

PLATEFORME WISDOM POUR N'DJAMÉNA

DIAGNOSTIC ET CARTOGRAPHIE DE L'OFFRE
ET DE LA DEMANDE EN COMBUSTIBLES LIGNEUX



Développé dans le cadre du projet

*“Appui à la formulation d’une stratégie nationale et d’un plan d’actions
de foresterie urbaine et périurbaine à N’Djaména, République du Tchad”*



Plateforme WISDOM pour N'Djaména

Diagnostic et cartographie de l'offre et de la demande en combustibles ligneux

Développé dans le cadre du projet

*“Appui à la formulation d'une stratégie nationale
et d'un plan d'action de foresterie urbaine et périurbaine
à N'Djaména, République du Tchad”*

Rapport préparé par

Rudi Drigo, consultant international spécialiste en système d'analyse WISDOM

Avec la collaboration de

Angeline Kemsol, Hamid Taga et Charfie Doutoum

Agence pour l'énergie domestique et l'environnement (AEDE), Tchad

Coordonné et supervisé par

Michelle Gauthier, Fonctionnaire forestier

Division de l'évaluation, la gestion et la conservation des forêts

Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO)

Édité par

Anne-Gaëlle Abhervé-Quinquis

Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation
Rome, 2012

L'objectif de ces publications est de fournir les plus récentes informations sur les activités et les programmes en cours, afin de faciliter le dialogue et d'enrichir la discussion. Ces documents de travail ne reflètent aucunement la position officielle de la FAO. Merci de vous référer à la section forêt du site web de la FAO (www.fao.org/forestry) pour plus d'informations.

Pour plus d'informations, vous êtes prié de contacter:

Eduardo Mansur
Directeur
Division de l'évaluation, la gestion et la conservation des forêts
Département des forêts
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italie
E-mail: Eduardo.Mansur@fao.org
Web site: www.fao.org/forestry

Commentaires et suggestions sont appréciés.

Pour citation:

FAO. 2012. «Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et périurbaine à N'Djaména. Plateforme WISDOM pour N'Djaména. Diagnostic et cartographie de l'offre et de la demande en combustibles ligneux.» Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n°8. 78 pages. Rome.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent 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 et du multimédia, Division de l'information, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie ou par courrier électronique à copyright@fao.org

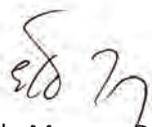
AVANT-PROPOS

Au cours de ces dernières décennies, la croissance urbaine a engendré de sérieux problèmes auxquels les dirigeants des pays, particulièrement en développement, parviennent difficilement à faire face: les populations ne cessent d'augmenter sans qu'une réelle politique d'urbanisation soit adoptée, avec pour conséquences inévitables la dégradation de l'environnement physique et l'effondrement du tissu social à l'intérieur des villes et des zones environnantes.

Au Tchad, le phénomène s'avère inquiétant, voire dramatique, en particulier autour de la capitale, N'Djaména. En effet, les forêts qui, autrefois, servaient de rempart contre les vents violents et de réserve nourricière pour la population disparaissent progressivement. L'occupation des terres pour les cultures et l'habitat et, surtout, la demande en bois-énergie sont ainsi responsables d'une situation de plus en plus dégradée (avancée du désert, insécurité alimentaire). Le gouvernement a déployé des efforts significatifs à travers la mise en œuvre de programmes, projets et actions sur le terrain, sans toutefois que les solutions préconisées aient eu les effets escomptés.

Cette question préoccupe au premier plan les hautes autorités de l'État qui ont sollicité, en 2009, l'assistance de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour développer une approche plus appropriée d'aménagement et de gestion durables des ressources naturelles, et particulièrement forestières, en milieu urbain et périurbain de la ville de N'Djaména. La construction d'un environnement vert dans et autour de la ville a nécessité en premier lieu la création d'une plateforme de dialogue pour définir, de concert avec les autorités locales et nationales, une vision commune de ce développement.

Ainsi, une très large concertation a permis de déboucher sur l'élaboration d'une stratégie et de d'un plan d'action pour la foresterie urbaine et périurbaine (FUPU) de N'Djaména¹. Afin d'étayer cette concertation, diverses études thématiques ont été au préalable réalisées, notamment une cartographie analytique du territoire et du bassin d'approvisionnement en bois-énergie de la ville de N'Djaména, développée grâce à la méthodologie WISDOM (*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping* ou Cartographie intégrée de l'offre et de la demande en combustibles ligneux). Le but de cette «Plateforme WISDOM pour la ville de N'Djaména» est de fournir une vision complète du bilan entre l'offre et la demande de biomasse ligneuse, ainsi qu'une définition objective et minutieuse de la zone d'approvisionnement durable de la ville.



Eduardo Mansur, Directeur

Division de l'évaluation, la gestion et la conservation des forêts
Département des forêts
FAO, Rome

¹ Cf.: FAO. 2012. «Stratégie de développement et plan d'action pour la promotion de la foresterie urbaine et périurbaine de la ville de N'Djaména.» Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n°5. 110 pages. Rome.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	III
REMERCIEMENTS	VII
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	IX
FIGURES ET TABLEAUX	X
DÉFINITION ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	3
CONTEXTE GÉNÉRAL	3
Le secteur bois-énergie.....	3
Les objectifs de l'activité «WISDOM N'Djaména»	4
L'approche analytique	4
LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA MÉTHODE WISDOM	5
Phase 1. WISDOM Base	6
Phase 2. Analyse du Bassin Bois-Énergie (BBE)	6
ÉVALUATION WISDOM RAPIDE	11
CARTOGRAPHIE	11
Module «Offre»	12
Module «Demande»	14
Module «Intégration».....	14
Analyse du BBE	15
DÉLIMITATION PRÉLIMINAIRE DU BASSIN D'APPROVISIONNEMENT DE N'DJAMÉNA	16
ANALYSE WISDOM DÉTAILLÉE	19
Module «Offre»	19
Module «Demande»	28
Module «Intégration» et redéfinition du BBE de N'Djaména	32
Redéfinition du BBE	34
Résultats et conclusions de l'analyse WISDOM N'Djaména	36
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	49
CONCLUSIONS PRINCIPALES.....	49
Aspects généraux.....	49
Données et planifications	50
RECOMMANDATIONS	52
Données.....	52
ACTIONS PRIORITAIRES.....	53

BIBLIOGRAPHIE	57
ANNEXES	59
Annexe 1. Carte <i>GlobCover</i> et <i>MODIS Tree Cover</i>	59
Annexe 2: Nom et description des cartes thématiques	61
Annexe 3. Statistiques par département et par zone d'intérêt	67
Annexe 4. Définitions et facteurs de conversion	71
Annexe 5. La surface du bassin et ses ressources en bois selon l'étude AEDE 2002	73

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé au processus d'élaboration de la plateforme WISDOM pour N'Djaména, lesquels ont également été associés au projet «Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de FUPU à N'Djaména» [TCP/CHD/3203 (D)].

Nous remercions par ailleurs le Ministère de l'environnement et des ressources halieutiques (MERH) qui a assuré la maîtrise d'ouvrage de ce projet, en particulier son ministre de tutelle, Monsieur Hassan Téráp et son successeur Monsieur Mahamat Béchir Okormi; le secrétaire général du ministère, Monsieur Sandjima Dounia; le secrétaire général adjoint, Monsieur Mouhyddine Mahamat Saleh; le directeur de la Direction des forêts et de la lutte contre la désertification (DFLCD), Monsieur Porgo et son prédécesseur, Monsieur Abakar Zougoulou; et Monsieur Moctar Diphane, directeur général de l'Agence pour l'énergie domestique et l'environnement (AEDE).

L'équipe d'experts chargés de la composante bois-énergie pour la conception et rédaction du présent document comprenait les personnes suivantes:

- Madame Charfie Doutoum, Madame Angeline Kemsol et Monsieur Hamid Taga, consultants nationaux au sein de l'AEDE;
- Monsieur Rudi Drigo, consultant international, spécialiste en système d'analyse, WISDOM coordonnateur et auteur du document;
- Madame Michelle Gauthier, fonctionnaire forestier, Division de l'évaluation, la gestion et la conservation des ressources forestières, chargée du programme de FUPU à la FAO;
- Monsieur Florian Steierer, fonctionnaire forestier, Division de l'économie, des politiques et des produits forestiers;
- et Monsieur François Besse, consultant international principal du projet.

En appui à cette équipe, nous tenons à mentionner les personnes suivantes:

- L'équipe nationale a été coordonnée très efficacement par Monsieur Djimramadji Alrari, chef de service à la DFLCD et coordonnateur national du projet, assisté par Monsieur Djabou Guindja Sakou et Monsieur Ali Belgoto Alhadj.
- Elle a compté sur la collaboration de M. Djékota Christophe Ngarmari, spécialiste en foresterie urbaine, et de l'équipe des consultants nationaux du projet.

Parmi les personnes et les institutions qui ont soutenu ce projet en fournissant conseils et données, nous souhaitons citer:

- Monsieur Ngabo Guila Ngague, du projet FAO «Système d'information sur la sécurité alimentaire/Système d'alerte précoce» (SISA/SAP)², Tchad;
- Monsieur Souleymane Gueye, de l'*Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*³ (OCHA), Tchad;
- Monsieur le docteur Robert Madjigoto, de l'Institut national des statistiques, des études économiques et démographiques (INSEED), Tchad;

² Projet développé par la FAO.

³ Bureau de la coordination des affaires humanitaires (Organisation des Nations Unies).

- Monsieur Job Andigue, du programme Système d'information géographique pour le développement rural et l'aménagement du territoire (SIDRAT), Tchad;
- Messieurs Alaina Yacoub Possey, Adiridir Abdel Samat, Abba Mahamat Diguia et Abakar Oumar Ali, du Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et de l'habitat (MATUH), Tchad;
- Monsieur Joseph Libar, du Centre national d'appui à la recherche (CNAR), Tchad.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre reconnaissance:

- À l'équipe de la représentation de la FAO au Tchad, notamment son Excellence Monsieur Germain Dasylya, représentant de la FAO au Tchad; Monsieur Batedjim Noudjalbaye, assistant au représentant chargé du programme; Madame Wahilo Diguera, assistante chargée de l'administration et des finances; et à tout le personnel qui a apporté son appui, de quelque nature que ce soit, à l'exécution de ce projet.
- À Madame Anne-Gaëlle Abhervé-Quinquis, éditrice pour la FAO, qui s'est chargée de la correction-révision et de la mise en pages de ce document.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AAD	Accroissement annuel disponible
AAM	Accroissement annuel moyen
AFD	Agence française de développement
BBE	Bassin bois-énergie (<i>woodshed</i>)
BM	Banque mondiale
EWR	Évaluation WISDOM rapide
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FUPU	Foresterie urbaine et périurbaine
GlobCover	Carte globale d'occupation des sols/utilisation des terres
LCCS	<i>Land Cover Classification System</i> -système de classification de l'occupation des sols (FAO)
MODIS TC	Carte internationale de la densité des arbres (<i>Tree Cover map</i>) basée sur les données satellitaires MODIS (<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>)
m.s.	Matière sèche (à 0% d'humidité)
OCHA	Bureau de la coordination des affaires humanitaires (Organisation des Nations Unies)
ONG	Organisation non-gouvernementale
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PREDAS	Programme régional de promotion des énergies domestiques et alternatives au Sahel
Raster	Cartes numériques au format maillages composées de cellules d'égale dimension
SIG	Système d'information géographique
SISA/SAP	Système d'information de sécurité alimentaire-Système d'alerte précoce (Projet FAO)
UE	Union européenne
WCMC/UICN	Centre mondial de surveillance de la nature/Union internationale pour la conservation de la nature
WDPA	<i>World Database on Protected Areas</i> -Base de données mondiale sur les aires protégées (2009)
WISDOM	<i>Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping</i> -Cartographie intégrée de l'offre et de la demande en combustibles ligneux

Sigles spécifiques à ce document:

AEDE	Agence pour l'énergie domestique et l'environnement (Tchad)
BAD	Banque africaine de développement
BADEA	Banque arabe pour le développement en Afrique
BID	Banque islamique pour le développement
CNAR	Centre national d'appui à la recherche (Tchad)
COMIFAC	Commission des forêts d'Afrique centrale
DEEDD	Direction de l'éducation environnementale et du développement durable (Tchad)
DEPS	Direction des études, de la planification et du suivi (Tchad)
DFLCD	Direction des forêts et de la lutte contre la désertification (Tchad)
FFBC	Fonds forestiers pour le bassin du Congo
INSEED	Institut national des statistiques, des études économiques et démographiques (Tchad)
MATUH	Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et de l'habitat (Tchad)
MEP	Ministère de l'énergie et du pétrole (Tchad)
MERH	Ministère de l'environnement et des ressources halieutiques (Tchad)
ONDR	Office national de développement rural (Tchad)
PDA	Plan directeur d'approvisionnement (Tchad)
PED	Projet énergie domestique soutenu par l'AEDE, 1999-2004 (Tchad)
SIDRAT	Système d'information géographique pour le développement rural et l'aménagement du territoire (Tchad)
VERT	Village exploitant rationnellement son terroir (Tchad)

FIGURES ET TABLEAUX

Figures

Figure 1: étapes de base de l'analyse WISDOM.	8
Figure 2: carte <i>GlobCover</i> utilisée comme base du module «Offre».	12
Figure 3: carte des zones écologiques et des zones protégées d'IUCN-WCMC.	12
Figure 4: carte du stock de biomasse ligneuse.	13
Figure 5: carte de l'accessibilité des villes de plus de 50 000 habitants.	13
Figure 6: carte de productivité de la biomasse ligneuse.	13
Figure 7: carte de productivité de la biomasse ligneuse physiquement et légalement accessible.	13
Figure 8: carte de la distribution de la population.	14
Figure 9: carte de la consommation de bois de feu et charbon de bois en 2005.	14
Figure 10: carte du bilan entre offre et demande par le secteur résidentiel.	14
Figure 11: carte d'accessibilité de la ville de N'Djaména.	15
Figure 12: carte préliminaire du bassin d'approvisionnement de N'Djaména selon les données de l'offre et de la demande à résolution basse et moyenne.	15
Figure 13: territoire couvert par l'analyse WISDOM détaillée (en couleur).	20
Figure 14: carte <i>GlobCover</i> (révisée à 10 classes) utilisée comme base du module «Offre».	20
Figure 15: carte de la végétation AEDE, 2002.	20
Figure 16: échantillons de l'inventaire général AEDE, 2002-2004.	20
Figure 17: carte MODIS <i>Percent Tree Cover</i> (pourcentage du couvert arboré).	21
Figure 18: carte des pentes* et réseau routier.	21
Figure 19: carte du stock de biomasse ligneuse.	24
Figure 20: carte de l'AAM de biomasse ligneuse.	24
Figure 21: carte d'accessibilité physique et légale.	26
Figure 22: carte de l'AAM de biomasse ligneuse physiquement et légalement accessible (variante moyenne).	26
Figure 23: les territoires intéressés par les inventaires détaillés des Villages «VERT».	27
Figure 24: relation entre les valeurs de stock de biomasse ligneuse selon la carte du stock WISDOM et selon les inventaires détaillés Villages «VERT».	28
Figure 25: carte des départements, avec données de population 2009, et chefs-lieux des départements... 30	30
Figure 26: carte des lieux habités ou villages.	30
Figure 27: consommation annuelle totale de biomasse ligneuse dans tous les secteurs, comprenant les usages énergétiques et bois de service.	31
Figure 28: bilan local sur l'ensemble de la zone d'étude et détail comparatif du bilan «simple» et du bilan «local» (dans un rayon de 6 km).	33
Figure 29: accessibilité de N'Djaména (gauche) et analyse progressive du territoire jusqu'à l'achèvement de l'équilibre du bilan offre/demande (droite, dans ce cas, le bilan local).	35
Figure 30: BBE relatifs au bilan «local» et aux bilans «commerciaux» avec seuils de 200 et 300 kg/ha/an.. 36	36
Figure 31: Les zones considérées dans l'analyse.	37
Figure 32: distribution de l'offre et de la demande.	46

Tableaux

Tableau 1: éléments constitutifs des deux zones d’approvisionnement montrées en figure 12.	16
Tableau 2: valeurs de densité, volumes et biomasse ligneuse par classe d’occupation de sols dans la zone d’étude.	23
Tableau 3: valeurs de productivité en biomasse ligneuse (variante moyenne) par classe d’occupation de classe d’occupation des sols dans la zone d’étude.	23
Tableau 4: comparaison des valeurs de stock et de productivité entre les estimations «WISDOM» et celles de l’AEDE.....	24
Tableau 5: valeurs moyennes de stock par hectare selon la carte du stock WISDOM et selon les inventaires détaillés Villages «VERT».	27
Tableau 6: utilisation des principaux combustibles domestiques avant et depuis la mesure d’interdiction de la coupe du bois vert et de la fabrication du charbon de bois.	29
Tableau 7: valeurs de consommation de biomasse ligneuse par personne dans le secteur domestique incluant les combustibles ligneux et le bois de service.	30
Tableau 8: consommation moyenne en tonnes de bois par an par les secteurs industriel, commercial et public en N’Djaména.	31
Tableau 9: consommation de biomasse ligneuse par département et par zone d’approvisionnement.	42
Tableau 10: productivité accessible de biomasse ligneuse par département et par zone d’approvisionnement.	43
Tableau 11: bilan «local» offre/demande par département et par zone d’approvisionnement (6 km autour des villages).	44
Tableau 12: bilan «commercial >300» par département et par zone d’approvisionnement.	45



Partie 1. Définition et méthodologie de l'étude

DÉFINITION ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

CONTEXTE GÉNÉRAL

Le Tchad est un pays de transition, présentant des zones désertiques au nord et des zones boisées au sud. La situation économique du pays demeure très fragile; les populations dépendent principalement des ressources naturelles pour leur subsistance. Or, les effets conjugués des facteurs climatiques (sécheresse) et des facteurs anthropiques entraînent une dégradation des ressources naturelles (forêts, terres, etc.). La situation s'avère particulièrement alarmante à N'Djaména, capitale économique et administrative du pays, où la demande urbaine en bois-énergie, le surpâturage et l'agriculture itinérante sur brûlis sont à l'origine de la déforestation et la dégradation des terres forestières dans les zones périurbaines.

Pour faire face à cette situation de façon rationnelle, la DFCLD et son partenaire technique et financier, la FAO, ont mis en œuvre le projet «Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action pour la FUPU de N'Djaména». Le projet vise quatre objectifs principaux:

- (i) la réalisation d'un diagnostic social, économique et environnemental sur la gestion des ressources forestières et arborées, urbaines et périurbaines, de N'Djaména;
- (ii) l'identification et l'adoption de choix stratégiques à long terme;
- (iii) l'élaboration et la validation d'un plan d'action à moyen terme, assorti de propositions d'initiatives prioritaires;
- (iv) le renforcement des capacités techniques des parties prenantes dans le domaine de la FUPU, afin de les préparer à la mise en œuvre de la stratégie et du plan d'action.

Afin de bien définir l'objet de ce projet, il est avant tout indispensable d'identifier le territoire concerné. D'un point de vue géographique, ce territoire comprend (i) la **zone urbaine**, (ii) la **zone périurbaine** et (iii) la **zone d'influence de N'Djaména pour l'approvisionnement en combustibles ligneux**. Les deux premières zones sont circonscrites et relativement faciles à délimiter. En revanche, la troisième zone s'avère très étendue, car la production régionale en biomasse ligneuse s'avère faible tandis que la consommation urbaine ne cesse d'augmenter.

Le présent document est une annexe technique à la stratégie et au plan d'action pour la FUPU de N'Djaména. Il porte sur la composante bois-énergie et présente une analyse de la demande et de l'offre en combustibles ligneux, finalisée selon la méthodologie WISDOM. Une étude séparée, intitulée «Étude sur la consommation des combustibles domestiques à N'Djaména et en milieu rural périurbain»⁴ et conduite en collaboration avec le Projet SISA/SAP de la FAO, décrit les aspects spécifiques relatifs à la demande.

Le secteur bois-énergie

Comme beaucoup d'autres pays du Sahel, le secteur de l'énergie domestique se caractérise au Tchad par une forte dépendance en combustibles ligneux (bois et charbon de bois). Nombre d'études, réalisées entre 1978 à 2004 sur la consommation individuelle en bois-énergie, ont permis de quantifier les consommations spécifiques à prédominance bois-énergie par personne et par jour. Selon une étude réalisée par le Programme régional de promotion des énergies domestiques et alternatives au Sahel (PREDAS)⁵ en 2004, la consommation en énergie domestique de la ville de N'Djaména se décompose comme suit: charbon de bois

⁴ AEDE. 2011. Étude sur la consommation des combustibles domestiques à N'Djaména et en milieu rural périurbain. Document de Projet TCP/ CHD/ 3203/ (D), rédigé par Doutoum, C.-H. République du Tchad.

⁵ Programme soutenu par l'Union européenne (UE).

(63 pour cent), bois de chauffe (36 pour cent) et gaz (1 pour cent). D'après l'Enquête de vulnérabilité structurelle au Tchad⁶, réalisée en 2009 par le projet SISA/SAP, 75 pour cent des ménages dans les zones urbaines continuent à utiliser le bois comme principale source d'énergie de cuisson, malgré l'existence de sources de substitution. Ces tendances, accompagnées de la coupe abusive et anarchique du bois vert destiné aux ménages, constituent une menace pour les ressources forestières⁷.

