et Chine, Province de Yunnan.

FIGURE 15

Étapes analytiques de WISDOM avec la composante supplémentaire du bassin d’approvisionnement en bois urbain (zone grise)



# Scénarios dendroénergétiques dans des villes d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est

Dans le présent chapitre nous analyserons la consommation de combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois) dans les villes de pays désignés d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est, sur la base du jeu de données du Système d'information géographique (SIG) produit par des études menées récemment à l'aide la méthode WISDOM dans dix pays d'Afrique orientale et centrale (FAO, 2006) et des pays d'Asie du Sud-Est (FAO, sous presse).

Ce chapitre présente deux niveaux d'analyse : un aperçu général de la consommation de bois de feu et de charbon de bois dans les zones urbaines et rurales d'une part et, d'autre part, les tendances probables et des études de cas relatives à l'analyse spatiale des bassins d'approvisionnement urbains, ou zones d'influence de la consommation de combustibles ligneux, dans des villes africaines et asiatiques désignées.

## CONSOMMATION URBAINE DE COMBUSTIBLES LIGNEUX EN AFRIQUE ORIENTALE ET ASIE DU SUD-EST EN 2000

Les modules demande de WISDOM en Afrique orientale et Asie du Sud-Est ont été élaborés sur la base des meilleures estimations disponibles de la consommation nationale de bois de feu et de charbon de bois. Ces valeurs de référence ont été tirées de sources nationales et internationales en fonction des méthodes d'estimation utilisées (lorsqu'elles étaient communiquées) et de la pertinence/fiabilité de la source. Les estimations au niveau du pays ont été converties en niveaux de consommation par habitant dans des milieux urbains et ruraux et des villages, et « spatialisées » ensuite grâce aux cartes de la répartition de la population (FAO, 2005b) dressées pour l'année de référence 2000, et en Asie du Sud-Est seulement pour 2015 (FAO, 2006b ; FAO, sous presse).

Les figures 16 et 17 montrent la différence marquée entre les zones urbaines et rurales en matière de consommation de bois de feu et de charbon de bois dans les pays d'Afrique orientale et centrale et d'Asie du Sud-Est objet des études. Dans la plupart de ces pays on constate une distinction nette entre les modèles de consommation de combustibles ligneux ruraux et urbains, ce qui aide à comprendre et à évaluer les retombées principales des processus d'urbanisation accélérée.

Vis-à-vis de la tendance générale, les exceptions paraissent être l'Érythrée et la Thaïlande, pays pour lesquels les références les plus fiables font état d'une consommation de charbon de bois élevée dans les zones rurales aussi (FAO, 2006b ; FAO, sous presse). Dans la province de Yunnan, Chine, la consommation de charbon de bois est jugée négligeable (FAO, sous presse).

À part la forte prédominance du charbon de bois dans la consommation urbaine de combustibles ligneux indiquée par les chiffres concernant l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est, il est probable que la fraction rurale de la consommation de charbon de bois soit le fait des villages plutôt que de zones rurales où la population est disséminée. C'est pourquoi, dans ces études les zones rurales ont été ultérieurement subdivisées en agglomérations rurales (plus de 2 000 habitants/km<sup>2</sup>) et zones à habitat disséminé (moins de 2 000 habitants/km<sup>2</sup>), en supposant que, dans le premier cas, la terre est occupée principalement par des maisons, des établissements commerciaux et des infrastructures, alors que dans le deuxième, les utilisations agricoles de la terre prévalent, comme l'indique une étude réalisée par l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA) en Chine et au Bangladesh (FAO, 2005b).

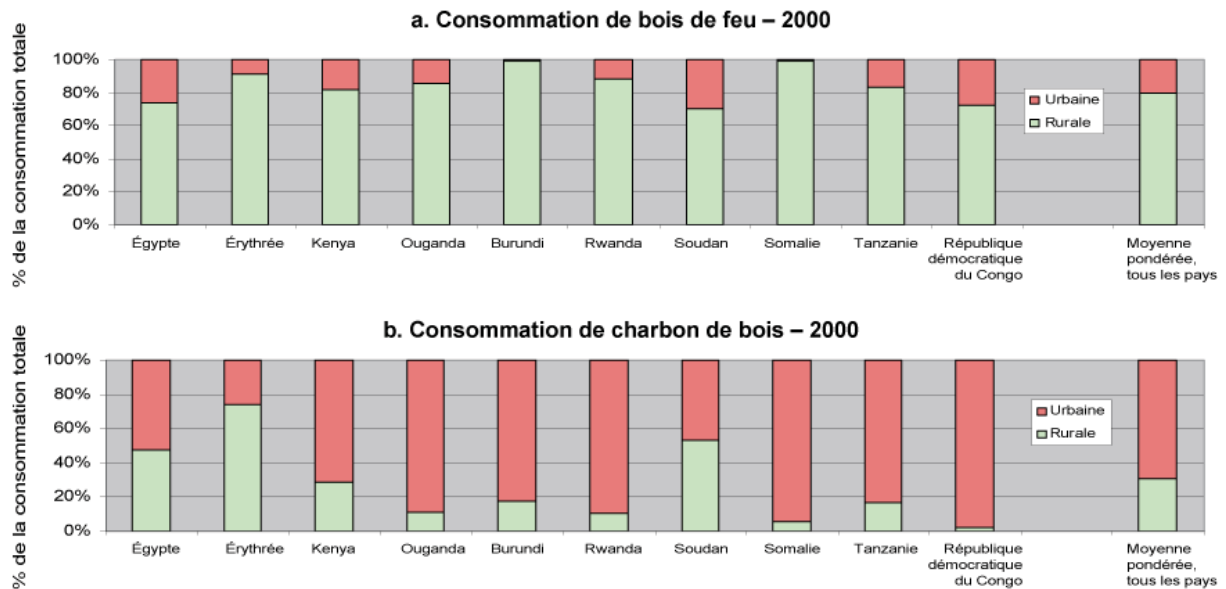
Dans les agglomérations rurales, il a été supposé que le modèle de consommation de combustible ligneux se situait entre les niveaux urbains et la moyenne des niveaux ruraux, c'est-à-dire avec une consommation plus forte de charbon de bois et plus faible de bois de feu que la moyenne des milieux ruraux. La consommation dans les zones rurales faiblement peuplées a été tirée de la consommation « non attribuée » restante, et a abouti à une consommation plus élevée de bois de feu et plus basse de charbon de bois que la moyenne des milieux ruraux (FAO 2006b ; FAO, sous presse).

## Scénarios de la consommation en Asie du Sud-Est, 2000-2015

Dans le cadre de l'étude WISDOM sur l'Asie du Sud-Est, la consommation de combustibles ligneux dans les zones sous-régionales urbaines et rurales a été prévue à l'horizon 2015, suivant les tendances nationales de la consommation de bois de feu et de charbon de bois montrées dans l'EPMPF et le scénario de maintien du statu quo (où la consommation par habitant est restée stable et les variations n'étaient dues qu'à la croissance de la population rurale et urbaine). Ces tendances de la consommation entre 2000 et 2015 sont indiquées dans les figures 18 et 19. La réduction de la consommation de combustibles ligneux prévue par l'EPMPF est claire, par rapport à l'augmentation relative du scénario de maintien du statu quo, et résulte principalement de la croissance économique escomptée en Asie du Sud-Est et du remplacement des

combustibles traditionnels par des combustibles « modernes », comme le GPL, le kérosène et l'électricité, qui en est la conséquence. Néanmoins, même dans une perspective positive au plan économique, la demande de combustibles ligneux restera élevée dans le contexte urbain aussi bien que rural.

**FIGURE 16**  
**Consommation urbaine et rurale de bois de feu et de charbon de bois dans les pays d'Afrique orientale, 2000**



**FIGURE 17**  
**Consommation urbaine et rurale de bois de feu et de charbon de bois dans les pays d'Asie du Sud-Est, 2000**

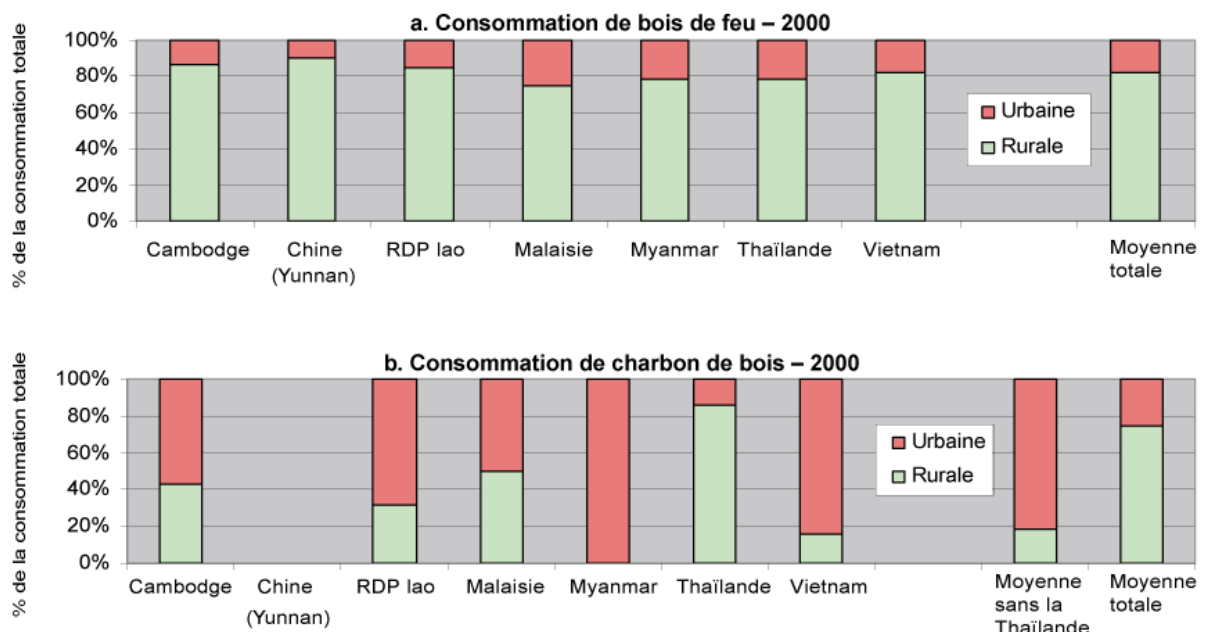




FIGURE 18  
Tendances de la consommation de combustibles ligneux en Asie du Sud-Est (scénario EPMPF)  
2000-2015

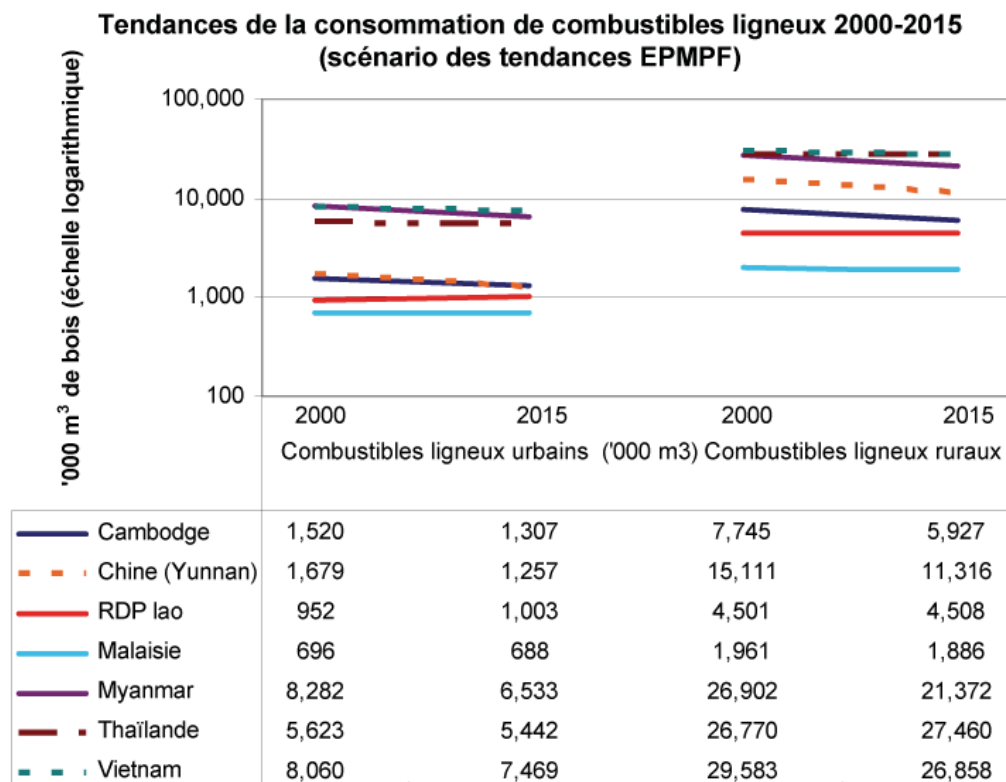
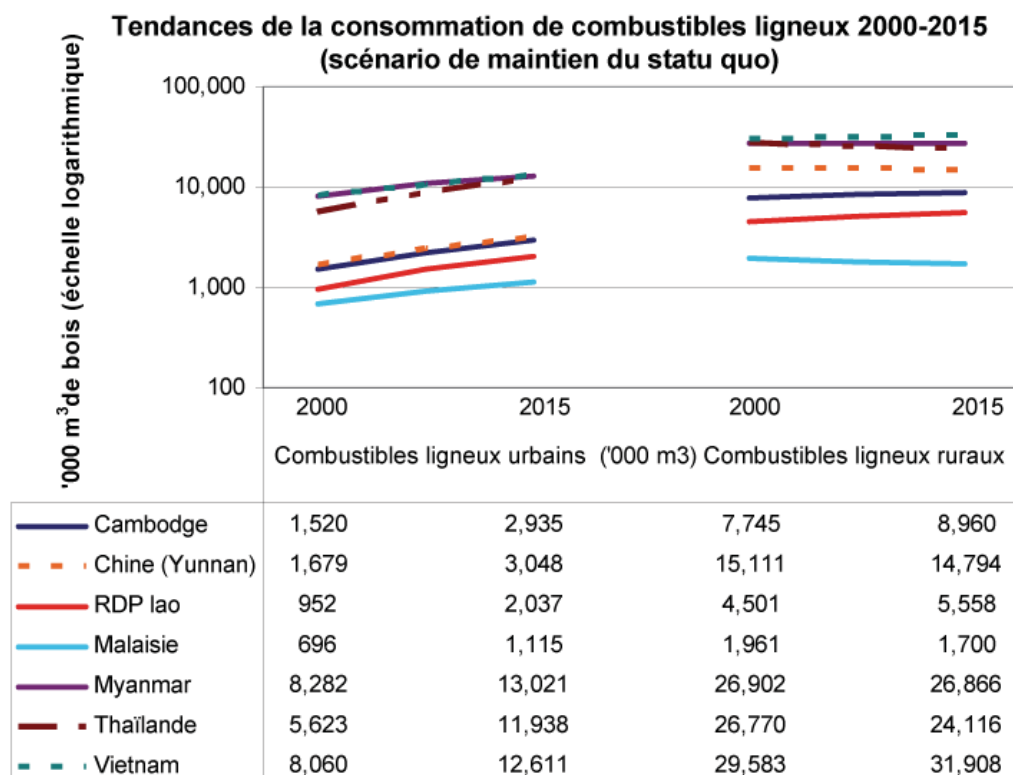


FIGURE 19  
Tendances de la consommation de combustibles ligneux en Asie du Sud-Est  
(scénario de maintien du statu quo), 2000-2015





## ANALYSE DU BASSIN D'APPROVISIONNEMENT EN BOIS DANS DES VILLES DÉSIGNÉES

Dans les paragraphes qui suivent, le bassin d'approvisionnement en bois, ou zone théorique d'influence de la consommation de bois de feu et de charbon de bois dans des villes désignées, est analysé sur la base de l'estimation des capacités de production de biomasse ligneuse et de la consommation de combustibles ligneux dans des zones légalement ou physiquement accessibles entourant les villes.

Les études de cas analysées concernaient toutes des zones urbaines désignées d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est dans le but de bénéficier des études WISDOM réalisées récemment dans ces régions (FAO 2006b ; FAO, sous presse). Les bases de données cartographiques créées pour ces régions, qui ont fourni des paramètres spatiaux discrets relatifs à la consommation et production potentielles de combustibles ligneux, ainsi qu'au bilan local de l'offre et de la demande, ont donné un cadre analytique approprié pour la délimitation de zones d'approvisionnement urbain hypothétiques en combustibles ligneux.

### Module bassin d'approvisionnement en bois urbain des études WISDOM en Afrique orientale et Asie du Sud-Est.

Comme décrit brièvement à la section 4.3.1 et dans la figure 15, la méthode WISDOM type peut être extrapolée à l'aide d'un module bassin d'approvisionnement en bois urbain supplémentaire, conçu pour l'analyse et la délimitation du bassin d'approvisionnement d'un lieu de consommation préétabli comme une ville renfermant de grandes agglomérations urbaines. L'étape supplémentaire impose la définition de la part de productivité locale de combustible ligneux adaptée à un circuit commercial, outre une définition de l'accessibilité de la ressource du point de vue légal et physique. Les sections suivantes décrivent les étapes théoriques et méthodologiques de l'analyse des bassins d'approvisionnement en bois urbains de certains lieux d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est. Des détails ultérieurs concernant la procédure d'analyse et les données de référence utilisées figurent à l'annexe 4.

#### *Définitions des zones d'approvisionnement en combustibles ligneux urbains*

La zone d'influence ou zone d'approvisionnement relative à la consommation de combustibles ligneux d'une zone urbaine donnée a été déterminée de divers points de vue, chacun délimitant une superficie différente. On a tenu compte de deux aspects fondamentaux seulement pour la définition des zones d'approvisionnement théoriques – les sources d'approvisionnement en biomasse ligneuse (total et commercial seulement) et l'inclusion, ou non, du bilan local de l'offre et de la demande dans l'estimation des ressources disponibles pour la consommation urbaine, comme le montre le tableau 6.

TABLEAU 6

#### Matrice de définition des zones urbaines d'approvisionnement en combustible ligneux basée sur les sources d'approvisionnement considérées et les procédures d'estimation

		Éléments de l'estimation	
		Consommation de combustibles ligneux dans une zone urbaine désignée seulement	Bilan de l'offre et de la demande dans une zone d'approvisionnement
Sources d'approvisionnement en combustibles ligneux		(système d'estimation restreint)	(système d'estimation étendu)
Ensemble des sources de combustibles ligneux	(potentiel d'approvisionnement « total »)	Total-restreint	Total-étendu
Sources de combustibles ligneux adaptés à la production commerciale	(potentiel d'approvisionnement « commercial »)	Commercial- restreint	Commercial-étendu

La principale différence entre l'approche restreinte et l'approche étendue réside dans le fait que la première ne tient compte que de la demande urbaine de combustibles ligneux, alors que la deuxième considère le bilan local de l'offre et de la demande et, partant, la demande à l'extérieur de la ville désignée aussi. De ce fait, dans l'approche étendue les cellules déficitaires autour de la zone urbaine désignée ont pour effet d'étendre la zone d'influence, qui ne sera «close» que lorsque les ressources en bois (totales ou commerciales) seront suffisantes pour équilibrer la demande urbaine, ainsi que la demande d'autres zones déficitaires entourant la ville.

Les définitions suivantes, énumérées par zone d'influence croissante, ont été adoptées :

**Zone d'approvisionnement totale-restreinte.** C'est la zone entourant la ville où la capacité de production durable totale et accessible de combustibles ligneux est égale à la consommation de ces combustibles par la ville elle-même. Il est tenu compte de la totalité de la productivité de la biomasse ligneuse, y compris celle des types de végétation clairsemés et dégradés et des exploitations agricoles, La consommation de combustibles ligneux hors de la ville n'est pas considérée.

**Zone d'approvisionnement commerciale-restreinte.** C'est la zone entourant la ville où la capacité de production durable, accessible et économiquement viable de combustibles ligneux est égale à la consommation de ces combustibles par la ville elle-même. Seule la productivité de la biomasse ligneuse de forêts et de formations forestières plus denses est prise en compte, étant donné que les formations clairsemées et fragmentées ne sont pas adaptées à la production commerciale de bois de feu et de charbon de bois. La consommation de combustibles ligneux hors de la ville n'est pas considérée.

**Zone d'approvisionnement totale-étendue** (basée sur le bilan local et la totalité des excédents). C'est la zone entourant la ville où l'équilibre entre la demande et l'offre totales de combustibles ligneux (provenant de toutes les sources de biomasse) se stabilise. Il est tenu compte de la consommation hors de la ville. La procédure d'estimation se compose de deux étapes :

1. Le bilan de l'offre et de la demande est estimé au niveau local, c'est-à-dire à l'intérieur de cellules de 10 x 10 km, où toute la productivité du bois accessible est considérée.
2. La zone entourant la ville s'étend progressivement jusqu'à ce que la demande totale (compte tenu non seulement de la ville mais aussi de toute la consommation des zones urbaines et rurales incluses progressivement) soit contrebalancée par la productivité totale.

**Zone d'approvisionnement commerciale-étendue** (basée sur le bilan local et les excédents commerciaux), C'est la zone entourant la ville où l'équilibre entre la demande totale de combustibles ligneux et l'approvisionnement « commercial » se stabilise. La consommation hors de la ville est prise en compte mais la biomasse ligneuse excédentaire (productivité locale supérieure à la consommation locale) se limite à la part « commerciale », c'est-à-dire celle tirée de forêts et formations forestières denses. La procédure d'estimation se compose de trois étapes :

1. Le bilan de l'offre et de la demande est estimé au niveau local, c'est-à-dire à l'intérieur de cellules de 10 x 10 km où la totalité de la productivité du bois accessible est prise en compte. Le résultat est une carte à l'échelle du pays des zones déficitaires et excédentaires.
2. Les zones excédentaires sont classées par rapport au caractère « commercial » ou « non commercial » des ressources excédentaires, en fonction de la densité des forêts et des terres boisées. Le résultat est une carte à l'échelle du pays des excédents « commerciaux » potentiellement disponibles et accessibles économiquement aux marchés urbains de combustibles ligneux.
3. La zone entourant la ville s'étend progressivement jusqu'à ce que la demande totale (en tenant compte non seulement de la ville mais aussi de la consommation totale des zones urbaines et rurales incluses progressivement) est contrebalancée par les excédents « commerciaux ».

Le regroupement en quatre différentes zones d'approvisionnement progressivement croissantes a pour objectif de montrer l'interface urbaine/rurale complexe et d'une très ample portée sous l'angle tant géographique que socioéconomique. Il est fortement déconseillé d'analyser le rôle et l'impact des villes sans une connaissance de l'ensemble du contexte humain et environnemental, y compris les milieux urbains et ruraux.

### **Accessibilité**

La question de l'accessibilité physique, largement négligée dans les études WISDOM sur l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est en raison de leur concentration sur des situations de l'offre et de la demande locales, acquiert toute son importance dans les systèmes dendroénergétiques urbains où le transport du bois de feu et du charbon de bois joue un rôle essentiel.

Pour examiner les étapes méthodologiques principales de la présente étude, l'accessibilité de ressources potentielles en combustibles ligneux situées dans des zones urbaines désignées a été déterminée par des cartes des coûts (figure 20a), fondées sur la pente et sur la distance des routes et des agglomérations (Lorenzini, 1999a. com. pers.) ; la procédure de calcul de la production est décrite à l'annexe 3. On a ensuite utilisé des cartes des coûts à l'échelle du pays pour déterminer des tampons d'accessibilité autour de centres urbains désignés (figure 20b, c) dans lesquels la consommation de combustibles ligneux et l'approvisionnement potentiel accessible ont été analysés, comme décrit à l'annexe 4.

