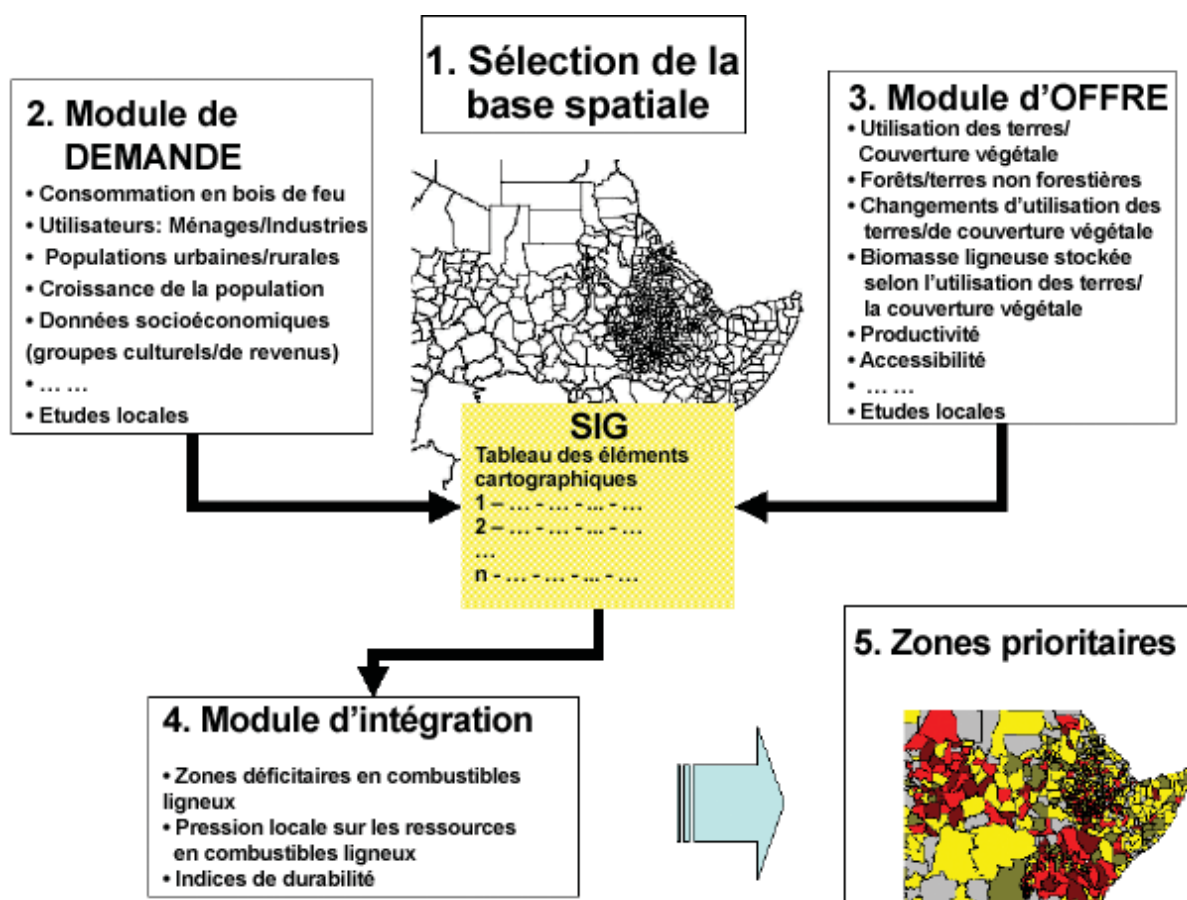


QUESTION METHODOLOGIQUE ET STRUCTURE

La méthodologie WISDOM doit être utilisée en suivant cinq étapes principales (Voir Figure 1):

1. Définir l'unité spatiale administrative d'analyse minimale.
2. Développer le module de DEMANDE.
3. Développer le module d'OFFRE.
4. Développer le module D'INTEGRATION.
5. Sélectionner les zones prioritaires ou « points chauds en combustibles ligneux ».

Figure 1. Etapes du WISDOM



1. SELECTION DE LA BASE SPATIALE (UNITE ADMINISTRATIVE D'ANALYSE MINIMALE)

Pour les études nationales, l'analyse sera réalisée au niveau administratif le plus simple lorsque les paramètres démographiques, sociaux et économiques existent, par exemple la commune. Au niveau régional, lorsque plusieurs pays sont étudiés, les séries de données administratives régionales sont encore essentielles mais un niveau administratif plus simple peut être préféré. Le premier ou second niveau sous-national peut convenir, selon la taille du pays concerné, qui peut correspondre au niveau de l'état, du district ou de la province (Tableau 1). La Figure 2 présente des exemples de cartes où apparaissent les unités administratives les plus simples qui peuvent être retenues par l'approche WISDOM, au moins au niveau régional et national.

Tableau 1. Informations nécessaires à différentes échelles d'analyse

Echelle	WISDOM régional	WISDOM national
Monde	X	
Région	X	
Sous-région	X	
Pays	X	X
1 ^{er} niveau des unités sous-nationales (Etat, unité fédérale, ...)	X	X
2 ^d niveau des unités sous-nationales (district, province, ...)	(X)	X
3 ^{ème} niveau des unités sous-nationales (canton, municipalité, ...)		(X)
4 ^{ème} niveau des unités sous-nationales (village, ...)		(X)

Note: X: nécessaires (X): préférées. Pour avoir des informations sur les unités administratives (1er et 2d niveaux sous-nationaux) de tous les pays, veuillez visiter le site Web suivant:
<http://www.eki.ee/knab/adm2.htm>.