Depuis peu, ces données ont évolué. En effet, face à ces dommages écologiques et depuis janvier 2009, des mesures restrictives interdisant provisoirement la coupe du bois vert destiné à l'usage domestique ont été prises par le gouvernement. Il découle de cette décision que seule l'utilisation du bois mort est permise. Le charbon de bois, confectionné à partir de bois vert, combustible préféré de la plupart de ménages urbains, est strictement interdit dans le bassin d'approvisionnement de N'Djaména en bois-énergie.

Ces mesures ont eu pour conséquence un fort bouleversement dans l'utilisation de combustibles domestiques par les ménages aussi bien urbains que périurbains qui, pour la plupart, ont dû s'adapter d'une manière ou d'une autre pour faire face à cette «crise» du bois-énergie⁸.

Les objectifs de l'activité «WISDOM N'Djaména»

L'objectif principal de l'activité «WISDOM N'Djaména» est de contribuer à la formulation de la stratégie pour la FUPU de N'Djaména en clarifiant le contexte énergétique et en définissant le territoire sous influence de la ville pour l'approvisionnement présent et futur en combustibles ligneux. Plus spécifiquement, l'objectif de cette étude est:

- d'analyser la demande et l'offre potentielles en combustibles ligneux dans la région de N'Djaména afin d'identifier l'envergure géographique d'approvisionnement, c'est-à-dire de définir ce qu'on appelle le bassin bois-énergie (BBE).
- de fournir une base pour la planification stratégique de la filière bois-énergie de la ville pour un approvisionnement durable en énergies de subsistance aux populations urbaines et rurales, ainsi qu'aux artisans, commerçants et industriels, tout en réduisant la pression sur les ressources de la région.

L'approche analytique

L'analyse est fondée sur la méthodologie WISDOM. L'approche analytique comprend deux phases distinctes:

- **L'évaluation WISDOM Rapide (EWR).**
La demande de combustibles ligneux et l'offre potentielle durable ont été estimées puis cartographiées sur la base des données géostatistiques disponibles au lancement du projet. Le but de cette analyse préliminaire était de produire une première évaluation prudente de la zone d'approvisionnement durable de N'Djaména en combustibles ligneux. Elle a également servi à délimiter la zone pour la collecte de données détaillées, ainsi qu'à analyser les modes de consommation et le potentiel d'offre.
- **L'analyse WISDOM N'Djaména détaillée.**
Les nouvelles données géostatistiques sur l'offre et sur la demande récoltées par le projet⁹ ont été utilisées pour perfectionner l'évaluation et la cartographie du bilan offre/demande et le découpage définitif du BBE de N'Djaména.

⁶ Ministère de l'agriculture. 2009. Enquête de sécurité alimentaire et de vulnérabilité structurelle. Rapport général. 230 p. République du Tchad.

⁷ AEDE, 2011. *Op.cit.*

⁸ AEDE, 2011. *Op.cit.*

⁹ AEDE, 2011. *Op.cit.*

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA MÉTHODE WISDOM

L'approche méthodologique utilisée est fondée sur trois caractéristiques principales des systèmes bois-énergie:

- **La spécificité géographique.**
Les modes de production et de consommation de bois de feu, ainsi que les impacts sociaux, économiques et environnementaux qui leur sont associés, sont spécifiques aux conditions locales¹⁰.
- **L'hétérogénéité des sources d'approvisionnement.**
Les forêts ne sont pas les seules sources d'approvisionnement énergétique en biomasse ligneuse. D'autres paysages naturels, comme les zones arbustives, mais aussi d'autres utilisations des terres (terres agricoles, vergers et plantations, agroforesterie, rangées d'arbres, haies, arbres hors forêt, etc.) contribuent de manière substantielle à l'approvisionnement en bois de feu et, dans une moindre mesure, à la fourniture de matières premières pour la production de charbon de bois.
- **La capacité d'adaptation des utilisateurs.**
La demande et l'offre s'influencent mutuellement. Ainsi, la demande s'adapte aux caractéristiques de l'offre, ainsi qu'à la disponibilité des ressources. En conséquence, les estimations quantitatives de la demande et de son impact sur l'environnement sont très incertaines, et doivent être évitées¹¹.

Dans le but d'analyser les différents aspects des systèmes dendro-énergétiques, le Service des produits forestiers de la FAO (FOEI), en collaboration avec l'Institut d'écologie de l'Université nationale du Mexique, a conçu et mis en œuvre la méthode WISDOM, un outil de planification spatiale visant à indiquer et délimiter les zones prioritaires ou «points chauds» des combustibles ligneux¹².

La cartographie intégrée WISDOM est un outil méthodologique de planification stratégique qui repose sur les techniques de système d'information géographique (SIG) pour combiner ou intégrer des informations statistiques et spatiales sur la production (offre) et la consommation (demande) de combustibles (bois de feu, charbon de bois et autres biocombustibles). Elle utilise une approche spatiale pour déterminer les zones excédentaires ou déficitaires en combustibles ligneux, ainsi que pour identifier les zones prioritaires d'intervention et les bassins d'approvisionnement des sites ciblés.

AEDE, ECO-Consult-Agritchad;B. 2002. Résultats d'inventaire forestier général dans le bassin de N'Djaména. Projet énergie domestique (PED). Rédigé par Forster, H. et Babacar, M. République du Tchad.

INSEED. 2009. Résultats globaux. Deuxième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH2). 88 p. République du Tchad.

¹⁰ Mahapatra, A.-K. and Mitchell, C.-P. 1999. *Biofuel consumption, deforestation, and farm level tree growing in rural India*. *Biomass and Bioenergy*, 17(4): 291-303.

FAO/RWEDP. 1997. *Regional study on wood energy today and tomorrow in Asia. Regional Wood Energy Development Program in Asia. Field doc. 50*. GCP/RAS/154/NET. FAO/ Pays-Bas. Bangkok.

FAO. 2003. Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu-WISDOM. Rédigé par Drigo, R., O.-R. Maser et M.-A. Trossero. Rome.

¹¹ Leach, M. and Mearns, R. 1988. *Beyond the woodfuel crisis: people, land and trees in Africa*. EarthScan Publications. London.
Arnold, M. et al. 2003. *Fuelwood revisited. What has changed in the last decade? Occasional Paper 39*. Bogor Barat, Indonésie, Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR).

¹² FAO. 2002. *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping-WISDOM: a geographic representation of woodfuel priority areas*. *Unasylva* 211, vol. 53, pp 36-40 (publié en anglais, français et espagnol). Rédigé par Drigo, R., O.-R. Maser et M.-A. Trossero. Rome.

FAO, 2003. *Op.cit.*

Les caractéristiques fondamentales de l'approche WISDOM sont l'analyse spatiale de:

- la demande en la biomasse ligneuse (pour l'énergie et d'autres utilisations) dans tous les secteurs d'utilisation;
- l'offre potentielle en biomasse ligneuse de toutes les sources directes et indirectes (forêts, terres agricoles, résidus industriels);
- le bilan offre/demande dans un contexte local d'auto-approvisionnement en bois de feu et dans un plus large contexte commercial;
- la zone d'approvisionnement durable des sites de consommation sélectionnés (analyse des bassins bois-énergie ou *Woodshed*).

L'approche WISDOM a été mise en œuvre dans de nombreux pays à travers le monde.¹³ Elle comporte deux phases successives d'analyse et plusieurs étapes spécifiques¹⁴.

Phase 1. WISDOM Base

Le but de cette phase d'analyse est de produire la carte du bilan entre l'offre et la demande pour l'ensemble du territoire de la zone d'étude. Son application comporte cinq étapes principales:

- la définition de l'unité spatiale d'analyse (cellule des cartes raster) et du niveau administratif d'analyse;
- le développement du module sur la **demande**;
- le développement du module sur l'**offre**;
- le développement du module sur l'**intégration**;
- la sélection des zones prioritaires d'intervention.

Phase 2. Analyse du BBE

Cette deuxième phase de l'analyse utilise le résultat du WISDOM Base pour délimiter la zone d'approvisionnement durable des sites de consommation choisis (villes, villages, unités de bioénergie industrielle existantes ou éventuelles, etc.). Son emploi comporte deux étapes additionnelles:

- la cartographie du potentiel productif «commercial» (adapté aux marchés urbains et périurbains);
- la définition du bassin d'approvisionnement de la ville selon les axes d'accessibilité et les quantités excédentaires et «commerciales» de biomasse ligneuse.

Les produits de l'analyse comprennent des cartes thématiques sur les nombreux aspects qui composent la filière bois-énergie. Les couches thématiques portent sur la distribution de la population, la consommation de bois de feu, le stock et la productivité de la biomasse ligneuse, leur accessibilité physique et économique, les probables scénarios sur le bilan entre l'offre potentielle et la demande et les zones d'approvisionnement définies en conséquence.

¹³ FAO. 2008. WISDOM pour les villes. Analyse de la dendroénergie et de l'urbanisation grâce à la méthode WISDOM. Rédigé par Drigo, R. et Salbitano, F. sous la supervision de Trossero, M. et Gauthier, M. Département des forêts-Foresterie urbaine et Dendroénergie. Rome.

FAO. 2006. *WISDOM-East Africa. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) Methodology. Spatial woodfuel production and consumption analysis of selected African countries. Prepared by Drigo, R. for the FAO Forestry Department-Wood Energy.*

FAO. 2007. *Wood-energy supply/demand scenarios in the context of poverty mapping. A WISDOM case study in Southeast Asia for the years 2000 and 2015. Prepared by Drigo, R. for FAO Environment and Natural Resources Service (SDRN) and Forest Product Service (FOPP). Environment and Natural Resources Working Paper n°27.* Rome.

FAO. 2009. Plateforme WISDOM pour Bangui. Diagnostic et cartographie du territoire et de la société pour le bois-énergie. Rédigé par Drigo, R. Rome.

¹⁴ Cf.: figure 1, page 8.

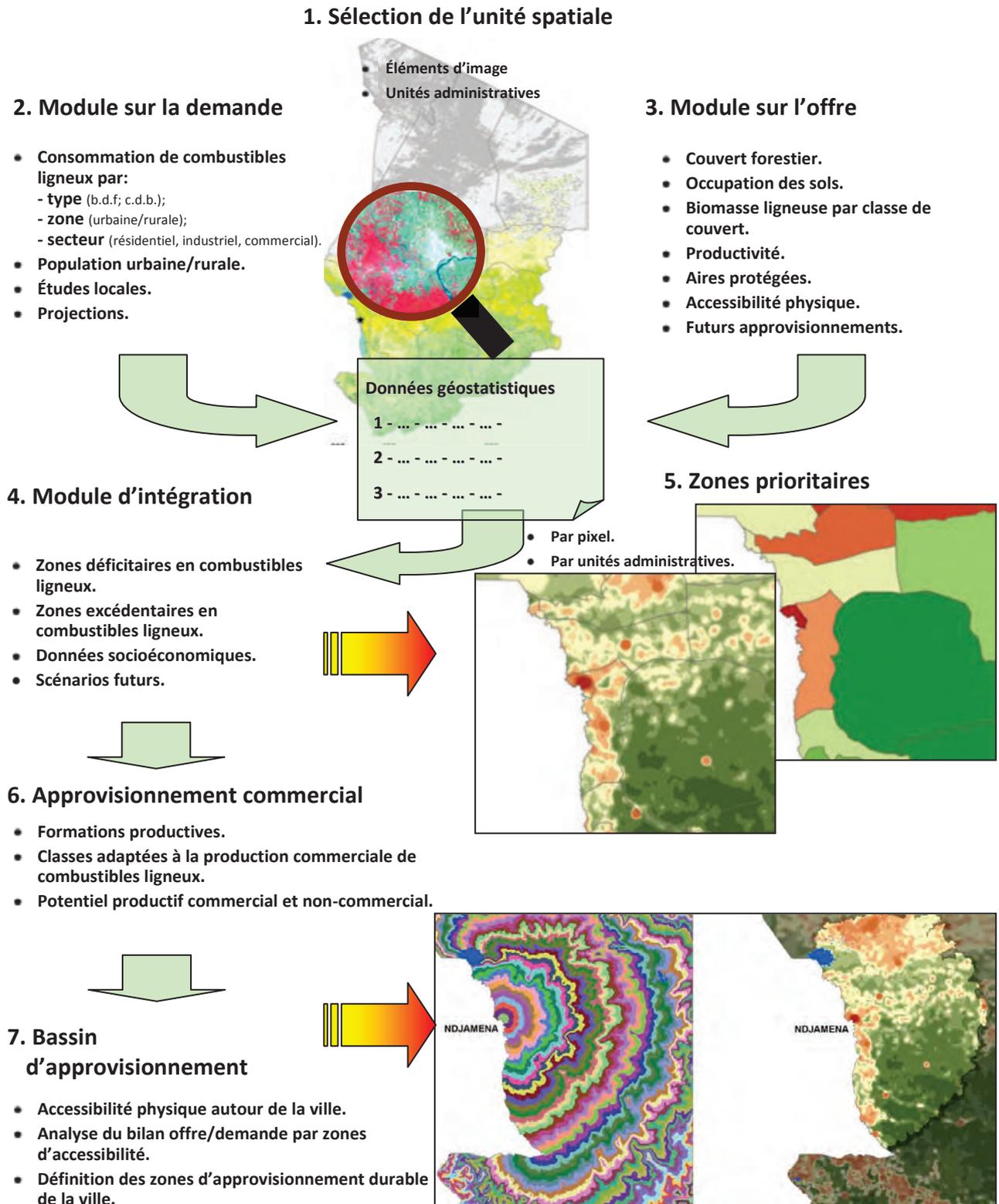
Afin de décrire la relation dans l'espace entre l'offre et la demande en bois-énergie, le bilan offre/demande a été effectué à trois niveaux:

- le bilan «simple» au niveau de la cellule (ou pixel), qui sert de base à toutes les autres analyses;
- le bilan «local» dans un contexte qui représente l'horizon d'auto approvisionnement des ménages ruraux et périurbains;
- le bilan «commercial», qui est fondé sur la fraction économiquement accessible du surplus local. Ce bilan sert à identifier les sources potentielles des systèmes de production de combustibles ligneux pour l'approvisionnement du marché de N'Djaména et d'autres villes.

Cet ensemble de données fournit une vision globale et géographiquement détaillée de la situation dans la zone d'approvisionnement de N'Djaména et révèle des éléments objectifs pour le zonage des interventions et la planification stratégique.

Dans le cas d'étude de N'Djaména, la méthodologie WISDOM a été appliquée deux fois: une première fois pour une analyse rapide sur la base des données immédiatement disponibles pour définir la zone d'étude (EWR) et une deuxième fois de façon plus approfondie, sur la base des nouvelles données récoltées dans la zone d'étude (Analyse WISDOM N'Djaména détaillée).

Figure 1: étapes de base de l'analyse WISDOM.





Partie 2. Évaluation WISDOM rapide

ÉVALUATION WISDOM RAPIDE

CARTOGRAPHIE¹⁵

L'EWDR a servi à produire une délimitation préliminaire de la zone d'approvisionnement de N'Djaména en bois-énergie où concentrer la collecte de données détaillées sur les modes de consommation et le potentiel de l'offre. Dans cette première phase, l'analyse a couvert l'ensemble du pays, pour éclaircir le contexte général et donner une première définition du bassin d'approvisionnement de N'Djaména. Les données cartographiques et statistiques déjà élaborées pour le Tchad dans des études précédentes ont permis de produire un premier ensemble de cartes thématiques sur l'offre et la demande en bois-énergie et sur le bilan offre/demande. Ensuite, à l'aide d'une carte d'accessibilité physique, il a été possible de délimiter de façon préliminaire la zone d'approvisionnement de la ville.

Module «Offre»

- carte *GlobCover* (Carte globale d'occupation des sols/utilisation des terres)¹⁶, utilisée comme base du module «Offre». Voir *Figure 2*, page 12;
- carte globale des zones écologiques¹⁷ et carte des zones protégées du Centre mondial de surveillance de la nature (WCMC) et de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN)¹⁸. Voir *Figure 3*, page 12;
- carte du stock de la biomasse ligneuse¹⁹. Voir *figure 4*, page 13;
- carte de l'accessibilité des villes de plus de 50 000 habitants²⁰. Voir *figure 5*, page 13;
- carte de la productivité de la biomasse²¹. Voir *figure 6*, page 13;
- carte de la productivité de la biomasse ligneuse physiquement et légalement accessible²². Voir *figure 7*, page 13.

Module «Demande»

- carte de la distribution de la population²³. Voir *figure 8*, page 14;
- carte de la consommation de bois de feu et charbon de bois en 2005²⁴. Voir *figure 9*, page 14.

¹⁵ Voir *annexe 2, tableau A2.1*, pour les noms et descriptions des cartes thématiques produites (page 61).

¹⁶ Arino, O., et al. 2007. *GlobCover: ESA service for global land cover from MERIS*. ESA-ESRIN, Frascati. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2007. IGARSS 2007. IEEE International. 23-28 July 2007

Bicheron, P. et al. *GlobCover - Products Description and Validation Report*.

¹⁷ *Global Ecological Zone Maps*, FAO. 2000.

¹⁸ *World Database on Protected Areas*-Base de données mondiale sur les aires protégées (WDPA). Édition 2009.

¹⁹ Drigo, R. 2009. Étude WISDOM globale. Phase 1-Module «Offre». Rapport préliminaire pour la FAO. Rome.

²⁰ Nelson, A. 2008. *Estimated travel time to the nearest city of 50,000, or more people in year 2000*. *Global Environment Monitoring Unit-Joint Research Centre of the European Commission*. Ispra, Italy.

²¹ Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

²² Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

²³ Mise à jour FAO. 2005. *Mapping global urban and rural population distribution*. Prepared by Salvatore, M., Pozzi, F., Ataman, E., Huddleston, B. and Bloise, M. for FAO Poverty Mapping Project. *Environment and Natural Resources Working Paper, n°24*. Rome.

²⁴ Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

Module «Intégration»

- carte du bilan entre offre et demande par le secteur résidentiel²⁵. Voir *figure 10*, page 14.

Analyse BBE

- carte d'accessibilité de la ville de N'Djaména²⁶. Voir *figure 11*, page 15;
- carte préliminaire du bassin d'approvisionnement de N'Djaména selon les données de l'offre et de la demande à résolution moyenne et basse²⁷. Voir *figure 12*, page 15.

Module «Offre»

Figure 2: carte *GlobCover* utilisée comme base du module «Offre»²⁸.

Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).

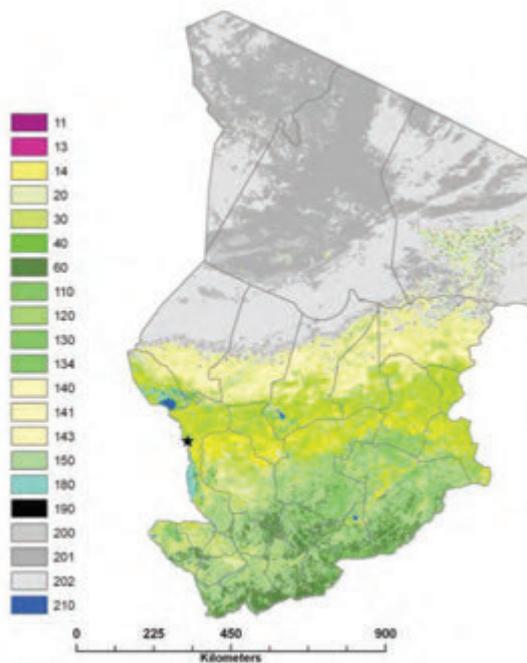
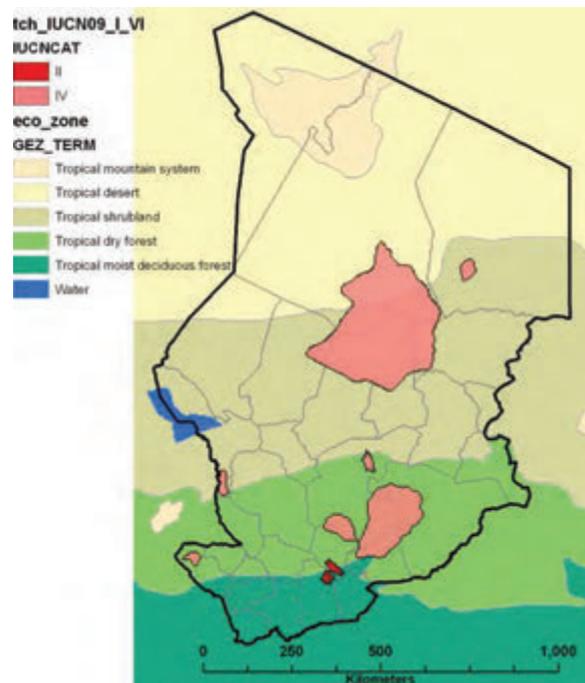


Figure 3: carte des zones écologiques et des zones protégées de WCMC-IUCN.



²⁵ Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

²⁶ Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

²⁷ Étude WISDOM globale. *Op.cit.*

²⁸ Voir légende en *annexe 1*, page 59. Version 2.2, date de référence 2006.

Figure 4: carte du stock de biomasse ligneuse.
Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).