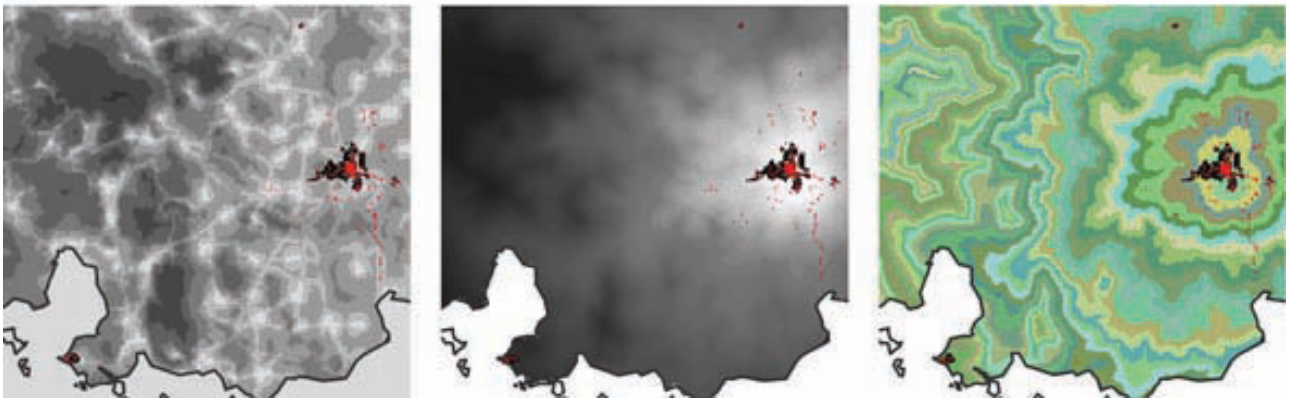
FIGURE 20

**Exemple de cartes d'accessibilité depuis la carte des coûts jusqu'aux tampons d'accessibilité au Cambodge (Phnom Penh comme zone urbaine du calcul coût-distance)**

(a) carte des coûts basée sur la pente et la distance des routes et des agglomérations (Lorenzini, 1999)

(b) carte d'accessibilité de Phnom Penh basée sur l'analyse coût-distance

(c) zones tampons d'accessibilité de Phnom Penh



Note : Ces cartes ne montrent que les éléments d'accessibilité physique. Les facteurs d'accessibilité légaux, comme les aires protégées ayant des droits d'accès limités n'y figurent pas bien qu'ils soient compris dans l'estimation des ressources effectivement accessibles.

Les tampons d'accessibilité délimités dans l'étude se basaient sur des données numériques relativement grossières de l'élévation<sup>7</sup> et sur des cartes plutôt périmées des routes et des agglomérations<sup>8</sup>, toutes disponibles au niveau mondial. Bien qu'elles soient utiles pour des analyses préliminaires, elles seraient inadaptées aux études opérationnelles locales pour lesquelles sont essentielles des informations à jour sur les réseaux routiers effectifs et une évaluation économique des coûts de transport.

***Analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain dans des villes désignées d'Afrique orientale***

L'analyse des bassins d'approvisionnement urbains de certaines villes désignées d'Afrique orientale se fondait sur des cartes et statistiques numériques thématiques et des statistiques produites dans le cadre de l'étude WISDOM sur l'Afrique orientale.

L'année de référence de l'étude, déterminée par des données de référence démographiques et de la couverture du sol, était 2000. La résolution spatiale du module offre, fondé sur les cartes du Système de classification de la couverture du sol, était relativement élevée, avec des échelles originales entre 1 :100 000 et 1 :200 000. La résolution de l'analyse du bilan local de l'offre et de la demande (module intégration) était beaucoup moins élevée, à savoir des cellules de 5 min-arc ou 9,2 x 9,2 km à l'équateur.

Les villes, choisies arbitrairement pour servir d'exemple aux analyses des bassins d'approvisionnement en bois urbains, comprenaient Dar-es-Salaam et Arusha-Moshi en République-Unie de Tanzanie, Kampala en Ouganda et Khartoum au Soudan.

Les caractéristiques et le cadre méthodologique de l'étude WISDOM sur l'Afrique orientale sont donnés dans la documentation publiée (FAO, 2006b). Le travail analytique effectué sur la définition et la cartographie des bassins est indiqué à la figure 21 et décrit de façon plus détaillée à l'annexe 4.

Les cartes thématiques résultant de ces analyses sont examinées à la section 5.3.2.

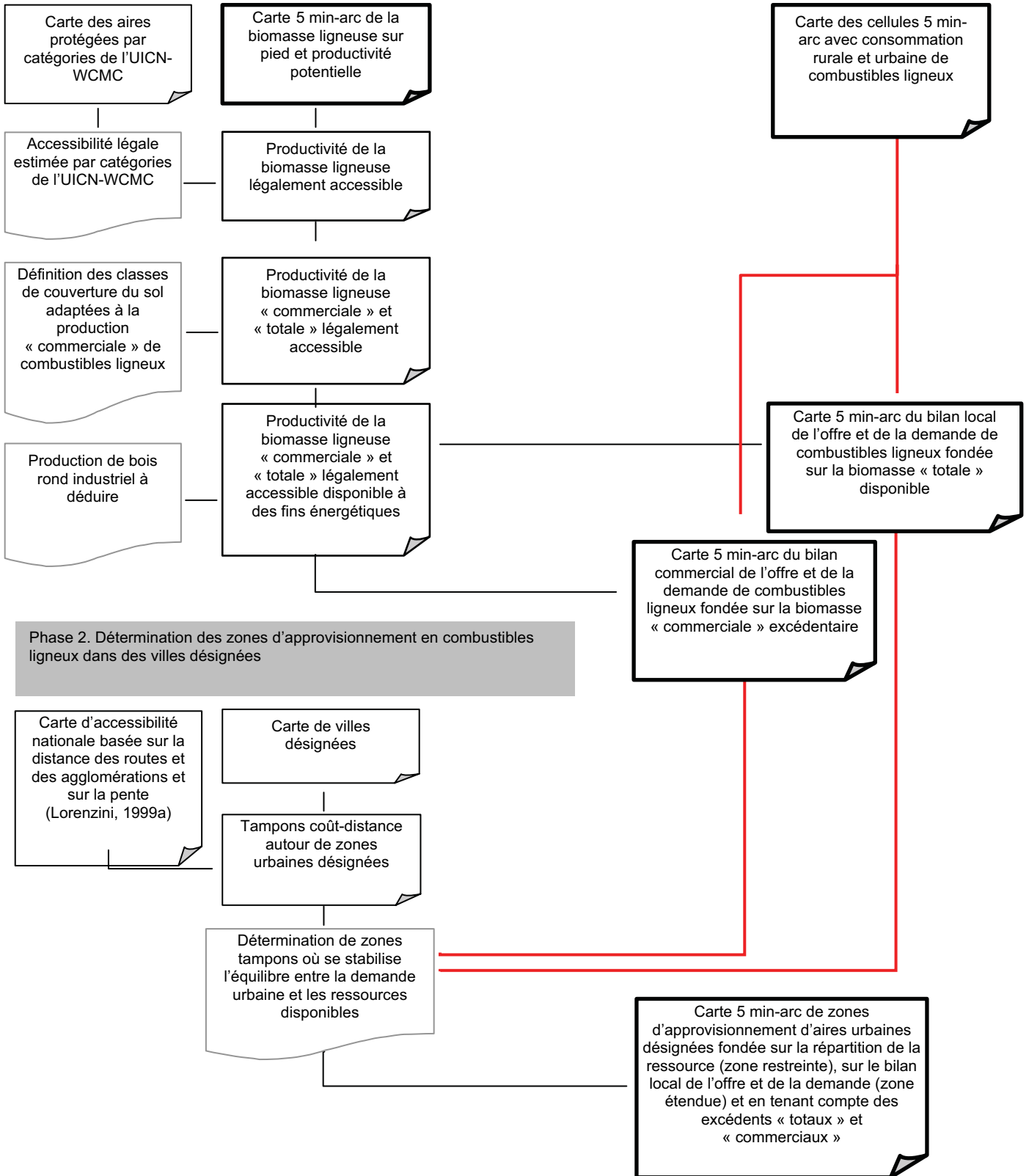
<sup>7</sup> Modèle numérique mondial d'élévation de 30 sec-arc de l'EPMPF30 provenant du Centre de données Eros (1997)

<sup>8</sup> Carte numérique du monde, version 1999, qui indiquait les réseaux routiers et les agglomérations présents à la fin des années 1980.

FIGURE 21

**Diagramme de flux des principales phases analytiques. Jeu de données WISDOM sur l'Afrique orientale**

Phase 1. Détermination à l'échelle du pays des ressources en biomasse ligneuse légalement accessibles, du bilan local de l'offre et de la demande de combustibles ligneux et du bilan commercial de l'offre et de la demande potentiellement adapté aux marchés urbains



### **Analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain de villes désignées d'Asie du Sud-Est**

La méthode d'analyse des données WISDOM pour l'Asie du Sud-Est était semblable à celle appliquée à l'Afrique orientale, à l'exception des aspects suivants :

- La résolution spatiale de l'étude WISDOM sur l'Asie du Sud-Est était de 30 sec-arc, à savoir 0.92 x 0.92 km à l'équateur (au lieu de 5 min-arc).
- Les facteurs d'accessibilité légale étaient déjà pris en compte dans l'étude WISDOM originale.
- L'étude originale comprenait une analyse relative à 2000 ainsi qu'à 2015, et présentait plusieurs scénarios de l'offre et de la demande. Cela laissait entendre que l'évolution probable des bassins d'approvisionnement à l'horizon 2015 pouvait être analysée (mais limitée à l'étude de cas de Phnom Penh).
- Les cartes sous-nationales des indicateurs de malnutrition estimés pour 2000 (croissance retardée chez les enfants de moins de cinq ans, essentiellement) ont permis l'analyse de l'état nutritionnel de la population vivant dans les zones du bassin d'approvisionnement en bois urbain en tant qu'indicateur de pauvreté.

Le travail analytique effectué sur la définition et la cartographie des bassins urbains relatifs à des villes désignées d'Asie du Sud-Est présentaient plusieurs différences par rapport à l'Afrique orientale. Les phases analytiques sont montrées à la figure 22 et décrites de façon plus détaillée à l'annexe 4.

Les villes choisies pour les analyses du bassin d'approvisionnement urbain étaient Phnom Penh et Battambang au Cambodge et Vientiane et Luang Prabang en République démocratique populaire lao.

Les cartes du bassin d'approvisionnement résultant des analyses de ces villes sont examinées à la section 5.3.1.

### **Limitation des données**

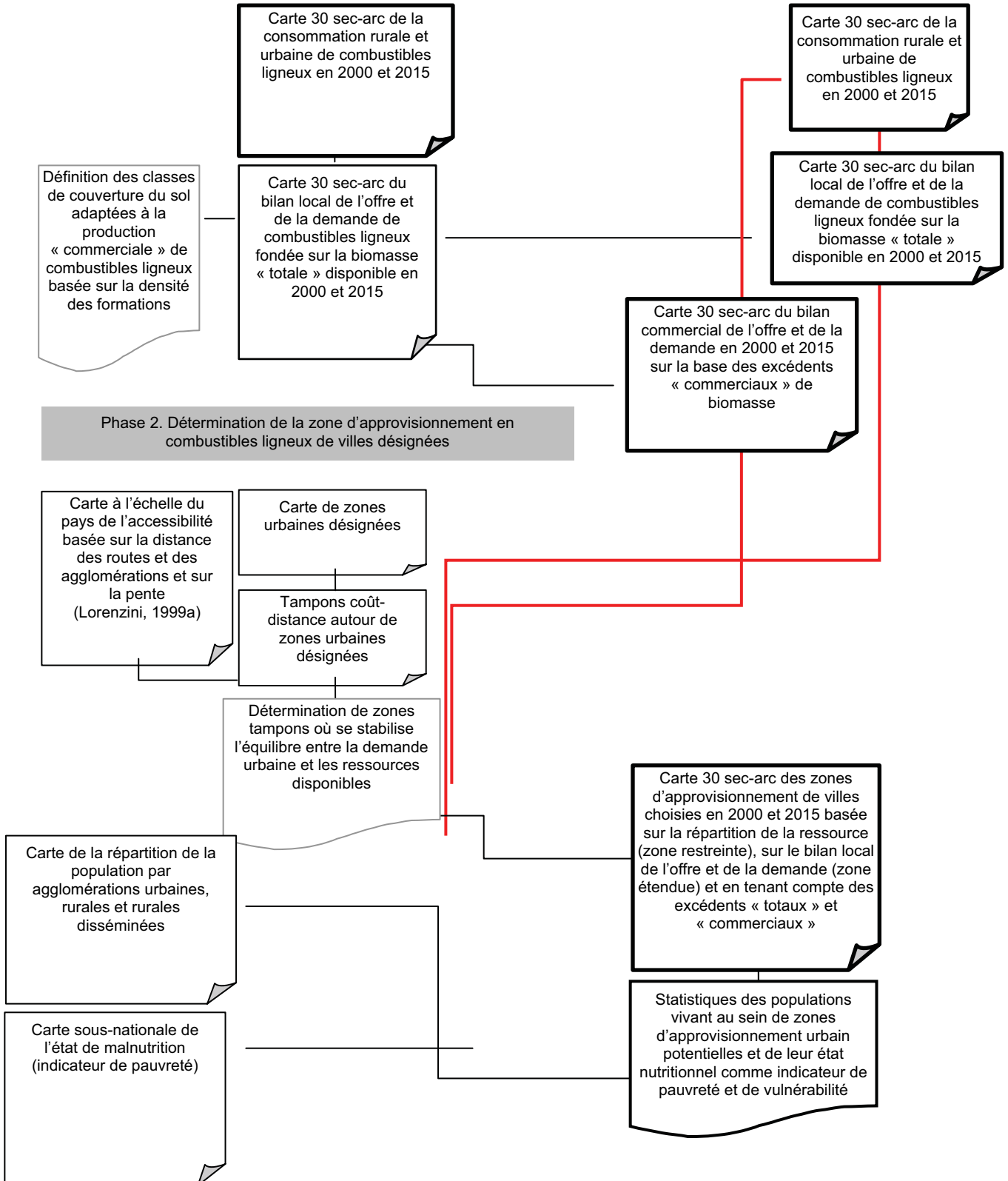
Examinées au niveau local, comme dans le cas de l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain, les analyses régionales basées sur des jeux de données mondiales et régionales pourraient présenter des imprécisions dues à la résolution relativement grossière des cartes de référence. Ces imprécisions concernent les points suivants :

- Cartes spatiales de la population et spatialisation relative de la consommation de combustibles ligneux, à cause de la grande faiblesse des algorithmes de la répartition de la population en Afrique (FAO, 2005b) ; en outre, les données sur la population à l'intérieur des cellules de 5 min-arc présentent de graves lacunes le long des zones côtières comprises dans le jeu de données sur l'Afrique orientale (il est donc recommandé de réviser l'analyse en fonction de la résolution 30 sec-arc originale afin d'éviter le problème des zones côtières).
- La répartition et la productivité de la biomasse ligneuse, résultant de cartes grossières de la couverture du sol (comme pour l'Asie du Sud-Est) et la limitation des mesures de terrain du volume et de la productivité, notamment pour les formations forestières ouvertes et dégradées et les sources de biomasse ligneuse non forestière.
- La quantité et les sources des assortiments de bois utilisés par les industries forestières et d'autres applications non énergétiques ; dans la présente étude il a été supposé que la totalité du bois rond industriel venait de formations denses (les mêmes sources estimaient qu'elles étaient adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux). Il conviendrait de mieux identifier les sources de bois industriel afin de mieux préciser la définition et l'emplacement de la biomasse ligneuse effectivement disponible à des fins énergétiques (voir l'annexe 4).
- La définition des sources de combustibles ligneux « commerciales » ; elles ont été définies provisoirement à partir des descriptions des classes de couverture du sol et limitées aux formations ligneuses très denses, en supposant qu'elles auraient été plus adaptées à la production commerciale de charbon de bois et de bois de feu (voir l'annexe 4).
- Les taux de consommation par habitant dans les zones urbaines, les agglomérations rurales et les zones rurales clairsemées, qui étaient souvent supposés car les données de référence étaient limitées et contradictoires.
- Le classement de l'accessibilité qui se basait sur des modèles de terrain relativement grossiers et des réseaux routiers et des cartes des agglomérations probablement périmés (voir l'annexe 3).
- Plusieurs autres hypothèses concernant les sources de combustibles ligneux commerciaux et non commerciaux, l'identification des sources de bois rond industriel, l'accès limité aux aires protégées, etc.

FIGURE 22

Diagramme de flux des principales phases analytiques. Jeu de données WISDOM sur l'Asie du Sud-Est

Phase 1. Détermination et cartographie à l'échelle du pays du bilan commercial de l'offre et de la demande potentiellement adapté aux marchés urbains



Les cartes des bassins d'approvisionnement en bois présentées dans la section qui suit ont été dressées par segmentation du territoire en fonction des tampons d'accessibilité, et la limite de la zone d'approvisionnement a été déterminée par le tampon, si bien que les disponibilités cumulées dépassaient la consommation. De ce fait, les limites des zones d'approvisionnement ne coïncident pas avec l'endroit exact où s'est avéré l'équilibre « non négatif » mais plutôt avec le tampon à l'intérieur duquel s'est réalisé l'équilibre. Il ne faut pas oublier cet aspect lorsque l'on utilise des statistiques sommaires du bassin d'approvisionnement en bois.

On devrait considérer les exemples comme des délimitations « préliminaires » servant de support visuel au débat méthodologique plutôt que comme des analyses précises du bassin d'approvisionnement. Les analyses régionales et nationales peuvent mieux exprimer leur potentiel lors de la phase préliminaire de l'analyse du bassin urbain, en fournissant i) un aperçu global, ii) une délimitation rapide de bassins d'approvisionnement particuliers et iii) une définition objective des zones prioritaires destinées à des activités opérationnelles où un surcroît d'investissement dans la collecte et l'analyse des données pourrait se justifier et être rentable.

## **ANALYSES DE BASSINS D'APPROVISIONNEMENT EN BOIS DÉSIGNÉS : RÉSULTATS ET CONCLUSIONS**

Les cartes suivantes décrivent les zones d'approvisionnement de villes désignées en Afrique orientale et Asie du Sud-Est délimitées suivant leur potentiel total et commercial d'approvisionnement (zones restreintes) et les ressources excédentaires estimées après déduction de la demande locale de combustibles ligneux (zones étendues).

Les villes, choisies arbitrairement pour servir d'exemple aux analyses des bassins d'approvisionnement en bois urbains d'Asie du Sud-Est, étaient celles de Phnom Penh et Battambang au Cambodge et de Vientiane et Luang Prabang en République démocratique populaire lao. En Afrique orientale, avaient été désignées les villes de Dar-es-Salaam et Arusha-Moshi en République-Unie de Tanzanie, Kampala en Ouganda et Khartoum au Soudan.

Afin de servir d'exemple à la méthode d'analyse, les bassins d'approvisionnement d'Asie du Sud-Est sont présentés en premier car les données de base existantes pour cette sous-région ont permis l'inclusion d'éléments supplémentaires liés à la pauvreté et à l'évolution possible de la situation à l'horizon 2015, éléments qui n'étaient pas disponibles pour l'Afrique orientale.

### **Bassins d'approvisionnement en bois urbains désignés en Asie du Sud-Est**

#### ***Phnom Penh, Cambodge, 2000***

La figure 23 montre la délimitation des zones d'approvisionnement restreintes avec au fond les ressources de biomasse ligneuse pertinentes. La carte du haut indique la zone d'approvisionnement restreinte totale, qui est celle nécessaire pour fournir la quantité de combustibles ligneux consommée à Phnom Penh, grâce à la productivité durable de la biomasse ligneuse (disponible à des fins énergétiques), à partir de toutes les sources et suivant leur accessibilité déterminée par les routes, les agglomérations et la pente.

La carte du bas montre la zone d'approvisionnement restreinte-commerciale et ne tient compte que de la consommation de la ville de Phnom Penh. En ce qui concerne l'approvisionnement, elle n'indique que la productivité durable de forêts et formations forestières denses jugées plus adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux à destination des marchés urbains. La différence entre ces deux zones est marquée car les ressources en biomasse ligneuse aux abords de la ville se composent principalement de formations claires, fragmentées et dégradées et d'arbres hors forêt dans des paysages agricoles, comme il ressortait de la carte de la couverture du sol utilisée dans l'analyse WISDOM régionale. Ces ressources jouent un rôle important dans le contexte local mais pourraient s'avérer peu rentables du point de vue commercial.

La figure 24 montre la délimitation des zones d'approvisionnement étendues, avec au fond des données pertinentes relatives au bilan de l'offre et de la demande de combustibles ligneux. La délimitation des zones dans ces cas a tenu compte, non seulement de la consommation à Phnom Penh, mais aussi de celle des autres zones incluses progressivement jusqu'à ce que se stabilise l'équilibre entre la demande et l'offre.

La carte du haut montre la zone d'approvisionnement étendue-totale, qui a tenu compte de tout l'excédent local (en vert) provenant de toutes les sources possibles, y compris les zones à végétation clairsemée et fragmentée.

La carte du bas montre la zone d'approvisionnement étendue-commerciale et ne tient compte que des excédents de formations denses plus adaptés à la production commerciale de combustibles ligneux à destination des marchés urbains éloignés. La carte du bilan commercial, qui sert de fond à la deuxième

image, montre les mêmes zones déficitaires (en rouge) que la première mais avec une zone excédentaire plus limitée (en vert) et une zone d'« équilibre » accrue en raison de l'exclusion des ressources qui, bien qu'importantes dans un contexte localisé de l'offre et de la demande, sont moins nécessaires pour l'approvisionnement de villes éloignées.

Avec une population urbaine de près d'un million d'habitants, Phnom Penh influence l'environnement et la situation socioéconomique d'une partie considérable du territoire national. Comme il ressort du tableau 7, les différentes zones d'approvisionnement de cette ville vont de quelque 14 000 km<sup>2</sup>, où vivent 4,7 millions de personnes, à plus de 70 000 km<sup>2</sup> avec 10 millions d'habitants. Extrêmement importante du point de vue du développement durable et de la réduction de la pauvreté est la présence dans ces zones de nombreuses communautés, indiquées ici comme population rurale clairsemée, qui pourraient être les principaux bénéficiaires des systèmes de dendroénergie durables créés pour fournir des combustibles ligneux aux villes et à d'autres grandes agglomérations. Leur nombre varie entre 1,6 million pour la zone restreinte-totale et 5,5 millions pour la zone étendue-commerciale.

**TABLEAU 7**  
**Statistiques principales des zones d'approvisionnement en combustibles ligneux de Phnom Penh**

		Zones d'approvisionnement de Phnom Penh			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	13 900	39 900	60 100	70 400
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	461 300	461 300	4 012 600	4 185 500
Approvisionnement ou excédent annuel potentiel	t*an <sup>-1</sup>	514 600	552 200	4 282 400	4 288 700
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		1 856	1 975	1 999	1 999
Agglomérations rurales		1 223	2 445	2 655	2 672
Agglomérations rurales clairsemées		1 613	4 128	5 132	5 461
Population totale		4 693	8 548	9 786	10 131

Les résultats de l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain de Phnom Penh sont supportés par l'étude réalisée en 1998 sur le flux de combustibles ligneux de la ville dans le cadre du Programme régional de développement de la dendroénergie mis en œuvre en Asie (FAO, 1998b). D'après cette étude, le bois de feu et le charbon de bois proviennent des zones boisées de Kratie, Kampong Thom, Kampong Speu, Pursat et Kampong Chhnang. Comme il ressort de la figure 25, ces provinces empiètent sur la zone d'approvisionnement étendue-commerciale estimée pour 2000.

D'après l'étude, depuis 1970 les zones boisées ont été fortement réduites à cause de la guerre, des défrichements à des fins agricoles, des constructions et des concessions d'exploitation forestière. Les communautés vivant dans les zones d'approvisionnement ont déclaré que la perte et la dégradation des forêts se sont accélérées ces dernières années, et les raisons données pour ce phénomène comprennent le défrichement en faveur de l'agriculture et la collecte de bois de feu. La fourniture de dendroénergie est souvent associée à la perte de forêts, mais le commerce des produits dendroénergétiques n'est souvent qu'un facteur secondaire, alors que la coupe des arbres pour l'obtention de terres agricoles en est le facteur principal (FAO, 1998b).

En outre, confirmant la nécessité de faire la distinction entre les sources de combustibles ligneux locales et commerciales, l'étude indique que dans les zones rurales la majorité du bois utilisé pour la consommation locale est ramassée sur des terres agricoles, comme les barrages des rizières, ce qui laisse entendre que c'est l'approvisionnement pour les marchés urbains commerciaux qui exerce l'impact le plus prononcé sur les forêts. Un des problèmes de base dans ces zones est le régime de propriété car ce sont normalement les paysans sans terre qui se livrent au commerce (FAO, 1998b).