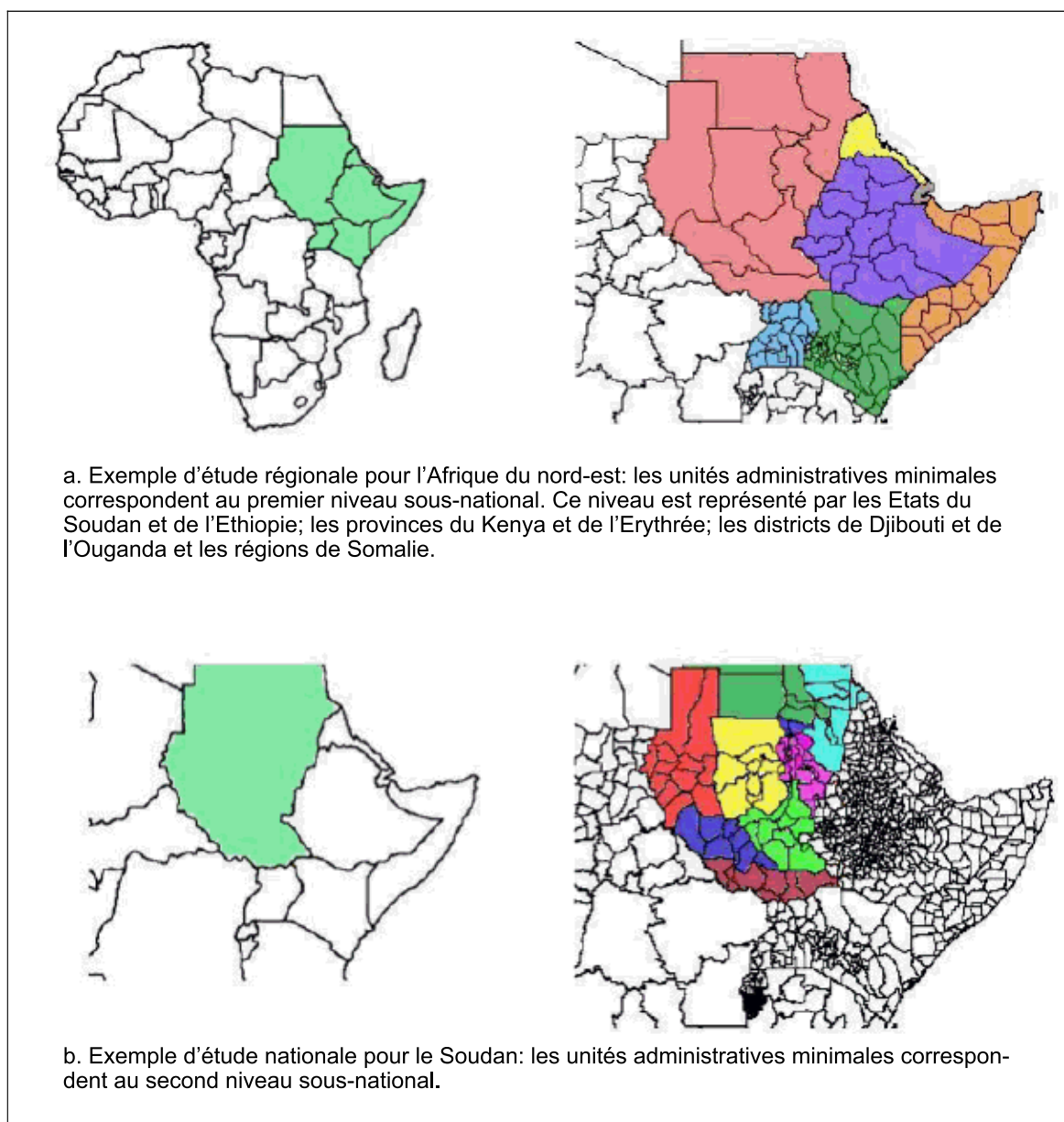
La carte administrative régionale de base déterminera la résolution spatiale des modules de demande et d'offre et, par conséquent, le niveau d'analyse de la méthode WISDOM et les zones prioritaires. De nombreux pays disposent de leurs unités administratives sous forme de séries de données digitales qui facilitent l'analyse. Les recensements et les autres informations socioéconomiques sont aussi de plus en plus disponibles sous forme digitale et de manière très détaillée. Au Mexique par exemple, les données socio-démographiques municipales sont disponibles sur internet.⁷

Ces dernières années, des progrès considérables ont été réalisés dans la réalisation de cartes de densité de la population régionale fournissant la distribution discontinue de la population provenant en premier lieu des données des recensements régionaux. La base de données globale sur la population produite par le Projet de télédétection terrestre sur la population mondiale du Laboratoire d'Oak Ridge, base de données de résolution 30" x 30" (seconde d'arc), est particulièrement intéressante. Si ce type de produit est utilisé comme base de développement du module de demande, l'unité spatiale de référence sera la cellule 30" x 30" ou ses agrégations. Cas par cas, l'approche WISDOM devra s'adapter selon les informations disponibles, les autres pouvant soit être directes (la consommation en combustibles ligneux et les tendances, la productivité durable de combustibles ligneux) soit indirectes (variables de remplacement liées à la demande et à l'offre en combustibles ligneux). Il est donc difficile d'identifier une série de données fixe.

⁷ Bureau national des statistiques du Mexique (INEGI), <http://www.inegi.gob.mx>, Base de données SIMBAD.

A cette étape, un outil de représentation spatiale et d'analyse doit être mis en place en tant que clé de mise en œuvre du WISDOM. En fait, la possibilité de comparer les informations statistiques et spatiales est un élément essentiel du processus global. La technologie du Système d'information géographique (SIG) développée durant ces dernières décennies offre des possibilités sans précédent pour combiner les informations statistiques et spatiales et pour visualiser les résultats des analyses spatiales afin que les responsables publics, les citoyens privés et la communauté scientifique puissent les comprendre facilement (Marble, 1998). Le fait que le SIG soit une technologie liée à l'environnement et au sol en fait, lorsqu'elle est utilisée avec d'autres bases de données et modèles, un outil très utile pour la formulation et la mise en œuvre de stratégies de développement (Yeh, 1997; Pakhare et Chandrashekar, 1997; Kersten *et al.*, 1997).