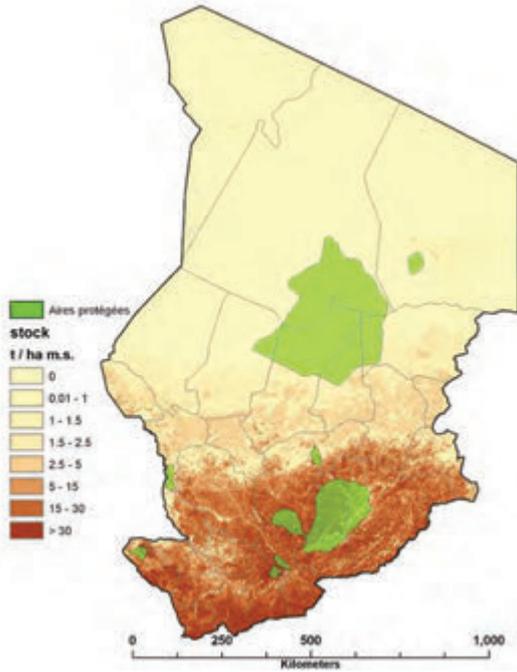


Figure 5: carte de l'accessibilité des villes de plus de 50 000 habitants.

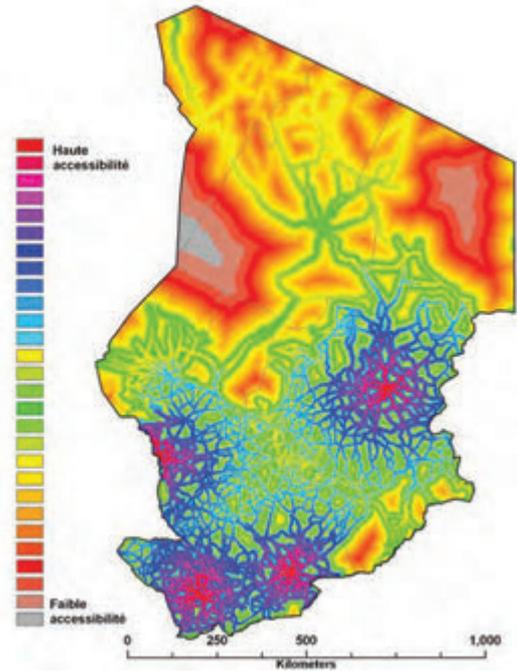


Figure 6: carte de productivité de la biomasse ligneuse.
Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).

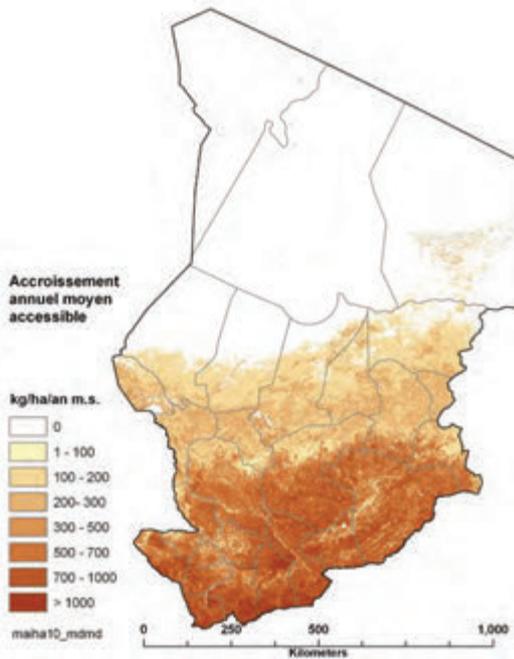
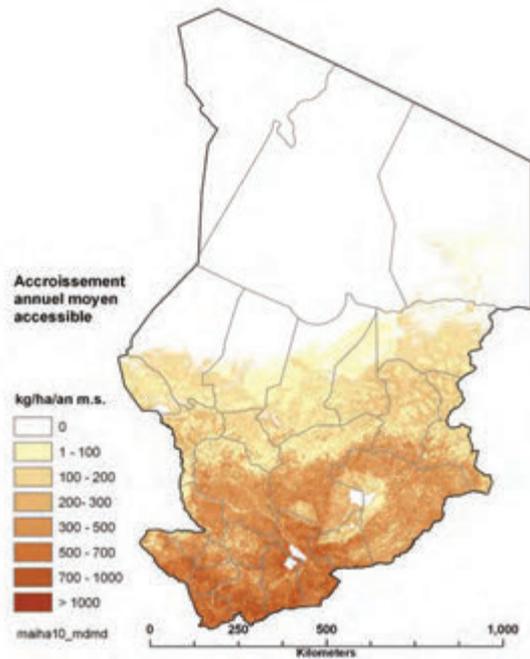


Figure 7: carte de productivité de la biomasse ligneuse physiquement et légalement accessible.
Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).



Module «Demande»²⁹

Figure 8: carte de la distribution de la population.
Résolution: 30 secondes d'arc (pixel de ~ 8,3 ha).

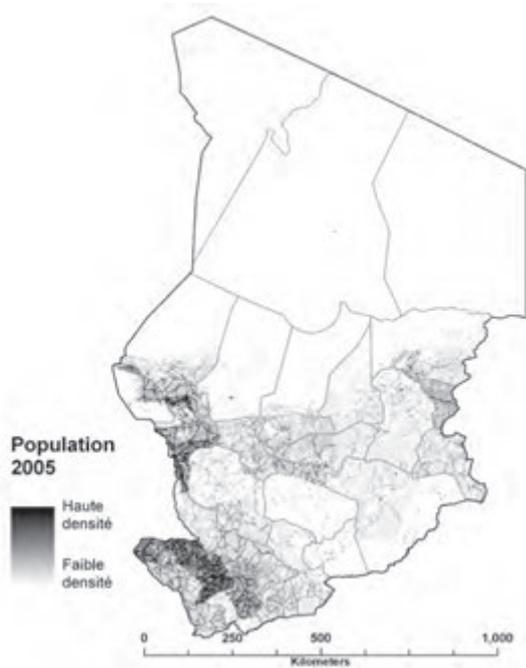
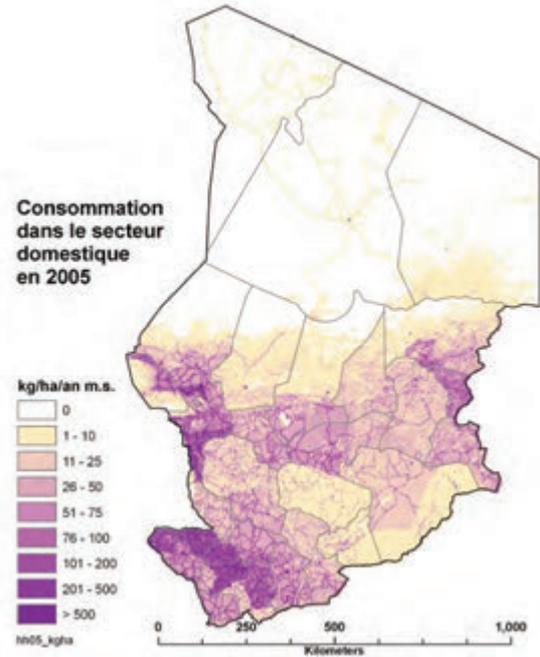
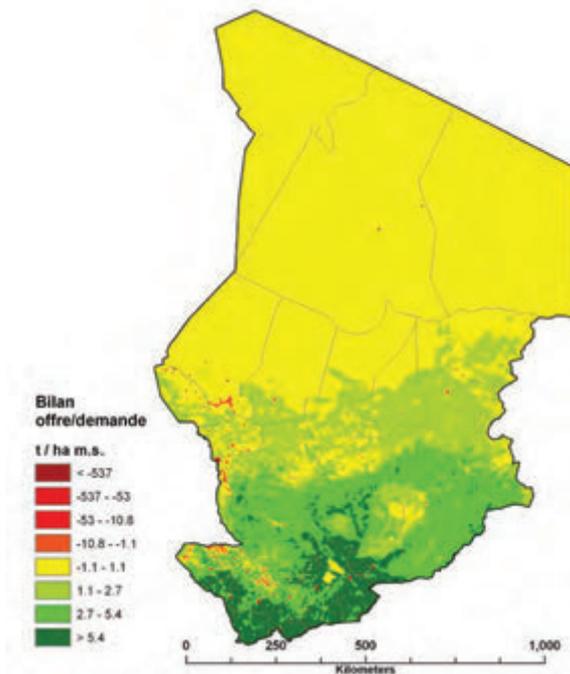


Figure 9: carte de la consommation de bois de feu et charbon de bois en 2005.
En t/pixel en équivalent bois anhydre.
Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).



Module «Intégration»

Figure 10: carte du bilan entre offre et demande par le secteur résidentiel.
Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).



²⁹ Note relative aux figures 8 et 9: les formes visibles dans ces cartes correspondent aux unités administratives de recensement de la population. Le fait qu'elles soient visibles indique que l'algorithme de spatialisation n'a pas été très efficace pour le Tchad.

Analyse du BBE

Figure 11: carte d'accessibilité de la ville de N'Djaména.

Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).

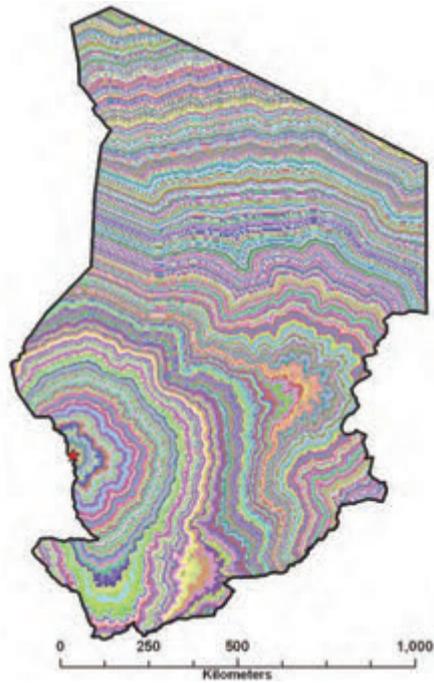
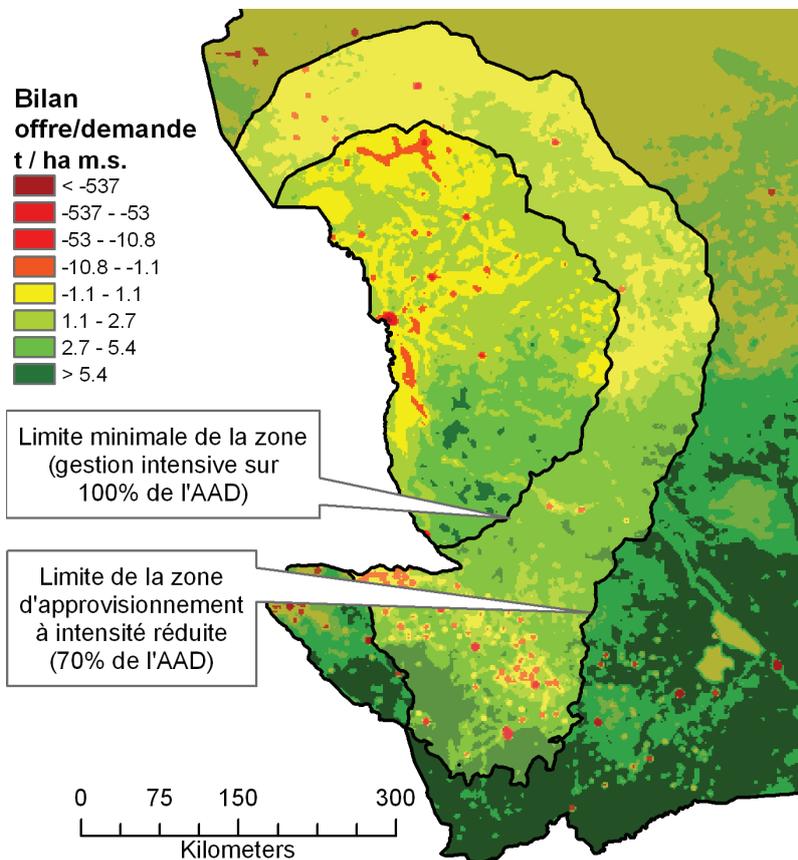


Figure 12: carte préliminaire du bassin d'approvisionnement de N'Djaména selon les données de l'offre et de la demande à résolution basse et moyenne.



DÉLIMITATION PRÉLIMINAIRE DU BASSIN D'APPROVISIONNEMENT DE N'DJAMENA

L'analyse préliminaire a permis de proposer une définition du bassin d'approvisionnement de la ville de N'Djaména (voir *figure 12*, page 15). Les résultats de l'EWR indiquent une première zone minimale d'approvisionnement, dans un rayon d'environ 180 km autour la ville, et une seconde zone, plus réaliste, qui s'étend à 300 km ou plus. Deux zones ont ainsi été délimitées:

- La zone relative à la totalité de l'accroissement annuel disponible (AAD). Cette zone peut être suffisante, si la gestion des ressources est très intensive et utilise 100 pour cent de l'AAD.
- La zone relative à 70 pour cent de l'AAD, qui peut être suffisante à condition de privilégier un aménagement moins intensif et donc plus réaliste.

Tableau 1: éléments constitutifs des deux zones d'approvisionnement montrées en figure 12.

	Distance de N'Djaména	Surface totale (km ²)	Population urbaine	Population rurale	
				concentrée	dispersée
1. Zone relative à 100% de l'AAD	~ 180 km	71 000	788 800	230 500	1 209 800
2. Zone relative à 70% de l'AAD	~ 300-400 km	171 000	1 073 200	518 900	3 442 500

Soulignons que la surface de la zone 1 (71 km²) coïncide quasiment avec la surface de la zone originellement définie par l'AEDE comme bassin d'approvisionnement (72,9 km²)³⁰.

Dans la mesure où l'objectif de l'EWR était de déterminer le territoire pour la récolte de données additionnelles, la zone 2 a été choisie comme référence pour les phases suivantes de l'analyse afin d'assurer une certaine marge de sécurité.

³⁰ AEDE, ECO-Consult/Agritchad;A. 2002. Plan directeur d'approvisionnement en énergie domestique de Ndjamen. 60 p. République du Tchad.



Partie 3. Analyse WISDOM détaillée

ANALYSE WISDOM DÉTAILLÉE

Base cartographique d'analyse

Selon le résultat de l'EWR, le territoire considéré pour l'analyse détaillée a été découpé autour de la zone 2, définie dans le chapitre précédent. D'un point de vue pratique, les limites de ce territoire ont été déterminées par les tuiles de la carte du modèle digital du terrain utilisées pour l'étude de l'accessibilité; sa silhouette est visible en *figure 13*, page 20.

Détail spatial d'analyse

En absence d'une carte d'occupation des sols récente et plus détaillée, l'analyse a été conduite sur la base de la carte *GlobCover*³¹, qui définit par conséquent la résolution spatiale de toutes les cartes thématiques produites en format maillages (raster). Cette résolution est de 10 secondes d'arc, ce qui correspond, à la latitude de N'Djaména, à des cellules de 306 m x 306 m ou de 9,3 hectares.

Découpage administratif

Le niveau administratif d'analyse est celui des départements, fondé sur la carte fournie par l'INSEED présentant les statistiques démographiques du recensement 2009³². Cette carte présentait des éléments cartographiques peu cohérents (des espaces vides entre les polygones), qui ont été réparés afin de permettre les élaborations thématiques relatives à la population et à la consommation.

Module «Offre»

DONNÉES DISPONIBLES

Certaines données, disponibles pour toute ou partie(s) de la zone d'étude, ont été utilisées pour l'analyse WISDOM détaillée. Elles sont présentées ci-dessous.

Données cartographiques

- carte *GlobCover*³³. Voir *figure 14*, page 20;
- carte vectorielle de la végétation produite par l'AEDE avec des images *Landsat* de 2001³⁴. Voir *figure 15*, en page 20.
- carte internationale de la densité des arbres³⁵. Voir *figure 17*, page 21;
- carte des pentes et réseau routier. Voir *figure 18*, page 21;
- carte internationale des aires protégées³⁶. Voir *figure 3*, page 12.

Données géo-référencées d'inventaire (voir *figure 16*, page 20):

- Inventaire général de l'AEDE, 2002³⁷;
- Inventaires détaillés des Villages «VERT»³⁸ (données utilisées dans le processus de validation).

³¹ Arino et al. *Op.cit.*; Bicheron et al. *Op.cit.* Version 2.2, date de référence 2006. Cf.: bref description en *annexe 1*, page 59.

³² INSEED. 2009. *Op.cit.*

³³ Arino et al. *Op.cit.*; Bicheron et al. *Op.cit.*

³⁴ Cette carte couvre la zone d'approvisionnement de N'Djaména estimée dans le PED (1999-2004). Cf.: *annexe 5*, les résultats de la carte par rapport aux résultats d'inventaire (page 73).

³⁵ *MODIS Tree Cover map* - à 500m de résolution. Hansen et al. 2003. *500m MODIS Vegetation Continuous Fields*. College Park, Maryland: *The Global Land Cover Facility*. Cf.: bref description en *annexe 1*, page 59.

³⁶ WDP. 2009. *Op.cit.*

³⁷ AEDE; B. 2002. *Op.cit.*

³⁸ Village exploitant rationnellement son terroir.

Figure 13: territoire couvert par l'analyse WISDOM détaillée (en couleur).

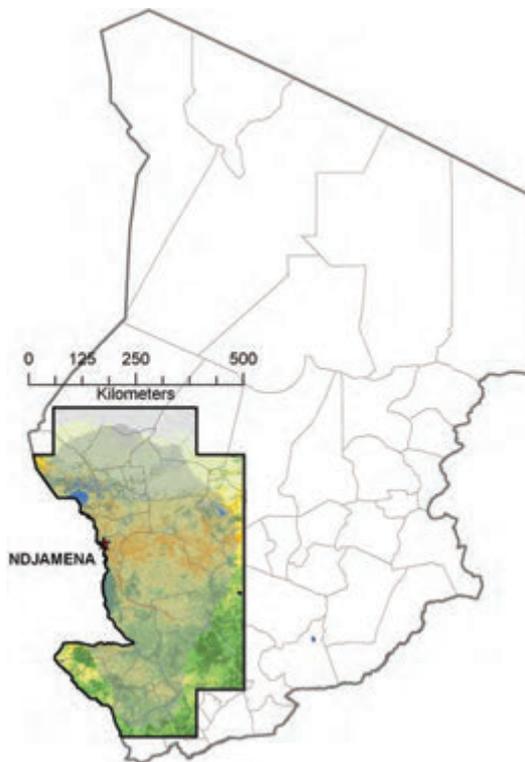


Figure 14: carte *GlobCover* (révisée à 10 classes) utilisée comme base du module «Offre».

Résolution: 10 secondes d'arc (pixel de ~9,3 ha).

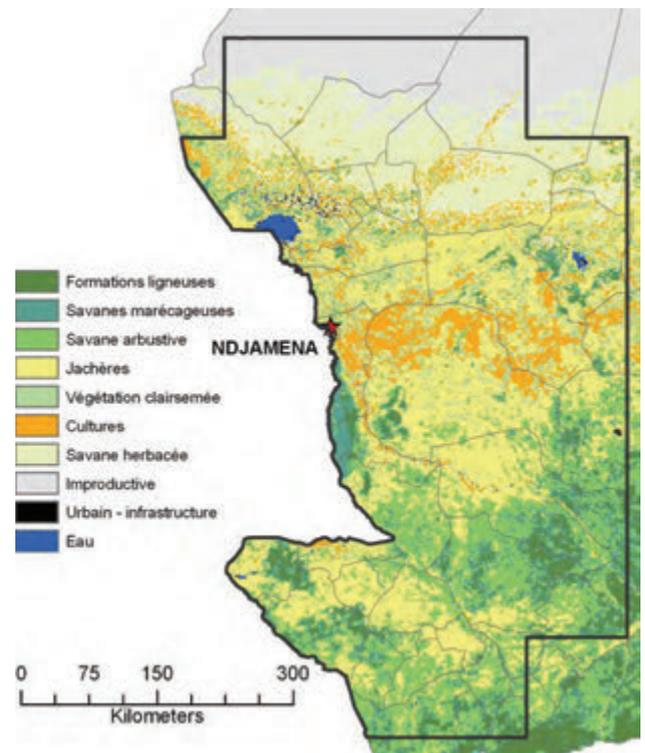


Figure 15: carte de la végétation AEDE, 2002.

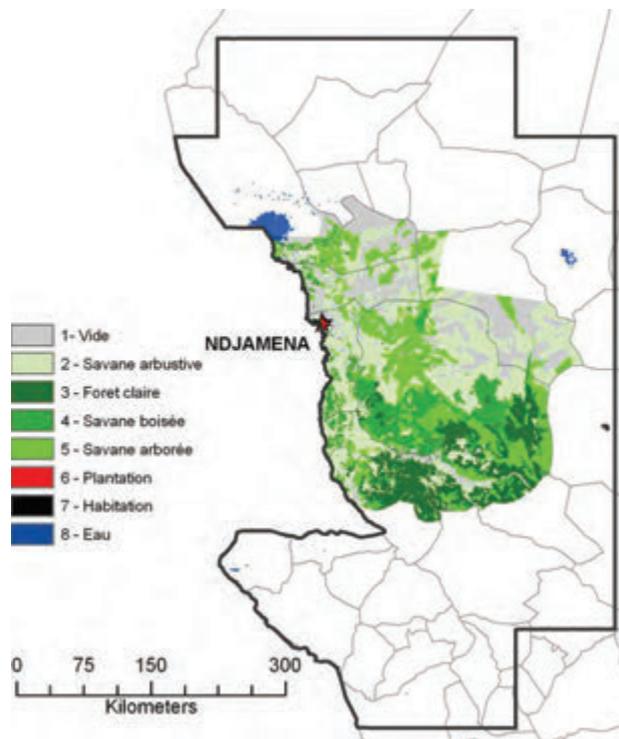


Figure 16: échantillons de l'inventaire général AEDE, 2002-2004.