FIGURE 23

Zones d'approvisionnement en combustibles ligneux restreintes de Phnom Penh

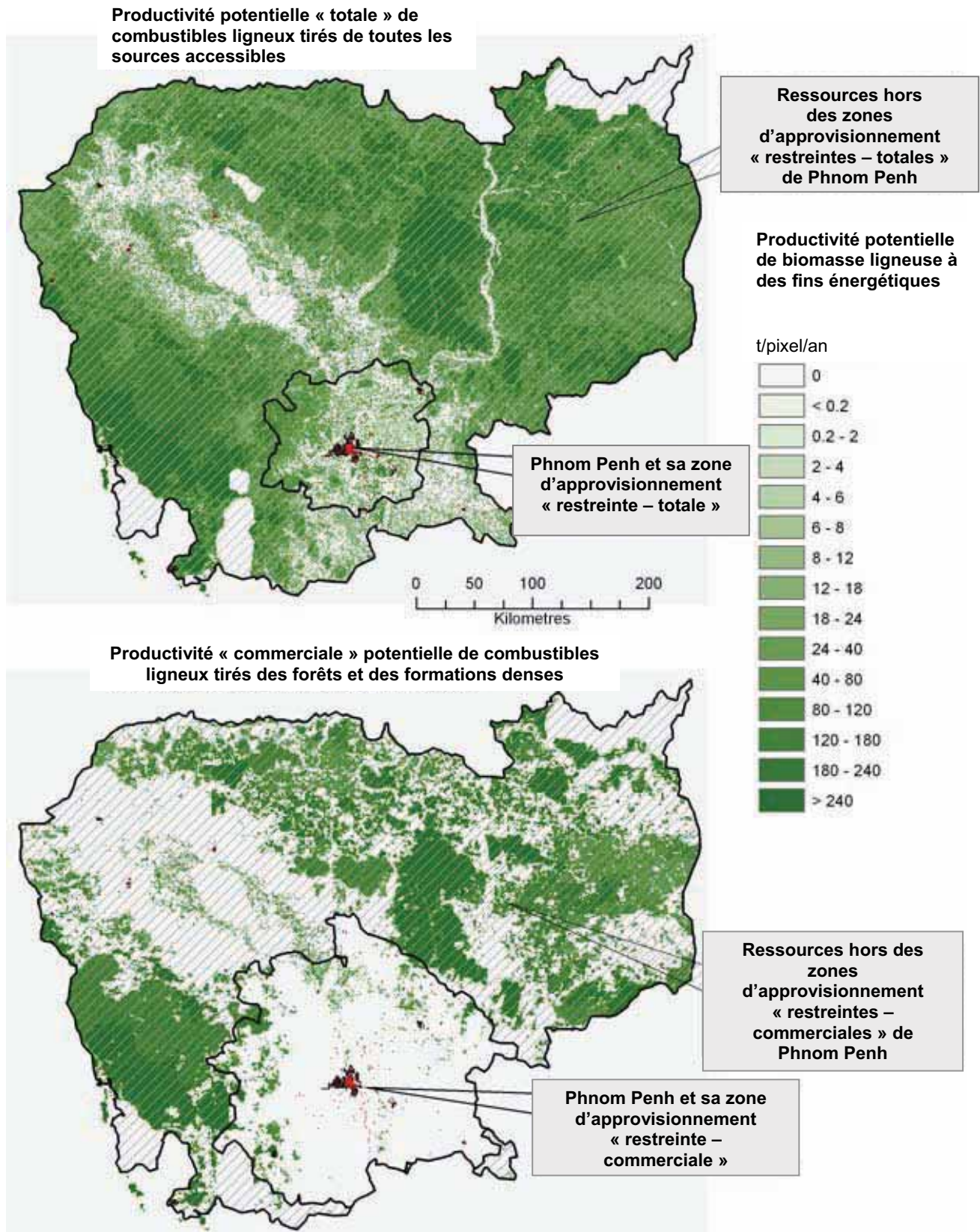
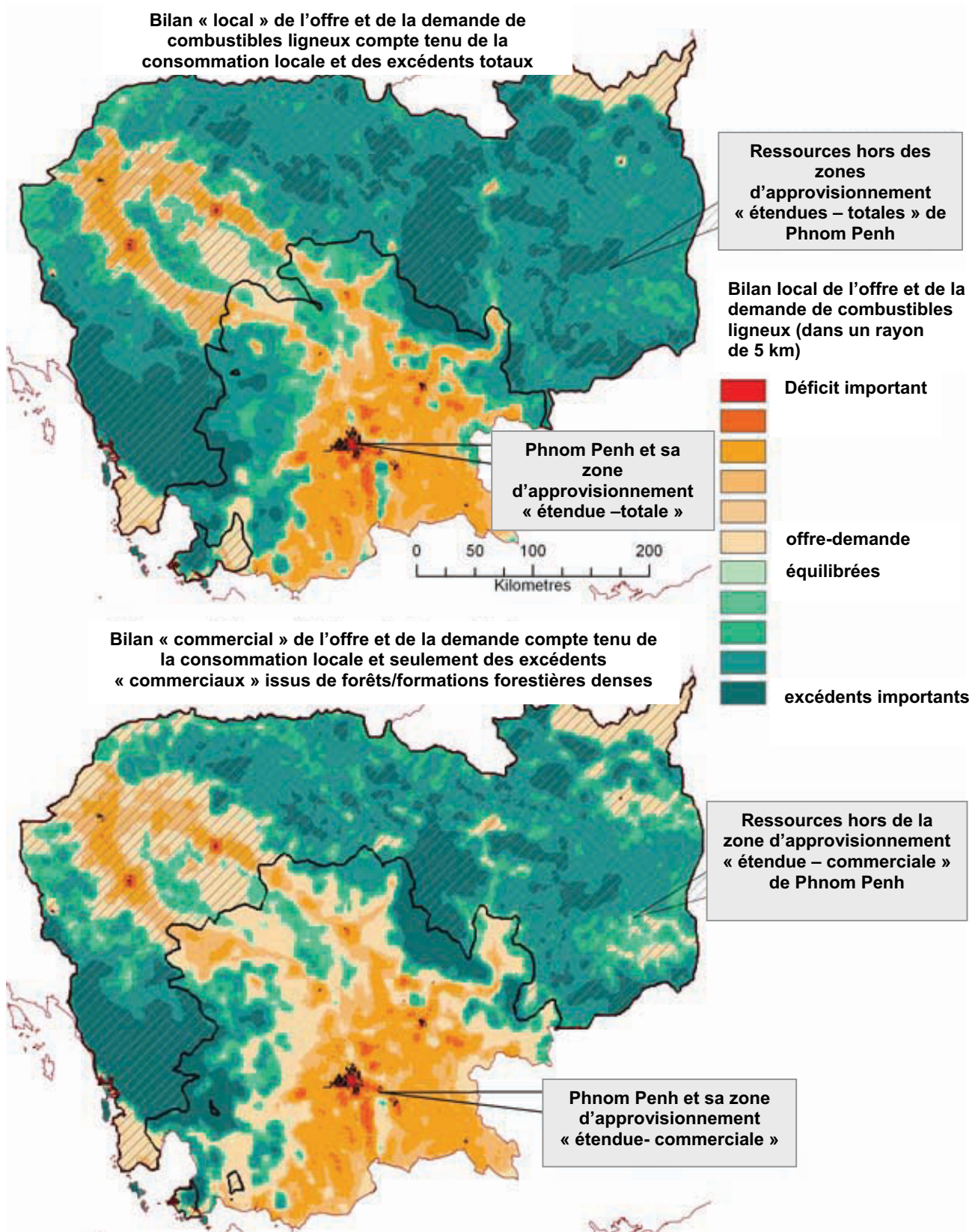


FIGURE 24

Zones d'approvisionnement en combustibles ligneux étendue de Phnom Penh





### Phnom Penh à l'horizon 2015

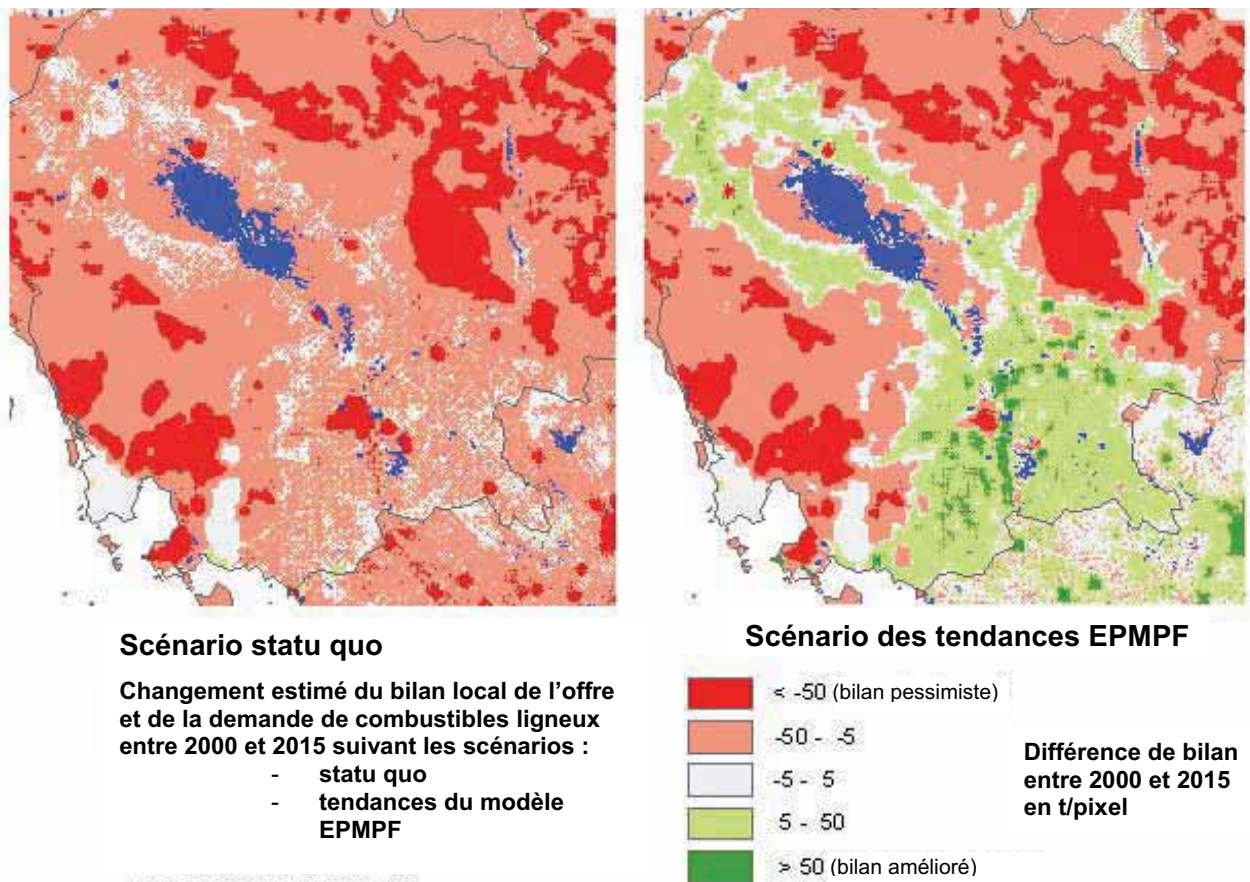
L'évolution possible du bassin d'approvisionnement en bois de Phnom Penh à l'horizon 2015 a été décrite provisoirement sur la base de l'équilibre du bilan de l'offre et de la demande de combustible ligneux en 2015 prévu par l'étude WISDOM sur l'Asie du Sud-Est à l'aide de projections spatialisées de la population et des taux de changement d'affectation des terres (FAO, sous presse).

Les changements du bilan de l'offre et de la demande entre 2000 et 2015, d'après les scénarios de statu quo et de l'EPMPF, sont indiqués à la figure 26. Bien que le scénario de statu quo décrive une tendance négative homogène due simplement à la croissance démographique, le scénario de l'EPMPF présente une situation plus diversifiée résultant de la croissance économique escomptée et des tendances de la substitution des combustibles.

L'évolution du bassin d'approvisionnement à l'horizon 2015 se fondait sur le scénario de l'EPMP, qui paraît plus réaliste et optimiste que celui du statu quo.

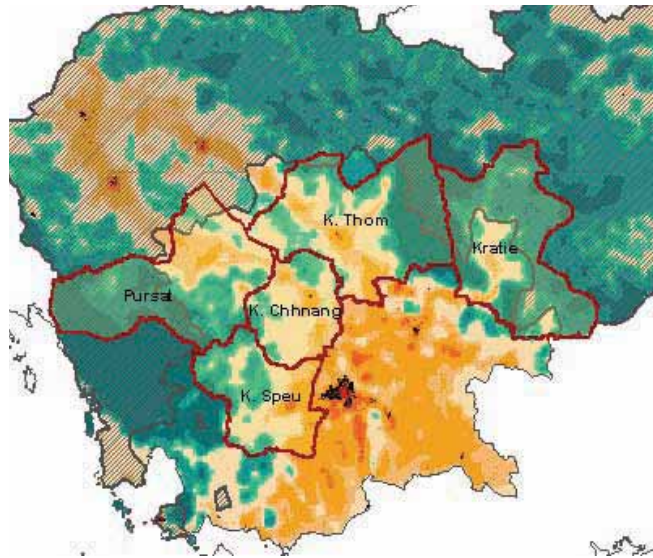
Figure 26

**Bilan de l'offre et de la demande de combustibles ligneux prévu en 2015 et changements éventuels par rapport au bilan de base de 2000**



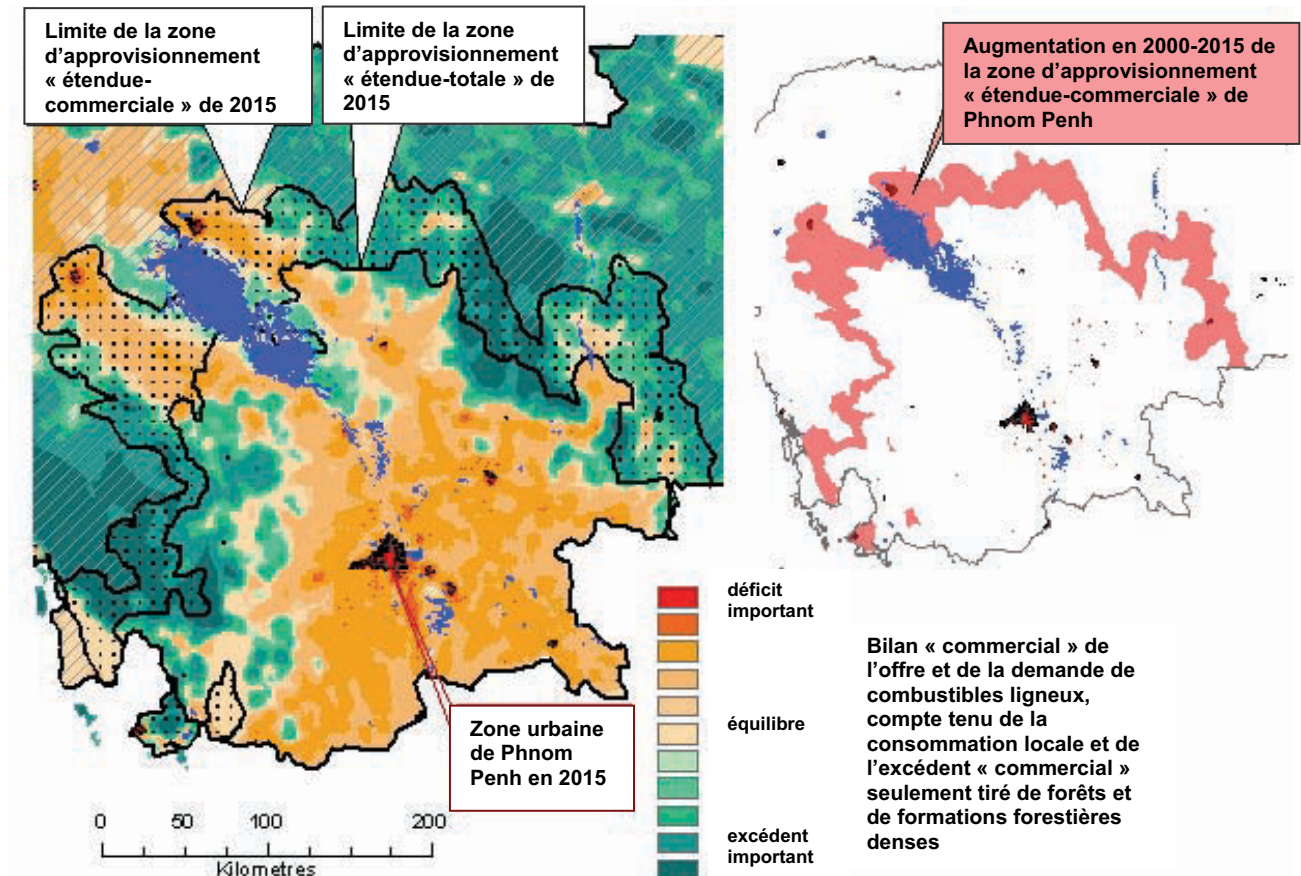
Les résultats de la projection à l'horizon 2015 sont montrés à la figure 27 qui indique les limites des zones d'approvisionnement étendue-commerciale et étendue-totale, ainsi que l'augmentation nette des premières au cours de la période 2000-2015. Malgré la réduction générale de la demande de combustibles ligneux

FIGURE 25  
**Provinces approvisionnant Phnom Penh en combustibles ligneux (Bassin d'approvisionnement étendu-commercial au fond)**



prévue par le modèle EPMPF, on constate une forte augmentation de l'approvisionnement dans la zone étendue-commerciale, ce qui pourrait s'expliquer par l'accroissement relatif de la consommation de charbon de bois dans les zones urbaines, et les taux prévus de déforestation et, partant, la réduction des formations forestières denses qui sont des sources de biomasse « commerciale ».

FIGURE 27  
Zones d'approvisionnement en combustibles ligneux étendues de Phnom Penh en 2015 (scénario EPMPF des tendances) et extension de ces zones en 2000-2015



### **Battambang, Cambodge**

L'analyse du bassin d'approvisionnement en bois de Battambang, la deuxième ville la plus peuplée du Cambodge, a mis en évidence les zones d'approvisionnement montrées à la figure 28. Ici les quatre zones ont été superposées à la productivité estimée de la biomasse ligneuse (zones restreintes) et au bilan commercial (zones étendues).

Les zones d'approvisionnement en bois urbaines de Battambang sont beaucoup moins étendues que celles de Phnom Penh, en raison tout d'abord de la taille plus exiguë de la ville. Ici la zone d'approvisionnement restreinte-commerciale est à peu près égale à la zone d'approvisionnement étendue-totale, car la réduction de la consommation locale de la zone étendue est compensée par les sources d'approvisionnement non commercial.

Les principales statistiques des zones d'approvisionnement sont résumées dans le tableau 8. À Battambang, la population rurale disséminée vivant dans l'aire d'influence, et oeuvrant peut-être à la production de combustibles ligneux, varie entre 0,4 et 1,8 million, en fonction de la zone d'approvisionnement considérée. Cependant, les zones étendues auxquelles est imputable aussi la consommation locale hors de la ville sont beaucoup plus réalistes. Ce qui paraît difficile à déterminer, étant donné le manque de données de terrain, est la distinction entre la biomasse ligneuse affectée exclusivement à la consommation locale et celle adaptée à la production commerciale de combustibles ligneux, qui établit la taille de la zone étendue-commerciale.



FIGURE 28

Zones d'approvisionnement en combustibles ligneux de Battambang

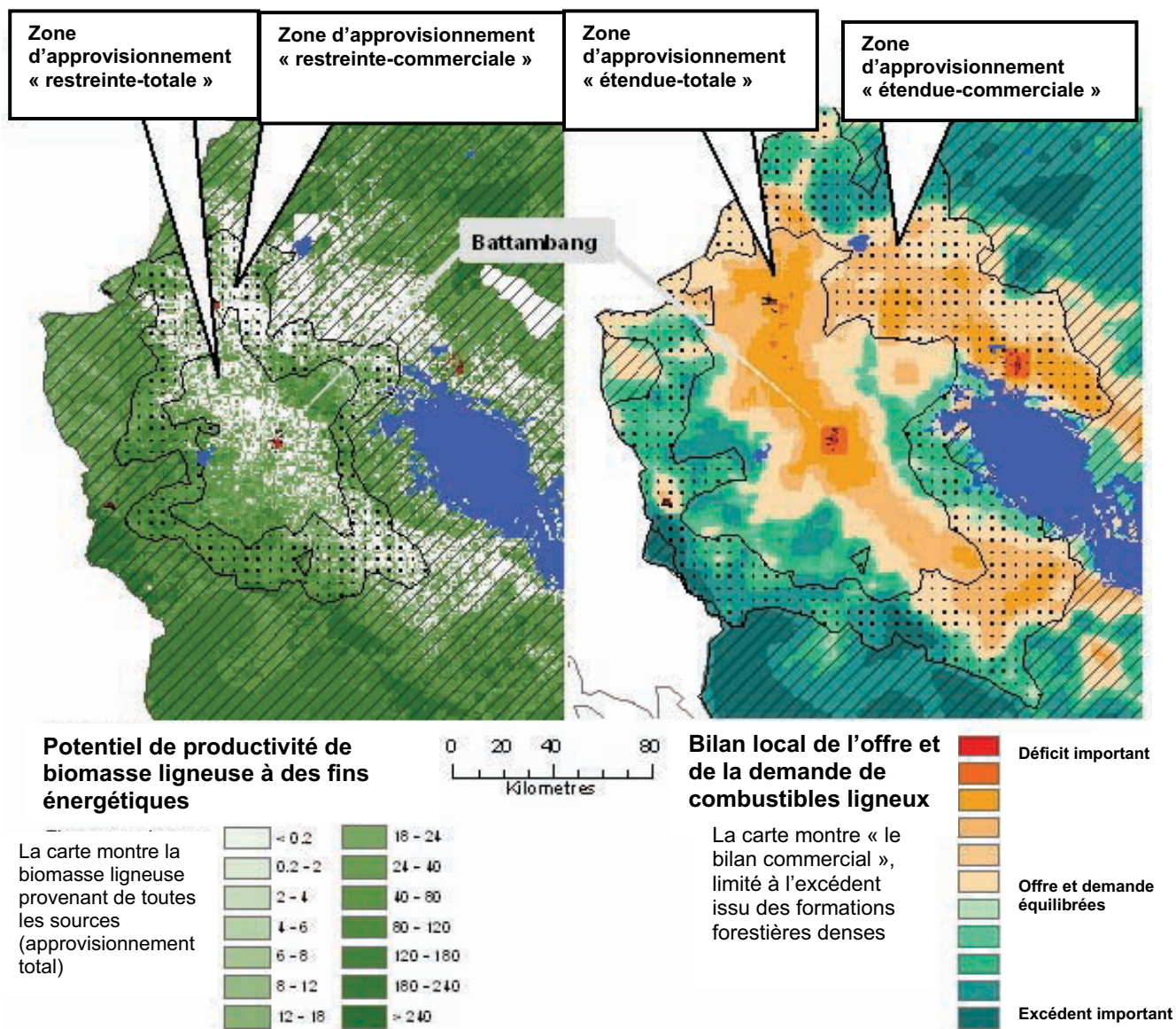


TABLEAU 8

Principales statistiques relatives aux zones d'approvisionnement en combustibles ligneux de Battambang

		Zones d'approvisionnement de Battambang			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	4 200	10 900	10 900	27 500
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	125 000	125 000	416 000	546 000
Approvisionnement ou excédent potentiel annuel	t*an <sup>-1</sup>	185 000	214 000	457 000	635 000
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		91	116	116	232
Agglomérations rurales		262	334	334	440
Agglomérations rurales clairsemées		431	861	861	1 843
Population totale		784	1 311	1 311	2 515

Les zones étendues-commerciales de Phnom Penh et de Battambang se recouvrent sur une superficie limitée, comme on le voit à la figure 29. Cela signifie que l’approvisionnement potentiel pour chaque ville de cette zone est réduit et que la zone d’approvisionnement tout entière de chaque ville devrait être accrue en conséquence.