Figure 2. Exemples de cartes d'unités administratives minimales (exemples en Afrique du nord-est (régional) et au Soudan (national))



Le principal lien entre les données spatiales et statistiques est présenté dans le « tableau des éléments cartographiques » (Figure 1). Ce tableau, dont la base de données est structurée en lignes et colonnes, contient les attributs et éléments d'identification géographique de base de tous

les données individuelles de la carte digitale (codes d'identité et noms, zones, périmètres, coordonnées, etc.), et peut être étendu indéfiniment en ajoutant des éléments thématiques se référant à la même série d'éléments de la carte. Chaque ligne identifie un élément unique de la carte tel qu'une unité administrative ou une implantation humaine alors que les colonnes reportent les éléments géographiques et thématiques associés à tous les éléments. Le Tableau 2, illustration possible d'un tableau d'éléments cartographiques, présente tout d'abord quelques données (lignes) et domaines (colonnes) de la carte digitale des communes brésiliennes (4 579 unités).

Une des caractéristiques du WISDOM est l'enrichissement progressif du tableau des composantes cartographiques afin d'inclure toutes les informations disponibles directement ou indirectement liées à la demande et à l'offre en combustibles ligneux (étapes 2 et 3).

Tableau 2. Exemple de tableau d'éléments cartographiques

Eléments du SIG					Eléments thématiques (Modules de demande, d'offre et d'intégration)				
Num #	Zone	Périmètre	CODE ID	NOM admin.	Thème 1 Recensement 91	Thème 2 Recensement 80	Thème 4 Forêt2K	Thème 5 Def902K	Thème n.....
1	13635896.5	28173.8	1400407	NORMANDIE	11170	7713	0.86784	-0.07845	
2	46755967.6	68430.2	1400100	BOA VISTA	142813	51662	0.95823	-0.00840	
3	23863175.3	31792.4	1600501	OIAPOQUE	7543	5028	0.98250	-0.01750	
4	15030224.0	29873.7	1600204	CALCOENE	5185	2834	0.97482	-0.02518	
5	27039699.2	38606.4	1400050	ALTO ALEGRE	11195	3475	0.98127	-0.00879	
6	15170360.4	20716.7	1400159	BONFIM	9453	4524	0.94874	-0.01138	
7	24876483.3	30872.8	1400308	MUCAJAI	13148	3163	0.98695	-0.00985	
8	76832247.1	60527.8	1500503	ALMEIRIM	33270	33082	0.95450	-0.02209	
9	113375415.0	71985.0	1505304	ORIXIMINA	41089	29594	0.95539	-0.01800	
...									
n									

Modifié à partir du IBGE 1994.

2. MODULE DE DEMANDE

Le module de Demande a pour objectif de visualiser la distribution spatiale de la consommation en combustibles ligneux (si possible articulée par secteurs et principaux types d'utilisateurs) et ses dynamiques globales. Elle a aussi pour objectif d'identifier ces zones qui montrent différentes dynamiques de consommation (par exemple, les besoins croissants en combustibles ligneux). Plusieurs aspects spécifiquement liés aux besoins en combustibles ligneux doivent être pris en considération lors de la conception du module (Tableau 3).

Il faut insister sur le fait que la méthode *WISDOM* n'est pas un outil pour prédire l'évolution de la demande en combustibles ligneux⁸; au contraire, elle a pour objectif de présenter les caractéristiques de la demande en combustibles ligneux elle-même (ou du regroupement de leurs variables de remplacement) qui sont importantes pour ensuite identifier les zones prioritaires. Les principales sources d'information pour développer ce module ont été les statistiques démographiques et les autres paramètres socioéconomiques collectés et conservés par les services nationaux de statistiques et les études et enquêtes techniques possédant des informations sur la consommation unitaire par type d'utilisateur et de mécanisme.

Tableau 3. Caractéristiques générales de la demande en combustibles ligneux dans les pays en développement

Principaux secteurs d'utilisateurs: • ménages (ruraux et urbains); • petites industries (artisan potier, fabricant de briques, boulangers, etc.). Principaux usages: • cuisine, chauffage de l'eau, chauffage, processus de cuisson à usage industriel. Principaux types de combustibles ligneux: • le bois de feu et le charbon de bois; • les combustibles peuvent aussi provenir des scieries et des résidus forestiers. Principales caractéristiques des modes de consommation: • <u>Les utilisateurs ruraux</u> sont dispersés au niveau spatial; la consommation est normalement fortement élastique et liée à la croissance de la population. Les combustibles ligneux sont avant tout collectés et proviennent de diverses sources comprenant les branches et le bois mort. • Dans de nombreuses régions, <u>les utilisateurs urbains</u> dépendent du charbon de bois (par exemple en Afrique). Le combustible est surtout acheté et provient habituellement de régions à fortes exploitations intensives. • <u>Les utilisateurs industriels</u> sont très souvent concentrés dans des petites zones et peuvent exercer une pression sur les ressources existantes. Ces consommateurs peuvent avoir divers types d'activités allant du vendeur d'aliments de rue et d'autres types d'activités commerciales aux petites et grandes industries. • La consommation à l'unité dépend des conditions climatiques, des équipements existants et du manque de combustibles ligneux ainsi que de la disponibilité des substituts aux combustibles ligneux. Autre élément d'ordre général: • En général, une grande partie des combustibles ligneux provient des espèces d'arbres non commerciales, à la fois des forêts et des arbres hors forêts.

Note: Dans les pays en développement, les résidus agricoles et principalement les bouses de vache sont aussi communément utilisés comme combustible, en plus des combustibles ligneux normaux. Leur proportion par rapport à la consommation totale de biomasse tirée des combustibles varie fortement de pays à pays. En général, l'utilisation de résidus agricoles et de fumier est plus commune en Asie qu'en Afrique et en Amérique latine.

⁸ Plusieurs modèles ont été utilisés et testés à ce propos, à la fois au niveau national et international. Voir par exemple Broadhead et al. (2002) pour un modèle international, et Devadas (2001) et Díaz (2000) pour des modèles nationaux.

Plusieurs critères peuvent être choisis pour déterminer les zones prioritaires en termes de demande en combustibles ligneux. Par exemple, on peut s'intéresser aux domaines qui présentent:

- Une forte consommation en combustibles ligneux.
- Une forte densité d'utilisateurs de combustibles ligneux.
- Un fort taux de croissance de la consommation ou des utilisateurs de combustibles ligneux par foyer ou utilisateur industriel.
- Une forte résistance à évoluer vers d'autres combustibles.