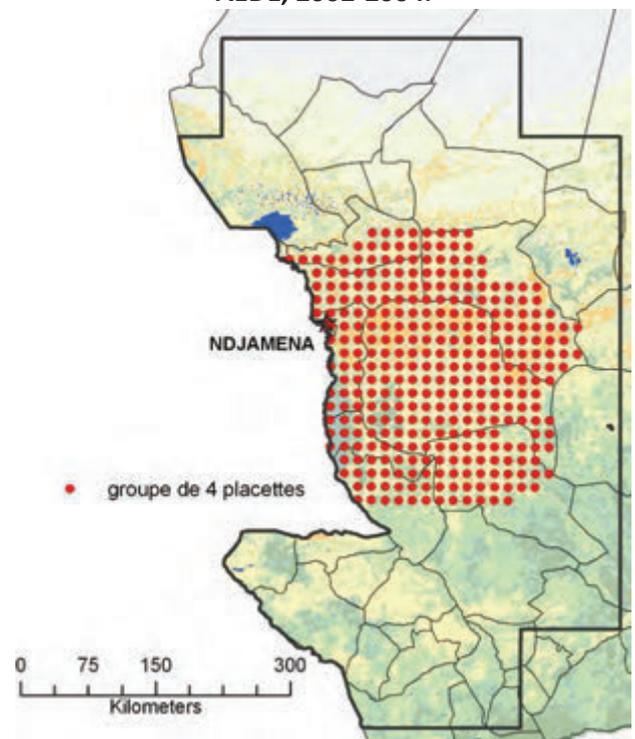


Figure 17: carte MODIS *Percent Tree Cover* (pourcentage du couvert arboré).

Après ré-échantillonnage à 10 secondes d'arc.

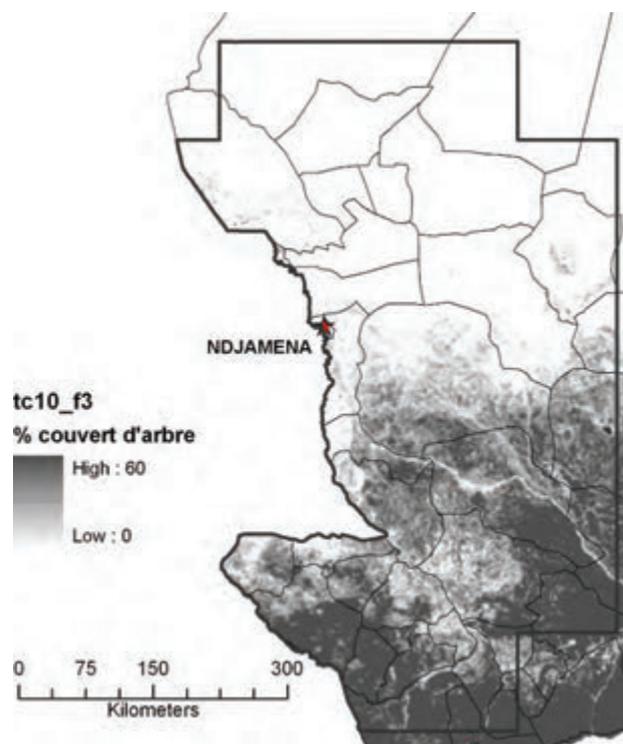
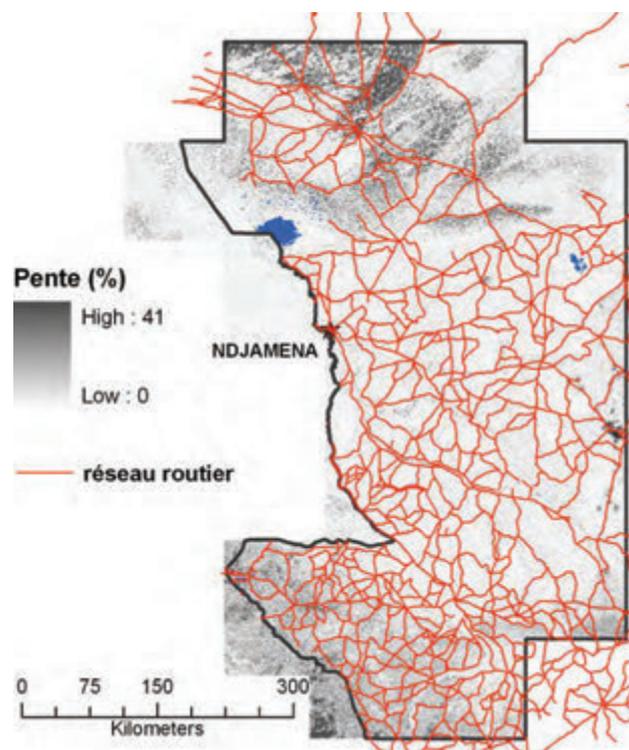


Figure 18: carte des pentes* et réseau routier.

* Dérivée du modèle numérique du territoire à 6 secondes d'arc.



PROCÉDURE D'ANALYSE

En considérant les données disponibles, la procédure d'analyse a suivie les étapes suivantes:

- élaboration de la carte-base d'occupation des sols;
- estimation, sur la base de données d'inventaire, des paramètres moyens de stock et de productivité de biomasse ligneuse, à associer aux classes d'occupation des sols de la carte-base;
- cartographie du stock et de la productivité sur la base (i) des classes d'occupation des sols, (ii) des valeurs dérivées des inventaires et (iii) des valeurs de pourcentage du couvert arboré de la carte MODIS TC.

Carte-base d'occupation des sols.

Suite à l'analyse des convergences et divergences entre les différentes sources cartographiques et d'après les résultats d'ensemble de l'inventaire de l'AEDE 2002, la carte d'occupation des sols *GlobCover* a été choisie comme base d'analyse. Pour mieux exploiter les échantillons de l'inventaire de l'AEDE et faciliter la procédure d'estimation des ressources ligneuses, la classification *GlobCover* originelle a été réduite à 10 classes, comme expliqué en *annexe 1* (page 59). La carte «réduite» à 10 classes est montrée en *figure 15*, page 20.

Paramètres de stock.

Les valeurs moyennes de stock de biomasse ligneuse pour les classes d'occupation des sols sont estimées sur la base des échantillons de l'inventaire général conduit par l'AEDE en 2003-2004. L'échantillonnage comprenait 320 groupes de 4 placettes systématiquement distribuées sur la zone d'étude AEDE (voir *figures 15* et *16*, page 20). Dans une première phase, les valeurs moyennes relatives aux groupes ont été calculées sur la base des placettes individuelles. Les valeurs des groupes ont ensuite permis de calculer les valeurs moyennes par classe d'occupation des sols, comme montre dans le *tableau 2*, page 23.

Paramètres de productivité.

Pour la plupart des pays africains, la productivité durable des formations naturelles est un paramètre moins connu que le stock, en raison de l'absence de placettes-échantillons permanentes, qui sont les seules sources de données fiables pour l'estimation de l'accroissement annuel moyen (AAM).

Or, l'inventaire de l'AEDE 2002-2003 n'a pas évalué la productivité, ou l'AAM, des formations arborées et arbustives. Les valeurs de productivité utilisées dans le rapport d'inventaire de l'AEDE font référence aux inventaires forestiers réalisés dans les régions comparables par d'autres institutions³⁹.

En absence de données locales, l'estimation de l'AAM des formations ligneuses naturelles a été fondée sur les équations qui permettent de déterminer l'AAM à partir du stock (en pourcentage du stock), développées pour le module «Offre» de l'analyse WISDOM globale effectuée par la FAO⁴⁰. Ces équations, fondées sur des observations de terrain dans le monde entier incluant des données sur l'âge des peuplements forestiers, ainsi que sur la biomasse (ou volume), ont permis de produire des estimations provisoires des valeurs d'AAM minimale, moyenne et maximale. Ces valeurs de l'AAM, associées aux classes d'occupation des sols selon les différentes variantes, sont présentées dans *tableau 3*, page 23.

Cartographie du stock et productivité.

Les valeurs moyennes de stock fournissent une idée du montant total de la ressource, mais ne représentent pas la grande variabilité de densité de la végétation qui caractérise ces formations (spécialement dans les grandes catégories de la carte-base). Pour représenter cette variabilité, et donc pour moduler les valeurs de stock et de productivité à l'intérieur des classes, les valeurs de pourcentage de couverture de la carte MODIS *Tree Cover*⁴¹ ont été utilisées comme valeur de spatialisation (*proxy values*). De la sorte, la valeur totale de biomasse pour chaque classe reste la même («valeur moyenne» x «surface de la classe»), mais les valeurs locales de la biomasse varient selon les valeurs locales de couverture des arbres estimées par la carte MODIS *Tree Cover*.

Les valeurs de stock utilisées sont reportées dans le *tableau 2*, page 23, et la *figure 19*, page 24, montre le résultat de la procédure sur l'ensemble du territoire d'étude. Les valeurs de l'AMM pour la variante moyenne sont reportées dans le *tableau 3*, page 23, et la *figure 20*, page 24, montre le résultat de la procédure.

Les étapes de l'analyse SIG et les produits intermédiaires sont listés et décrits en *annexe 2, tableau A2.2, module «Offre»*, page 63.

La comparaison entre les valeurs de stock et la productivité produites par l'AEDE et celles produites par notre analyse est présentée dans le *tableau 4*, page 24. La différence du stock total (50,8 millions de m³ contre 55,4 millions de m³) est probablement due à l'influence de la carte d'occupation des sols utilisés. Notable, et en quelque sorte encourageante, est la forte correspondance dans l'estimation de la productivité (pour la variante moyenne), qui est de 3,3 millions de m³ pour les deux études, en dépit de l'indépendance totale des procédures d'estimation.

³⁹ CTFT, Cirad-Forêt, etc.

⁴⁰ Drigo, 2009. *Op.cit.*

⁴¹ Hansen et al. *Op.cit.*

Tableau 2: valeurs de densité, volumes et biomasse ligneuse par classe d'occupation de sols dans la zone d'étude.

Carte GlobCover révisée à 10 classes (voir figure 13, page 20).

simp code	Classes d'occupation des sols	km ²	MODIS TC%	# groupes de 4 placettes	Volume total en m ³ /ha	Stock '000 m ³	Volume total en tons/ha m.s.	Stock kt m.s.
1	Formations ligneuses	32.309	14,3	16	15,7	50.710	9,0	29.057
2	Savanes marécageuses	3.532	2,3	8	2,0	712	1,2	408
3	Savane arbustive	56.970	14,2	51	17,3	98.309	9,9	56.331
4	Jachères	77.675	5,7	171	7,5	58.166	4,3	33.329
5	Végétation clairsemée	4.224	1,0	5	1,5	624	0,8	358
6	Cultures	19.434	2,1	64	4,0	7.861	2,3	4.504
7	Savane herbacée	40.958	1,0	2	0,0	0	0,0	0
8	Improductive	24.090	1,1	1	0,0	0	0,0	0
9	Urbain - infrastructure	56	1,0	0	0,0	0	0,0	0
10	Eau	2.802	1,8	2	0,0	0	0,0	0
		262.050		320		216.381		123.986

Tableau 3: valeurs de productivité en biomasse ligneuse (variante moyenne) par classe d'occupation de classe d'occupation des sols dans la zone d'étude.

(Voir figure 13, page 20).

Code	Classes d'occupation des sols	km ²	Stock m.s. '000 t	AAM		AAM physiquement et légalement accessible	
				AAM % du stock	AAM total	AAM Accessible	% accessible
			'000 t	%	'000 t	'000 t	%
1	Formations ligneuses	32.309	29.057	4,48	1.301	917	70,5
2	Savanes marécageuses	3.532	408	12,94	53	43	80,6
3	Savane arbustive	56.970	56.331	4,62	2.601	2.059	79,2
4	Jachères	77.675	33.329	6,44	2.147	1.806	84,1
5	Végétation clairsemée	4.224	358	16,27	58	48	82,4
6	Cultures	19.434	4.504	9,24	416	362	86,9
7	Savane herbacée	40.958	0		0	0	
8	Improductive	24.090	0		0	0	
9	Urbain - infrastructure	56	0		0	0	
10	Eau	2.802	0		0	0	
		262.050	123.986		6.576	5.235	79,6

Note: l'AAM a été calculé en appliquant les fonctions aux valeurs des pixels de la carte du stock (t/ha).

Voir les formules appliquées en annexe 2, tableau A 2.2 (Module Offre), page 63.

Tableau 4: comparaison des valeurs de stock et de productivité entre les estimations WISDOM et celles de l'AEDE.

(Limitée à la zone cartographiée par l'AEDE présentée dans la figure 14, page 20).

Zone AEDE		(AREA km ² : 74,289)	
Stock			'000 m ³
Stock «WISDOM»			50.753
Stock «AEDE»			55.478
Productivité «WISDOM»		'000 t MS/ an	'000 m ³ / an
MAI MIN	Productivité - Minimale	1.043	1.820
MAI MED	Productivité - Moyenne	1.926	3.359
MAI MAX	Productivité - Maximale	3.440	6.000
Productivité «AEDE»			
INV AEDE	production par strate		3.342
INV AEDE	production du bois sur la base de la rotation - diamètre minimal = 5 cm		4.071
INV AEDE	production du bois sur la base de la rotation - diamètre minimal = 10 cm		3.479

Source: Rap IFG Res 05.doc (depuis données Forster).

Figure 19: carte du stock de biomasse ligneuse.

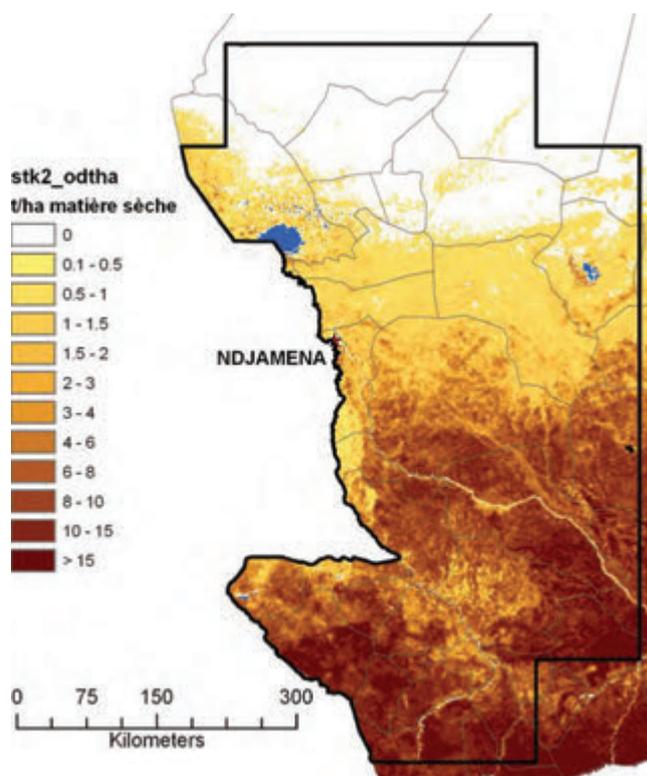
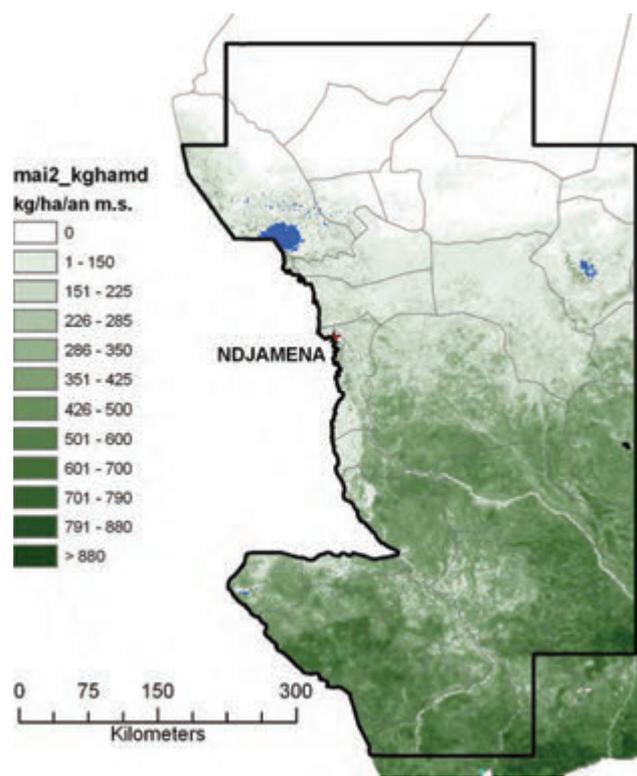


Figure 20: carte de l'AAM de biomasse ligneuse.



ACCESSIBILITÉ LÉGALE ET PHYSIQUE

- **L'accessibilité légale.**

Selon l'édition 2009 de la base de données WCMC-UICN des aires protégées, il existe seulement une aire protégée internationale proche de N'Djaména: la réserve nationale de la faune de Mandelia (catégorie IUCN IV, accessibilité estimée à 50 pour cent). Les autres aires protégées se trouvent aux extrêmes sud et sud-est de la zone d'étude et comprennent le parc national de Manda (catégorie IUCN II, accessibilité estimée à 0 pour cent), et les réserves nationales de la faune de Siniaka-Minia et de Binder-Léré (catégorie IUCN IV, accessibilité estimée à 50 pour cent).

- **L'accessibilité physique.**

L'analyse de l'accessibilité physique des ressources de la biomasse ligneuse a été fondée sur la carte des routes et autres voies de communication et sur la carte des pentes dérivée du modèle digital du terrain à 6 arc-secondes de résolution (env. 200 m). L'accessibilité de chaque cellule de la carte raster a été calculée en appliquant une analyse «*cost-distance*». Cette analyse a été fondée sur les couches de données suivantes:

- la carte du réseau routier fournie par l'OCHA Tchad;
- le modèle numérique de terrain (200 m de résolution) transformé en une carte des pentes;
- la carte des lieux habités.

Le résultat brut de l'analyse «*cost-distance*» a ensuite été segmenté en classes d'accessibilité (en pourcentage accessible) exprimant la fraction de la ressource supposée accessible dans chaque pixel. L'attribution de valeurs de pourcentage accessible a été définie sur la base de considérations pratiques. La carte de synthèse de l'accessibilité légale et physique est représentée par la *figure 21*, page 26.

PRODUCTIVITÉ ACCESSIBLE

Appliquée à la carte de productivité annuelle de biomasse ligneuse, la carte d'accessibilité a permis d'estimer et de localiser la productivité qui peut être considérée comme accessible tant du point de vue légal que physique, montrée dans la *figure 22*, page 26. L'AAM estimé accessible, face à l'AAM total, sont reportés dans le *tableau 3*, page 23.

Figure 21: carte d'accessibilité physique et légale.

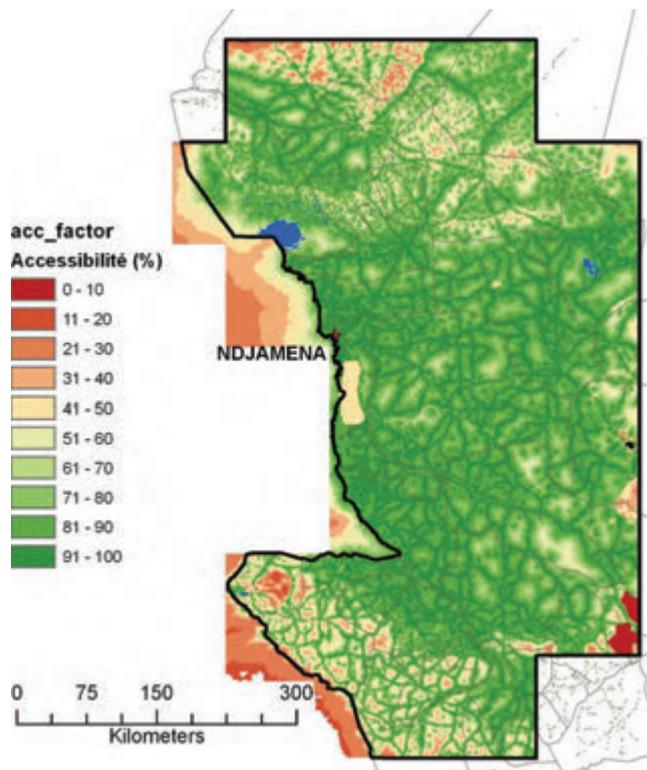
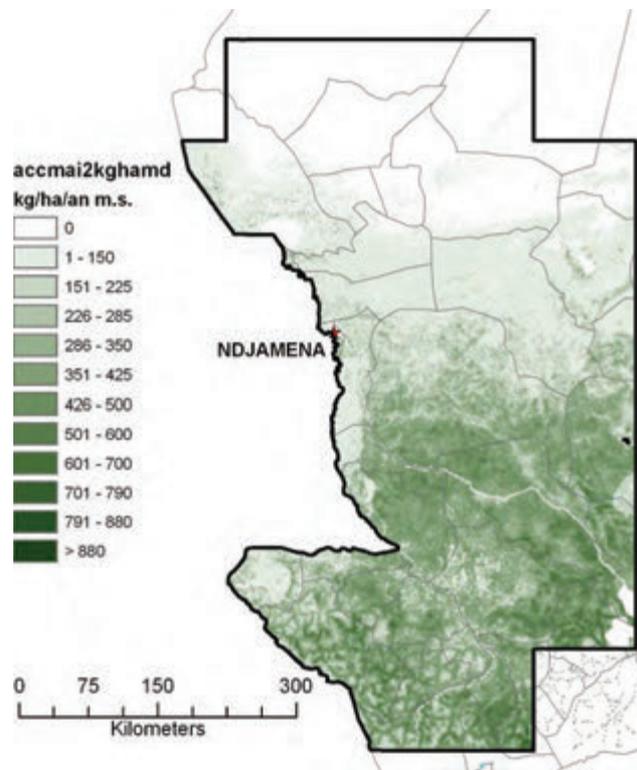


Figure 22: carte de l'AAM de biomasse ligneuse physiquement et légalement accessible (variante moyenne).