### État nutritionnel dans les bassins d’approvisionnement en bois de Phnom Penh et de Battambang

Comme susmentionné, le rapport entre pauvreté et dendroénergie présente de multiples facettes, avec des répercussions notables, non seulement pour les utilisateurs urbains et ruraux, mais aussi pour les producteurs de combustibles ligneux dont les moyens d’existence peuvent être tributaires de systèmes dendroénergétiques. De ce point de vue, l’établissement de systèmes dendroénergétiques urbains durables pourrait avoir des effets considérables sur le développement durable et la réduction de la pauvreté pour les communautés rurales décentralisées.

La carte de la pauvreté est un défi permanent et on ne dispose pas encore de carte thématique globale (FAO, 2002c ; 2003d). Le principal jeu de données spatiales relatif à la pauvreté disponible au moment de l’analyse était un indicateur de malnutrition, c’est-à-dire une carte donnant le pourcentage de croissance retardée chez les enfants de moins de cinq ans, par unité administrative sous-nationale (FAO, sous presse). Comme l’affirme l’OMS, ce paramètre est l’un des meilleurs indicateurs de pauvreté. L’incidence de la croissance retardée au sein des bassins d’approvisionnement en bois de Phnom Penh et de Battambang est indiquée à la figure 29 et synthétisée au tableau 9.

FIGURE 29  
État nutritionnel dans les bassins d’approvisionnement en bois de Phnom Penh et Battambang

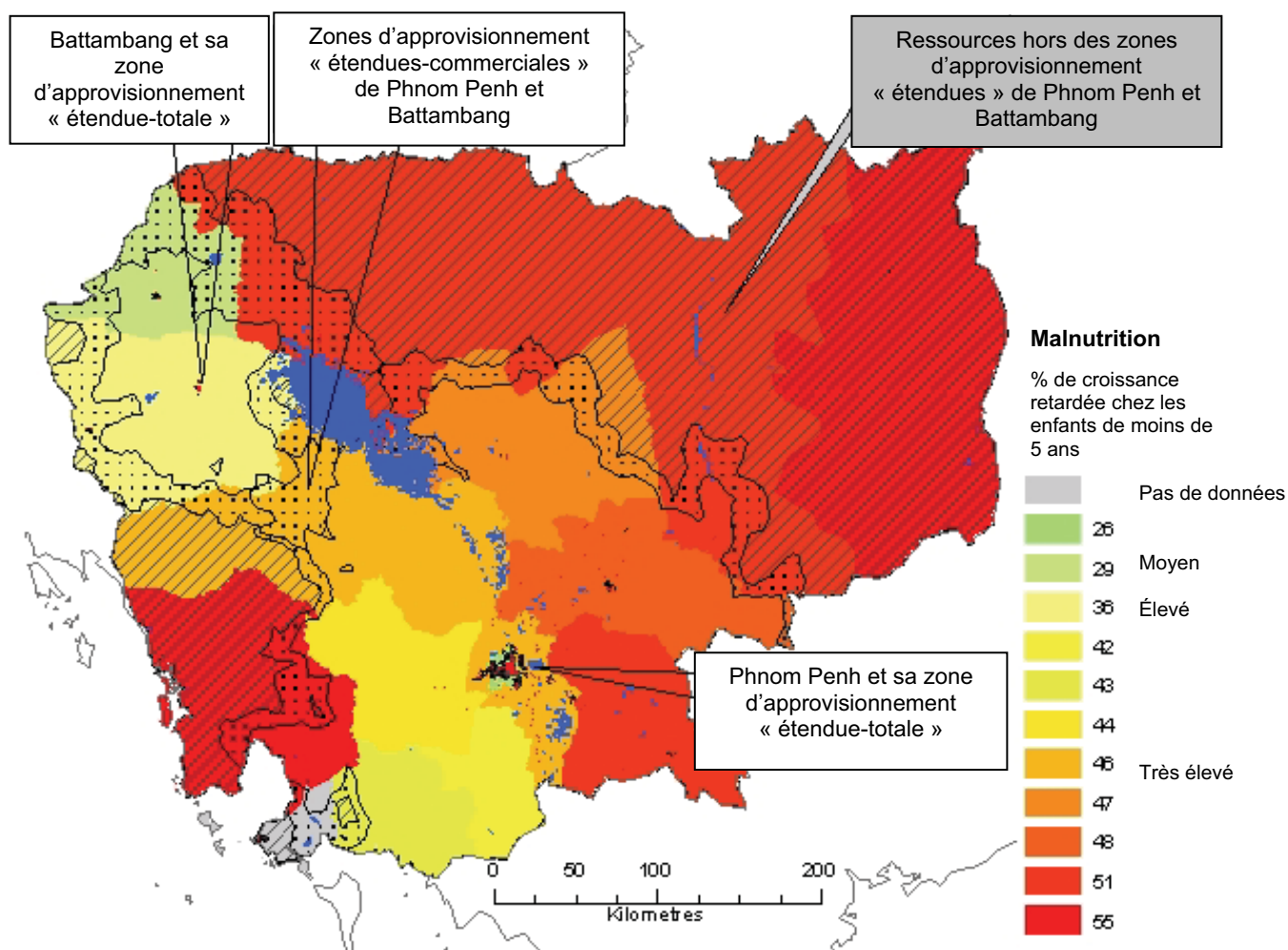


TABLEAU 9

**Statistiques de la population et de l'état nutritionnel dans les bassins d'approvisionnement en bois de Phnom Penh et Battambang**

	Zones d'approvisionnement de Battambang				Zones d'approvisionnement de Phnom Penh				Total national pour le Cambodge
	Restreintes		Étendues		Restreintes		Étendues		
	Totales	Comm.	Totales	Comm.	Totales	Comm.	Totales	Comm.	
<b>Superficie</b> km <sup>2</sup>	4 200	10 900	10 900	27 500	13 900	39 900	60 100	70 400	180 836
<b>Population</b> ('000)									
<b>Urbaine</b>	91	116	116	232	1 856	1 975	1 999	1 999	2 308
<b>Agglomérations rurales</b>	262	334	334	440	1 223	2 445	2 655	2 672	3 143
<b>Agglomérations rurales clairsemées</b>	431	861	861	1 843	1 613	4 128	5 132	5 461	7 659
<b>Total</b>	784	1 311	1 311	2 515	4 693	8 548	9 786	10 131	13 109
<b>Malnutrition</b>									
<b>Croissance retardée *</b> %	36	35	35	38	43	45	45	45	46

\*Pourcentage d'enfants de moins de cinq ans présentant des signes de croissance retardée  
Catégories de l'OMS : faible moyen élevé très élevé

D'après les seuils indiqués dans la classification de la malnutrition de l'OMS, le pourcentage de croissance retardée est très élevé (incidence de  $\geq 40$  pour cent), élevé (30-39 pour cent), moyen (20-29 pour cent) et faible <20 pour cent). Par rapport à ces seuils, la situation au Cambodge apparaît extrêmement grave, la moyenne nationale atteignant 46 pour cent. Mais elle n'est pas homogène, comme il ressort de la figure 28 ; les conditions dans les bassins d'approvisionnement de Phnom Penh et de Battambang sont sensiblement différentes, avec une croissance retardée de 35-38 pour cent « seulement » dans le dernier, et de 43-45 pour cent dans le premier. Ce facteur joue un rôle important dans la désignation des aires d'intervention prioritaires, notamment lorsqu'il est prévu d'y créer des marchés ruraux et d'y adopter des mesures de réduction de la pauvreté.

**Bassins d'approvisionnement en bois de Vientiane et de Luang Prabang**

La situation dans les zones d'approvisionnement de Vientiane et de Luang Prabang en République démocratique populaire lao est très différente (figure 30). Comme il ressort des tableaux 10 et 11, les populations urbaines vivant dans les zones d'approvisionnement de ces deux villes sont beaucoup moins nombreuses qu'au Cambodge. Bien que la précision de ces chiffres laisse à désirer, à cause du processus de spatialisation et de la définition quelque peu subjective des conditions en zone rurale/urbaine dans les sources de référence (FAO, 2005b), l'ordre de grandeur qu'elles fournissent est cohérent.

Vu la densité relativement faible de la population dans les zones périurbaines et rurales aussi, le facteur qui influence le plus la taille des zones est le type d'approvisionnement qu'elles fournissent, à savoir totale ou commerciale, plutôt que l'inclusion ou l'exclusion de la consommation hors des villes (restreinte-étendue). Dans le cas de Luang Prabang, par exemple, la consommation suburbaine et rurale est si faible que les zones d'approvisionnement restreinte-commerciale et étendue-commerciale sont pratiquement identiques (voir la section 5.2.2).

FIGURE 30  
Zones d'approvisionnement de Vientiane et Luang Prabang

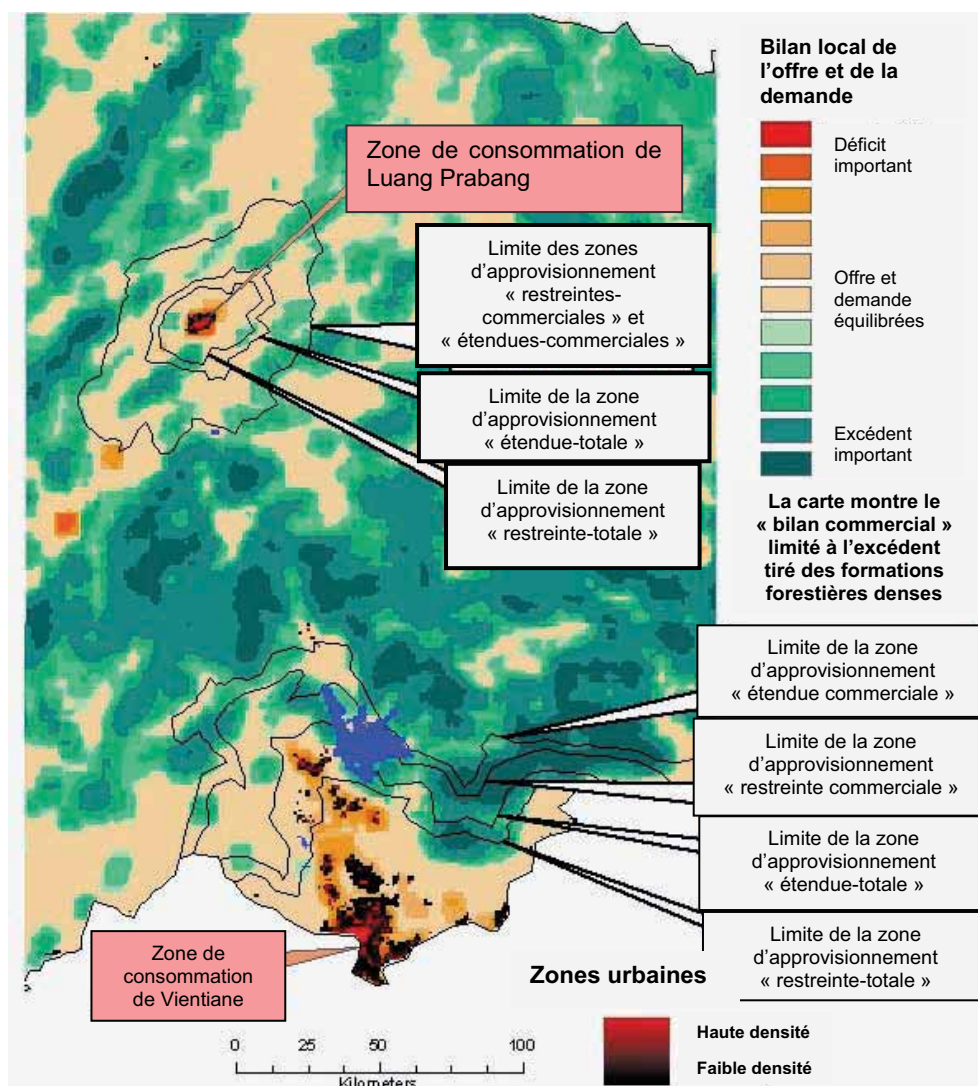


TABLEAU 10  
Statistiques principales du bassin d'approvisionnement en bois de Vientiane

		Zones d'approvisionnement de Vientiane			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	3 600	7 700	5 100	9 500
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	259 000	259 000	473 100	500 200
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>-1</sup>	321 100	268 300	545 500	551 000
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		570	620	620	630
Agglomérations rurales		50	70	70	80
Agglomérations rurales clairsemées		150	210	190	230
Population totale		770	900	880	940



TABLEAU 11

**Statistiques principales du bassin d'approvisionnement en bois de Luang Prabang**

		Zones d'approvisionnement de Luang Prabang			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	800	4 400	1 300	4 400
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	53 600	53 600	73 500	101 600
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>-1</sup>	65 900	73 300	112 400	107 700
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		70	70	70	70
Agglomérations rurales		10	20	20	20
Agglomérations rurales clairsemées		20	80	40	80
Population totale		100	170	130	170

**Bassins d'approvisionnement en bois urbains désignés en Afrique orientale**

Par rapport à la base de données cartographiques WISDOM pour l'Asie du Sud-Est, celle concernant l'Afrique orientale présente plusieurs différences qui influencent la délimitation des bassins d'approvisionnement en bois. Ces différences comprennent i) la résolution plus élevée des cartes des zones d'approvisionnement en combustibles ligneux qui se fondaient sur les cartes vectorielles d'Africover (site web d'Africover) comprenant des unités cartographiques minimales de 200-300 m (en dessous de 100 m de large pour les éléments linéaires) contre le pixel de 0,9 km (30 sec-arc) des cartes d'Asie du Sud-Est ; et ii) la résolution inférieure des cartes du bilan de l'offre et de la demande de combustibles ligneux, pour lesquelles a été utilisée une cellule d'environ 9 x 9 km (5 min-arc) contre le pixel de 0,9 km de l'Asie du Sud-Est. Il en résulte que la cartographie des sources d'approvisionnement est plus détaillée, alors que la définition spatiale des zones d'approvisionnement, basée sur le jeu de données de 5 min-arc, est plus grossière.

***Dar-es-Salaam et Arusha-Moshi, République-Unie de Tanzanie***

Étant donné la concentration comparativement élevée des paysages boisés (terres boisées et brousse) à proximité de la ville, le bassin d'approvisionnement en bois de Dar-es-Salaam est relativement exigu, comme indiqué à la figure 31 et résumé dans le tableau 12, toutes les zones d'approvisionnement se trouvant à quelque 150 km de la ville, y compris la zone étendue-commerciale.

D'après les conclusions de l'étude sur les changements de la couverture du sol entreprise par le projet CHAPOS (CHAPOS, 2002) pour évaluer l'impact de la production de charbon de bois autour de Dar-es-Salaam, une dégradation considérable caractérise les terres boisées et la végétation arbustive sur une superficie à peu près égale à la zone d'approvisionnement restreinte-totale de la figure 31. Cela pourrait indiquer que la zone d'approvisionnement durable devrait être plus étendue, afin de permettre des révolutions plus longues et de disposer de suffisamment de temps pour permettre aux terres boisées exploitées de se régénérer. On pourrait également en déduire que la productivité durable supposée dans l'étude WISDOM est optimiste et devrait être réduite. Quoi qu'il en soit, ce fait confirme l'importance de poursuivre les enquêtes et les vérifications de terrain après l'analyse WISDOM à l'échelle du pays et la première délimitation des zones d'approvisionnement urbaines.

À Dar-es-Salaam, la population rurale clairsemée vivant dans l'aire d'influence et se consacrant potentiellement à la production de combustibles ligneux varie entre 0,6 million pour la zone d'approvisionnement restreinte-totale et 0,9 million pour la zone étendue-commerciale.

Une situation totalement différente ressort de l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois d'Arusha-Moshi dans la région du Kilimanjaro (figure 32 et tableau 13). La combinaison i) d'une forte densité de population et de l'intensité de la demande de combustibles ligneux) des régions du nord-est et centrale du pays et ii) des maigres ressources en biomasse ligneuse que produit la zone donne lieu à une zone d'approvisionnement étendue-totale bien plus vaste et à une zone étendue-commerciale qui couvre la moitié du pays.

FIGURE 31

**Bassins d'approvisionnement en combustibles ligneux de Dar-es-Salaam**

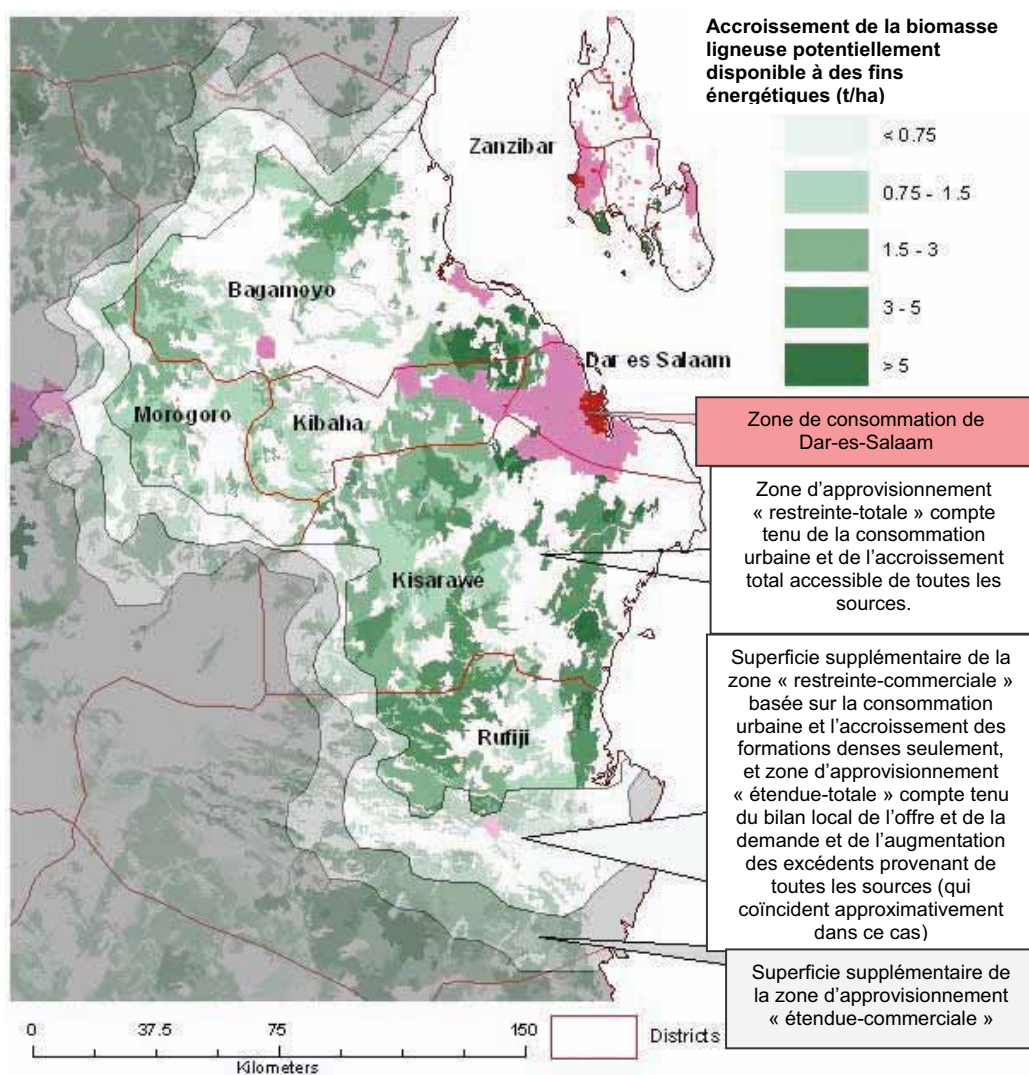


TABLEAU 12

**Statistiques principales des bassins d'approvisionnement en combustibles ligneux de Dar-es-Salaam**

		Zones d'approvisionnement de Dar-es-Salaam			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	19 000	24 000	24 000	30 000
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>1</sup>	2 200 000	2 200 000	2 500 000	2 600 000
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>1</sup>	2 800 000	2 500 000	2 800 000	2 900 000
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		2 090	2 090	2 090	2 180
Agglomérations rurales		0	0	0	0
Agglomérations rurales clairsemées		580	710	710	860
Population totale		2 670	2 800	2 800	3 040

FIGURE 32  
**Bassin d'approvisionnement en bois d'Arusha-Moshi**

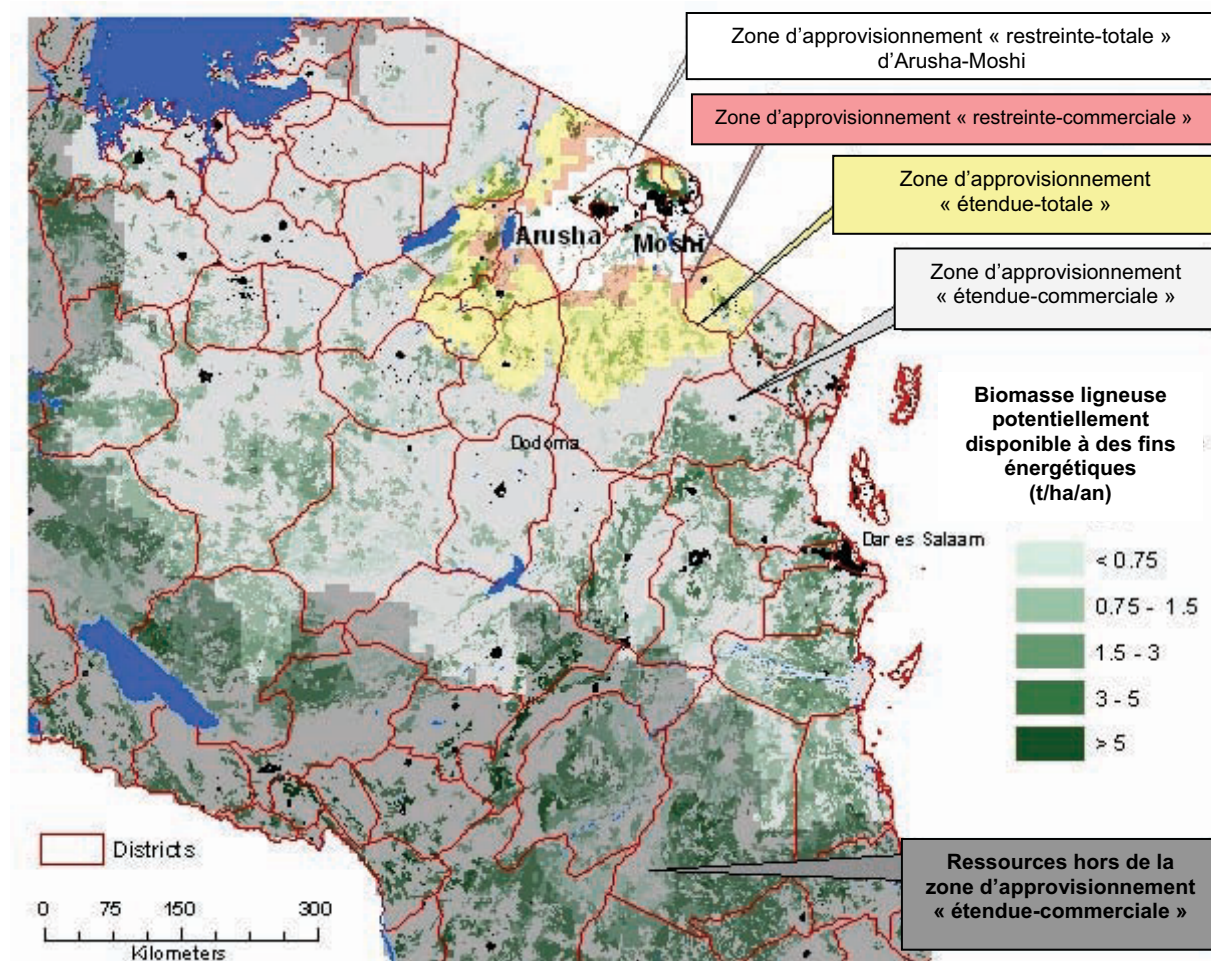


TABLEAU 13  
**Statistiques principales du bassin d'approvisionnement en bois d'Arusha-Moshi**

		Zones d'approvisionnement d'Arusha-Moshi			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	22 000	32 000	73 000	459 000
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>1</sup>	1 000 000	1 000 000	3 300 000	16 700 000
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>-1</sup>	1 100 000	1 000 000	3 400 000	16 900 000
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		1 190	1 240	1 400	5 010
Agglomérations rurales		0	0	0	0
Agglomérations rurales disséminées		920	1 220	2 240	14 450
Population totale		2 110	2 460	3 640	19 460

La ville de Dar-es-Salaam est comprise elle aussi dans la zone d'approvisionnement étendue-commerciale d'Arusha-Moshi, grâce à l'inclusion progressive de nouveaux tampons pour lesquels l'approvisionnement potentiel et la consommation locale sont ajoutés jusqu'à ce que la consommation et l'approvisionnement cumulés s'équilibrent. L'étude de cas d'Arusha-Moshi montre l'importance d'appuyer l'analyse du bassin d'approvisionnement d'une ville donnée par une analyse WISDOM globale. De fait, la combinaison de facteurs extérieurs à la ville influence fortement la taille et la forme du bassin urbain, même à une distance considérable. Elle souligne aussi les avantages obtenus grâce à une analyse du bassin d'approvisionnement urbain pour plusieurs villes d'un pays, afin d'obtenir une vision globale de l'interaction urbaine/rurale et de fournir un surcroît de détails sur la zone d'approvisionnement en jeu.