Le degré de précision des critères choisis et la priorisation des zones correspondantes dépendront de l'objectif spécifique de l'étude. Par exemple, on peut chercher à identifier les zones disposant de plus grandes opportunités commerciales pour de nouvelles technologies, des zones où les impacts sur la santé sont plus importants, etc.

Diverses variables peuvent être utilisées pour les différents critères. Par exemple, la consommation de combustibles ligneux est une fonction de la population totale, le pourcentage d'utilisateurs de combustibles ligneux et la consommation par personne (ou unité); la résilience de l'utilisation de combustibles ligneux (définie ici comme l'habilité ou la volonté de passer à d'autres combustibles) est une fonction des revenus des ménages et des pratiques culturelles, ces dernières étant souvent liées aux groupes culturels. Estimer les taux de croissance des utilisateurs implique de disposer de séries historiques de variables pertinentes; par exemple, au moins deux recensements par pays ou études nationales. Le Tableau 4 présente les variables potentielles qui peuvent être utilisées dans l'analyse.

Lorsque cela est possible, il est important d'évaluer la demande selon les combustibles ligneux (bois de feu, charbon de bois, liqueur noire, huile pyrolytique, etc.), chacun ayant un impact différent sur les sources d'offre et la durabilité de l'offre qui peuvent exiger deux lignes séparées d'analyse. Par exemple, le bois de feu et le charbon de bois, les deux combustibles ligneux les plus communs, proviennent de sources parfois assez distinctes et ont des impacts très différents sur ces sources.

Comme cela est présenté dans le Tableau 4, les sources des données sont très différentes. Intégrer les données sur la consommation tirées d'études couvrant normalement seulement une partie du pays ou des régions, avec des variables sociodémographiques provenant de divers recensements reste un défi majeur pour le développement du module.

Tableau 4. Variables potentielles pour utiliser le Module de Demande

Variable/domaines	Répartition requise	Sources possibles et remarques
Consommation en combustibles ligneux		
Ménages Utilisation de combustibles ligneux par personne Nombre d'utilisateurs au temps t	Par type de combustible (bois de feu, charbon de bois, etc.). Selon la pop. urbaine/rurale. Par association de combustibles (seulement combustible ligneux, association bois de feu/consommateurs de LPG). la pop. urbaine/rurale par unité administrative la plus simple analysée.	Les estimations existent au niveau national, rarement au niveau sous-national; souvent basées sur les données des projets. Les estimations peuvent différer de source à source. Recensement national et/ou carte de densité des populations LandScan ⁹ de 1998/2000.
Utilisateurs industriels^a Utilisation de combustibles ligneux par unité de produit Nombre d'utilisateurs au temps t	Par type (et taille) d'industries. Par unité administrative minimale d'analyse.	Les estimations se basent habituellement sur les données des projets ou études. Recensement national/études pour les industries (rarement détaillées pour les industries faisant partie du secteur informel).
Densité d'utilisateurs		
Saturation (% d'utilisateurs)	Urbain/rural. Ménage/industriel. Seulement combustibles ligneux; multiples utilisateurs de combustibles.	Recensement national et/ou venant indirectement d'enquêtes locales.
Utilisateurs par km ²	Identique à la ligne de dessus.	Recensement national pourrait être évalué par le biais d'une analyse SIG.
Taux de croissance de la consommation/des utilisateurs		
Utilisateurs /Consommation Taux de croissance annuels moyens	Urbain/rural. Ménage/industriel. Utilisateurs exclusifs de combustibles ligneux; utilisateurs de combustibles multiples.	Projections de populations par les NU seulement disponibles au niveau national. Séries de temps régionaux des services statistiques nationaux. Les cartes de croissance de la population (après LandScan) devraient être réalisées prochainement.
Résistance à changer de combustibles		
Groupes culturels importants	Groupes ethniques.	Recensement national.
Niveaux de revenus	Niveaux de revenus entre population urbaine/rurale.	Etudes nationales des revenus-dépenses des ménages.

Notes: Déterminer la consommation actuelle et attendue de combustibles ligneux est une tâche complexe, et dépend souvent de variables sociodémographiques, techniques, environnementales, culturelles, et économiques (Masera, 1995). Le principal défi de ce module est de trouver si des variables directes ou de remplacement, disponibles au niveau national, peuvent servir pour estimer la consommation.

^a.: Les utilisateurs industriels comprennent les activités commerciales comme les vendeurs de rue d'aliments et autres.

⁹ Base de données sur la population mondiale produite par le Projet LandScan du Laboratoire Oak Ridge qui est une base de données sur la population mondiale de résolution 30" x 30" (seconde d'arc).

3. MODULE D'OFFRE

Le Tableau 5 présente brièvement les caractéristiques de l'offre en combustibles ligneux dans les pays en développement. Le module d'offre de la méthode WISDOM a pour but d'offrir une représentation spatiale des sources de combustibles ligneux naturelles et liées à l'homme, leurs capacités de stockage, les évolutions au cours du temps et leurs capacités de production. Les combustibles ligneux ne sont pas produits ou récoltés exclusivement à partir des forêts; ils sont aussi obtenus à partir de tous les **types de végétation/d'utilisation des terres**, ce qui entraîne la croissance de la biomasse ligneuse, par exemple les arbres en zones agricoles (RWEDP, 2000). A ce sujet, les zones agricoles et les terres boisées marginales peuvent constituer une garantie, comme les forêts, d'offre régulière de combustibles ligneux pour satisfaire la demande (RWEDP, 1996).¹⁰

Les combustibles ligneux peuvent aussi être récoltés directement (collecte du bois dans les forêts ou sur les arbres hors forêt) ou peuvent provenir d'autres activités (résidus des industries forestières ou « bois récupéré » après construction/démolition) (RWEDP, 2000).