VALIDATION DE L'OFFRE

Les fiches de terrain d'inventaires des Villages «VERT» (2004), disponibles auprès de l'AEDE, ont été saisies et traitées pour servir de référence à toutes utilisations futures et, dans l'immédiat, pour la validation au moins partielle des résultats du module «Offre».

Par rapport au processus de validation, les inventaires détaillés des Villages «VERT» présentent les contraintes suivantes:

- Les territoires intéressés par les inventaires, visibles dans la figure 23, page 27, sont concentrés dans une zone relativement proche de N'Djaména et couvrent des surfaces plutôt limitées.
- Les paramètres mesurés dans ces inventaires permettent d'estimer les volumes sur pied (et donc le stock), mais ne donnent aucun élément pour estimer l'accroissement.

Ces contraintes ne permettent pas une validation exhaustive des produits de l'analyse WISDOM. Cependant, une comparaison entre le stock mesuré sur le terrain en 2004 et la carte de stock de biomasse ligneuse a permis de produire des indications utiles sur la fiabilité de la carte.

La comparaison des valeurs de stock de biomasse ligneuse sur pied selon les inventaires des Villages «VERT» et selon la carte WISDOM (limitée aux surfaces inventoriées) est reportée dans le *tableau 5*, page 27, et, sous forme graphique dans la *figure 24*, page 28.

Ces résultats montrent que, sur l'ensemble du territoire inventorié, la carte WISDOM est assez précise: avec une valeur de stock moyenne de 5,6 tonnes par hectare (m.s.), à comparer au résultat de 5,5 tonnes par hectare fourni par les inventaires, l'écart s'élève à seulement 2,3 pour cent. En revanche, la comparaison village par village montre des écarts plus forts, avec un coefficient de corrélation relativement faible de 0,48.

Ces résultats confortent la validité de l'étude WISDOM pour l'estimation de la ressource en bois à petite et moyenne échelle, et donc son aptitude à soutenir la formulation d'une stratégie bois-énergie. Ces résultats indiquent également une faible précision à grande échelle, qui ne permet pas l'utilisation de la carte WISDOM au niveau opérationnel et local et renforce la conclusion que la création d'une nouvelle carte détaillée d'occupation des sols est absolument prioritaire.

Tableau 5: valeurs moyennes de stock par hectare selon la carte du stock WISDOM et selon les inventaires détaillés Villages «VERT».

Village		Placettes	Stock WISDOM	Stock AEDE inv. Villages «VERT»
		#	t/ha m.s.	t/ha m.s.
1	Tokoni	110	7,6	11,5
2	Karnak	162	4,6	2
4	Kinkrena	160	5,6	8,1
5	BougoumenII	83	4,8	3,8
6	Torona	16	7,0	5
7	Salamtini	68	2,0	1,8
8	Amkhamsa	54	6,5	4,1
9	Bougourd	48	3,6	2,7
14	Gourlong	97	8,7	6,4
Total		798	5,6	5,5

Figure 23: les territoires intéressés par les inventaires détaillés des Villages «VERT».

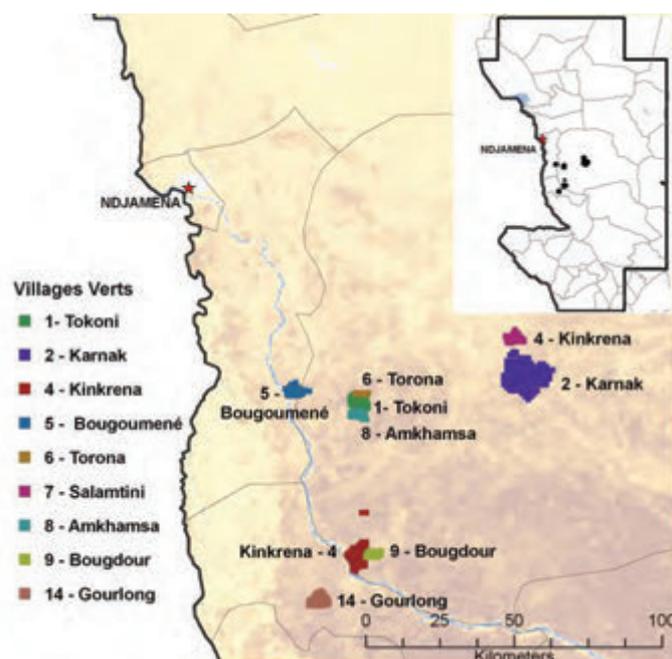
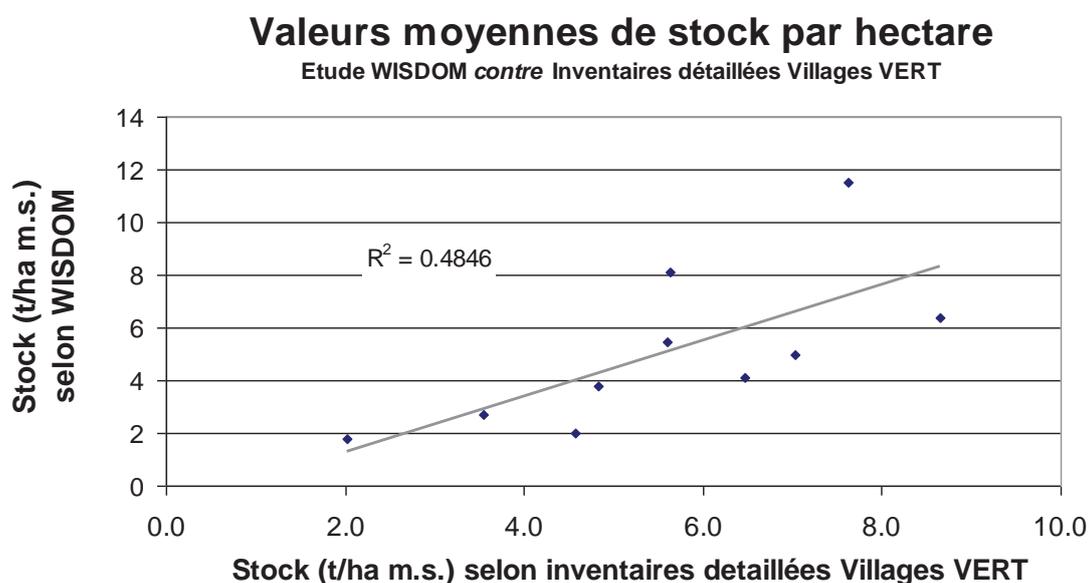


Figure 24: relation entre les valeurs de stock de biomasse ligneuse selon la carte du stock WISDOM et selon les inventaires détaillés Villages «VERT».



Module «Demande»

L'objectif du module «Demande» en combustibles ligneux est d'analyser, d'estimer et de cartographier la consommation de biomasse ligneuse à finalité énergétique dans les secteurs résidentiel, commercial, public et industriel. Les données utilisées sont les suivantes.

Cartographie.

- La carte des départements fournie par l'INSEED (correspondante aux données démographiques du recensement 2009), présente en *figure 25*, page 30. La population, et sa distribution sur le territoire, constitue le paramètre le plus important. C'est pourquoi les résultats du recensement 2009 restent la référence principale. Cependant, seuls quelques résultats préliminaires au niveau des départements étaient disponibles au moment de l'étude, en attente des résultats définitifs (probablement en 2012).
- La carte des lieux habités (villages)⁴². Cette carte, qui contient les coordonnées et les noms des centres peuplés, a été utilisée pour la distribution de la population à l'intérieur des départements (voir *figure 26*, page 30). À noter que la date de cette carte et la procédure de sa création sont inconnues.

Données démographiques et de consommation de combustibles ligneux.

- recensement 2009, données par département;
- données SISA-SAP sur la consommation de combustibles ligneux dans les secteurs résidentiel, commercial, public et industriel à N'Djaména en milieu urbain et périurbain et, partiellement, en milieu rural.⁴³

⁴² Fournie par l'OCHA Tchad.

⁴³ Pour une analyse complète et détaillée, voir AEDE. 2011. *Op.cit.*

CARTE DE DISTRIBUTION DE LA POPULATION

La carte en *figure 25*, page 30, montre les nouvelles données démographiques 2009 par département; associées à la carte des départements et des chefs-lieux de départements, elles ont permis de distribuer la population urbaine des départements. Le deuxième élément est la carte des lieux habités (*figure 26*, page 30), qui a été utilisée comme indicateur de spatialisation de la population à l'intérieur des unités administratives.

CONSOMMATION DES COMBUSTIBLES DOMESTIQUES

D'après les enquêtes sur la consommation de combustibles ligneux dans les secteurs résidentiels, chaque individu de N'Djaména consomme en moyenne 1,14 kg de bois de feu par jour et 0,03 kg de charbon de bois par jour. Sachant qu'un kilo de charbon correspond à sept kilos de bois carbonisé⁴⁴, un habitant de N'Djaména consomme en moyenne 1,35 kg de bois par jour, ce qui correspond à 493 kg de bois (séché à l'air) par an⁴⁵.

L'incidence de l'interdiction de la coupe du bois et de la production du charbon de bois (adoptée en janvier 2009) sur la consommation des combustibles domestiques est considérable. Les résultats de l'enquête montrent que le charbon de bois, qui était à N'Djaména le combustible principal pour près de 80 pour cent des ménages avant la mesure d'interdiction, occupe une place assez marginale actuellement: seuls 13 pour cent des ménages l'utilisent (cf.: *tableau 6*, page 29). Cet abandon du charbon de bois se fait au profit du bois, qui a vu son utilisation augmenter de 22 pour cent, du gaz (avec 7 pour cent d'augmentation) et du pétrole lampant (avec 6 pour cent d'augmentation).

Également fort a été l'impact sur les prix des combustibles ligneux. En comparant les résultats des enquêtes de l'AEDE 2010 et 2011, on observe que le prix du bois de feu a été multiplié par 3 (de 35-40 à 116-132 CFA/kg) et celui du charbon par 5 (de 100 à 500 CFA/kg).

CARTE DE DISTRIBUTION DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR DOMESTIQUE

La distribution de la consommation du secteur domestique a été fondée sur les résultats des enquêtes sur la consommation de bois-énergie à N'Djaména et ses alentours, conduites en collaboration avec le Projet SISA-SAP⁴⁶. La consommation par personne relative au secteur domestique dans les différents milieux, décrite en *tableau 7*, page **Erreur ! Signet non défini.**, est issue de ces résultats.

Tableau 6: utilisation des principaux combustibles domestiques avant et depuis la mesure d'interdiction de la coupe du bois vert et de la fabrication du charbon de bois.

	Utilisation des combustibles principaux avant la mesure d'interdiction	Utilisation actuelle des combustibles principaux
Combustible	% de ménages qui l'utilise	% de ménages qui l'utilise
Charbon	80%	13%
Bois	57%	79%
Gaz	12%	19%
Pétrole	19%	25%

⁴⁴ Rapport de carbonisation, AEDE. 2002. *Op.cit.*

⁴⁵ AEDE. 2011. *Op.cit.*

⁴⁶ Ces résultats sont décrits dans le rapport AEDE. 2011. *Op.cit.*, auquel nous faisons référence pour tous détails.

Tableau 7: valeurs de consommation de biomasse ligneuse par personne dans le secteur domestique incluant les combustibles ligneux et le bois de service.

Valeurs/m ³		Consommation par personne			
		Combustibles ligneux ⁴⁷			Bois de service (estimation) ⁴⁸
		milieu urbain de N'Djaména	milieu périurbain de N'Djaména et chef-lieu départementales	milieu rural	(appliqué à la pop. en milieu rural et périurbain)
1	m ³ de bois / hab./an	0,70	0,76	0,90	0,122
0.7	kg bois séché à l'aire/hab./an	493	535	630	85,2
0.57	kg bois m.s./hab./an	404	438	516	69,8

Figure 25: carte des départements, avec données de population 2009, et chefs-lieux des départements.

Source: INSEED, recensement 2009.

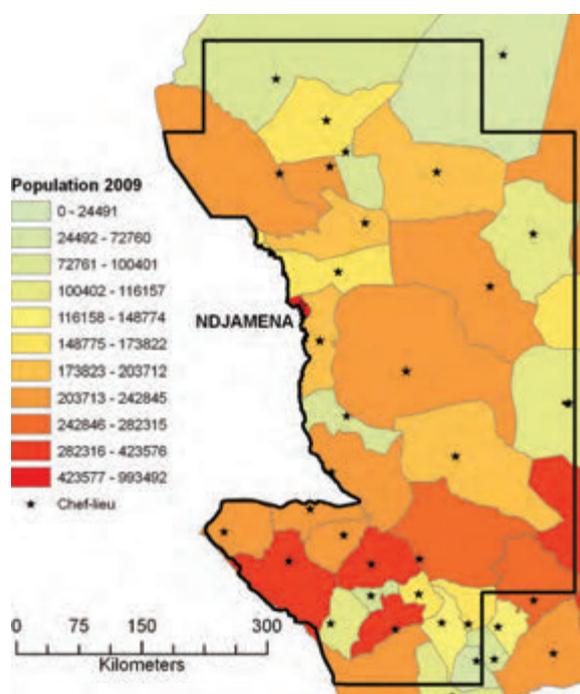
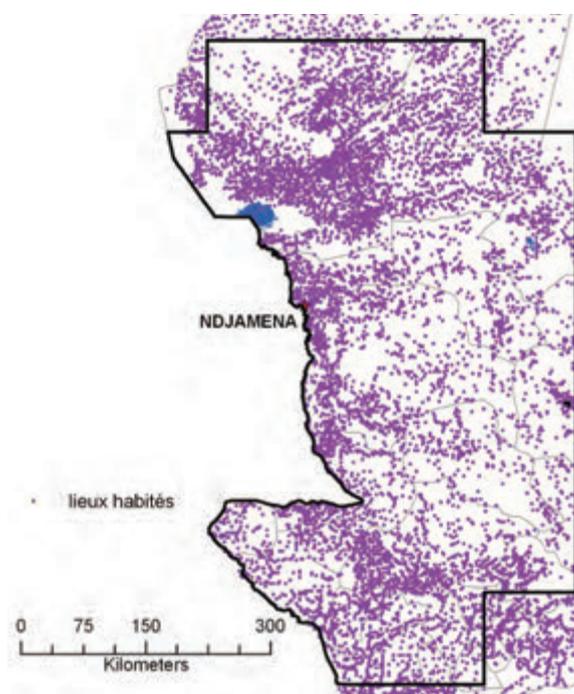


Figure 26: carte des lieux habités ou villages.

Source: OCHA, 2010.



CARTE DE DISTRIBUTION DE LA CONSOMMATION DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL COMMERCIAL ET PUBLIC

La carte de la consommation dans les secteurs industriel, commercial et public a été fondée sur les résultats des enquêtes conduites en collaboration avec le Projet SISA-SAP⁴⁹. Ces valeurs sont résumées dans le *tableau 8*, page 31. L'interdiction de la production de charbon de bois a pour effet que la consommation dans ces secteurs est actuellement totalement basée sur le bois de feu. Selon l'information disponible, la consommation dans les secteurs commercial et public représente à-peu-

⁴⁷ Valeurs de biomasse ligneuse incluant le bois de feu et l'équivalence en bois de charbon (cf.: facteurs de conversion, annexe 4, page 71).

⁴⁸ Référence à la consommation de bois de service (construction, meubles, etc.) en milieu rural en West Darfur. FAO. *WISDOM Darfur-Land Cover mapping and WISDOM analysis for emergency and rehabilitation planning in Darfur*. Rédigé par Drigo, R. et Codipietro, P. *Environment and Natural Resources Working Paper*. Rome. 2011.

⁴⁹ Ces résultats sont décrits dans le rapport AEDE. 2011. *Op.cit.*, auquel nous faisons référence pour tous détails.

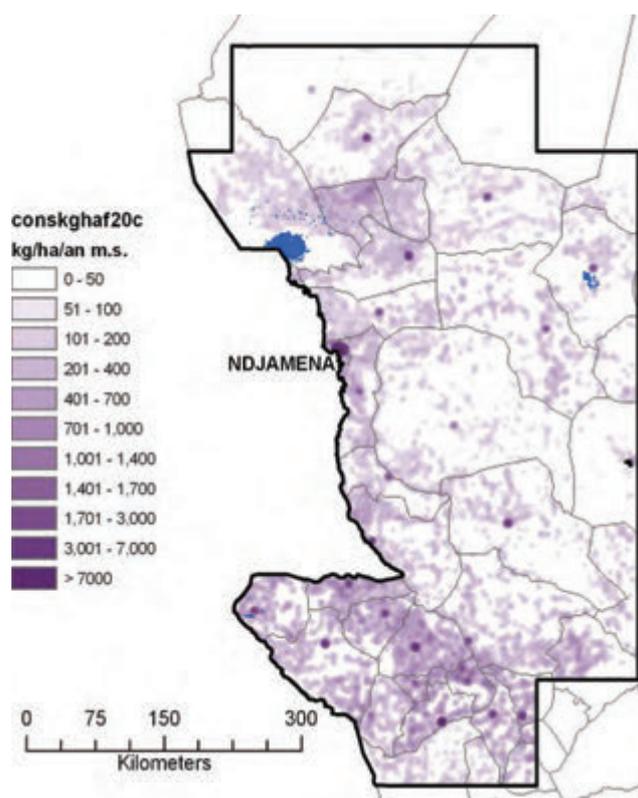
près 3 pour cent de la consommation domestique en milieu urbain. La consommation des briqueteries représente (très approximativement) 2 pour cent supplémentaires. Pour estimer la consommation totale, il est donc nécessaire d'augmenter la consommation domestique du milieu urbain d'environ 5 pour cent.

Tableau 8: consommation moyenne en tonnes de bois par an par les secteurs industriel, commercial et public en N'Ndjaména⁵⁰.

Secteurs enquêtés	Industrie, commerce ou institution publique	Consommation de combustibles ligneux en tonne de bois (séché à l'air) /an
Commercial	Préparation de boissons alcoolisées (<i>cabarets</i>)	8.504
	Grillades	5.276
	Restaurants	507
	Total	14.287
Industriel	Briqueteries	12.220
Public	Maison d'Arrêt	365

La carte de distribution de la consommation annuelle totale de biomasse ligneuse dans tous les secteurs est disponible en *figure 27*, page 31.

Figure 27: consommation annuelle totale de biomasse ligneuse dans tous les secteurs, comprenant les usages énergétiques et bois de service.



⁵⁰ AEDE, 2011. *Op.cit.*

Module «Intégration» et redéfinition du BBE de N'Djaména

Après les modules «Offre» et «Demande», le module «Intégration» a pour objectif d'analyser le bilan entre l'offre potentielle et la demande.

BILAN SIMPLE

Le premier bilan est calculé au niveau de cellule (pixels) de la carte trame. Pour chaque cellule de la carte, le bilan (en kilogramme de biomasse ligneuse par cellule) est le résultat de la différence entre:

- l'offre potentielle accessible dans la cellule correspondante de la carte de l'offre accessible;
- et la consommation totale de biomasse ligneuse dans la cellule correspondante de la carte de la demande.

Dans le bilan simple, la valeur de la cellule est positive (condition de surplus) si, dans les cellules correspondantes, l'offre potentielle est supérieure à la consommation, et elle est négative (condition de déficit) si l'offre potentielle est inférieure de la consommation.

Le bilan simple est plus théorique que pratique, puisque la cellule (ici 300 m) est trop petite pour représenter la relation entre la production et la consommation. En général, une cellule est communément soit une unité de consommation, soit une unité de production potentielle. De plus, dans notre cas d'étude, les lieux habités sont représentés par des points et, par conséquent, la consommation d'un village entier est localisée dans une cellule unique. Au niveau de calcul du bilan, ce fait ne présente aucun problème; toutefois, il souligne que le bilan simple ne permet pas de percevoir la réalité du terrain.

Néanmoins, le bilan simple représente la relation entre l'offre et la demande au niveau le plus détaillé; il est fondamental pour les phases ultérieures de l'analyse.⁵¹

Dans les phases suivantes du module «Intégration», deux types de bilan offre/demande ont été produits en relation avec les deux contextes principaux qui caractérisent la filière bois-énergie:

- le contexte «local» d'auto-provisionnement des ménages et des petites industries rurales, et, partiellement, périurbaines;
- et le contexte «commercial» des marchés de bois de feu et de charbon de bois qui servent les ménages et les industries en milieu urbain et, partiellement, périurbain.

BILAN LOCAL

Le bilan «simple» est utilisé pour calculer le bilan «local», qui analyse le bilan offre/demande dans un contexte local de 6 km, considéré comme l'horizon de collecte de la plupart des ménages ruraux.

Le résultat du bilan «local» nous permet de visualiser et d'identifier les zones qui sont vraiment déficitaires ou excédentaires. La *figure 28*, page 33, présente ainsi le résultat du bilan «local» sur l'ensemble de la zone d'étude, ainsi qu'un détail du bilan «simple» et du bilan «local» sur l'entourage de Guelendeng, dans le département de Mayo Lemié. Ce détail permet d'apercevoir l'effet de l'analyse locale par rapport au bilan «simple».