### ***Kampala, Ouganda***

Au moment de rédiger la présente étude, nous lisons dans les journaux que « La pénurie de bois frappe Kabale », un district dans le sud-est de l'Ouganda, et que les ménages ont dû se tourner vers des herbes et des résidus agricoles pour cuisiner, afin de parer à la rareté du bois de feu. D'après le rapport, jusqu'à tout récemment le sommet des montagnes était densément boisé mais, avec l'augmentation de la population, la plupart des arbres ont été abattus pour créer des terres arables. Il n'est donc pas étonnant de constater que le district est compris dans la liste des unités sous-nationales de l'Ouganda ayant le déficit majeur en combustibles ligneux de l'étude WISDOM sur l'Afrique orientale (FAO, 2006b).

La rareté de biomasse ligneuse servant à produire l'énergie domestique en Ouganda est un problème notoire qui est reflété aussi dans l'analyse du bassin d'approvisionnement en bois de Kampala. Les zones d'approvisionnement montrées dans la figure 33 et synthétisées dans le tableau 14 sont très vastes, Kampala ayant une population de 1,2 million d'habitants « seulement ».

Ce qui ressort clairement de l'analyse, c'est que les sources de biomasse ligneuse sont essentiellement fragmentées, dégradées et clairsemées, d'où la grande différence entre les zones d'approvisionnement restreinte-totale et restreinte-commerciale. Les formations denses restantes, qui sont mieux adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux, sont rares et distantes, étendant la zone d'approvisionnement restreinte-commerciale jusqu'à quelque 200 km de la ville.

La situation est plus grave si l'on tient compte de la consommation locale hors de la ville. La zone étendue-totale couvre quelque 91 000 km<sup>2</sup> avec des distances de plus de 200 km de la ville, alors que l'analyse de la zone étendue-commerciale fait apparaître un solde débiteur même si la zone d'approvisionnement comprend le pays tout entier.

Il ne faut pas oublier que les définitions des zones d'approvisionnement sont théoriques et sous-entendent toujours la présence de régimes d'exploitation durables. A cet égard, la situation en Ouganda révèle qu'existe un risque élevé de surexploitation et de dégradation prolongée des ressources naturelles.

### ***Khartoum, Soudan***

La grande ville de Khartoum, avec les zones urbaines de Rufaa et Wad Medani à proximité, a une population d'à peu près 5 millions d'habitants ; la demande de charbon de bois et de bois de feu pour l'énergie domestique est donc énorme, d'après des études récentes de la consommation.

Vu la forte concentration démographique dans les régions soudanaises centrales et la pénurie relative et la faible productivité des ressources en bois, les zones d'approvisionnement sont extrêmement vastes, comme le montre la figure 34 et le résume le tableau 15. Les zones d'approvisionnement en combustibles ligneux sont très éloignées, arrivant jusqu'à 500 km pour la zone restreinte-totale, et jusqu'à 1 000 km pour la zone étendue-commerciale<sup>9</sup>, distances à parcourir avant d'atteindre les provinces méridionales riches en biomasse.

La production de bois de feu et de charbon de bois représente une source de revenu pour un grand nombre des communautés disséminées vivant dans ces zones.

---

<sup>9</sup> À noter que la forme des zones d'approvisionnement de la figure 33 se fonde exclusivement sur la répartition des ressources et des paramètres d'accessibilité matériels/légaux, et ne tient pas compte de l'impact certain (mais pas défini) exercé par le conflit qui oppose le sud du pays, riche en forêts et terres boisées, et le centre où l'essentiel de la demande de combustibles ligneux se concentre.



FIGURE 33

**Bassin d'approvisionnement en combustibles ligneux de Kampala**

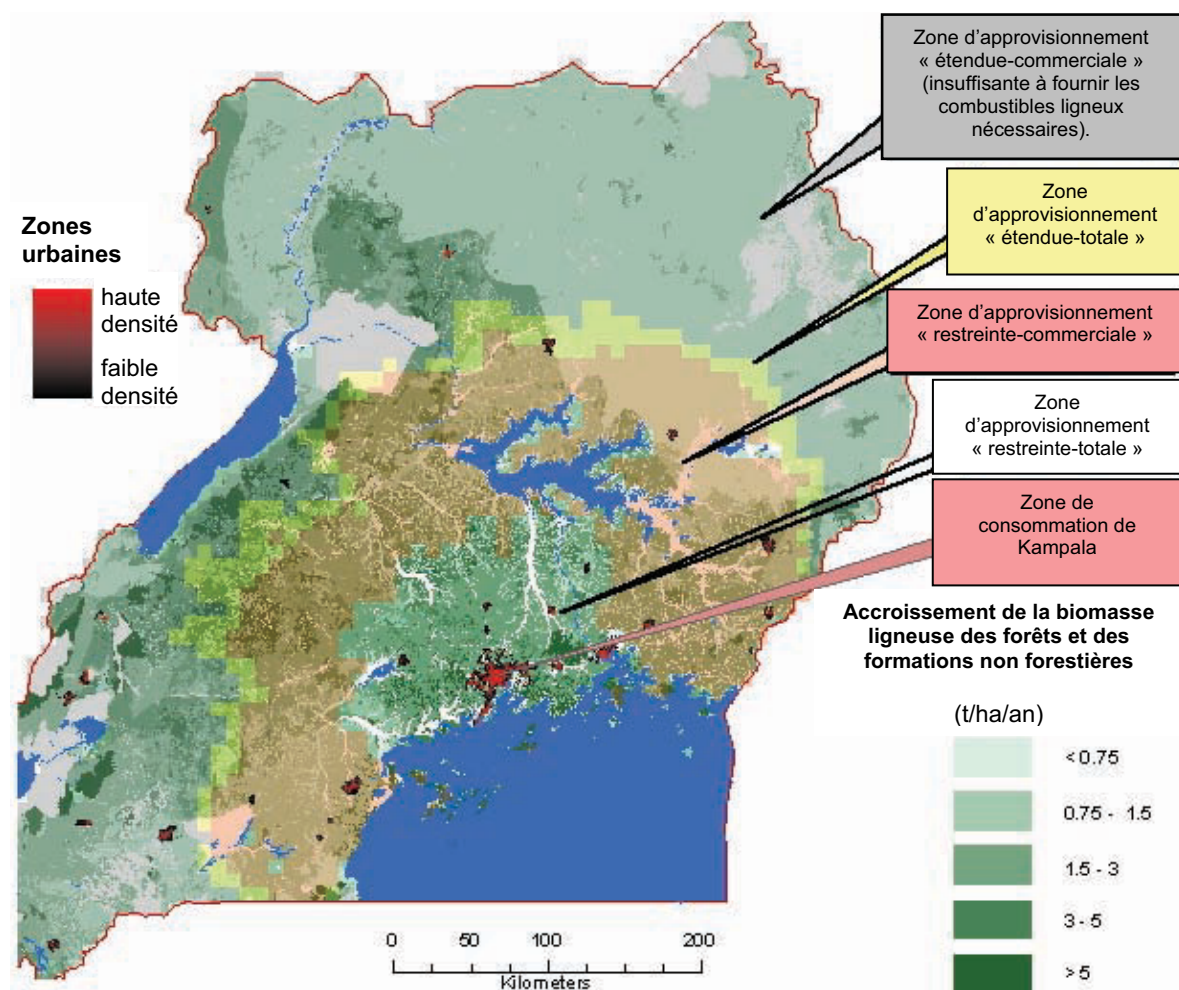


TABLEAU 14

**Statistiques principales du bassin d'approvisionnement en combustibles ligneux de Kampala**

		Zones d'approvisionnement de Kampala			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales *
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	19 000	78 000	91 000	202 000
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	2 600 000	2 600 000	11 500 000	<b>17 600 000</b>
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>-1</sup>	3 100 000	2 600 000	11 900 000	<b>13 700 000</b>
Population ('000 d'habitants)					-3 900 000
Urbaine					
Agglomérations rurales		2 340	2 820	2 840	3 270
Agglomérations rurales clairsemées		520	2 100	2 180	3 080
Population totale		2 120	8 290	9 170	16 540
Superficie de la zone d'approvisionnement		4 980	13 210	14 190	22 890

\* La zone d'approvisionnement étendue-commerciale paraît insuffisante pour satisfaire la demande de combustibles ligneux même si elle couvrait la totalité du pays. L'approvisionnement potentiel tiré des excédents commerciaux (13,7 millions de tonnes) est inférieur à la consommation totale estimée (17,6 millions de tonnes).

FIGURE 34  
**Bassin d'approvisionnement en combustibles ligneux de Khartoum**

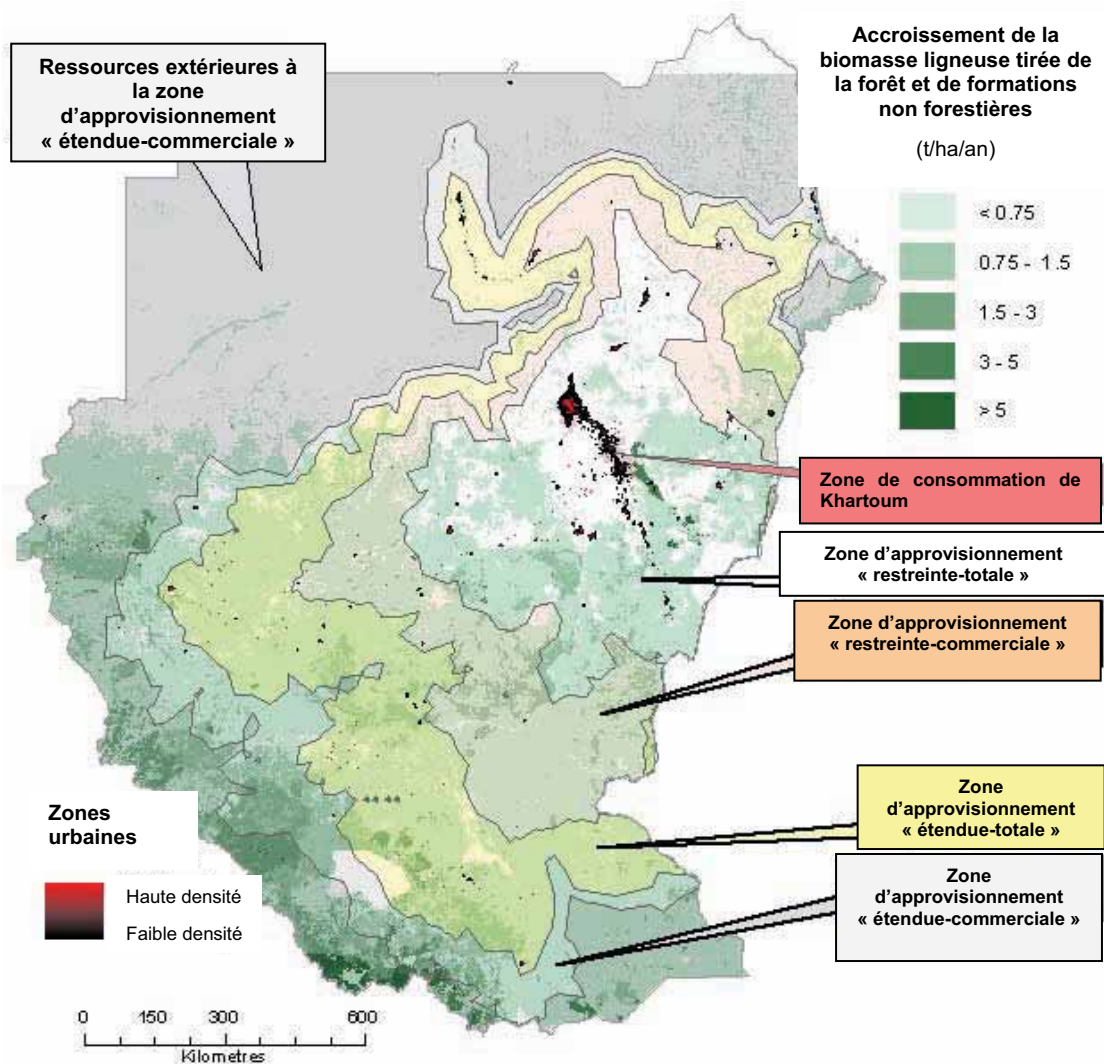


TABLEAU 15  
**Statistiques principales du bassin d'approvisionnement de Khartoum**

		Zones d'approvisionnement de Khartoum			
		Restreintes		Étendues	
		Totales	Commerciales	Totales	Commerciales
Superficie de la zone d'approvisionnement	km <sup>2</sup>	399 000	760 000	1 260 000	1 550 000
Consommation annuelle (2000)	t*an <sup>-1</sup>	3 900 000	3 900 000	1 636 900 000	1 814 300 000
Approvisionnement ou excédents potentiels annuels	t*an <sup>-1</sup>	4 000 000	3 900 000	1 637 400 000	1 815 200 000
Population ('000 d'habitants)					
Urbaine		8 060	9 010	10 280	11 000
Agglomérations rurales		0	0	0	0
Agglomérations rurales clairsemées		7 130	10 340	14 720	16 710
Population totale		15 190	19 350	25 000	27 710



# Planification des systèmes dendroénergétiques urbains durables

## NIVEAUX DE PLANIFICATION STRATÉGIQUE ET OPÉRATIONNELLE

Les défis que pose la demande énergétique galopante dans les zones urbaines des pays d'Afrique tropicale, d'Asie et d'Amérique latine, associés aux conditions de pauvreté de nombreux habitants des zones périurbaines et urbaines, exigent l'engagement renouvelé et renforcé des décideurs ainsi que des outils de planification adaptés.

La planification peut se subdiviser en deux niveaux principaux : un niveau de planification *stratégique*, visant la formulation de politiques et de stratégies nationales, et un niveau de planification *opérationnelle* dont l'objectif est la mise en œuvre de ces politiques dans un contexte local.

Pour soutenir la planification stratégique, il faut avoir des connaissances spatiales détaillées sur les niveaux de consommation des combustibles ligneux et les capacités d'approvisionnement durable, qu'on pourrait appeler « base de connaissances stratégiques ». Cette vision globale du secteur de la dendroénergie devrait s'appliquer à l'ensemble du pays et souligner la variabilité géographique des modèles de l'offre et de la demande.

Le but de cette base de connaissances stratégiques est d'intégrer toutes les informations spatiales et statistiques disponibles concernant la consommation de combustibles ligneux et les capacités de production d'un pays, ou d'une vaste région géographique, afin d'obtenir un aperçu discret au plan géographique des modèles de l'offre et de la demande de combustibles ligneux, et de déterminer les zones d'approvisionnement durable potentielles de villes désignées. Les principaux objectifs de cette base de données géostatistique pourraient être résumés comme suit :

- identifier et délimiter les zones excédentaires et déficitaires en combustibles ligneux, c'est-à-dire celles où l'offre et la demande de combustibles ligneux ont atteint un équilibre positif ou négatif, dans l'ensemble du pays (d'où une région géographique étendue) ;
- identifier des unités administratives et des populations touchées par les pénuries d'énergie de subsistance (zones déficitaires) ainsi que celles ayant des potentiels bioénergétiques élevés (zones excédentaires) ;
- délimiter les zones d'approvisionnement durable potentielles de villes importantes ou désignées vis-à-vis de la consommation de combustibles ligneux périurbaine/urbaine et des capacités de production adaptées/accessibles ;
- soutenir la planification stratégique et la formulation de politiques visant à établir des systèmes dendroénergétiques durables ;
- définir de façon objective les zones d'interventions prioritaires (régions et/ou communautés vulnérables, bassins d'approvisionnement en bois urbains) dans lesquelles entreprendre des études approfondies et organiser la planification opérationnelle.

Pour faciliter la planification opérationnelle et la gestion durable de la ressource dans des bassins d'approvisionnement en bois particuliers, il faut réaliser des études au plan local, comme des analyses approfondies du flux de combustibles ligneux, qui fournissent des paramètres fiables.

Les objectifs de ces études approfondies sur la dendroénergie urbaine et ses répercussions sur la foresterie urbaine, sur l'interface urbaine/rurale et sur la gestion durable des ressources pourraient être les suivants :

- aider les responsables des politiques et les décideurs à répondre à la demande énergétique urbaine et périurbaine, en tenant compte de la gestion durable de paysages, forêts et autres ressources ligneuses ;
- soutenir la gestion durable du couvert arboré et d'autres ressources en biomasse ligneuse de zones urbaines et périurbaines ;
- appuyer la gestion durable de forêts et d'autres ressources ligneuses au-delà des zones périurbaines en fonction de la demande de combustibles ligneux.



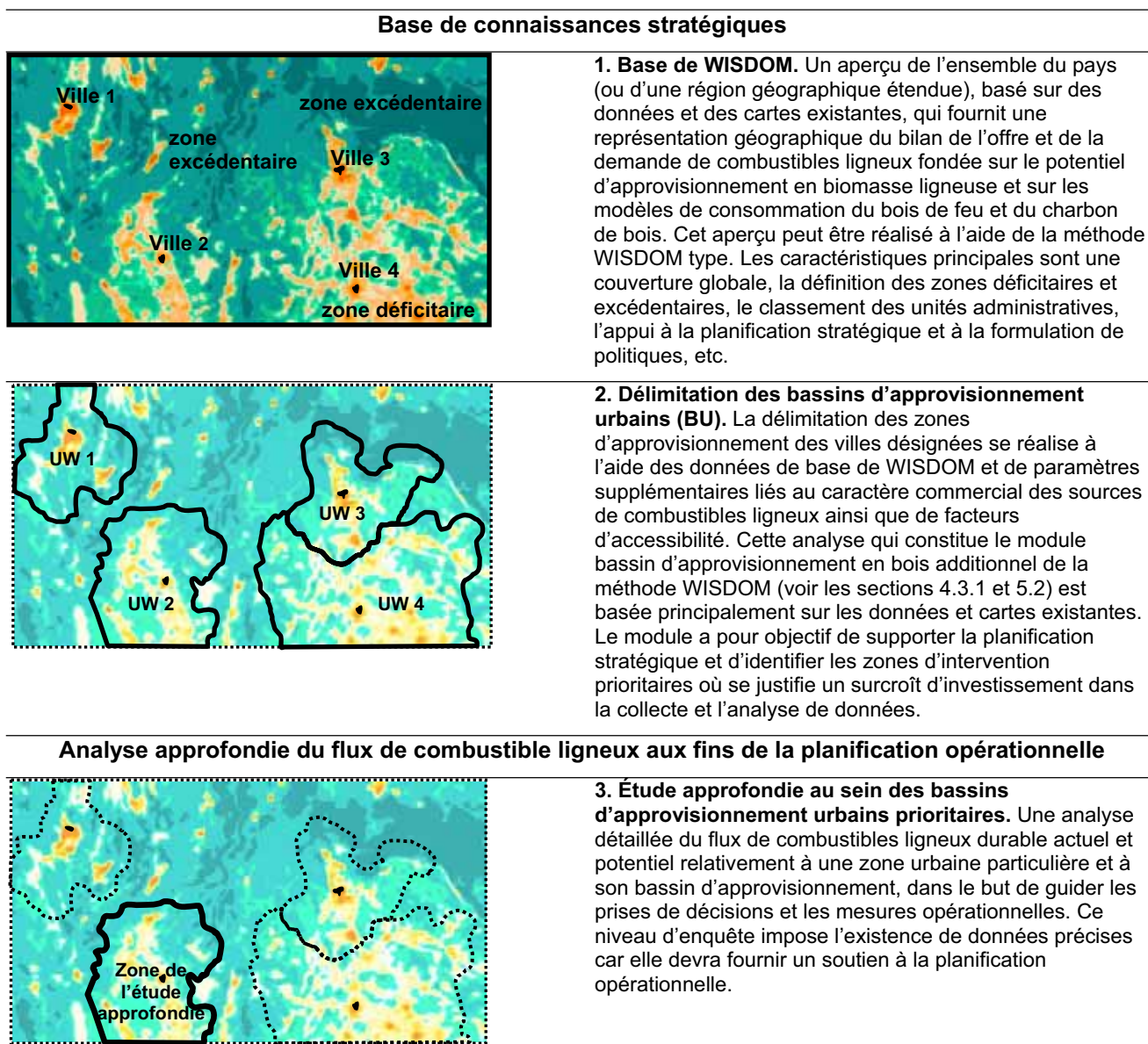
## ADAPTATION DE LA MÉTHODE WISDOM À LA DENDROÉNERGIE URBAINE ET PERIURBAINE

Suivant l'optique de la méthode WISDOM, la création d'une base de connaissances stratégiques impose une analyse globale de cette méthode et la délimitation des bassins d'approvisionnement de toutes les principales villes d'un pays.

L'analyse approfondie représente pour la planification opérationnelle un niveau d'enquête successif et plus détaillé, qui peut se limiter à des bassins d'approvisionnement choisis. Les objectifs principaux de ces étapes analytiques sont résumés à la figure 35.

FIGURE 35

**Niveaux d'analyse à l'appui de la planification de la dendroénergie urbaine (les cartes thématiques sont purement symboliques)**



La méthode WISDOM, avec le module bassin d'approvisionnement en bois supplémentaire, qui crée la base de connaissances stratégiques, est décrite en détail à la section 4.3.1. La méthode a été appliquée dans un certain nombre d'études de cas compris dans le chapitre 5. Ces analyses se fondaient sur des cartes thématiques relativement grossières qui ont été dressées pour l'analyse sous-régionale (FAO, 2006b ; FAO, sous presse) mais se sont avérées utiles pour la délimitation et la description des zones d'approvisionnement durable potentiel à partir de différentes perspectives. L'approche proposée est extrêmement souple et peut être adaptée aux informations existantes dans les pays ou, comme dans le cas

des études sur l'Afrique orientale et l'Asie du Sud-Est, dans des jeux de données régionales et mondiales.

Pour la planification opérationnelle du bassin d'approvisionnement en bois, les paramètres génériques de l'aperçu ne suffisent plus. Les données sur la consommation et l'approvisionnement pourraient devoir être révisées, hormis dans les rares cas où des enquêtes récentes ont produit des informations fiables propres au lieu et où il faut recueillir dans la zone de l'étude des paramètres socioéconomiques additionnels directement associés au flux de combustibles ligneux.

À ce niveau de l'analyse, est conseillé l'emploi d'une méthode WISDOM plus détaillée comprenant de nouveaux paramètres recueillis grâce aux méthodes d'analyse du flux de combustibles ligneux, comme décrit dans les directives de l'enquête sur les combustibles ligneux (FAO, 2002a ; Zakia *et al.*, 1992) et appliqué dans plusieurs études de cas (FAO, 1997a ; 1998b ; 2000 ; 2001b). Les paramètres devant être estimés dans des études détaillées sur le flux de combustibles ligneux sont présentés brièvement dans les paragraphes qui suivent.