Tableau 5. Caractéristiques générales de l'offre en combustibles ligneux dans les pays en développement

Principales sources de production de combustibles ligneux

- Sources très diverses comprenant toutes les utilisations des terres produisant du bois comme:
 - forêts
 - terres boisées
 - plantations (forêts et agriculture)
 - cultures itinérantes
 - agroforesterie et arbres hors forêts
 - zones d'agriculture
 - résidus forestiers provenant des industries forestières

Pratiques de collecte

- Sources aussi très diverses et comprenant entre autres:
 - Ramassage de bois mort
 - Branches élaguées/coupées
 - Coupes d'arbres selon une « exploitation sélective »
 - Coupe en taillis/recépage
 - Petite coupe (formations ligneuses naturelles)
 - Eclaircies et défrichement des plantations par rotation

Productivité de la biomasse ligneuse

- La productivité de la biomasse ligneuse est très variable – même au sein d'une même classe d'utilisation des terres, selon les paramètres écologiques, la classe de sites et les types de gestion.

L'analyse de l'offre en combustibles ligneux et l'identification des zones prioritaires peuvent aussi s'effectuer selon différents critères. Si l'analyse a pour but d'identifier les zones pouvant manquer de combustibles ligneux dans le présent ou le futur, il faudra alors s'intéresser aux zones qui montrent:

¹⁰ Une étude fouillée conduite par le Programme régional sur la dendroénergie (RWEDP) dans huit pays d'Asie montre que le pourcentage de combustibles ligneux provenant des arbres hors forêts va de 87% (pour le Bangladesh) à 34% (pour le Népal) (RWEDP, 1996).

- des taux de réduction rapide des forêts et des terres boisées dus aux changements d'utilisation des terres;
- des taux de dégradation et de fragmentation rapides dus à la forte pression;
- une faible productivité de biomasse;
- les questions d'accessibilité qui limitent la production (distance, pente, restrictions juridiques) ou qui, au contraire, peuvent favoriser la surexploitation.

A la différence des zones qui possèdent un plus fort potentiel de production de combustibles ligneux et qui sont constituées de forêts bien préservées et accessibles ou d'autres zones de forte productivité.

Le Tableau 6 liste et décrit brièvement les principales variables à utiliser pour développer le Module d'Offre.

Tableau 6. Variables qui peuvent être utilisées dans le Module d'Offre

Variable	Répartition requise	Sources possibles et remarques
Classe d'Utilisation des terres/couverture végétale	Toutes les classes d'Utilisation des terres/couverture végétale doivent être prises en compte, y compris les cultures.	Les cartes internationales sont trop imprécises. Les cartes à très bonne résolution à systèmes de classification détaillés doivent être préférées (par exemple les systèmes de classification des sols LCCS de la FAO) ¹¹ .
Changements d'utilisation des terres/couverture végétale	Les taux bruts de déforestation ne doivent pas être utilisés. Les transitions relatives aux couvertures végétales (par exemple les matrices de transition d'utilisation des terres) sont plus adaptées pour ce type d'analyse.	Les bonnes études sur les changements de couverture végétale sont rares. Les sources les plus prometteuses au niveau international sont l'enquête conduite par la FAO (ERF 1990-2000) ¹² et l'étude de haute résolution TREES II ¹³ du Centre de recherche européen.
Réserve de biomasse ligneuse par utilisation des terres/couverture végétale	La réserve de biomasse pour toutes les classes d'utilisation des terres/couverture végétale doit être prise en compte y compris les terres arables, les terres broussailluses, etc.	Les études sur la biomasse sont rares. Les estimations tirées des inventaires (volumes de biomasse) peuvent être utilisées pour évaluer les valeurs de biomasse pour les classes de référence d'utilisation des terres/couverture végétale et en déduire toutes les autres. Il est important d'inclure les estimations de la biomasse ligneuse totale du fait que les inventaires sont très souvent restreints à la biomasse commerciale provenant des forêts. Les estimations doivent aussi inclure la biomasse en bois mort.
Production de biomasse moyenne par classe d'utilisation des terres/couverture végétale	Indices de productivité à créer pour toutes les classes d'utilisation des terres/couverture végétale, à partir des références existantes.	Les estimations quantitatives précises sont difficiles à produire. Les données de rendement tirées des inventaires et zonifications écologiques pourront permettre de déduire un « indice de productivité ». Les sources possibles sont entre autres: ZAE, Indices de fertilité des sols, et autres. Il est essentiel d'inclure la productivité totale (plutôt que commerciale) de la biomasse ligneuse. Des estimations de la productivité du bois mort sont aussi importantes.
Accessibilité	Zones inaccessibles pour des raisons légales (les zones protégées par exemple) et physiques (pentes, distance).	Séries de données nationales ou internationales (cartes des zones protégées de l'UICN, modélisation de terrain, par exemple GTOPO 30, produits dérivés DCW, etc.).

¹¹ Système de classification de la couverture du sol de la FAO (LCCS) développé dans le cadre du Projet AFRICOVER.

¹² Etude pantropicale de télédétection réalisée dans le cadre de l'ERF 1990 et 2000, couvrant 10% des régions tropicales sur la période 1980-1990-2000.

¹³ Etude de haute résolution sur les forêts tropicales humides réalisées par le Projet JRC TREES II couvrant la période 1990-1997.

En terme général, on peut supposer que la capacité d'offre en combustibles ligneux (WSC) de tout site donné (l) et à tout moment (t), est une fonction de plusieurs facteurs:

$$\text{WSC}_{lt} = f [(\text{utilisation des terres/couverture végétale, productivité de la biomasse, accessibilité}) \text{ demande en combustibles ligneux, ...}]$$

La valeur WSC quantitative est extrêmement difficile à déterminer précisément du fait qu'elle dépend de la capacité (du potentiel) d'une zone à produire de la biomasse, qui peut varier de manière significative (ESMAP, 2001). De plus, la majorité des recherches dans ce domaine s'est concentrée sur la détermination des quantités de bois utiles produites par espèce d'arbre commerciale (par exemple l'augmentation annuelle de pieds), qui n'intéresse par l'offre rurale en combustibles ligneux (Kaale, 1990). D'autres part, estimer l'offre en combustibles ligneux des zones non forestières, est encore particulièrement compliqué du fait du degré élevé de variabilité de la couverture ligneuse et de la productivité de ces zones. Dans de nombreux cas, la capacité des systèmes d'exploitation agricoles de produire des combustibles ligneux dépend du niveau de la demande et de l'accessibilité aux sources alternatives qui devraient produire plus ou moins prioritairement par rapport aux autres produits (Mahapatra et Mitchell, 1999).