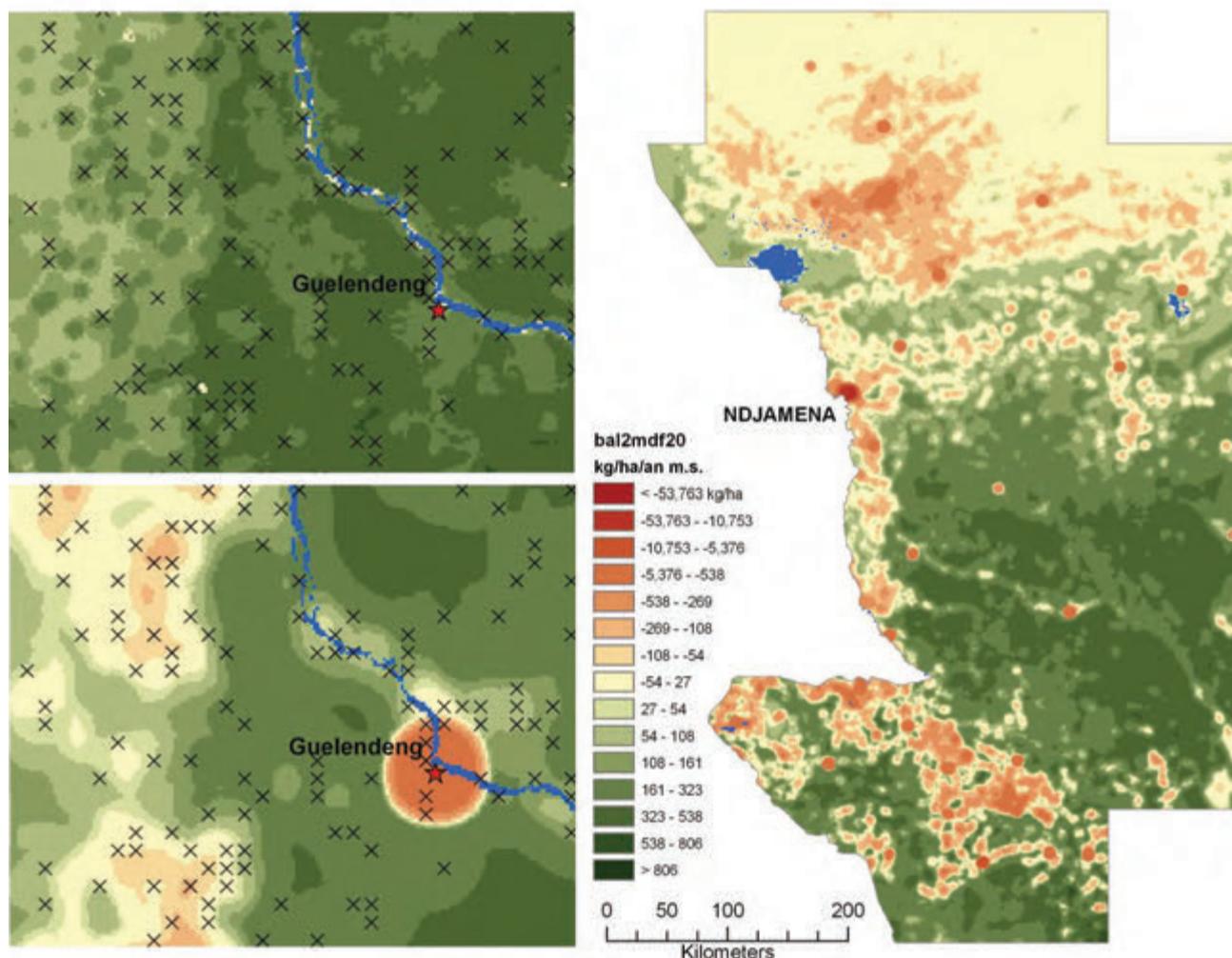
Il convient de noter que les résultats du bilan «simple» et du bilan «local», lorsqu'ils sont totalisés, par département par exemple, ne montrent pas de différences significatives.

Une contribution importante du bilan «local» est de mettre en évidence les éléments de base de la filière commerciale des combustibles ligneux. Ces éléments sont:

⁵¹ Les résultats du bilan simple par département et par zone FUPU sont disponibles en *annexe 3*, tableau A.3.3, page 69.

- les aires déficitaires, qui ne disposent pas des ressources suffisantes et immédiatement accessibles;
- et les aires excédentaires, où les ressources en bois dépassent la demande locale et qui pourraient ainsi alimenter une filière commerciale.

Figure 28: bilan local sur l'ensemble de la zone d'étude et détail comparatif du bilan «simple» et du bilan «local» (dans un rayon de 6 km).



Note: les «x» dans les cartes à gauche localisent les villages. Dans la carte du bilan «simple» (en haut à gauche), la présence des villages n'est pas visible parce qu'ils sont représentés par des cellules individuelles (presque invisibles). L'impact des villages devient visible dans le bilan «local» (en bas à gauche), selon la quantité de bois consommé dans les villages et l'offre disponible dans le rayon de 6 km.

BILAN COMMERCIAL

Les bilans «simple» et «local» impliquent l'utilisation de la productivité durable totale, sans limitations. Cette hypothèse peut être raisonnable pour la collecte de bois de feu par les ménages, mais elle ne peut pas être appliquée pour la filière commerciale.

Le bilan «commercial» est analysé dans le but de déterminer plus précisément la zone réelle d'approvisionnement durable des grands marchés de combustibles ligneux, comme ceux des zones urbaines, des futures centrales à biomasse, ainsi qu'à des fins d'exportation. Dans ce cas, son but est de permettre l'estimation de la ressource en bois effectivement disponible pour l'approvisionnement de N'Djaména et de contribuer ainsi à la délimitation du BBE de N'Djaména.

En fait, la production commerciale de charbon de bois et de bois de feu en dessous d'une concentration minimale de tiges et les branches n'est pas économiquement viable. Si le surplus (excédent disponible après l'approvisionnement local) apparaît en-deçà d'un certain seuil, il ne peut être considéré économiquement accessible. En même temps, certains niveaux minimaux de déficit peuvent aussi être considérés comme non-influents pour la filière commerciale. Les conditions faiblement déficitaires peuvent être compensées par des combustibles alternatifs, tels que les résidus agricoles et/ou par une majeure économie de consommation du bois disponible.

La difficulté réside dans la définition de ces seuils. Ces seuils devraient être évalués en consultation avec des informateurs qualifiés, tels que les opérateurs commerciaux de combustibles ligneux, les charbonniers et les producteurs de bois de feu.

En attente de valeurs fiables de seuils et dans le but d'évaluer leur effet sur la définition du BBE, les seuils suivants ont été appliqués (voir aussi *figure 30*, page 36):

- Surplus majeur de 100 kg et déficit majeur de 100 kg/ha/an (bilan «local» > 100 et < - 100). À noter que, sur une période de rotation de 15 ans, par exemple, la biomasse minimale par hectare effectivement disponible sera de 1,5 tonne ou 2,6 m³ de bois. Ces seuils ont été appliqués pour produire le bilan «commercial > 100».
- Surplus majeur de 200 kg et déficit majeur de 200 kg/ha/an (bilan «local» > 200 et < - 200). À noter que, sur une période de rotation de 15 ans, la biomasse minimale par hectare effectivement disponible sera de 3 tonnes ou 5,2 m³ de bois. Ces seuils ont été appliqués pour produire le bilan «commercial > 200», dont les résultats sont présentés en *annexe 3, tableau A3.3*, page 69.
- Surplus majeur de 300 kg et déficit majeur de 200 kg/ha/an (bilan «local» > 300 et < - 200). Dans ce cas, sur une période de rotation de 15 ans, la biomasse minimale par hectare effectivement disponible sera de 4,5 tonnes ou 7,8 m³ de bois. Ces seuils ont été appliqués pour produire le bilan «commercial > 300», dont les résultats sont présentés dans le *tableau 11*, page 44.

Redéfinition du BBE

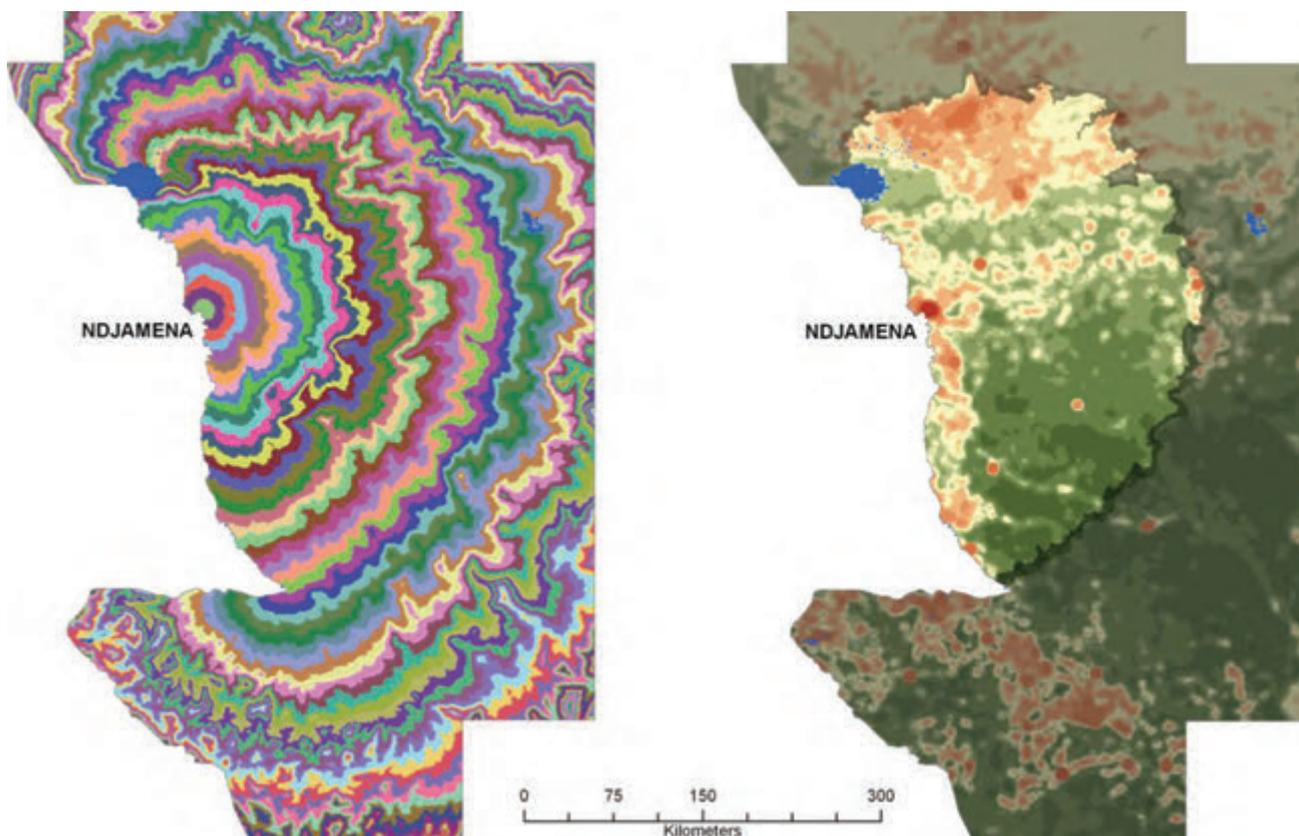
Les bassins d'approvisionnement relatifs aux bilans décrits ci-dessus ont été découpés suivant la procédure BBE qui permet de calculer le bilan dans des portions de territoire progressivement plus éloignées autour de la ville de N'Djaména, jusqu'à l'achèvement d'un bilan positif. L'analyse BBE a été conduite à l'aide d'une nouvelle carte d'accessibilité de N'Djaména, qui a été produite sur la base de la carte de l'accessibilité physique déjà présentée dans le module «Offre». La carte d'accessibilité de N'Djaména et la zone dans laquelle le bilan «local» devient positif sont présentées *figure 29*, page 35.

En appliquant l'analyse BBE aux scénarios d'offre/demande décrits ci-dessus, les zones d'approvisionnement se référant à chacun d'eux ont été déterminées.

Les contours des zones par rapport aux scénarios du bilan «local» et des deux bilans «commerciaux» sont présentés dans la *figure 30*, page 36, tandis que les statistiques des surfaces impliquées par département sont rapportées dans le *tableau A3.1*, en *annexe 3*, page 67.

À cause de la faible densité des formations forestières, les seuils minimaux de productivité (et de stock à la fin de la période de rotation), qui déterminent l'accessibilité économique des ressources, conditionnent fortement la dimension du territoire d'approvisionnement et la distance des zones de prélèvement de N'Djaména.

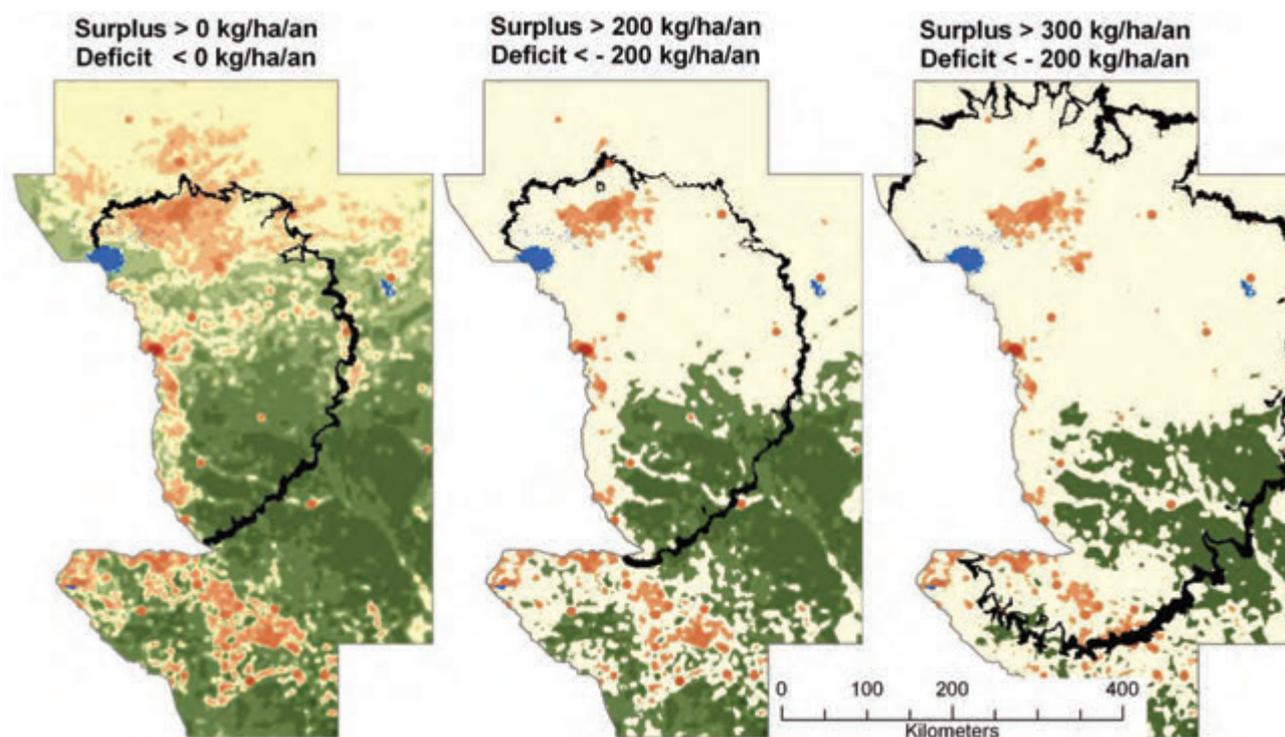
Figure 29: accessibilité de N'Djaména (gauche) et analyse progressive du territoire jusqu'à l'achèvement de l'équilibre du bilan offre/demande (droite, dans ce cas, le bilan local).



Comme le met en évidence la *figure 30*, l'adoption d'un seuil minimal de productivité de 300 kg/ha/an, par rapport à 200kg/ha/an, comporte une augmentation considérable du bassin d'approvisionnement. Avec ce changement de seuil, les limites de prélèvement passent de 250 à 350 km de N'Djaména. En outre, l'accessibilité économique des ressources est un facteur déterminant pour la durabilité du système d'approvisionnement, et le seuil de 300 kg donne des garanties nettement meilleures à cet égard.

Du côté de la demande, il convient de remarquer la présence de zones importantes de consommation au nord-est de N'Djaména, dans les régions du Kanem et du Lac. Ces zones ne disposent pas de formations productives à proximité et entrent en compétition avec N'Djaména pour les mêmes sources d'approvisionnement.

Figure 30: BBE relatifs au bilan «local» et aux bilans «commerciaux» avec seuils de 200 et 300 kg/ha/an.



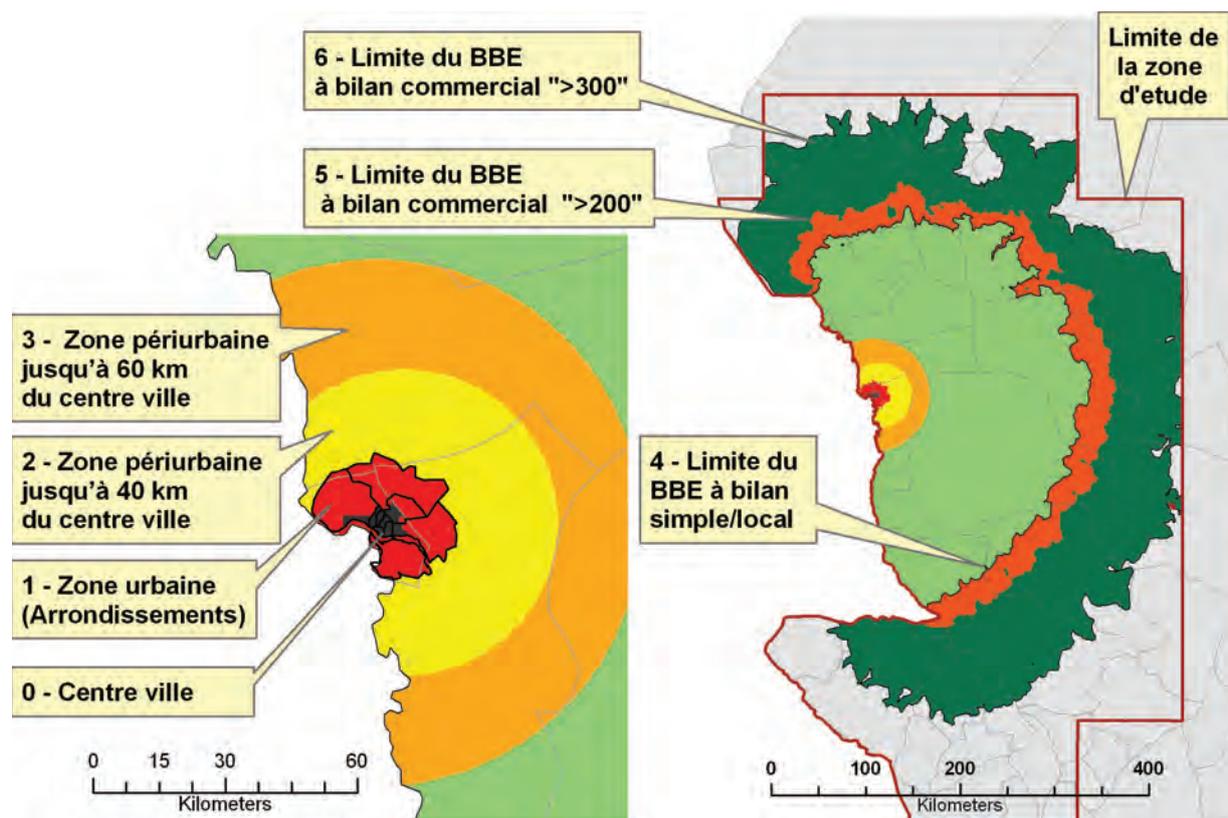
Résultats et conclusions de l'analyse WISDOM N'Djaména

DÉFINITION DES TERRITOIRES

Les résultats de l'étude ont permis de découper le territoire du projet en plusieurs strates qui, à partir du centre de N'Djaména, représentent les différentes zones d'intérêt pour la formulation d'une stratégie de FUPU. Les zones considérées, présentées dans la figure 31, page 37, sont:

- 0 – Centre-ville.** Zone délimitée par les quartiers.
- 1 - Zone urbaine.** Zone délimitée par les arrondissements.
- 2 - Zone périurbaine jusqu'à 40 km du centre-ville.** Environ 20 km au-delà de la zone urbaine (définition préliminaire adoptée par le Projet FUPU).
- 3 - Zone périurbaine jusqu'à 60 km du centre-ville.** À peu près 40 km au-delà de la zone urbaine (nouvelle définition depuis les enquêtes sur la consommation SISA/SAP).
- 4 - BBE à bilan «simple» (ou «local»).** Territoire dans lequel la productivité totale (accroissement annuel accessible) correspond à la consommation totale.
- 5 - BBE à bilan «commercial >200».** Territoire déterminé par le surplus et les déficits après un premier bilan «local» calculé dans un rayon de 6 km. Ce bilan «commercial» considère seulement les zones avec un surplus majeur de 200 kg/ha/an (m.s.) et les zones avec un déficit majeur de 200 kg/ha/an.
- 6 - BBE à bilan «commercial >300».** Territoire déterminé par le surplus et les déficits après un premier bilan «local» calculé dans un rayon de 6 km. Ce deuxième bilan «commercial» considère seulement les zones avec un surplus majeur de 300 kg/ha/an (m.s.) et les zones avec un déficit majeur de 200 kg/ha/an.