## **PARAMÈTRES CLÉS DE L'ANALYSE APPROFONDIE DU FLUX DE COMBUSTIBLES LIGNEUX POUR LA PLANIFICATION OPÉRATIONNELLE DU BASSIN D'APPROVISIONNEMENT EN BOIS URBAIN**

Les principaux paramètres à étudier pour réaliser la planification au niveau local sont décrits brièvement ici. Les variables significatives, leur utilité et les méthodes pratiques d'enquête sont comprises dans *A guide for woodfuel surveys* (FAO, 2002a) que le lecteur devrait consulter pour obtenir un surcroît d'informations.

### **Demande de combustibles ligneux**

La détermination et la carte de la demande actuelle de combustibles ligneux et la prévision de scénarios futurs probables sont essentielles pour comprendre les besoins des populations, et définir d'autres éléments thématiques comme l'approvisionnement et la fourniture. Le tableau 16 donne une liste des principales variables à considérer dans les études sur la demande locale de combustibles ligneux.

TABLEAU 16  
**Principales variables à analyser dans les enquêtes détaillées sur la demande de combustibles ligneux (FAO, 2002a).**

<b>Variables générales</b>	<b>Ventilation et explication</b>
Utilisateurs finals, habitants des villes, habitants ruraux.	par taille (nombre d'utilisateurs, de ménages, d'établissements)
secteur agricole	répartition géographique (normalement subdivisions de recensement)
secteur industriel	type de fourniture
commerce et services	
secteurs institutionnels	
<b>Variables particulières</b>	
Source de la fourniture	Directe, indirecte et récupération (voir la section 6.3.2)
Saturation ou pénétration	Fraction d'un secteur donné utilisant des combustibles ligneux
Utilisation de combustibles multiples	Familles ou établissements utilisant alternativement ou simultanément deux sources d'énergie ou davantage
Substitution	Quantité de combustibles ligneux remplacée par une unité de combustible de substitution
Utilisations finales	Besoins que le consommateur satisfait grâce aux combustibles ligneux
Activités	Principales opérations unitaires pouvant caractériser une utilisation finale
Moyens de combustion	Installations ou appareils : foyer, four, chaudière, lampe, etc. Les méthodes simples de combustion du bois de feu encore en usage à Bangui, République centrafricaine, sont indiquées aux figures 36 et 37
Consommation	Consommation totale Consommation spécifique = quantité de combustible consommée par consommateur, unité de temps, activité, unité du produit obtenu ou unité de matière première transformée

FIGURE 36  
**Foyer amélioré simple au marché de Bangui,  
République centrafricaine**



FIGURE 37  
**Système traditionnel à trois pierres encore  
répandu chez les ménages de Bangui,  
République centrafricaine**



Photos : Salbitano

### **Approvisionnement en combustibles ligneux**

En ce qui concerne l'approvisionnement en combustibles ligneux, il est important de faire la distinction entre l'*approvisionnement effectif* (c'est-à-dire réellement disponible) et l'*approvisionnement potentiel*, qui est la quantité pouvant se rendre disponible grâce à la gestion durable des ressources en bois et sans compromettre les niveaux de production normaux d'autres types de bois.

Puisque la durée d'emmagasinage des combustibles ligneux est normalement relativement courte, on peut supposer que l'*approvisionnement effectif* est égal à la *consommation* et, partant, son volume estimé peut être basé sur les estimations de la consommation effective.

Par ailleurs, l'*approvisionnement potentiel* exige l'identification et l'évaluation de toutes les sources potentielles de combustibles ligneux, l'estimation de la productivité accessible légalement et physiquement sous des régimes de gestion durable, et la déduction de cette valeur des autres produits ligneux consommés en conditions normales.

Le tableau 17 donne la liste des variables principales liées à la consommation de combustibles ligneux à prendre en compte dans les études sur l'approvisionnement local en combustibles ligneux.

Les sources les plus communes, voire même les seules, d'informations sur la productivité du bois sont les rapports d'inventaires forestiers et ceux des gestionnaires forestiers, mais ils mettent l'accent habituellement sur les assortiments de bois plutôt que sur la biomasse ligneuse. Ils se limitent aux forêts de « production », alors que les sources de combustibles ligneux sont souvent des formations claires et dégradées, des arbres et arbustes présents dans les exploitations, les vergers, etc.

Bien que les valeurs de productivité de combustibles ligneux tirées des données d'inventaires sur les forêts de production puissent être obtenues avec un niveau d'approximation raisonnable (FAO, 1997b ; Brown et Lugo, 1984), l'acquisition de données sur la productivité durable de formations hybrides est bien plus complexe et incertaine. Il est improbable de trouver des enquêtes approfondies sur des paysages disséminés et hétérogènes, mais les enquêtes par télédétection avec une résolution adéquate et un minimum d'échantillonnage de terrain peuvent servir à fournir une évaluation préliminaire des ressources en bois dans des paysages non forestiers, comme il a été fait dans le cadre de l'étude WISDOM sur la Slovénie (FAO, 2006a).



TABLEAU 17

**Variables les plus significatives à analyser dans les enquêtes détaillées sur l’approvisionnement en combustibles ligneux (FAO, 2002a).**

<b>Variables générales</b>	<b>Ventilation et explication</b>
Sources de combustibles ligneux	Sources directes (arbres et arbustes ligneux) Sources indirectes (producteurs de charbon de bois, scieries, usines de cellulose, fabriques de mobilier, tannin, résine et usines de production d’huile végétale) Sources de combustibles ligneux récupérés (résidus des industries du bois, matériel de construction ou d’emballage rejeté).
<b>Variables particulières</b>	
Stocks	Totalité des combustibles ligneux provenant de sources directes présentes dans une zone unitaire d’une ressource désignée en un moment donné. Ne s’applique pas aux sources indirectes et aux combustibles ligneux récupérés.
Productivité	<p>Sources directes</p> <p>Totalité de la productivité de combustibles ligneux = biomasse ligneuse aérienne annuelle nette adaptée à la production d’énergie, c’est-à-dire l’accroissement de la biomasse ligneuse aérienne dans les arbres et arbustes vivants, y compris les tiges et les branches (à l’exclusion des brindilles et des feuilles).</p> <p>Productivité de combustibles ligneux accessible et disponible = productivité totale de combustibles ligneux moins la fraction de biomasse ligneuse destinée à d’autres usages et non accessible en raison de contraintes légales ou physiques.</p>
	<p>Sources indirectes</p> <p>Les estimations du charbon de bois sont tirées d’études sur la saturation et la consommation.</p> <p>Dans le cas des industries de transformation du bois, on peut calculer l’approvisionnement en appliquant des coefficients de génération de sous-produits.</p>
	<p>Combustibles ligneux récupérés</p> <p>Estimés sur la base de statistiques de la production pour les dérivés du bois, en appliquant des coefficients empiriques ou estimés de récupération.</p>

FIGURE 38  
**Bois de feu provenant de la gestion du parc de la ville à Bangui, République centrafricaine**



Photos : Salbitano

FIGURE 39  
**Brindilles et feuilles ramassées comme bois de feu à Bangui, République centrafricaine**



**Sources d'approvisionnement dans le contexte du bassin d'approvisionnement en bois urbain**  
**Sources de biomasse ligneuse dans la zone urbaine.** Les sources *directes* viennent des élagages et des éclaircies de zones vertes, comme les parcs, les jardins, les arbres d'alignement et d'ombrage (figures 38 et 39).

Les sources *indirectes* de combustibles ligneux récupérés sont les sous-produits et les résidus des industries du bois, et le bois provenant des déchets urbains, des matériaux de construction rejetés, etc.

**Sources de biomasse ligneuse dans les environs immédiats (zone d'urbanisation).** Les sources *directes* sont les vergers, les boisements et les arbres dans les exploitations, la foresterie à révolution courte et les sous-produits de la conversion des terres liée à l'expansion urbaine.

Les sources *indirectes* de combustibles ligneux récupérés sont les sous-produits et les résidus des industries du bois.

**Sources de biomasse ligneuse dans la zone d'approvisionnement effective (sources actuelles).** La zone d'approvisionnement effective peut être décrite, avec quelques approximations, sur la base des déclarations de personnes informées (détaillants et marchands de bois de feu/charbon de bois, forestiers, autorités rurales, etc.).

Il importe de faire la distinction entre les sources de biomasse ligneuse adaptée à la production destinée au marché urbain (et utilisée), qui pourraient être appelées ressources « commerciales », et d'autres sources qui ne sont adaptées qu'à la demande locale et utilisées sur place. Cette distinction permet de cartographier la zone théorique de production durable des combustibles ligneux nécessaires.

**Sources de biomasse ligneuse dans la zone d'approvisionnement potentiel (sources d'approvisionnement potentiel soumises à une gestion durable).** Une fois déterminés les niveaux de consommation de combustibles ligneux actuels et prévus, la productivité « commerciale » de l'utilisation des terres principale, les types de couverture du sol et les autres sources, on peut soumettre à un nouvel examen la zone d'approvisionnement théorique, en supposant l'application d'un régime d'approvisionnement durable.

La nouvelle délimitation basée sur des informations locales détaillées permettra de mettre à jour la superficie du bassin d'approvisionnement urbain déterminée pendant la première étape de l'étude. Des valeurs de productivité accrues recueillies dans une zone peuvent, dès lors, améliorer l'aperçu général et permettre une évaluation plus fiable des analyses du bilan de l'offre et de la demande, ainsi qu'une délimitation plus précise d'autres bassins d'approvisionnement urbains.

### **Fourniture de combustibles ligneux (production, transport et commercialisation)**

La fourniture de combustibles ligneux concerne la totalité des processus et activités grâce auxquels le bois se déplace de son lieu d'origine jusqu'à l'utilisateur final. Si les utilisateurs sont eux-mêmes responsables de la production et du transport, on appelle cette opération fourniture autonome, mais si des tiers y participent, on parlera de fourniture commerciale.

Le tableau 18 donne une liste des principales variables liées à la production, au transport et à la commercialisation du combustible ligneux dont il faudra tenir compte dans les études sur le flux local de combustibles ligneux. Plusieurs aspects du commerce du bois de feu à Bangui, République centrafricaine, et aux alentours sont montrés à la figure 40.

### **Zonage de l'accessibilité en fonction de facteurs légaux, physiques et économiques**

Les deux premières étapes de l'analyse, l'aperçu général et la délimitation du bassin d'approvisionnement en bois comprennent une définition de l'accessibilité légale et physique des zones d'approvisionnement. Cet aspect est estimé provisoirement sur la base de contraintes légales (aires protégées) et physiques (pente, distance des routes et des agglomérations et distance de zones urbaines désignées), comme décrit à la section 5.2.1. Voir aussi les annexes 3 et 4.

Pendant la mise en œuvre d'études approfondies, c'est-à-dire d'enquêtes détaillées sur la fourniture de combustibles ligneux, il faudrait recueillir des éléments et paramètres supplémentaires pour améliorer la définition de l'accessibilité réelle de la zone de l'étude tels que les suivants :

- éléments d'accessibilité liés au régime foncier et aux contraintes légales ;
- distance parcourue le long de routes et de pentes à laquelle la production de combustibles ligneux est estimée réalisable et rentable (en conditions normales)
- distance parcourue le long de routes, voies ferrées et cours d'eau à laquelle les coûts de transport sont estimés acceptables (en conditions normales).

Des paramètres d'accessibilité détaillés permettront de définir ultérieurement la délimitation du bassin d'approvisionnement en bois urbain pendant la deuxième étape de l'étude. Des facteurs plus précis d'accessibilité peuvent ainsi étoffer l'aperçu général et améliorer la délimitation d'autres bassins d'approvisionnement en bois urbains.

TABLEAU 18

**Variables les plus significatives à analyser dans les études détaillées sur le flux de combustibles ligneux (FAO, 2002a)**

<b>Variables générales</b>	<b>Ventilation et explications</b>
Producteurs de combustibles ligneux	Individus ou entreprises qui récoltent ou récupèrent les combustibles ligneux dans leurs sources directes ou indirectes – bûcherons, agriculteurs, fours de carbonisation, industries du bois, chargés de la récupération du bois. Ces combustibles sont subdivisés par quantité, type (fourniture autonome, commerciale) et emplacement.
Transporteurs	Individus ou entreprises qui utilisent un mode quelconque de transport (humain, animal, mécanique) pour acheminer le bois depuis les producteurs jusqu'aux marchands ou aux consommateurs finals. Ils se subdivisent en transporteurs commerciaux et fournisseurs autonomes.
Fournisseurs commerciaux	Individus ou entreprises qui se consacrent partiellement ou exclusivement à la vente et l'achat de combustibles ligneux. Ces derniers sont classés par quantité, taille et emplacement.
<b>Variables particulières</b>	
Type de fourniture	Fourniture autonome Fourniture commerciale
Périodicité de la fourniture	
Coût des combustibles ligneux	
Réseau commercial	Individus et entreprises intervenant dans la fourniture commerciale de combustibles ligneux
Établissement des prix des combustibles ligneux	Majoration de prix pendant le passage du producteur à l'utilisateur final par le biais de la chaîne ou du réseau d'approvisionnement commercial
Valeurs des combustibles ligneux	Valeurs d'échange, d'utilisation et d'existence
<b>Variables supplémentaires</b>	
Unités locales et leurs équivalents en unités du système international	
Poids spécifique	
Teneur en humidité	
Pouvoir calorifique	

**Analyse de l'impact de la demande urbaine de combustibles ligneux**

L'impact de la dendroénergie urbaine a *n* dimensions allant de facteurs sociaux, économiques et environnementaux locaux et régionaux au changement climatique mondial, et peut être à la fois négatif et positif. Le type d'impact examiné ici se limite à la réduction de productivité de la biomasse ligneuse due à une extraction excessive et non réglementée de bois de feu et à la surproduction de charbon de bois pour la consommation urbaine.

Il faudra tenir compte d'autres types d'impact lorsque l'on formule des politiques à long terme ; impacts qui seront définis et examinés à un niveau supérieur de l'analyse.

FIGURE 40

**Transport et vente de bois de feu à Bangui, République centrafricaine**



Transport du bois de feu à la ville



Ventes artisanales de bois de feu en bordure de route



Marché du bois de feu et du charbon de bois dans une zone périurbaine



Marché de bois de feu

Photos: Salbitano

**Surveillance de la couverture du sol**

La perception du rapport entre l'utilisation de combustibles ligneux et l'épuisement des forêts s'est modifiée au fil du temps sans atteindre une position stable et parfaitement convaincante. Les craintes des années 1980 et 1990 d'une gigantesque crise du bois de feu associée à la destruction des forêts due à la surexploitation pour le bois de feu, se sont avérées irréalistes (Arnold *et al.*, 2003) et sont remplacées, aujourd'hui, par une prise de conscience pragmatique des sources d'approvisionnement, souvent non forestières, et des mécanismes adaptatifs à appliquer en cas de pénurie de bois de feu. Toutefois, la question de l'essor de la demande de charbon de bois liée à l'urbanisation accélérée suscite de graves préoccupations à l'heure actuelle et mérite une grande attention.

L'exploitation continue et excessive des forêts pour la production de charbon de bois déterminera la dégradation des forêts et des terres boisées, bien que les impacts permanents résultent normalement de la combinaison avec d'autres facteurs comme la pression démographique et la demande de terres agricoles. En présence d'une multitude de facteurs, il est difficile, voire impossible, d'identifier une cause unique ou d'accuser un seul facteur. Néanmoins, il est important de reconnaître et de quantifier les pratiques impropres et les taux de changement du couvert, afin de prendre des mesures correctives et de déterminer des scénarios futurs de la ressource. Pour ce faire, il est recommandé d'entreprendre la surveillance du couvert dans le bassin d'approvisionnement à l'aide d'une méthode qui garantisse l'analyse la plus fiable des changements intervenant dans ce couvert et la meilleure estimation des relations de cause à effet sous-jacents.

La meilleure approche permettant d'évaluer ces changements devrait se baser sur des parcelles-échantillons permanentes, qui consentiraient d'estimer les changements plus subtiles tels que les phases de la dégradation et les changements de la composition des espèces. De fait, plutôt que d'entreprendre des enquêtes ponctuelles pour les analyses du bassin d'approvisionnement, il conviendrait de tirer les informations nécessaires des données d'inventaire nationales collectées périodiquement et conçues pour répondre aux besoins énoncés ici.

Cependant, d'une manière générale, les inventaires forestiers continus sont rares et les analyses de changements survenant dans les bassins d'approvisionnement doivent se fonder sur des observations

actuelles *in situ* et des données de télédétection permettant une comparaison entre le passé et le présent. Il existe de nos jours plusieurs approches de la surveillance de la couverture du sol à l'aide des données satellitaires, grâce à la sensibilité accrue des capteurs et aux logiciels modernes de traitement de l'image.

Le choix de la meilleure approche dépend d'une gamme de facteurs particuliers dont la pertinence, les ressources humaines et techniques accessibles et l'expérience du SIG, et le traitement et l'interprétation des images. Si ces capacités sont bonnes, une gamme élargie d'options est disponible, y compris la méthode de segmentation multi-temporelle (Desclée *et al.*, 2006), qui paraît assez prometteuse bien qu'elle n'ait pas encore été testée dans différentes situations. Dans un contexte technologique inférieur, une alternative adaptée est la méthode de surveillance basée sur l'interprétation interdépendante de données satellitaires multi-temporelles (FAO, 1996 ; Drigo, 1995), qui vise à assurer l'identification fiable des changements du couvert fondée essentiellement sur l'analyse visuelle réalisée sur le terrain par des interprètes compétents. Les caractéristiques principales de cette méthode de surveillance sont décrites à l'annexe 5.

## **Contexte social, économique et institutionnel**

### ***Identification et cartographie des parties prenantes***

Une enquête sur la demande et la fourniture de combustibles ligneux permet de déterminer leur flux et identifier et de localiser les parties prenantes intervenant directement dans les systèmes de dendroénergie. Elles comprennent, non seulement les producteurs, les marchands, les transporteurs, les détaillants et les consommateurs de combustibles ligneux, mais aussi les parties prenantes institutionnelles, juridiques et administratives de la ville et de ses zones d'approvisionnement. Ces parties prenantes doivent être clairement définies et comprises dès le début dans la conception d'un projet opérationnel et dans les négociations.

En outre, après la délimitation de la zone d'approvisionnement durable théorique, les communautés forestières et rurales intervenant potentiellement dans la zone d'approvisionnement étendue devraient être identifiées et comprises dans la carte des parties prenantes.

L'analyse des parties prenantes comprend les dimensions physiques (volumes, nombre, distances) qu'il conviendra de définir dans une analyse de flux particulièrement adaptée aux zones urbaines où se concentre la consommation (FAO, 2002a). Les autres dimensions, comme les aspects culturels et sociaux, pourraient relever de la compétence territoriale si on peut la définir, ou simplement être ajoutées comme strates à la carte des parties prenantes et comme participants au processus de prise de décisions.

### ***Analyse des dimensions sociales et économiques***

Une analyse des dimensions sociales et économiques de la production, de la consommation, du transport et de la commercialisation des combustibles ligneux (flux économiques vers et hors des villes) comprend l'importance économique des flux commerciaux matériels et ne peut être entreprise que lorsque ces éléments ont été décrits et cartographiés.

L'analyse de la filière des prix et l'estimation de la contribution de chaque étape (producteurs, magasiniers, transporteurs, grossistes et détaillants) aux prix finals permettront de formuler des politiques fiscales et des mesures d'équité sociale.

Comme l'indiquent les directives de l'enquête sur le bois de feu de la FAO, la compréhension des flux économiques permet d'évaluer et d'interpréter l'importance des combustibles ligneux dans l'économie régionale et nationale, leur contribution à la création d'emplois et de revenus, leur capacité à produire des recettes fiscales et l'impact de la substitution des sources d'énergie. Ces aspects revêtent une très grande importance aux fins de la définition des politiques énergétiques, sociales et de gestion des ressources naturelles (FAO, 2002a).

Un profil socioéconomique des utilisateurs (niveaux et élasticité du revenu) servirait à prévoir les taux de substitution en fonction des tendances de la croissance économique, et à établir des scénarios probables de la demande, en tenant compte aussi des fluctuations des prix du pétrole.

D'une manière générale, les systèmes dendroénergétiques se caractérisent par la fragmentation marquée des opérateurs (producteurs, transporteurs, détaillants) qui tendent à travailler seuls, à titre individuel ou en famille. Le secteur se distingue par l'absence quasi totale d'associations, telles celles qui regroupent et renforcent les agriculteurs. La fragmentation conduit à la faiblesse du pouvoir de négociation et à l'insécurité des emplois, notamment pour les maillons les plus faibles de la chaîne, à savoir les agriculteurs décentralisés et les habitants des forêts produisant le bois de feu et le charbon de bois. Cela découle en partie du fait que la collecte de bois de feu et la production de charbon de bois appartiennent souvent au secteur informel et se réalisent dans la crainte de l'illégalité. Le manque de droits officiels d'exploiter les zones communautaires, par exemple, accentue l'extrême fragilité du système et nuit aux opérateurs les plus pauvres ainsi qu'à l'environnement. Par rapport à d'autres occupations rurales et urbaines, la collecte de



bois de feu et la production de charbon de bois sont les prérogatives des membres les plus démunis de la communauté dont le profil social est normalement faible.

En ce qui concerne le charbon de bois, les marchands et transporteurs ont souvent un rôle dominant par rapport aux autres opérateurs (comme les producteurs et les détaillants) et pourraient même exercer une forme de monopole.

La reconnaissance officielle des droits coutumiers à l'exploitation des terres communautaires et les accords contractuels entre les producteurs et les consommateurs (urbains) des combustibles ligneux amélioreraient l'équité du système en renforçant et en consolidant le rôle des communautés décentralisées, et en favorisant la gestion durable des forêts et des terres boisées.

## **MODES DE GESTION DES TERRES ET BONNES PRATIQUES DANS LA PLANIFICATION DE LA DENDROÉNERGIE URBAINE ET PÉRIURBAINE**

L'ampleur et la complexité de l'impact que le développement urbain galopant de ces dernières années exerce sur le paysage et l'utilisation des terres imposent la compréhension des multiples échelles spatiotemporelles de l'urbanisation dans la mesure où elles touchent à la gestion des terres (voir la section 2.1.3). En outre, les politiques citadines, régionales, nationales et internationales exigent du paysage en général et des forêts en particulier un nombre croissants d'avantages polyvalents.

Harmoniser ces multiples besoins parallèlement au développement urbain accéléré et sauvegarder les caractéristiques du paysage et la qualité de l'environnement demandent une intense planification préalable avec des perspectives à long terme et des approches participatives (FAO, 2005d). L'importance de la planification est soulignée par de nombreuses études de cas, comme celle concernant Quito, Équateur, qui a signalé que de nombreux problèmes existant dans le système forestier urbain pourraient être aisément résolus par un engagement plus universel vis-à-vis de la planification aux niveaux stratégique et de la négociation. L'absence d'une bonne planification préalable a souvent produit des résultats désastreux. C'est ainsi que les planificateurs ont régulièrement sous-estimé le rythme de croissance de la métropole (FAO, 1997c).

Le milieu écologique de la ville exerce une énorme influence sur la typologie et l'intensité des systèmes dendroénergétiques et sur leurs impacts sociaux, économiques et environnementaux. De même, il n'existe pas de mesures correctives ou de solutions de gestion types. Les modes de gestion rationnelle des terres et les bonnes pratiques doivent être identifiés au cas par cas par rapport au milieu écologique.

D'une manière générale, la gestion des terres et les bonnes pratiques appliquées à la production de combustibles ligneux dans des contextes urbains et périurbains et servant notamment à l'approvisionnement durable en ces combustibles afin de satisfaire la demande urbaine, pourraient être orientées de la façon suivante ;

### **Niveau de planification stratégique général**

- L'intégration de la planification stratégique urbaine, périurbaine et rurale doit constituer un préalable pour la planification opérationnelle de la gestion des terres à ce niveau, et pour l'évaluation objective des interactions urbaines/rurales. Il faudra pour ce faire une évaluation préliminaire i) des pratiques actuelles d'approvisionnement en combustibles ligneux et ii) des capacités d'approvisionnement durables potentielles dans un contexte analytique détaillé, qui couvre idéalement la totalité du territoire national et comprend des flux d'importations/exportations éventuels. L'analyse WISDOM de base, qui fournit des informations sur les zones déficitaires et excédentaires en combustibles ligneux, paraît particulièrement adaptée à cette étape préliminaire de la planification.