L'objectif du WISDOM n'est pas de quantifier avec précision le solde entre la demande et l'offre mais plutôt de contribuer à une évaluation globale de la situation actuelle (comme faire apparaître les tendances), et l'analyse du module de l'offre pourrait inclure des indices de productivité de biomasse indicatifs calculés à partir des caractéristiques du climat/sol, et avant tout exploiter les informations relatives à l'utilisation des terres/la couverture végétale et aux couches spatiales/statistiques qui peuvent en être déduites.

4. MODULE D'INTÉGRATION: COMBINER L'OFFRE ET LA DEMANDE EN COMBUSTIBLES LIGNEUX

Une fois développés les modules de demande et d'offre au sein du système SIG, l'étape suivante consiste à intégrer l'information afin d'identifier les « points chauds en combustibles ligneux » importants. A ce niveau, une série de variables liées à la fois à la consommation et à l'offre en combustibles ligneux devrait déjà exister pour chaque unité d'analyse administrative la plus petite.

Plusieurs variables (ou indicateurs) peuvent être déterminées pour combiner l'offre et la demande en combustibles ligneux afin de mieux comprendre leurs impacts potentiels. Chaque indicateur devra être sélectionné séparément selon le nombre de données disponibles et leur précision. Les types d'indicateurs possibles sont:

$$\text{Zones déficitaires en combustibles ligneux} = [\text{Offre WF} - \text{Demande WF}]$$

où, strictement parlant, les zones déficitaires sont celles qui ont des valeurs négatives, toutefois, en raison des difficultés à obtenir des informations précises sur à la fois l'offre et la demande, différents seuils peuvent être définis pour que ces zones « déficitaires » en combustibles ligneux soient des unités qui présentent une gamme de valeurs proche de zéro.

$$\text{Pression potentielle sur les forêts} = [\text{Demande WF} / \text{Superficie totale de forêt}]$$

Cet indicateur dont l'unité est en tonne/ha/an (ou m³/ha/an) donne donc une idée de la productivité moyenne de la forêt locale nécessaire pour supporter la demande courante en combustibles ligneux. Si la demande est supérieure au niveau de productivité normal de la forêt locale, une forte pression s'exerce sur les ressources forestières. L'analyse peut aussi être affinée pour intégrer les zones non forestières.

5. IDENTIFICATION DES « POINTS CHAUDS EN COMBUSTIBLES LIGNEUX »

L'étape finale est l'identification des zones où l'action est la plus urgente et nécessaire en termes de demande et d'offre ou des deux à la fois. Diverses analyses statistiques peuvent être utilisées pour le regroupement final des régions d'un pays en termes de priorité. Ces analyses comprennent: a) les techniques de regroupement de données; b) les analyses factorielles (par exemple les

principaux composants); c) les analyses en grappe; d) l'indexation, et autres. Les lecteurs peuvent se référer à la vaste littérature sur ce sujet pour une description complète des approches, et de leurs principaux avantages et désavantages comparatifs.¹⁴

Une procédure alternative est la définition d'un indice global (par exemple: l'indice en combustibles ligneux prioritaires) (Masera *et al.*, 2003) qui reflète les principaux aspects des zones analysées à la fois en termes d'offre et de demande en combustibles ligneux. Un effet positif de l'indexation est la réduction de l'imprécision résultant du manque de données. Ce genre d'indice pourrait tout d'abord être défini pour chacune des variables:

$$Wf_{ij} = X$$

où :

$$X = 1, 2... n$$

et Bf_{ij} est l'indice en combustibles ligneux par unité d'analyse « i » (par exemple un canton), selon un regroupement de variables « j » dans un nombre donné de catégories « n » (par exemple, en termes de trois niveaux de consommation: faibles, moyens, élevés). Les groupes (valeurs de l'indice) peuvent être obtenus en divisant la variable concernée en intervalles égaux ou « groupes naturels ». Les indices peuvent être discontinus ou continus.

Dans le but de souligner le caractère spatial des aspects spécifiques, les paramètres de demande/offre individuels indexés peuvent être croisés, par exemple, la consommation actuelle par rapport aux forêts accessibles et aux ressources forestières, les tendances de l'urbanisation par rapport aux taux de changement des ressources naturelles en bois, etc. Un indice global pour chaque unité spatiale reflétant la priorité de l'unité en termes de consommation, production et d'impacts sur les combustibles ligneux, peut donc être défini ainsi:

$$WF_j = S (Bf_{ij} * w_{ij})$$

où:

BF_j est l'indice en combustibles ligneux global par l'unité spatiale « j », et

w_{ij} la priorité donnée à chaque variable « i ».

Finalement, les unités spatiales peuvent être classées selon la valeur de l'indice global dans une série de catégories, de faible priorité à forte priorité, permettant de déterminer les « points chauds en combustibles ligneux ».

Conclusion de l'analyse

Après avoir réalisé les cinq étapes, l'approche WISDOM doit offrir:

- Une base de données géoréférencées, articulées au niveau de l'unité administrative minimale d'analyse disposant d'informations pertinentes pour comprendre l'évolution de la demande et de l'offre en combustibles ligneux.
- Une série de cartes couvrant les différents aspects de la demande et de l'offre en combustibles ligneux.
- Une zonification du pays/des régions selon la priorité en combustibles ligneux à utiliser et les impacts potentiels qui vont avec.

¹⁴ Par exemple, Hair, J.F. *et al.* (1992) décrit bien les analyses statistiques multivariées les plus utilisées. Les statistiques standard proposent normalement une section sur l'analyse multivariée. Le site Web: <http://trochim.human.cornell.edu/tutorial/flynn/multivar.htm> contient une présentation par étape sur la manière de conduire une analyse multivariée.