Figure 31: Les zones considérées dans l'analyse.



Dans le *tableau 9* et suivants, à partir de la page 42, les résultats de l'analyse sont présentés par zone FUPU et par département. Pour un encadrement général de la zone d'étude, l'*annexe 3*, à partir de la page 67, reporte les statistiques relatives aux surfaces et à la distribution de la population.

Comment lire les tableaux de résultats:

Les résultats sont présentés sous forme de matrice entre les unités administratives (départements) et les zones FUPU de 0 à 6, comme montré *figure 31*, ci-dessus. Les lignes représentent le découpage des départements et les colonnes représentent le découpage des zones FUPU. Les valeurs dans les cases de la matrice font référence aux croisements entre ces deux découpages.

Par exemple, regardons le tableau des superficies A3.1, en *annexe 3*, et choisissons la ligne du département 701 «Ville de N'Djaména». Les valeurs le long de la ligne nous disent que 51 km² de ce département appartiennent à la zone FUPU 0 (centre-ville), 275 km² à la zone 1 (urbaine) et 26 km² à la zone 2 (périurbaine jusqu'à 40 km). Dans les cases correspondantes, dans les autres tableaux, nous retrouvons les valeurs de consommation (*tableau 9*), de productivité accessible (*tableau 10*), etc.

Dans les tableaux sur le bilan offre/demande, les valeurs en rouge signalent les zones déficitaires, en noir les zones excédentaires. Par exemple, regardons le *tableau 12* sur le bilan «commercial > 300» et choisissons la ligne du département 602 «Chari». Ce département s'étend de la zone 1 à la zone 4 et les valeurs sont toutes déficitaires. Dans la zone 1 (urbaine) de ce département, le bilan «commercial > 300» est de -54 959 tonnes de matière sèche, dans la zone 2 il est de -4 970, dans la zone 3 il est de -14 699 et dans la zone 4 il est de -3 605. La dernière colonne nous donne les totaux du bilan «commercial > 300» de tous les départements (ou portions de départements inclus dans la zone d'étude). Pour le département de Chari, le total présente un déficit de -78 232 tonnes de matière sèche.

Les deux dernières lignes donnent les totaux du bilan dans chaque zone FUPU (total par zone) et la valeur cumulative à partir du centre-ville (zone 0).

LA DEMANDE EN BIOMASSE LIGNEUSE

La distribution de la consommation par département et par zone FUPU est montrée dans le *tableau 9*, page 42.

L'utilisation de bois de feu et de charbon de bois par les secteurs domestique, commercial, industriel et public dans la zone urbaine de N'Djaména (Zones 0 et 1) porte la consommation annuelle estimée à 427,087 tonnes de biomasse ligneuse (m.s.)⁵², comme indiqué dans le total des deux premières colonnes du *tableau 9* (centre-ville + zone urbaine).

Dans le territoire d'influence de N'Djaména, la consommation urbaine s'ajoute aux consommations de bois par les populations périurbaines et rurales pour l'énergie et d'autres usages (bois de service). Dans le territoire où la productivité potentielle et la consommation de biomasse ligneuse se contrebalancent (zone 4, bilan «simple» ou «local»), la consommation totale est de plus de 1,3 million de tonnes.

Des considérations sur l'accessibilité économique de l'offre portent à augmenter encore le territoire d'approvisionnement et, par conséquent, à inclure les consommations d'autres villages. Dans un scénario plus étendu (zone 6, BBE commercial «>300»), le bassin d'approvisionnement inclue une consommation totale annuelle de quasi 2,5 millions de tonnes.

En plus de N'Djaména, il convient de remarquer la présence de zones importantes de consommation au nord-est de N'Djaména, dans les régions du Kanem et du Lac. Ces zones ne disposent pas de formations productives à proximité et entrent en compétition avec N'Djaména pour les mêmes sources d'approvisionnement.

La demande domestique est responsable de la plus grande partie de la consommation (entre 90 et 95 pour cent).

L'utilisation de bois de service est considérée très faible en milieu urbain et périurbain, mais est estimée, en milieu rural, à 7-8 pour cent du total.

Les autres usages couvrent environ 5 pour cent de la consommation totale en milieu urbain et deviennent négligeables en milieu rural.

L'OFFRE EN BIOMASSE LIGNEUSE

- **L'offre limitée au bois mort.**

La situation imposée par les mesures restrictives interdisant la coupe du bois vert pour la carbonisation ou pour le bois de feu, prises par le gouvernement en 2009, mérite une analyse approfondie. L'impact des dispositions sur la condition de vie des ménages urbains est certainement très fort, surtout sur la population plus pauvre qui n'a pas les moyens d'acheter des combustibles alternatifs et qui est obligée de payer un prix trois fois plus élevé qu'auparavant pour le bois de feu, ou simplement de réduire sa consommation de bois avec des conséquences probablement négatives sur la cuisson des repas, la potabilisation de l'eau, etc.⁵³

Du point de vue environnemental, les données actuellement disponibles permettent seulement une évaluation grossière du stock en bois mort. Sur la base de l'estimation faite par l'AEDE⁵⁴, le bois mort représente 4 pour cent du stock total en bois. En appliquant ce pourcentage au stock total du pays, la disponibilité de bois mort peut satisfaire la demande du pays pour une période de 4 à 8 ans seulement, période qui

⁵² Matière sèche. Cf.: *annexe 4*, page 71, pour les facteurs de conversion appliqués.

⁵³ AEDE. 2011. *Op.cit.*, sur la consommation des combustibles domestiques à N'Djaména et en milieu rural périurbain.

⁵⁴ AEDE. 2002. *Op.cit.*

peut s'étendre à 6-10 ans en considérant le probable taux de mortalité (et donc de croissance de la ressource disponible) et la réduction de la demande conséquente aux restrictions. La situation est certainement pire dans la zone d'influence de N'Djaména, étant donnée la grande demande de la ville.

Dans une perspective de durabilité, la situation ne présente aucune chance: le taux de mortalité peut couvrir entre 20 et 50 pour cent de la consommation annuelle, avec un bilan négatif (la demande dépasse l'offre) entre 2 et 3 millions de tonnes (bois-équivalent anhydre), selon le taux de mortalité adopté.

Par conséquent, le développement d'une stratégie bois-énergie à moyen/longue terme doit se fonder sur l'aménagement durable de la totalité du potentiel productif de biomasse ligneuse, et non seulement sur le bois mort disponible. C'est pourquoi l'analyse de l'offre et toutes les conclusions de l'étude WISDOM se réfèrent à la totalité du potentiel productif de biomasse ligneuse, et non seulement du bois mort.

- **L'offre potentielle de biomasse ligneuse.**

La précision de l'estimation de l'offre en biomasse ligneuse est limitée par l'absence d'une carte suffisamment détaillée de l'occupation des sols. Néanmoins, sur la base des données d'inventaire 2002-2003 et la carte *GlobCover*, nous pouvons produire des éléments utiles à la définition du BBE et à l'identification des départements plus prometteurs pour la production durable de bois de feu et de charbon de bois. Autrement dit, la précision de l'analyse est considérée adéquate à supporter la formulation d'une stratégie FUPU, mais elle s'avère inadéquate à supporter la planification opérationnelle de la filière bois-énergie, comme confirmé par le processus préliminaire de validation fondé sur les données des inventaires des Villages «VERT».

La productivité accessible de biomasse ligneuse par département et par zone d'approvisionnement est présentée en *tableau 10*, page 43.

Le stock et la productivité de biomasse ligneuse dans la zone urbaine (zones 0 et 1) sont jugés très faibles (spécialement dans les arrondissements périphériques). Ces valeurs seront révisées sur la base des observations de l'étude sur la FUPU. Grâce aux données de l'inventaire général AEDE 2002, l'estimation du stock de biomasse ligneuse dans le reste du territoire est jugée plus fiable.

En absence de placettes permanentes ou d'autres études spécifiques, l'estimation de la productivité reste approximative. Notable, et en quelque sorte encourageante, est la presque identité entre la productivité estimée par l'AEDE en 2004 et la variante moyenne WISDOM, en dépit de l'indépendance totale des procédures d'estimation.

L'offre est limitée aux espèces d'arbres et d'arbustes pris en compte dans l'inventaire AEDE, qui couvrent sans doute la plupart de l'offre potentielle. Aucune donnée de référence n'a pu être trouvée sur la répartition et la productivité en fruits de palmiers (rônier et doum), qui sont utilisés comme combustible dans plusieurs procédés industriels pour la substitution au bois. L'impression d'un épuisement rapide de la régénération des palmiers à cause de leur utilisation est partagée par la plupart des opérateurs, mais, en l'absence de données sur leur présence dans les formations naturelles, il est difficile de mesurer la gravité de la situation.

BILAN LOCAL ET BILANS COMMERCIAUX

Les nouvelles informations sur la demande et sur l'offre potentielle, ainsi que la nouvelle carte d'accessibilité de N'Djaména ont permis de produire la carte des bilans entre l'offre potentielle et la demande sur la zone d'étude.

Afin de déterminer le BBE de N'Djaména, deux types de bilans sont considérés: le bilan «local» qui analyse l'offre et la demande dans un contexte local de 6 km (horizon de collecte de la plupart des ménages ruraux) et le bilan «commercial» qui analyse les surplus et les déficits du bilan local dans le contexte d'une filière commerciale.

- **Bilan local**

Les résultats du bilan «local» par département et par zone FUPU sont présentés dans le *tableau 11*, page 44. Le résultat du bilan «local» nous permet de visualiser et d'identifier les zones qui sont véritablement déficitaires ou excédentaires, et donc les éléments de base de la filière commerciale de combustibles ligneux (voir *figure 28*, page 33).

- **Bilan commercial**

L'approvisionnement de N'Djaména doit nécessairement se baser sur une filière commerciale de production, transport et vente. Le but de l'analyse du bilan commercial est d'estimer le potentiel productif durable économiquement accessible et sa distribution. Les paramètres qui rendent la ressource économiquement accessible, ou non accessible, ne sont pas définis. Plusieurs seuils de productivités minimales ont été considérés pour évaluer leur impact sur la taille du BBE consécutive.

Le *tableau 12*, page 45, reporte le bilan «commercial > 300» le plus conservatif parmi les scénarios considérés, qui donne les meilleures garanties de durabilité tant du point de vue environnemental qu'économique.⁵⁵

Comme mentionné ci-dessus, le seuil minimum de productivité (et autres facteurs) qui détermine l'accessibilité économique des ressources en bois doit être défini/validé avec les opérateurs de la région, avant de formaliser le schéma d'approvisionnement. Si d'autres valeurs de seuil s'imposent, il sera possible et assez facile de définir le BBE correspondant.

BBE DE N'DJAMÉNA

Le BBE de N'Djaména selon le bilan «commercial > 300» s'avère très étendu: jusqu'à 350 kms de distance de la ville.

À partir du *tableau 12*, il est possible d'identifier les départements inclus dans la zone d'approvisionnement, ainsi que leur contribution potentielle en termes de surplus disponible pour alimenter la filière bois-énergie de N'Djaména.

Les départements qui jouent un rôle important dans la filière commerciale (voir *tableau 12* et *figure 32*) sont au nombre de six: **Baguirmi** et **Loug Chari** dans le Chari-Baguirmi, **Barh Signaka** dans le Guera, **Mayo Lemié** et **Mayo Boneye** dans le Mayo-Kebbi-Est et **Tandjilé Est** dans le Tandjilé.

Selon l'analyse WISDOM N'Djaména, le BBE commercial est sensiblement plus important que celui adopté dans le Plan directeur d'approvisionnement (PDA) formulé par l'AEDE en 2002⁵⁶. Les raisons

⁵⁵ Les résultats du bilan «commercial >200» qui applique un seuil plus bas de 200 kg/ha/an est reportés en *annexe 3*, *tableau A3.4*, page 70.

⁵⁶ AEDE, ECO-Consult/Agritchad;A. 2002. *Op.cit.*

de cette augmentation du territoire ciblé reposent principalement sur l'estimation de la demande et peuvent être identifiées:

- La consommation considérée dans l'analyse WISDOM inclut celle des départements situés au nord-est de N'Djaména (régions du Kanem et du Lac), qui sont importants (voir *tableau 9*, page 42) et qui entrent nécessairement en compétition pour les mêmes sources d'approvisionnement.
- L'augmentation de la consommation due à l'accroissement de la population urbaine et totale.
- L'inclusion de la consommation de bois de service par les ménages ruraux, selon des estimations provisoires, qui augmente la pression sur les ressources en bois.

Tableau 9: consommation de biomasse ligneuse par département et par zone d'approvisionnement.

Coduniq	Région	Département	Centre-ville	Urbain	Périurbain jusqu'à 40 km	Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan simple/ locale	BBE à bilan commercial «>200»	BBE à bilan commercial «>300»	Reste de la zone d'étude	Total zone d'étude
			0	1	2	3	4 (*)	5 (*)	6 (*)		
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord							11,975	10,533	22,508
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud					36,368	38,347	35,335	1,860	111,910
302	BATHA	Fitri						3,661	61,657		65,318
303	BATHA	Batha-Ouest							7,761	11,766	19,527
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi				5,071	114,723	6,754	3,896		130,444
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		4,828	35,519	29,076	28,845				98,268
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					18,925	21,684	62,656	10,251	113,515
701	COMMUNE NDIJAMENA	Ville de N'Djaména	260,074	161,173	2,198						423,445
801	GUERA	Barh Signaka							18,733	2,523	21,256
803	GUERA	Abtouyou							16,304	494	16,798
901	HADJER-LAMIS	Dagana					104,611				104,611
902	HADJER-LAMIS	Dababa					73,300	42,665	10,666		126,631
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		1,012	13,659	32,912	33,673				81,256
1001	KANEM	Kanem					4,294	30,764	51,870	3,092	90,019
1002	KANEM	Wadi Bissam					54,268	2,101			56,369
1003	KANEM	Nord Kanem							15,458	10,531	25,989
1101	LAC	Wayi					127,365	408			127,773
1102	LAC	Mamdi					41,840	21,381	47,916	955	112,091
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni							17,106	37,205	54,311
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso							8,838	81,492	90,330
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié					44,963				44,963
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye					105,865	19,504	12,369		137,738
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi						3,850	125,805		129,655
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia							124,177		124,177
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré							1,146	122,735	123,881
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah							29,295	153,011	182,306
2101	TANDJILE	Tandjié-Ouest							237,328	3,258	240,586
2102	TANDJILE	Tandjié-Est							545	72,373	149,239
			Total par Zone	260,074	167,013	51,377	67,059	789,039	191,664	972,663	526,026
			Valeur cumulative	260,074	427,087	478,463	545,523	1,334,561	1,526,225	2,498,888	3,024,914

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

Tableau 10: productivité accessible de biomasse ligneuse par département et par zone d'approvisionnement.

Coduniqu	Région	Département	Centre-ville	Urbain	Périurbain jusqu'à 40 km	Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan simple/ locale	BBE à bilan commercial «>200»	BBE à bilan commercial «>300»	Reste de la zone d'étude	Total zone d'étude	
							4 (*)	5 (*)	6 (*)			
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord	0	1	2	3	14,383	6,590	3,762	658	4,420	
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud					14,383	6,590	7,084	3	28,059	
302	BATHA	Fitri					7,659	108,141	4,780	482	116,282	
303	BATHA	Batha-Ouest								10,113	14,893	
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi			14,013		578,048	56,263	82,487		730,811	
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		3,102	24,685	16,507	22,556				66,851	
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					79,590	110,333	311,373	108,473	609,769	
701	COMMUNE NDIJAMENA	Ville de N'Djaména	220	3,625	485						4,330	
801	GUERA	Barh Signaka						239,286		71,589	310,875	
803	GUERA	Abtouyou						64,171		2,424	66,595	
901	HADJER-LAMIS	Dagana				201	63,852				64,053	
902	HADJER-LAMIS	Dababa					130,730	61,263	41,734		233,727	
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		377	12,828	23,994	41,933				79,132	
1001	KANEM	Kanem					349	2,628	702	0	3,679	
1002	KANEM	Wadi Bissam					3,928	2	0		3,929	
1003	KANEM	Nord Kanem						716		0	716	
1101	LAC	Wayi					15,676	128			15,804	
1102	LAC	Mamdi					42,697	14,021	44,792	9,776	111,286	
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni						6,588	32,126		38,713	
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso						2,837	42,107		44,944	
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié				104,078					104,078	
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye				171,416		66,774	61,525		299,715	
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi					4,554	73,342	1,766		79,662	
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia						115,261	2,064		117,325	
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré						2,137	75,314		77,451	
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah						43,469	225,227		268,696	
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest						161,279	9,832		171,111	
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est						193	222,088	215,738	438,019	
			Total par Zone	220	7,104	37,998	54,715	1,269,234	330,406	1,597,554	807,693	4,104,926
			Valeur cumulative	220	7,324	45,322	100,037	1,699,678	3,297,233	4,104,926		

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

Tableau 11: bilan « local » offre/demande par département et par zone d'approvisionnement (6 km autour des villages).

Ce bilan a été calculé dans un contexte local de 6 km. Dans ce bilan sont incluses toutes les valeurs de déficit et de surplus.

Codunq	Région	Département	Biomasse ligneuse (tonnes de m.s./an)				Périurbain jusqu'à 40 km	Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan local	Totale BBE à bilan local	Bilan local dans le reste de la zone d'étude	Bilan local dans l'ensemble de la zone d'étude
			Centre-ville	Urbain	2	3						
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord	0	1	2	3				-19,333	-19,333	
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud						-20,906	-20,906	-62,175	-83,081	
302	BATHA	Fitri								50,363	50,363	
303	BATHA	Batha-Ouest								-3,542	-3,542	
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi				8,449	460,082	468,531	468,531	128,173	596,704	
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		-55,519	-10,412	-12,099	-5,713	-83,743	-83,743		-83,743	
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					61,972	61,972	61,972	435,386	497,359	
701	COMMUNE NDJAMENA	Ville de N'Djaména	-182,377	-192,034	-640			-375,051	-375,051	288,544	108,544	
801	GUJERA	Barh Signaka								50,280	50,280	
803	GUJERA	Abtouyouour				203	-39,957	-39,753	-39,753		-39,753	
901	HADJER-LAMIS	Dagana					57,843	57,843	57,843	49,155	106,998	
902	HADJER-LAMIS	Dababa					3,369	3,369	3,369		3,369	
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		-499	-1,948	-4,425	-4,689	-4,689	-4,689	-82,826	-87,516	
1001	KANEM	Kanem					-50,153	-50,153	-50,153	-2,307	-52,460	
1002	KANEM	Wadi Bissam								-27,171	-27,171	
1003	KANEM	Nord Kanem								-262	-262	
1101	LAC	Wayi					-107,487	-107,487	-107,487	-1,741	-1,949	
1102	LAC	Mamdi					-768	-768	-768	-18,860	-20,809	
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni								-42,112	-42,112	
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso										
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié					60,261	60,261	60,261	95,990	161,687	
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye					65,696	65,696	65,696	-52,399	13,297	
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi								-6,995	-6,995	
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia								-44,013	-44,013	
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré								89,606	89,606	
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah								-67,565	-67,565	
2101	TANDJIILE	Tandjilé-Ouest								288,787	288,787	
2102	TANDJIILE	Tandjilé-Est								1,044,983	1,073,234	
			Total par Zone				-182,377	-248,052	-7,871	479,551	28,251	
			Valeur cumulative				-182,377	-430,429	-451,300	28,251		

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

Tableau 12: bilan «commercial >300» par département et par zone d'approvisionnement.