### **Niveau de planification urbain et périurbain**

- Les espèces arborescentes et les prescriptions de la gestion devront être identifiées et promues pour garantir la production de biomasse ligneuse, ainsi que d'autres services environnementaux comme les aires protégées ; les forêts de protection des bassins versants ; les réserves naturelles et les parcs et les zones consacrés aux activités sociales et éducationnelles ainsi qu'aux loisirs. L'annexe 6 fournit une liste des principales espèces pantropicales énergétiques, et décrit brièvement celles adaptées à différents systèmes de gestion des terres et aux principaux services environnementaux,
  - Intégration de la production de bois de feu et de charbon de bois dans la foresterie urbaine et périurbaine polyvalente.
  - Utilisation des espèces énergétiques préférées ayant de bonnes capacités de recépage en

régime hydrique et dans des plantations de protection des sols.

- Très important est le savoir local sur les espèces énergétiques adaptées et polyvalentes (car la recherche sur les espèces intéressantes est extrêmement limitée et ne tient pas toujours compte des solutions locales). En établissant des plantations énergétiques, il faudra accorder la priorité aux espèces indigènes normalement mieux tolérantes aux conditions locales et appréciées pour la qualité du combustible qu'elles fournissent. Toutefois, en sylviculture, l'accent est souvent mis sur les espèces exotiques car elles croissent plus rapidement et fournissent du bon bois d'œuvre. Mais ces espèces pourraient à long terme exercer des effets délétères, en outre, certaines espèces indigènes sont aussi à croissance rapide.
- L'intégration des pratiques agroforestières doit être promue dans les systèmes d'exploitation agricole urbains et périurbains afin d'augmenter la production de biomasse ligneuse.
- Devront être révisées les normes d'urbanisation qui, avec les prescriptions relatives à la superficie minimale des zones vertes à affecter à la récréation ou à d'autres services environnementaux, fournissent un quota minimum de « productivité de la biomasse ligneuse » pour les nouveaux lotissements<sup>16</sup>.
- Il faudra promouvoir la récupération de toute la biomasse ligneuse produite par l'entretien et la gestion des arbres d'alignement et des parcs urbains.

#### **Niveau de planification urbaine/rurale intégré**

- Des accords officiels entre les autorités urbaines et les associations périurbaines et rurales (associations de petits propriétaires, par exemple), ainsi que d'autres formes d'alliances devraient être établis dans le cadre de la planification urbaine pour assurer un approvisionnement continu et durable de bois de feu et de charbon de bois.
- La responsabilité et la coordination des contrats et garanties relatifs à la filière dendroénergétique devraient relever d'organisations urbaines ou de consortiums urbains/ruraux.
- Il faudra promouvoir des événements de démonstration, d'éducation et de vulgarisation pour les habitants urbains et ruraux.

---

<sup>16</sup> En appliquant comme référence le minimum de 9m<sup>2</sup> par habitant de zone verte utilisé dans les normes d'urbanisation européennes, on pourrait dire qu'un ou deux arbres par personne pourrait être destiné à des fins dendroénergétiques ; cela n'est certes pas suffisant mais contribuerait considérablement aux besoins d'énergie par habitant.



## Conclusions et recommandations

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LA DENDROÉNERGIE URBAINE

Pour que les villes soient viables, il faut qu'elles soient conçues, planifiées et développées en harmonie avec leur environnement (bassin versant, paysage, écosystème) ; les arbres et les forêts sont des éléments de production et de protection d'une importance cruciale.

Dans la plupart des pays en développement, les combustibles ligneux fournissent de l'énergie de subsistance à un pourcentage élevé d'habitants urbains et périurbains, ainsi qu'aux activités industrielles et commerciales. Il faudrait tenir compte de l'importance de leur rôle, voire même le renforcer, pour faire face à l'accélération de l'urbanisation.

Les systèmes dendroénergétiques, ainsi que les nombreux processus et opérations qui entrent dans la production, la préparation, le transport, la commercialisation et les échanges de combustibles ligneux, fournissent des emplois et un revenu à un grand nombre de personnes (plus que n'importe quel autre vecteur d'énergie), et représentent une importante interface socioéconomique entre les zones urbaines et rurales. Cet aspect doit être pris soigneusement en considération lorsque l'on planifie le remplacement rapide et massif de combustibles ligneux par d'autres combustibles (comme le kérosène, le GPL ou l'électricité). L'impact défavorable sur les communautés rurales pauvres (qui auraient été exclues en tout cas des avantages de la substitution) pourrait être très grave et mérite une attention spéciale lors de la planification et de la formulation des politiques.

La migration des zones rurales vers les zones urbaines et périurbaines détermine de nombreux changements marqués de la typologie et de l'impact potentiel de la demande de combustibles ligneux. L'un de ces changements est le passage du bois de feu au charbon de bois, qui provient presque exclusivement des forêts et des formations forestières denses et à travers les circuits commerciaux, alors que le bois de feu est tiré principalement des exploitations agricoles, des résidus et des sous-produits agricoles et forestiers, et de la collecte de bois mort, à l'aide de moyens informels. La consommation de charbon de bois devrait, selon les statistiques, augmenter dans les décennies à venir. En Afrique tropicale, par exemple, un accroissement de 111 est prévu d'ici 2030, soit le tiers de la quantité totale de bois utilisée à des fins énergétiques.

La consommation accrue de charbon de bois exerce sur les ressources forestières un impact prononcé, en compromettant la durabilité et en accentuant la dégradation, et sur les agriculteurs et les communautés décentralisées auxquels sont offertes des possibilités actuelles et futures de revenu. En Afrique tropicale et dans de nombreuses autres zones en développement qui connaissent cette dynamique, il est impératif de faire de la production de charbon de bois un objectif prioritaire de la gestion durable des forêts, afin de convertir les menaces potentielles en opportunités de développement pour les communautés décentralisées et périurbaines.

Le lien économique et environnemental qui relie les zones urbaines aux zones rurales a une portée énorme et les gestionnaires urbains devront reconnaître l'influence marquée que les zones métropolitaines grandissantes exercent sur des territoires et groupes sociaux en expansion constante.

Bien que la gestion de la demande urbaine de dendroénergie, qui promeut les techniques de conversion plus efficaces et les politiques d'accès à l'énergie, soit importante et mérite une attention adéquate, les problèmes de la dendroénergie urbaine ne peuvent se résoudre sans une prise en considération judicieuse des sources d'approvisionnement où qu'elles se trouvent.

Les villes ne peuvent maintenir plus longtemps un rôle passif à l'égard de la source des combustibles ligneux et de la façon dont elles les obtiennent. Leur rôle et leur responsabilité doivent, de toute évidence, devenir actifs, et elles devraient tenir compte de l'approvisionnement en combustible ligneux et en bioénergie dès le stade préliminaire des plans d'urbanisation. Ces plans devraient comprendre des éléments intérieurs, comme des mesures prises au sein du contexte urbain et périurbain liées aux modes de gestion et aux bonnes pratiques, et des éléments extérieurs, comme des mesures prises hors du contexte urbain et périurbain visant l'établissement d'interactions rationnelles, durables et équitables avec les producteurs ruraux de combustibles ligneux.

Pour gérer l'interface urbaine/rurale et délimiter le bassin d'approvisionnement en bois qui fournit les combustibles ligneux, et favoriser la formulation de politiques et la planification opérationnelle, il est nécessaire d'analyser les modèles de consommation et les possibilités d'approvisionnement au plan géographique, et créer un cadre analytique susceptible d'incorporer les aspects socio-économiques.

L'analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain peut contribuer efficacement à l'identification, parmi les communautés rurales et périurbaines, des parties prenantes qui interviennent actuellement dans la

production de combustibles ligneux, ainsi que de celles qui y participeront potentiellement dans le cadre de régimes de production durable.

Les ressources urbaines et périurbaines ne peuvent contribuer que partiellement à la fourniture de combustibles ligneux pour la consommation urbaine, si bien que les principales sources d'approvisionnement resteront les forêts environnantes et les zones rurales.

Néanmoins, la planification de la dendroénergie urbaine déclenchera un processus virtuel de planification et de gestion visant à satisfaire les besoins urbains, grâce l'interaction viable et responsable avec les zones et les communautés rurales situées bien au-delà des limites de la ville.

## **CONCLUSIONS SUR LES ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DE WISDOM**

La méthode WISDOM, adaptée expressément à la perspective urbaine, peut intégrer les données géographiques et statistiques liées à la consommation et à la capacité de production urbaines de combustibles ligneux, et contribuer ainsi efficacement à la délimitation des bassins d'approvisionnement en bois urbains.

La zone d'approvisionnement en biomasse ligneuse nécessaire pour la consommation urbaine de combustibles ligneux (bassin d'approvisionnement urbain) peut être évaluée sur la base de la productivité durable de sources accessibles légalement et physiquement. Parmi d'autres moteurs figurent l'aptitude de sources potentielles de combustibles ligneux à fournir du bois adapté aux usages commerciaux et à la consommation locale, ce qui limite les ressources disponibles pour les consommateurs urbains et réduit les quantités effectivement exploitables à des excédents commercialisables. Pour conclure, une délimitation réaliste des bassins d'approvisionnement urbains exige un nombre considérable de données et l'intégration de nombreuses strates thématiques et discrètes au plan de l'espace.

Une perception claire et globale des aspects de l'offre et de la demande de combustibles ligneux à l'échelle d'un pays (ou du moins de la vaste région intéressée dans de grands pays), comme celle fournie par l'approche WISDOM de base type, est un préalable pour l'estimation et la délimitation de bassins d'approvisionnement en combustibles ligneux urbains, pour le choix objectif des zones urbaines d'intervention prioritaires, ainsi que pour la planification opérationnelle.

Du point de vue méthodologique, on peut tirer les conclusions suivantes :

- Les zones d'approvisionnement durable théoriques d'une ville donnée peuvent varier considérablement suivant la quantité et la qualité des sources de biomasse ligneuse des zones environnantes. Les sources de combustibles ligneux « commerciaux » adaptés aux marchés urbains ne sont qu'une fraction des sources « totales ». Sont exclus du circuit commercial les types de végétation clairsemée et la plupart des arbres et arbustes présents dans les exploitations, qui sont importants pour la consommation locale mais moins adaptés à la production commerciale. Cela laisserait entendre que la zone d'approvisionnement commerciale peut être beaucoup plus étendue que la zone totale.
- Un autre élément qui influence fortement la taille des zones d'approvisionnement durable théoriques est la consommation locale de combustibles ligneux dans les zones rurales, les agglomérations et les autres villes à proximité. Lorsque la zone d'approvisionnement est confrontée à la consommation totale (zone étendue) et non seulement à celle de la ville (zone restreinte), sa taille augmente considérablement.
- La combinaison des deux aspects susmentionnés a une énorme influence sur la taille de la zone d'approvisionnement nominale d'une ville, ce qui souligne la nécessité et l'importance d'une analyse complète comme celle de WISDOM pour la définition des bassins urbains. Afin de mettre en évidence l'influence de ces aspects sur la taille des bassins urbains, quatre zones d'approvisionnement théoriques ont été déterminées pour chaque site objet de l'étude : zone restreinte-totale, zone restreinte-commerciale, zone étendue-totale et zone étendue-commerciale, cette dernière étant la plus complète et probablement la plus réaliste.

Les questions mentionnées ci-dessus relatives à la cartographie des bassins d'approvisionnement en bois urbains ne devraient pas être prises à la légère ou considérées comme de simples données techniques. La délimitation du bassin d'approvisionnement favorise la formulation de stratégies et de politiques, détermine les zones de projets de terrain futurs et constitue un préalable fondamental pour l'identification des parties prenantes qui seront engagées dans la planification et la gestion participatives de la ressource. Une définition erronée du bassin d'approvisionnement urbain compromettrait considérablement l'efficacité du projet et la durabilité des systèmes dendroénergétiques urbains connexes.

La planification opérationnelle de la dendroénergie urbaine exige des informations détaillées dont la collecte

pourrait se limiter aux zones du bassin urbain délimité pendant l'analyse complète (base et délimitation du bassin WISDOM). Dans le cadre de cette approche, les coûts de la collecte de données de terrain peuvent être réduits au minimum sans compromettre la perspective du contexte.

## **CONCLUSIONS D'ÉTUDES DE CAS WISDOM DÉSIGNÉES CONCERNANT L'AFRIQUE ORIENTALE ET L'ASIE DU SUD-EST**

Les études de cas concernant la délimitation du bassin d'approvisionnement en bois urbains entreprises pour des villes désignées d'Afrique orientale et d'Asie du Sud-Est (examinées à la section 5.2 du point de vue de la méthodologie et à la section 5.3 pour les résultats) représentent le premier test de l'approche WISDOM adaptée à la perspective urbaine. Les analyses entreprises pour des villes désignées tiraient largement parti d'études précédentes et de sources d'information accessibles, sans nouvelle collecte de données nationales ou de vérification de terrain. Elles se limitent donc à la base de connaissances stratégiques, un niveau de diagnostic visant à favoriser la formulation de stratégies plutôt que la planification opérationnelle pour laquelle une approche de terrain s'impose.

Les villes choisies pour les analyses du bassin d'approvisionnement urbain en Asie du Sud-Est étaient Phnom Penh et Battambang au Cambodge et Vientiane et Luang Prabang en République démocratique populaire lao. En Afrique orientale, ont été désignées Dar-es-Salaam et Arusha-Moshi en République-Unie de Tanzanie, Kampala en Ouganda et Khartoum au Soudan. Les conclusions les plus pertinentes et spécifiques provenant des analyses des bassins d'approvisionnement en bois urbains dans ces villes comprenaient les suivantes :

- Le bassin de Phnom Penh, dans sa délimitation la plus complète (zone d'approvisionnement étendue-commerciale) couvrait en 2000, selon les estimations, plus de 70 000 km<sup>2</sup>, soit 39 pour cent de la totalité du pays. Cette zone devrait s'étendre pour atteindre quelque 51 pour cent du territoire national d'ici 2015, suivant les scénarios probables de la consommation de combustibles ligneux et les tendances des changements d'affectation des terres. Cette énorme zone d'influence résulte de la combinaison de la consommation de combustibles ligneux dans la ville elle-même, c'est-à-dire quelque 0,5 million de tonnes de bois en 2000, et celle des zones rurales et urbaines environnantes avec une consommation cumulée de plus de 4 millions de tonnes. Les bassins comprennent plus de 10 millions de personnes dont la moitié est représentée par des communautés rurales disséminées. D'après les données de l'OMS, par rapport à d'autres parties du pays, ces communautés manifestent un niveau élevé de malnutrition, un indicateur clair de pauvreté extrême. Pour ces personnes, le combustible ligneux représente le seul combustible abordable et la production de charbon de bois et de bois de feu destinée à des marchés urbains éloignés est une source de revenu essentielle. Dans une telle situation, la délimitation du bassin d'approvisionnement peut jouer un rôle important dans le choix des aires d'intervention prioritaires où appliquer des mesures de réduction de la pauvreté, comme la création de marchés ruraux, associées à la gestion durable de la ressource.
- Le bassin étendu-commercial de Dar-es-Salaam possède une zone d'approvisionnement relativement limitée à cause de la proximité de forêts et de formations forestières denses, soit quelque 30 000 km<sup>2</sup> ou 3 pour cent du territoire national. Cependant, l'analyse concernant Arusha-Moshi a révélé que, vu la densité de la population dans le nord-est de la République-Unie de Tanzanie et la rareté des ressources en bois, la zone d'approvisionnement étendue-commerciale de ces villes couvrait quelque 460 000 km<sup>2</sup> ou 52 pour cent du pays, et comprenait la ville de Dar-es-Salaam elle-même.
- L'étude de cas relative à Arusha-Moshi montre qu'une combinaison de facteurs extérieurs à la ville influence fortement la taille et la forme du bassin d'approvisionnement en bois urbain, même à une distance considérable. Elle souligne aussi les avantages de l'analyse des bassins de plusieurs villes d'un pays, afin d'offrir une vision globale de l'interaction urbaine/rurale.
- L'étude de cas sur Kampala met en évidence les difficultés auxquelles fait face l'Ouganda vis-à-vis des disponibilités en combustibles ligneux. De fait, l'analyse des zones d'approvisionnement durable potentielles de Kampala a montré que les sources d'approvisionnement « commercial », à savoir des forêts et terres boisées denses, ne parviennent pas à satisfaire la consommation urbaine même si l'on tient compte de la totalité du pays (la zone d'approvisionnement étendue-commerciale reste toujours négative). Cela signifie que des types de végétation plus basse et fragmentée sont probablement exploités pour les marchés urbains de combustibles ligneux et non pas seulement pour la consommation locale, ce qui suggère, d'une part, un grave risque généralisé de surexploitation et de dégradation prolongée des ressources naturelles et, de l'autre, la pénurie d'énergie de subsistance pour les communautés rurales et périurbaines pauvres.

- Le cas de Khartoum a révélé les énormes zones d'approvisionnement nécessaires théoriquement pour produire le combustible ligneux consommé dans la capitale. En supposant un approvisionnement durable venant des formations denses et en tenant compte de la consommation totale des autres zones rurales et urbaines, la zone d'approvisionnement étendue-commerciale couvre plus de 1,5 million de km<sup>2</sup>, soit 62 pour cent du pays.

## RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

Compte tenu des tendances actuelles et prévues de la consommation, il est vivement recommandé aux gestionnaires urbains et urbanistes de reconnaître l'importance de la dendroénergie urbaine et d'investir des ressources pour garantir un approvisionnement régulier et durable en biomasse ligneuse au profit des communautés urbaine et périurbaines. De telle manière, on pourra assurer des niveaux acceptables et abordables d'énergie de subsistance avec la même détermination que celle appliquée à l'approvisionnement en eau et en autres biens et services essentiels.

Mais la planification de la dendroénergie urbaine ne se limite pas à la ville. Du fait que la zone d'approvisionnement en combustibles ligneux d'une ville donnée pénètre profondément dans les zones rurales et les forêts, et empiète souvent sur des zones d'approvisionnement d'autres villes, les gestionnaires urbains, ruraux et forestiers de la même région géographique devraient se concerter et coordonner leurs plans et actions pour promouvoir et mettre en œuvre des systèmes dendroénergétiques durables au niveau régional.

Les villes en expansion doivent assumer la responsabilité de leur impact sur les territoires et les communautés environnants. Comme premier pas dans cette direction, il est essentiel et vivement recommandé aux gestionnaires urbains de définir clairement la zone d'influence de la demande urbaine de combustibles ligneux sur le plan environnemental et socioéconomique. Par analogie avec le bassin versant, qui définit le lieu d'approvisionnement en eau, la zone qui fournit les combustibles ligneux à une ville a été baptisée bassin d'approvisionnement en bois urbain.

Afin de soutenir la gestion durable de la ressource et la planification de la dendroénergie au niveau régional, il est recommandé de cartographier objectivement le bassin d'approvisionnement en bois urbain de chaque ville, et d'identifier les parties prenantes sociales, économiques et institutionnelles relatives car il s'agit de préalables fondamentaux de la planification régionale intégrée.

Vu le nombre de personnes qui dépendent du flux économique de la dendroénergie urbaine, il est recommandé, lors de la planification énergétique dans le contexte urbain et périurbain, d'accorder une attention particulière à l'impact négatif qu'un remplacement rapide et massif des combustibles ligneux par d'autres combustibles (kérosène, GPL ou électricité) pourrait avoir sur les communautés rurales et forestières pauvres, qui représentent le maillon le plus faible de la chaîne et dont les moyens d'existence dépendent de façon permanente ou saisonnière de la production de combustibles ligneux.

Les politiques dendroénergétiques efficaces doivent concorder avec les mesures prises vis-à-vis de la demande et de l'offre de combustibles ligneux. Il est donc vivement conseillé aux autorités urbaines et nationales de mettre en application ou de renforcer les politiques de réduction de la consommation, par le biais de la diffusion de techniques de conversion efficaces et de programmes de remplacement viables et, simultanément, de mettre en œuvre des politiques visant l'approvisionnement durable et équitable en combustibles ligneux des utilisateurs urbains, tout en réduisant l'impact négatif de l'exploitation forestière non réglementée.

Pour atténuer l'impact environnemental négatif de la production non réglementée de charbon de bois et consolider et multiplier les avantages socioéconomiques qu'un marché du charbon de bois en expansion, stimulé par la demande urbaine croissante, apporte aux communautés décentralisées, les autorités forestières nationales, régionales et internationales devront réserver une place prioritaire au charbon de bois dans leurs politiques forestières, et faire de sa production un objectif de premier plan de la gestion durable des forêts.

Afin de réduire les impacts négatifs de l'exploitation non réglementée et de promouvoir des systèmes dendroénergétiques durables et équitables, il est recommandé que les autorités nationales et urbaines formulent et appliquent des politiques claires sur les points suivants :

- reconnaissance des droits et responsabilités établis concernant le régime foncier et l'exploitation forestière ;
- établissement d'accords d'approvisionnement officiels entre les autorités urbaines et périurbaines et les communautés périurbaines et rurales (comme les associations de petits propriétaires), qui garantissent aux producteurs de combustibles ligneux un accès direct au marché urbain de consommation ;

- fixation de prix justes et systèmes fiscaux transparents ;
- planification de l'utilisation des terres et programmes de développement urbains cohérents.

Afin d'optimiser la gestion multifonctionnelle des terres et la durabilité environnementale au sein des bassins d'approvisionnement en bois urbains, face à l'expansion accélérée des villes et aux besoins croissants d'énergie, il est vivement recommandé aux gestionnaires urbains d'entreprendre une planification spécialisée et participative au niveau stratégique aussi bien qu'opérationnel.

## RECOMMANDATIONS SUR LES ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

Étant donné l'interdépendance entre les populations urbaines, périurbaines et rurales et certains facteurs inhérents aux systèmes dendroénergétiques urbains, il est recommandé d'entreprendre une analyse des facteurs relatifs à l'offre et à la demande de combustibles ligneux aux niveaux urbains, périurbains et ruraux, analyse pour laquelle la méthode WISDOM paraît bien adaptée. On peut identifier deux niveaux d'analyse concernant deux différentes étapes de la planification :

- Une base de *connaissances stratégiques* qui incorpore les données existantes pour favoriser la planification et les priorités stratégiques :
- Une *analyse approfondie du flux de combustibles ligneux* basée sur des données de terrain précises pour appuyer la planification opérationnelle au sein de bassins d'approvisionnement urbains prioritaires désignés.

### Base de connaissances stratégiques

Dans le but d'adapter la méthode WISDOM aux besoins de la planification dendroénergétique urbaine, il est recommandé d'ajouter un module d'analyse du bassin d'approvisionnement urbain. Il devrait comprendre une analyse des ressources en bois excédentaires adaptées à la production commerciale de combustibles ligneux présentes dans les territoires entourant les villes, et de leur accessibilité physique/légale.

Pour une définition objective des bassins d'approvisionnement en bois urbains dans des villes désignées, et assurer l'adhésion de l'analyse au contexte du pays, il est recommandé de suivre les deux étapes suivantes :

**Étape 1** *Base de WISDOM*. Un aperçu de la totalité du pays (ou d'une région géographique étendue) qui fournit, à partir de données et de cartes existantes, une représentation géographique du bilan de l'offre et de la demande de combustibles ligneux fondée sur l'approvisionnement potentiel en biomasse ligneuse et les modèles de consommation du bois de feu/charbon de bois.

**Étape 2** *Analyse du bassin d'approvisionnement en bois urbain*. Une description des zones d'approvisionnement durable potentielles de villes désignées sous l'angle de la consommation urbaine/périurbaine de combustibles ligneux, et de la production durable potentielle de combustibles ligneux adaptés aux marchés urbains, et qui leur sont accessibles.

La base de connaissances stratégiques a pour but de définir objectivement des aires d'intervention prioritaires (régions et/ou communautés vulnérables, bassins d'approvisionnement urbains) dans lesquelles il faudra donner la priorité à des études approfondies et à la planification opérationnelle.

Les étapes méthodologiques recommandées dans l'analyse WISDOM pour la planification de l'énergie forestière urbaine sont données à la section 4.3.1. La méthodologie et les résultats de la délimitation du bassin d'approvisionnement de villes désignées d'Asie du Sud-Est et d'Afrique orientale sont énoncés aux sections 5.2 et 5.3.