ASPECTS PRATIQUES POUR REALISER UNE ANALYSE WISDOM

Comme cela a été dit auparavant, l'approche WISDOM est conçue pour optimiser l'utilisation des ressources et de l'information existantes. Cette section présente les principaux aspects pratiques et questions relatives à l'élaboration de l'analyse WISDOM avec les bases de données cartographiques et socioéconomiques qui peuvent être utilisées à ce propos.

Définir les objectifs et les échelles

Pour réaliser une étude de cas WISDOM, il est nécessaire de clairement définir les objectifs de l'exercice et l'unité administrative minimale d'analyse, afin de déterminer le niveau de détail et quel effort il faudra fournir pour collecter les données nécessaires (RWEDP, 2000).

Pour décider quel type de données est nécessaire, le type d'offre en bois, d'utilisateurs et de secteurs à couvrir doit être spécifié. Par exemple, dans les zones rurales, des circuits commerciaux complètement différents existent par rapport à ceux des zones urbaines. Pour analyser les ménages et les usages industriels des combustibles ligneux, on peut utiliser des informations intégrées tirées de différentes sources et qui prennent en compte différentes variables. Les méthodes de collecte des combustibles ligneux ainsi que la productivité et les impacts environnementaux diffèrent grandement entre les zones agricoles et les zones forestières et entre les régions arides et humides.

Compléter le module de demande

La forte hétérogénéité des modèles de consommation en combustibles ligneux au niveau social et environnemental et la difficulté de réaliser des études de terrain consistantes et régulières couvrant tout le pays ou des zones très étendues font que les données sur l'utilisation et l'offre en dendroénergie manquent fréquemment ou sont fragmentées. Pour cela, compléter le module de demande WISDOM requiert de disposer de données intégrées récoltées lors d'enquêtes et d'études locales et de recensements nationaux ou régionaux et même de bases de données internationales (voir Annexe 1).

Comme l'approche WISDOM utilise des informations statistiques séparées pour chaque unité régionale au sein d'un pays, il est aussi nécessaire de disposer de séries de données complètes en plus de ces unités afin de « spatialiser » l'information sur les cartes. Les manques de données peuvent être comblés de trois manières: 1) en utilisant des variables proches pour « spatialiser » les valeurs discontinues (par exemple en utilisant la population rurale comme donnée proche pour les utilisateurs de combustibles ligneux); 2) en extrapolant l'information disponible au niveau du projet à l'entière région étudiée (par exemple pour extrapoler la consommation en bois de feu par personne). Cette procédure peut être valide dans le cas où les données ne doivent pas être très précises où lorsque les estimations de consommation en combustibles ligneux couvrent au moins des régions représentatives ou des situations dans la zone étudiée; et 3) en comblant des manques particuliers ou importants de données avec de nouvelles données provenant d'études de terrain. Cette option peut coûter très cher, aussi faut-il concevoir l'étude avec précaution pour essayer de réduire le coût et l'effort nécessaires pour compléter les données à un certain niveau donné de précision. Différentes méthodologies pour étudier les combustibles ligneux peuvent être utilisées à cette fin, voir par exemple RWEDP (2000) et Arias et Riegelhaupt (2002).

Les séries de données socioéconomiques internationales ou continentales sont de plus en plus faciles à rassembler ce qui peut contribuer à résoudre en partie les manques potentiels de données au niveau national ou régional. Un exemple de ce genre de base de données est la base de données générale sur la population produite par le Projet population du Laboratoire national d'Oak Ridge (LandScan Global Population Project) qui présente des données de résolution 30" x 30" (seconde d'arc) (voir Annexe 1).

Compléter le Module d'Offre

Les principales sources d'information pour remplir ce module sont les inventaires forestiers nationaux et les enquêtes écologiques détaillées sur la productivité de la biomasse selon les catégories d'utilisation des terres. Comme pour le module de demande, l'information provenant de ces sources doit être récoltée au niveau de l'unité administrative minimale d'analyse.

Les inventaires détaillés d'utilisation des terres/couverture végétale sont de plus en plus nombreux à la fois au niveau national qu'international. Les données de télédétection par satellite et les techniques analytiques se sont considérablement améliorées depuis le début de ce genre de recherche où les résultats des classifications étaient souvent surestimés. Aujourd'hui, une grande variété de données existe, avec des résolutions spatiales spécifiques et radiométriques qui permettent de répondre à tous les besoins. Les méthodes analytiques se sont améliorées profitant de la combinaison d'outils très sophistiqués mais faciles à utiliser, faciles à interpréter et permettant un contrôle de la qualité. Les informations produites sur l'utilisation des terres/couverture végétale sont conçues pour répondre de mieux en mieux aux besoins des utilisateurs à la différence des anciennes cartes auto-référencées. Un bon exemple pouvant largement faciliter les analyses WISDOM en Afrique est la récente cartographie de la couverture végétale réalisée dans le cadre du Projet AFRICOVER de la FAO qui couvre les pays d'Afrique de l'Est et centrale (Burundi, République démocratique du Congo, Egypte, Erythrée, Kenya, Rwanda, Somalie, Soudan, Tanzanie, Ouganda)¹⁵. Les résultats d'AFRICOVER sont très prometteurs comme par exemple la couverture complète détaillée de tous les pays (échelle 1:100 000 - 1:200 000) et le Système de classification de la couverture des sols (LCCS) adopté qui représente bien la large variété de végétation, de faible densité, caractéristique des paysages africains, et qui offre aussi une bonne base pour l'estimation des réserves de biomasse ligneuse (Drigo, 2001).