### Analyse approfondie du flux de combustibles ligneux

Afin de guider les décisions et les mesures à prendre pour une zone urbaine particulière et son bassin d'approvisionnement en bois, il est recommandé d'entreprendre une analyse approfondie des flux durables actuels et potentiels de combustibles ligneux. Ce niveau d'enquête exige des données précises car son objectif est de favoriser la planification opérationnelle de la dendroénergie et la gestion des terres urbaines/rurales.

Les aspects et paramètres méthodologiques à recueillir/analyser sont décrits aux sections 6.3 et 6.4.

Pour assurer le maximum d'acceptation et d'équité sociales des avantages, il est recommandé que les parties prenantes urbaines, périurbaines et rurales (communautés et institutions) participent à la formulation de stratégies et politiques visant la création de systèmes dendroénergétiques urbains durables.

Parmi les nombreuses mesures importantes à prendre en matière de gestion des terres et de bonnes



pratiques visant à atténuer les effets négatifs de la dendroénergie urbaine et périurbaine, les suivantes sont vivement recommandées :

- Mise en œuvre de programmes visant à promouvoir et faciliter l'accès à des foyers à haute efficacité.
- Formulation et mise en œuvre de politiques favorisant l'intégration d'autres sources d'énergie et de politiques des prix pertinentes.
- Promotion de programmes de plantation et de gestion des forêts urbaines et périurbaines polyvalentes, mais où l'approvisionnement en dendroénergie est pris en compte dès le niveau de la conception et de la planification.
- Recherche sur la pertinence d'espèces arborescentes indigènes, les plans de plantation et les modes de gestion.
- Mise en œuvre de programmes de formation et de vulgarisation sur les techniques sylvicoles et d'élagage visant la gestion optimale et durable des ressources en biomasse ligneuse dans les zones urbaines et périurbaines, ainsi que dans les zones rurales/forestières du bassin d'approvisionnement en bois urbain.
- Promotion de l'utilisation durable et efficiente des combustibles ligneux comme source d'énergie renouvelable légitime apte à garantir la sécurité et l'autonomie énergétiques, tout en contribuant au développement rural durable et à la réduction de la pauvreté.

## Références

- Achard, F., Eva, H.D., Stibig, H.-J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T. et Malingreau, J.-P. 2002. Determination of deforestation rates of the World's humid tropical forests. *Sci.*, 297: 999.
- Africover Web site.** [www.africover.org/index.htm/](http://www.africover.org/index.htm/)
- Arnold, M., Köhlin, G., Persson, R. et Shepherd, G. 2003. *Fuelwood revisited. What has changed in the last decade?* Occasional Paper 39. Bogor Barat, Indonésie, Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR).
- Bertrand, A., Konandji, H. et Madon, G. 1990. *Études des filières d'approvisionnement des cinq principales villes du Mali en produits forestiers.* DNEF/CTPT/SEED.
- Bhasin, R. 2001. *Urban poverty and urbanization.* New Delhi, Deep & Deep. 435 pp.
- Brown, S. et Lugo, A.E. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. *Sci.*, 223: 1290–1293.
- CABI.** 2005. *Forestry compendium.* See: [www.cabi.org/compendia/fc](http://www.cabi.org/compendia/fc)
- CHAPOSA.** 1999. *Zonas de corte para o abastecimento de lenha e carvão à cidade de Maputo.* Maputo, Mozambique. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, DEF, UEM.
- CHAPOSA.** 2002. *Charcoal potential in southern Africa (CHAPOSA).* Final report by Stockholm Environment Institute (Energy and Development Group); University of Zambia (Biological Sciences Department); Tanzania's Sokoine University of Agriculture (Faculty of Forestry); Mozambique's Eduardo Mondlane University (Faculty of Agronomy and Forestry); and Germany's University of Stuttgart (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung). International Cooperation with Developing Countries (1998–2002). Contract number: ERBIC18CT980278. See: [www.sei.se/chaposa/chaposaindex.html](http://www.sei.se/chaposa/chaposaindex.html)
- Desclée, B., de Wasseige, C., Bogaert, P., Defourny, P. 2006. Tropical forest monitoring by object-based change detection: towards an automated method in an operational perspective. Proceedings of the 1st International on Object Based Image Analysis, (OBIA2006) Salzburg University, July 4-5, 2006.
- Drigo, R. 1995. Survey of pan-tropical forest resources based on multi-date high resolution satellite data. *Proceedings of the EUROSTAT Esquilino Seminar, 27–29 November 1995*, pp. 111–141.
- Drigo, R. 2005. Trends and patterns of tropical land use change. In M. Bonell & L.A. Bruijnzeel, eds. *Forests, water and people in the humid Tropics*, pp. 9–39. Cambridge University Press.
- ESMAP.** 1993. *Élément de stratégie pour l'énergie domestique urbaine: le cas de N'Djaména.* Report 160/94. Energy Sector Management Assistance Program. 87 pp.
- FAO.** 1991. *Monitoring Methodology – Procedures for the Interpretation and Compilation of High Resolution Satellite Data for Assessment of Forest Cover State and Change.* Évaluation des ressources forestières 1990 Document de projet, par R. Drigo.
- FAO.** 1995. *Monitoring of forest resources at district level using multi-date satellite data.* Assistance to the Andhra Pradesh WB/GOI Forestry Project. Rapport de mission, par R. Drigo.
- FAO.** 1996. *Évaluation des ressources forestières mondiales 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes.* Étude FAO: Forêts 130. Voir: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/w0015e/W0015E05.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/w0015e/W0015E05.htm)
- FAO.** 1997a. *Patrones de consumo de leña en tres micro-regiones de México. Síntesis de resultados,* par O. Masera, J. Navia, T. Arias et E. Riegelhaupt. Proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A). Pátzcuaro, Mexico. GIRA AC.
- FAO.** 1997b. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer,* par S. Brown. A Forest Resources Assessment publication. Étude FAO: Forêts 134.
- FAO.** 1997c. *Urban and peri-urban forestry in Quito, Ecuador. A case study,* par S. Murray. Rome.
- FAO.** 1998a. *The Long-range Energy Alternatives Planning model (LEAP) and Wood Energy Planning. Overview and Exercises,* par J. Siteur for the Regional Wood Energy Development Programme in Asia (RWEDP). FAO Doc. AD549/E. 28 pp. Voir: [www.fao.org/documents/pub\\_dett.asp?lang=es&pub\\_id=154650](http://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?lang=es&pub_id=154650)
- FAO.** 1998b. *Woodfuel flow study of Phnom Penh, Cambodia,* par the Woodfuel Flow Study Team. Field Document 54. Regional Wood Energy Development Programme in Asia (RWEDP). GCP/RAS/154/NET.
- FAO.** 2000. *Análisis del flujo de combustibles forestales en áreas demostrativas en Cuba.* Informe de Consultoría por T. Arias, Proyecto "La dendroenergía, una alternativa para el desarrollo energético sostenible en Cuba". TCP/FAO/CUB/8925(A). Havana. 25 pp.

- FAO.** 2001a. *Past trends and future prospects for the utilization of wood for energy*, par J. Broadhead, J. Bahdon & A. Whiteman. Annexes 1 et 2. Étude des perspectives mondiales des produits forestiers.
- FAO.** 2001b. *Consumo y flujos de combustibles forestales en los sectores residencial, pequeño industrial y alimenticio estatal de la Provincia de Guantánamo, Cuba*. Informe de Consultoría por Núñez *et al.* Proyecto “La dendroenergía, una alternativa para el desarrollo energético sostenible en Cuba”. TCP/FAO/CUB/8925(A). Guantánamo. 57 pp.
- FAO.** 2001c. *La foresterie urbaine et périurbaine. Études de cas sur les pays en développement*, par S. Rouchiche, R. Webb, S. Murray, M. Pastuk, M.H. El-Lakany et A.M. Ataie.
- FAO.** 2002a. *A guide for woodfuel surveys*, by T.A. Chalico & E.M. Riegelhaupt. Programme de partenariat CE-FAO (2000–2002). Programme de gestion durable des forêts. Voir: <http://www.fao.org/docrep/005/Y3779E/Y3779E00.HTM>
- FAO.** 2002b. *Status and trends in forest management in Central Africa*, par I. Amsallem. November. Forest Management Working Paper FM/3. Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières, FAO. Rome. (inédit)
- FAO.** 2002c. *GIS and spatial analysis tools for poverty and food insecurity mapping*, par D. Z. Sui. Environment and Natural Resources Working Paper 7.
- FAO.** 2003a. Wood energy information analysis in Asia, par C.S. Heruela. Project document. EC-FAO Partnership Programme (2000–2002) on Information and Analysis for Sustainable Forestry Management. GCP/RAS/173/EC.
- FAO.** 2003b. Carte globale intégrée de l’offre et de la demande de bois de feu – WISDOM, par O.R. Maser, R. Drigo et M.A. Trossero. See: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.HTM>
- FAO.** 2003c. *Socio-economic analysis of bioenergy systems: a focus on employment*, by E.M. Remedio & J.U. Domac. Publication interne. Décembre.
- FAO.** 2003d. *The application of a spatial regression model to the analysis and mapping of poverty*, par A. Petrucci, N. Salvati et C. Seghieri. Environment and Natural Resources Series 7.
- FAO.** 2004a. *UBET – Unified Bioenergy Terminology*. Voir: <http://www.fao.org/docrep/007/j4504E/j4504e00.HTM>
- FAO.** 2004b. *WISDOM Senegal – Analysis of woodfuel production/consumption patterns in Senegal*, par R. Drigo pour le programme de dendroénergie de la FAO (version préliminaire)
- FAO.** 2005a. *Interactive Wood Energy Statistics – i-WESTAT. Update 2004*, par R. Drigo et M.A. Trossero. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j6448e/j6448e00.HTM>
- FAO.** 2005b. *Mapping global urban and rural population distributions*, par M. Salvatore, F. Pozzi, E. Ataman, B. Huddleston et M. Bloise for FAO Poverty Mapping Project. Environment and Natural Resources Working Paper 24.
- FAO.** 2005c. *Land Cover Classification System. Classification concepts and user manual – Software version 2*. Revised by A. Di Gregorio. Based on the original software version 1 by A. Di Gregorio & L.J.M. Jansen (2000). Environment and Natural Resources Series 8.
- FAO.** 2005d. *Legal and institutional aspects of urban and peri-urban forestry and greening*, par L. Knuth pour le Service droit et développement du Bureau juridique de la FAO. FAO Étude législative 88.
- FAO.** 2005e. *Fuelwood “hot spots” in Mexico: a case study using WISDOM – Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*, par O.R. Maser, G. Guerrero, A. Ghilardi, A. Velázquez, J.F. Mas, M. Ordóñez, R. Drigo et M. Trossero. FAO Wood Energy Programme and Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Voir: <http://www.fao.org/docrep/008/af092e/af092e00.HTM>
- FAO.** 2006a. *Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM). Slovenia. Spatial woodfuel production and consumption analysis*, par R. Drigo et Ž. Veselič. Département des forêts de la FAO – Wood Energy. See: <http://www.fao.org/docrep/009/j8027e/j8027e00.HTM>
- FAO.** 2006b. *Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM). East Africa. Spatial woodfuel production and consumption analysis of selected African countries*, par R. Drigo. Département des forêts de la FAO – Wood energy. voir: <http://www.fao.org/docrep/009/j8227e/j8227e00.HTM>
- FAO.** (sous presse). *Wood-energy supply/demand scenarios in the context of poverty mapping. A WISDOM case study in Southeast Asia for the years 2000 and 2015*, p R. Drigo for FAO Environment and Natural Resources Service (formerly SDRN) and Forest Products Service (formerly FOPP). Environment and Natural Resources Working Paper 27.
- FAO/RWEDP.** 1997. *Regional study on wood energy today and tomorrow in Asia*. Regional Wood Energy Development Programme in Asia. Field doc. 50. GCP/RAS/154/NET. FAO/ Pays-Bas. Bangkok.

- Girardet, H.** 1992. *The GAIA Atlas of Cities: new directions for sustainable urban living*. New York, Anchor Books.
- Grey, G.W. & Deneke, F.J.** 1986. *Urban forestry*. 2nd ed. Toronto, John Wiley & Sons.
- GTZ/UNHCR.** 1992. *Domestic energy and reforestation in refugee affected areas*.
- Harvey, D.** 1989. *The urban experience*. Oxford, Royaume-Uni, Blackwell.
- AIE Bioénergie.** 2005. *Task 29. Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects*. Technology Report on Bioenergy and Job Generation, par J. Domac & V. Segon.
- Konijnendijk, C.C.** 1999. *Urban forestry in Europe: A comparative study of concepts, policies and planning for forest conservation, management and development in and around major European cities*. Research Notes 90. Faculty of Forestry, University of Joensuu, Finlande. (thèse de doctorat)
- Konijnendijk, C.C. et Vlasman, A.** 1993. *Van Stadsbos naar Bosstad: ontwikkeling van Nederlandse stadsbossen* (From city forest to forest city: development of Dutch urban forests). Department of Forestry, Agricultural University, Wageningen, the Netherlands. (unpublished M.Sc. thesis)
- Kuchelmeister, G.** 1998. *Urban forestry in the Asia-Pacific Region: status and prospects*. Asia-Pacific Sector Outlook Study (APFSOS) Working Paper 44.
- Leach, M. et Mearns, R.** 1988. *Beyond the woodfuel crisis: people, land and trees in Africa*. London, EarthScan Publications.
- Lorenzini, M.** 1999a. (pers. com.). Accessibility maps at: <http://www.adwebtec.it/fra/>
- Lorenzini, M.** 1999b. (pers. com.). Deforestation and forest accessibility. (inédit) See: <http://www.adwebtec.it/fra/docs/ACCESS2.html>
- Mahapatra, A.K. et Mitchell, C.P.** 1999. Biofuel consumption, deforestation, and farm level tree growing in rural India. *Biomass and Bioenergy*, 17(4): 291–303.
- Masera, O.R., Ghilardi, A., Drigo, R. et Trossero, M.A.** 2006. WISDOM: a GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management. *Biomass and Bioenergy*, 30: 618–637.
- Miller, R.W.** 1997. *Urban forestry: planning and managing urban greenspaces*. New Jersey, Prentice Hall.
- Pancel, L., ed.** 1993. *Tropical Forestry Handbook*. Vol. II. Berlin, Springer Verlag.
- Ponting, C.** 1991. *A green history of the world*. London, Penguin.
- Projet Energie II.** 1991. *Schéma directeur d'approvisionnement en bois – énergie de Niamey*. 112 pp.
- Raintree, J.B.** 1991. *Socio-economic attributes of trees and tree planting practices*. Community Forestry Note 9. CIRAF et FAO. 115 pp.
- Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Meijer, S. et Witcover, J.** 2001. *Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures*. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- SEI.** 2000. *LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning system*. Stockholm Environment Institute/Boston and Tellus Institute. See: <http://www.seib.org/leap>
- PNUD/BM -ESMAP.** 1992. *Philippines: defining an energy strategy for the household sector*. Vol. I: Main Report. Results of a Joint Study by ESMAP and the Philippines Office of Energy Affairs.
- UN-Habitat.** 2004. *State of the World's cities 2004/5. Globalization and urban culture*. Sterling, Virginia, Earthscan Publications Ltd. Nairobi, UN-Habitat.
- UN-Habitat.** 2006. *State of the World's cities 2006/7. The millennium development goals and urban sustainability: 30 years of shaping the Habitat agenda*. Sterling, Virginia, Earthscan Publications Ltd. Nairobi, UN-Habitat.
- UN-Habitat.** 2003. *The challenge of slums*. Global Report on Human Settlement 2003. Sterling, Virginia, Earthscan Publications Ltd. Nairobi, UN-Habitat.
- Van de Vreken, S.** 2005. *Aspects of fuelwood supply: value, species and fuelwood crisis*. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgique (thèse)
- Banque mondiale.** 2005. Implementation Completion Report. Sustainable and Participatory Energy Management Project (PROGEDE). Report 32102.
- Banque mondiale.** 2006. Senegal: Sustainable and participatory energy. In *Findings Infobrief (Africa Region)*, 122. March. Voir: <http://www.worldbank.org/afr/findings/infobeng/infob122.htm>
- Zakia, M., Verslype, C., Riegelhaupt, E., Pareyn, F., Bezerra, F. et Mallants, J.** 1992. Guia para levantamento do consumo e fluxo de produtos florestais. PNUD-FAO-IBAMA. Fortaleza. 77 pp.



## **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 modes 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

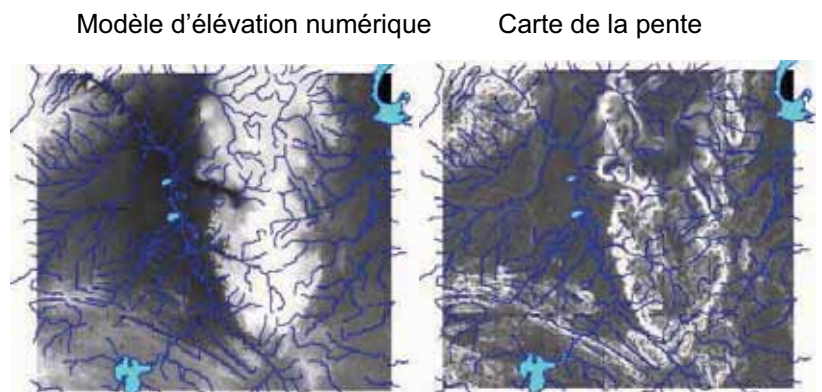
## Annexe 3

# 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**

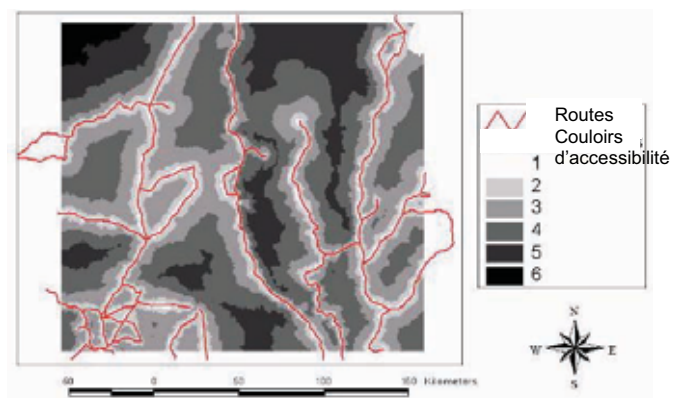
*Étape 1.* Une carte de la pente a été dressée à partir du modèle mondial d'élévation numérique EPMPF30 à la résolution de 30 sec-arc fournie par le Centre de données Eros (éd. 1997) exprimée en pourcentage de l'élévation. La pente, qui varie entre 0 (0°) et l'infini (90°), était supposée représenter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



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.



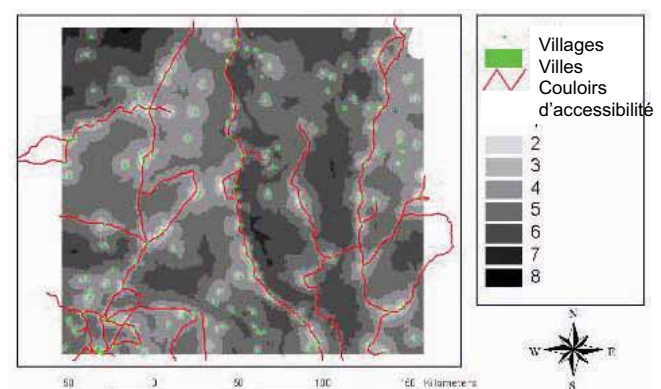
*Étape 3.* Une carte matricielle a été dressée comme surface de coût la moins cumulative résultant de la fonction somme (coût\*distance\_des\_villages/villes)

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>

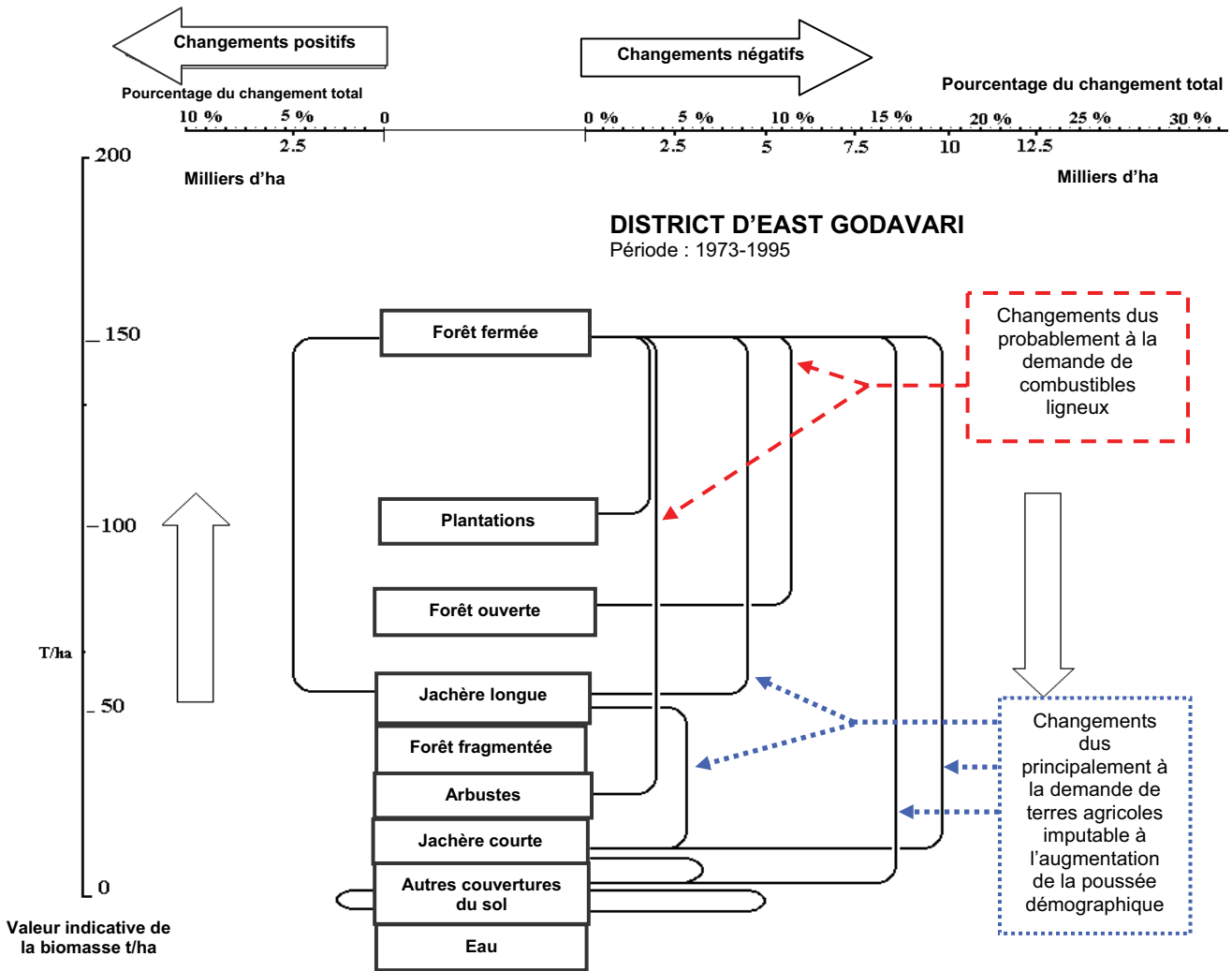
Le diagramme des flux de biomasse ligneuse de la figure A5.1, qui associe les taux de changement indiqués dans le tableau A5.1 aux valeurs estimées de la biomasse, est structuré comme suit.

- 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	Production de vapeur
			Sucre brun	Évaporation du jus de canne à sucre
			Café	Séchage, rôtissage
			Thé	Dessiccation, séchage
		Tabac	Séchage	
Herbes	Séchage			
Huiles	Production de vapeur			
Produits laitiers	Vapeur			
Pain	Cuisson au four			
Confiserie	Cuisson, stérilisation			
Tortillas de maïs	Nixtamalisation			
Farine de tapioca	Séchage			
Minerais métalliques	Fer	Acier	Réduction, fusion	
			Restauration du carbone	
Minerais non métalliques	Chaux vive	Craie	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	Chauffage, eau chaude, préparation des aliments, blanchissage
			Campings	
Public	Santé	Hôpitaux	Blanchissage	
		Écoles	Préparation des aliments	