Concernant les changements de couverture végétale, les taux de déforestation nationaux calculés à partir de l'information existante sont publiés périodiquement pour tous les pays du monde au sein du programme ERF de la FAO (FAO, 2001a; FAO 2001b). Toutefois, ces données nationales sont trop génériques et contribuent peu à l'analyse WISDOM. Seuls quelques pays tropicaux entreprennent des études de suivi régulières à partir desquelles obtenir les modèles de changement régionaux (Inde, Brésil limité aux frontières légales de l'Amazonie), et rien en Afrique. Des informations plus riches ont été produites sur les changements de couverture végétale pour la ceinture tropicale, par région et principales zones écologiques par l'Etude de télédétection de l'Evaluation des ressources forestières (ERF RSS) réalisées durant l'Evaluation de 1990, et poursuivies lors de l'Evaluation 2000 (FAO, 1996; Drigo, 1996; FAO, 2001a). Cette étude a produit de très bonnes informations sur les processus de changement de couverture végétale et sur les tendances pour les périodes 1980-1990 et 1990-2000 à travers l'analyse de séries temporelles satellitaire sur un échantillon statistique de 10% de terres tropicales. Parmi les informations importantes générées par cette étude, figure le diagramme de flux de biomasse qui fournit des indications utiles sur la perte ou le gain en biomasse ligneuse associée à chaque changement de couverture végétale (FAO, 1996).

D'autres signes de l'évolution de la couverture végétale dans les régions tropicales humides ont été mis en évidence sur la période 1990-1997 par le Projet TREES II du Centre de recherche européen (European Joint Research Center) à partir d'un échantillon statistique d'images satellite de haute résolution couvrant les formations de forêts denses tropicales humides (Achard *et al.*, 2002). Aucune de ces deux études n'a produit des résultats au niveau national, mais chacune des unités d'échantillonnage analysées dans ces études¹⁶, dont la taille varie entre 1 et 3,2 millions d'hectares, peuvent fournir des vues intéressantes sur les types de changements locaux. Il est donc fortement recommandé, pour le bénéfice des nombreux utilisateurs potentiels, que toutes les données spatiales et statistiques des unités échantillonnées obtenues soient accessibles sur le Web.

Comme il est difficile de trouver des données nationales précises sur les processus de changement d'utilisation des terres et leur distribution dans un pays donné et que souvent il existe peu d'alternatives, il faut donc utiliser tous les petits bouts d'informations disponibles et extrapoler pour l'entière zone d'intérêt. Dans le cas où les estimations sûres de changement au niveau national manquent, il est conseillé de consulter les unités d'échantillonnage des deux études mentionnées ci-dessus, si elles font défaut dans le pays étudié. Dans ce cas, l'indice de changement de couverture végétale du module WISDOM d'offre pourrait être développé à partir: (i) des résultats détaillés des unités d'échantillonnage, (ii) des modèles de changements régionaux et écologiques produits par les mêmes études, et (iii) d'autres références, comme les taux nationaux de déforestation.

L'information sur les réserves de biomasse et la productivité des forêts naturelles et des plantations peut être obtenue à partir des données sur la couverture végétale associées aux données

¹⁵ Les données Africover sont accessibles sur <http://www.africover.org/>

¹⁶ L'ERF RSS a analysé 117 unités d'échantillonnage, chacune d'elles couvrant une image entière Landsat (185 x 185 km). L'étude à haute résolution TREES a analysé 93 unités d'échantillonnage, 39 desquelles ont couvert des images Landsat entières et 54 ont couvert des quarts d'image (approximativement 100 x 100 km).

d'inventaires conventionnelles sur les forêts (volume et rendement)¹⁷. Par exemple, les LCCS utilisés dans plusieurs pays africains, calculés à partir de critères de classification, présentent de manière séparée trois strates de végétation (arbres, taillis et herbacées), qui peuvent être combinées aux estimations de volume et de rendements locaux pour produire des cartes de densité de la biomasse. Les estimations de réserve de biomasse et de productivité des formations non forestières telles que les terres broussailleuses, les jardins potagers familiaux, les coupe-vent, les arbres le long des routes, les arbres des exploitations agricoles, etc., qui peuvent constituer des sources importantes de combustibles ligneux pour la population rurale, sont moins communes (RWEDP, 1997; Millington, 1994; Kaale, 1990; Ryan et Openshaw, 1991). Habituellement, cet aspect doit être résolu par déduction et extrapolation des études détaillées réalisées par un projet ou au niveau micro-régional.

Les valeurs de productivité de la biomasse peuvent aussi être adaptées en termes d'accessibilité physique ou juridique. L'accessibilité physique peut être définie dans un système d'information géographique qui exploite des données sur les pentes obtenues à partir de modélisation de terrain (par exemple GTOPO 30; cartes digitales provenant de cartes mondiales), utilisant une analyse intermédiaire à partir des réseaux de routes et de la distribution des implantations et d'autres paramètres. Le manque d'accessibilité d'un point de vue légal pourra discriminer ces zones, comme les parcs nationaux où l'extraction de bois est interdite. Les représentations de ces zones peuvent être tirées de cartes nationales ou internationales telles que les cartes d'aires protégées de l'UICN.

Coûts et ressources humaines nécessaires

Les coûts pour réaliser une analyse WISDOM pourront fortement varier selon: 1) les ressources humaines et le matériel disponible au début de l'étude; et 2) l'existence et l'accès à des bases de donnée, études, recensements et cartes géoréférencées.

Avec une unité de SIG déjà opérationnelle, et le plein accès aux informations socioéconomiques et environnementales nécessaires pour l'étude, un expert du SIG et un analyste du WISDOM peuvent couvrir l'analyse entière de la zone en un ou deux mois presque indépendamment. L'accès à la plupart des bases de données n'est pas trop cher et deux ou trois personnes suffisent pour collecter et analyser les données. Des consultants de haut niveau ne sont pas nécessaires du fait que la méthodologie d'analyse WISDOM est relativement simple.

De plus, si une unité SIG totalement nouvelle doit être créée et être opérationnelle et que l'accès aux données de base est plutôt conflictuel, les coûts seront multipliés. Dans ce cas, des périodes de temps assez longues seront nécessaires. L'acquisition du matériel pour développer un SIG constituera une des composantes majeures des coûts. Au contraire, les coûts de formation ne seront pas très élevés. Un programme informatique de formation de base au SIG centré sur les éléments nécessaires pour conduire une analyse WISDOM ne doit pas prendre plus de deux semaines par exemple.

¹⁷ Pour une illustration de cette méthodologie utilisée en Afrique subsaharienne, se référer à Millington (1994).