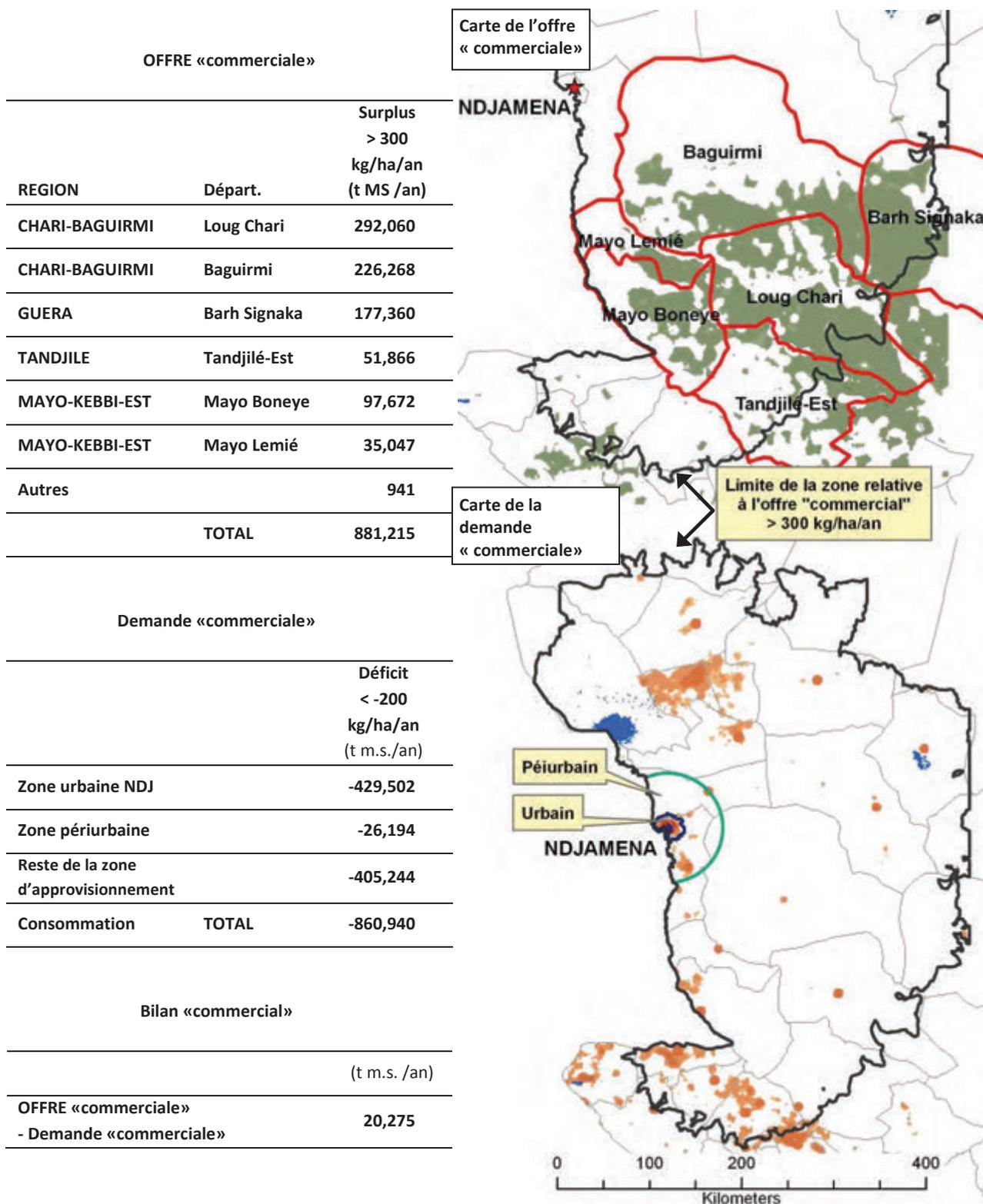
Dans ce bilan sont exclus les déficits faibles (de 0 à -200 kg/ha/an) et les surplus inférieurs à 300 kg/ha/an.

Code	Région	Département	Centre-ville		Urbain		Périurbain		Périurbain de 40 à 60 km		BBE à bilan simple/ locale		BBE à bilan commercial «>200»		BBE à bilan commercial «>300»		Total BBE à bilan commercial «>300» Cumulative
			0	1	2	3	4 (*)	5 (*)	6 (*)								
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord															0
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud															-14,669
302	BATHA	Fitri															-9,392
303	BATHA	Batha-Ouest															-789
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi															226,268
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari															-78,232
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari															292,060
701	COMMUNE NDJAMENA	Ville de N'Djaména															-374,710
801	GUERA	Barh Signaka															177,360
803	GUERA	Abtouyouur															735
901	HADJER-LAMIS	Dagana															-37,611
902	HADJER-LAMIS	Dababa															-8,350
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar															-11,096
1001	KANEM	Kanem															-26,964
1002	KANEM	Wadi Bissam															-29,017
1003	KANEM	Nord Kanem															-1,624
1101	LAC	Wayi															-94,525
1102	LAC	Mamdi															-4,514
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni															-5,948
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso															-4,510
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié															35,047
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye															28,864
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi															-55,735
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia															-20,040
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré															-95
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah															206
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest															-83,164
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est															51,866
																	20,275
Total par Zone																	313,463
Valeur cumulative																	20,275

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'ajouter toutes les zones précédentes.

Figure 32: distribution de l'offre et de la demande.

La carte du haut montre les départements inclus dans la zone d'approvisionnement et leurs contributions « commerciales » potentielles (zones vertes). La carte du bas montre la concentration de la demande « commerciale » (zones rouges).





Conclusions et recommandations

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSIONS PRINCIPALES

Aspects généraux

INTERDICTION OU GESTION ?

- La disponibilité de bois mort ne pourra satisfaire durablement tous les besoins en bois de feu. Aussi les mesures interdisant l'exploitation du bois vert ne semblent-elle pas adaptées: non seulement elles pénalisent les plus vulnérables, qui éprouvent des difficultés croissantes devant l'augmentation des combustibles ligneux⁵⁷, mais encore elles pourraient s'avérer inefficaces, dans la mesure où il est difficile de contrôler les flux de bois.
- Pour protéger l'environnement, il est préférable d'apprendre à gérer la ressource durablement, grâce à l'élaboration de plans de gestion rationnels, à la formation des agents et à un appui à la filière. Dans cette optique, les données récoltées et les simulations rassemblées par l'étude WISDOM de N'Djaména pourront être utilisées afin de mettre en œuvre une gestion rationnelle et durable des ressources ligneuses.
- Les résultats de l'analyse montrent que le bilan offre/demande peut être satisfait sur l'ensemble du BBE de N'Djaména, à la condition qu'un système d'aménagement durable soit mis en place et que les solutions soient adaptées aux conditions locales spécifiques, tant d'un point de vue environnemental que socioéconomique.
- Le BBE de N'Djaména s'avère très vaste. Selon l'hypothèse du «bilan commercial > 300», qui est la plus plausible, le BBE doit en effet couvrir un territoire qui s'étend jusqu'à 350 kilomètres de la ville de N'Djaména, pour être durable.

AMÉNAGEMENT FORESTIER DURABLE ET PARTICIPATIF

- L'objectif d'impulser une politique efficace dans le secteur bois-énergie est un incontestable défi. Mais, quelle que soit l'approche choisie, le développement de programmes d'aménagement forestier durables et participatifs doit rester essentiel.
- L'expérience du Projet énergie domestique (PED), entre 1999 et 2004, ainsi que le modèle de gestion des Villages «VERT», doivent être soigneusement analysés et pris en compte dans un futur programme de gestion, afin de bénéficier de leurs succès tout en évitant leurs écueils.
- Au nombre des leçons tirées de l'expérience PED, on retiendra la nécessité de corrélérer la gestion des revenus générés par la filière (très élevés dans le PED) à un système efficace de suivi des conditions environnementales et à une gestion forestière durable (plutôt faibles dans le PED). Il conviendrait, à cet égard, de promouvoir une forte composante environnementale sur la base d'arguments aussi bien techniques que politiques.
- L'analyse WISDOM permet de bien encadrer la situation générale; toutefois, les données actuellement disponibles ne permettent pas de formuler des plans locaux d'aménagement forestier durables et participatifs. Pour atteindre cet objectif, des cartes détaillées sur l'état et sur les changements du couvert forestier, ainsi que des données fiables sur la productivité, seront absolument nécessaires.

⁵⁷ Le prix du bois de feu a triplé, tandis que celui du charbon de bois a été multiplié par cinq, depuis l'adoption de ces mesures en 2009.

- Pour autant, obtenir ces informations sur de vastes surfaces pourrait s'avérer coûteux. Une contribution importante de l'analyse WISDOM à cet égard concerne l'identification des zones prioritaires d'intervention, tels que les départements et les territoires où la gestion forestière doit se concentrer; elle permet de circonscrire la récolte des données aux zones effectivement nécessaires et, donc, de limiter au minimum les dépenses.

VIABILITÉ ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

- La marge entre la demande et le potentiel de croissance est très limitée et la viabilité économique des systèmes commerciaux d'approvisionnement du bois doit être soigneusement évaluée. Les systèmes de production de combustibles ligneux et leur viabilité économique et environnementale doivent être discutés et définis avec les gestionnaires forestiers et les opérateurs locaux. Sur cette base, il sera possible d'évaluer l'accessibilité économique réelle des ressources ligneuses et les exigences de base des systèmes de production durable de bois de feu.
- Ces paramètres d'accessibilité économique doivent être utilisés pour affiner l'analyse WISDOM afin de déterminer:
 - la portée et les objectifs de la composante «gestion forestière» dans les zones où le bilan est positif grâce aux ressources existantes;
 - les zones prioritaires pour l'établissement de plantations forestières et/ou de pratiques agroforestières visant à l'augmentation de l'offre;
 - la cible de stratégies énergétiques alternatives visant à réduire la demande par la diffusion des foyers améliorés et par des programmes de promotion de combustibles alternatifs au bois (*i.e.* gaz, électricité, solaire, etc.).

Données et planifications

CONCERNANT LES DONNÉES DISPONIBLES ET CELLES NÉCESSAIRES POUR LA GESTION DURABLE DES RESSOURCES LIGNEUSE

La formulation des plans de gestion pour l'approvisionnement de combustibles ligneux dans le BBE de N'Djaména et, spécifiquement, l'actualisation du plan directeur d'approvisionnement de N'Djaména nécessitent des données détaillées, fiables et récentes. L'analyse WISDOM N'Djaména a permis de faire le point sur les données disponibles et d'identifier les lacunes d'information les plus importantes. Ses lacunes concernent surtout la distribution des ressources ligneuses et leur potentiel productif durable.

Données sur l'approvisionnement potentiel.

- Le Tchad ne dispose d'aucune carte d'occupation des sols, ce qui constitue une lacune majeure. En effet, aucune gestion n'est possible sans connaître la quantité, la nature et la distribution des ressources. La priorité doit être donnée à la production d'une nouvelle carte d'occupation des sols pour le Tchad (ou, en priorité, pour le bassin d'approvisionnement de N'Djaména, selon les résultats de l'analyse WISDOM). Cette carte devra être suffisamment détaillée et adaptable à tous usages (foresterie, agriculture, pastoralisme, etc.). Dans ce but, il est conseillé d'adopter le système de classification développé par la FAO «Land Cover Classification System»⁵⁸ (LCCS).
- Pour bien comprendre les dynamiques en cours et estimer de façon fiable les taux de déforestation et de dégradation, il est par ailleurs recommandé de réaliser le suivi du couvert forestier sur la base de données satellitaires multi-temporelles. Ce travail devra couvrir les dix dernières années et pourra être efficacement intégré aux travaux de production de la carte d'occupation des sols.

⁵⁸ Système de classification de l'occupation des sols.

- L'inventaire forestier conduit en 2004 par l'AEDE, même s'il apparaît déjà un peu ancien, peut encore être utile pour l'estimation du stock en biomasse ligneuse, si les données géo-référencées de l'inventaire sont mise en relation avec une carte actualisée de la végétation/occupation des sols (premier point ci dessus). Afin de procéder rapidement dans à la formulation du PDA de N'Djamena, il serait souhaitable de produire de façon prioritaire et urgente la carte d'occupation des sols du bassin d'approvisionnement de la ville (selon les résultats du WISDOM) et d'exploiter les données d'inventaire.
- Le Tchad ne dispose pas de données sur l'accroissement durable des formations forestières (l'inventaire forestier AEDE 2004 n'a pas produit de données sur l'accroissement). Il est donc nécessaire de recueillir des données sur l'accroissement des formations naturelles pour estimer leur potentiel productif durable.
- Au-delà des mesures plus immédiates et urgentes visant N'Djamena et son bassin d'approvisionnement, et pour permettre de formuler des plans de gestion forestiers au niveau national et des PDA pour toutes les villes du Tchad, il est indispensable de conduire un inventaire forestier national. Cet inventaire devra estimer les volumes de bois sur pied (par espèce, par qualité, etc.) sur l'ensemble du pays, ainsi que la productivité durable des formations ligneuses. Pour estimer de façon fiable cette productivité durable, il conviendrait d'établir un réseau de placettes permanentes; toutefois, en analysant l'accroissement accru dans des placettes dont on connaît la date de la dernière exploitation, il sera dans un premier temps possibles de fournir une estimation préliminaire de la productivité.

Données sur la demande en combustibles ligneux.

- Les données sur la demande en bois de feu et charbon de bois sont essentielles pour formuler des plans de gestion et des schémas directeurs d'approvisionnement. Actuellement, les données sur la demande dans la région urbaine et périurbaine de N'Djamena sont meilleures que celles sur l'offre. Néanmoins, il serait utile de réaliser des enquêtes complémentaires sur la consommation dans la zone d'influence de N'Djaména (sur un rayon d'environ 400 km).

Compte tenu des limites des données existantes, le développement du WISDOM N'Djamena a impliqué certaines suppositions et des attributions de valeurs provisoires. Toutes contributions et critiques compétentes qui pourraient améliorer l'interprétation des données existantes ou qui fourniraient des références nouvelles et plus fiables seraient les bienvenues.

SUR L'APPROCHE CHOISIE

L'EWR s'est avérée apte à prendre la mesure de la situation, à fournir une définition préliminaire du bassin d'approvisionnement et, ainsi, à proposer une délimitation de la zone où récolter les données additionnelles. Les résultats de l'analyse détaillée sont très proches des conclusions préliminaires de l'EWR.

APPROPRIATION DE L'OUTIL WISDOM

- L'appropriation de l'outil WISDOM par les institutions nationales reste très faible car celles-ci ne disposent d'aucune unité technique capable de gérer les données géostatistiques à la base de cet outil.
- L'analyse WISDOM et sa base de données géostatistiques relèvent davantage du prototype que d'un système structuré stable. Pour permettre de maintenir, d'actualiser et, finalement, d'utiliser la base des données WISDOM comme aide permanente à la planification, il serait nécessaire de convertir le prototype actuel en un système d'information structuré.
- Les activités de (i) renforcement des capacités nationales de gestion des données géostatistiques et de (ii) création d'un système stable d'aide à la planification stratégique et opérationnelle doivent être accomplies en concertation. Cela permettra d'orienter le processus de formation sur des problèmes réels et pratiques et garantira la meilleure appropriation de l'outil WISDOM.

RECOMMANDATIONS

Les recommandations spécifiques et opérationnelles sont formulées sous forme d'actions prioritaires présentées en tableau (ci-après) et incluses dans le document de stratégie pour la FUPU de N'Djaména. Les recommandations principales sont:

- Dans la mesure où la disponibilité de bois mort ne peut pas satisfaire durablement les besoins de bois de feu du pays, il est recommandé de retirer l'interdiction d'exploitation du bois vert et de lancer un programme de gestion rationnelle et durable des ressources ligneuses dans le bassin d'approvisionnement de N'Djaména, sur la base des données récoltées et des simulations proposées par WISDOM.
- Dans le cadre d'une nouvelle politique du secteur bois-énergie et du développement des programmes d'aménagement forestier durables et participatifs, il est recommandé d'ajouter une forte composante environnementale, qui servira de soutien au programme, tant d'un point de vue technique que politique.
- Afin d'évaluer l'accessibilité économique réelle des ressources ligneuses et les exigences de base des systèmes de production durable de combustibles ligneux, il est recommandé d'établir des liaisons avec les gestionnaires forestiers et les opérateurs locaux de la filière bois-énergie.

DONNÉES

L'absence d'une carte d'occupation des sols suffisamment détaillée et récente constitue un handicap majeur; il conviendrait donc de produire prioritairement une nouvelle carte d'occupation des sols, adaptable à tous les usages, pour l'ensemble du pays. Dans cette optique, l'adoption du système de classification LLCS est recommandée.

Par ailleurs, l'absence de données sur l'accroissement des formations naturelles, arborées et arbustives, représente un manque réel: ces observations de base sont en effet indispensables à toute action de gestion durable des ressources forestières. Il est donc recommandé:

- À court terme, dans le BBE de N'Djaména: de récolter des données sur l'accroissement des formations naturelles et d'estimer leur potentiel productif durable. Une attention particulière sera portée aux fruits de palmiers (rônier et doum), qui constituent certes une source bioénergétique, mais dont on mesure encore mal le potentiel et les incidences de la production sur l'environnement. Ainsi, cette production ne saurait être recommandée si sa pratique induit un impact négatif sur la régénération des doums.
- À moyen/long terme, au niveau national: de conduire un inventaire forestier national. Cet inventaire devra estimer les volumes de bois sur pied (par espèces, par qualité, etc.) sur l'ensemble du pays, ainsi que la productivité durable des formations ligneuses. Pour estimer de façon fiable la productivité durable, il est aussi recommandé d'établir un réseau de placettes permanentes.

APPROPRIATION

Pour pallier l'absence d'unité technique capable de gérer des données géostatistiques et de les exploiter à des fins de planification, il est recommandé de concevoir des actions visant à renforcer les capacités institutionnelles de planification et la pleine appropriation de l'expérience WISDOM par les entités compétentes du gouvernement, tels que l'unité responsable de l'aménagement forestier et l'AEDE.

Afin de maintenir l'analyse WISDOM «vivante» et de la rendre efficace pour la planification future, il est recommandé de convertir le prototype actuel en un système d'information structuré, incluant les protocoles de mise à jour et de maintenance, ainsi qu'une interface accessible pour la consultation et l'interrogation par des utilisateurs non-techniques.

ACTIONS PRIORITAIRES

La stratégie et le plan d'action pour la promotion de la FUPU à N'Djaména se déclinent selon quatre axes stratégiques. Pour rendre opérationnelle cette stratégie, un certain nombre d'actions correspondant à chacun de ces axes stratégiques ont été identifiées pour la première phase de mise en œuvre⁵⁹. Certaines de ces actions répondent plus spécifiquement aux problématiques soulevées dans le cadre de l'étude WISDOM. Il s'agit des actions de:

- L'axe 2, qui vise l'objectif global de contribuer à la préservation et la restauration des terres et des écosystèmes dégradés, en particulier:
 - **OS1:** connaître les ressources disponibles et les systèmes d'exploitation existants dans la zone urbaine et périurbaine.
- L'axe 4, qui vise l'objectif global de contribuer à l'approvisionnement durable des centres urbains en énergie domestique. Cet objectif est identifié comme une alternative à la question énergétique et se propose de donner des orientations pour l'approvisionnement durable en bois-énergie de la ville de N'Djaména et des autres centres de la zone périurbaine. Il est soutenu par deux objectifs spécifiques:
 - **OS1:** rationaliser l'exploitation des ressources forestières en vue de l'approvisionnement durable en bois-énergie de la ville de N'Djaména et des autres centres urbains du bassin.
 - **OS2:** promouvoir les sources d'énergie de substitution au bois-énergie.

Axe 2. Lutte contre la déforestation et la dégradation des terres

OS1: connaître les ressources disponibles et les systèmes d'exploitation existants dans la zone urbaine et périurbaine.

Action 1. Mise à jour des données (collecte d'information, inventaires des ressources et cartographie).

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Diagnostics et collectes d'informations socio-économiques.	2012-2013.	DFLCD, université de N'Djaména.	FAO, BAD ⁶⁰ , BM ⁶¹ , UE, ONG, COMIFAC ⁶² , FFBC ⁶³ , BID ⁶⁴ , BADEA ⁶⁵ , AFD.
2. Cartographie et inventaire des ressources forestières.	2012-2013.	DFLCD, CNAR.	
3. Mise en place de placettes permanentes pour l'estimation de l'accroissement annuel des formations naturelles.	2013-2014.	DFLCD, CNAR.	
4. Suivi de la dynamique de la végétation et de l'occupation des sols sur données satellitaires multi-temporelles.	À partir de 2014.	DFLCD, CNAR.	

⁵⁹ Pour prendre connaissance de l'ensemble des actions définies dans ce cadre, lire: FAO. 2011. «Stratégie de développement et plan d'action pour la promotion de la foresterie urbaine et périurbaine de la ville de N'Djaména.» Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n°5. 110 pages. Rome.

⁶⁰ Banque africaine de développement.

⁶¹ Banque mondiale.

⁶² Commission des forêts d'Afrique centrale.

⁶³ Fonds forestiers pour le bassin du Congo.

⁶⁴ Banque islamique pour le développement.

⁶⁵ Banque africaine de développement des États arabes.

Axe 4. Gestion de l'approvisionnement durable des centres urbains en énergie domestique

OS1: rationaliser l'exploitation des ressources forestières.

Action 1. Renforcement des capacités nationales pour la gestion, le suivi et le contrôle de l'approvisionnement en bois-énergie de N'Djaména.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Évaluation des besoins en moyens matériels et humains au niveau de la DFLCD et de l'AEDE.	2012.	DFLCD, AEDE, DEPS ⁶⁶ .	État Tchadien, FAO, PNUD ⁶⁷ , UE, FFBC, BM, BAD, BID.
2. Formation du personnel en planification, gestion, suivi et contrôle de l'approvisionnement de la ville en énergie domestique y compris la méthodologie WISDOM.	2012-2013.		
3. Dotation de ces services en moyens et équipements nécessaires.	2012.		

Action 2. Actualisation des couches informatives nécessaires à la planification et gestion durable des ressources forestières afin d'assurer l'approvisionnement durable de combustibles ligneux.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Produire une nouvelle carte d'occupation des sols pour le Tchad qui soit adaptée à tous les usages. Il est recommandé d'adopter le système de classification développé par la FAO « <i>Land Cover Classification System</i> » (LCCS).	2012.	DFLCD, AEDE, MATUH, CNAR.	État Tchadien, FAO, PNUD, UE, FFBC, BM, BAD, BID.
2. Recueillir des données sur l'accroissement des formations naturelles pour estimer leur potentiel productif durable.	2012-2013.	MERH.	
3. Évaluation du potentiel bois-mort afin de prendre des mesures à temps pour contrer l'effet de l'épuisement du stock bois-mort.	2012-2013.	DFLCD, AEDE, DEPS.	
4. Réalisation des enquêtes complémentaires sur la consommation dans la zone d'influence de N'Djaména (rayon d'environ 400 km).		MERH, ONDR ⁶⁸ .	

⁶⁶ Direction des études, de la planification et du suivi.

⁶⁷ Programme des Nations Unies pour le développement.

⁶⁸ Office national de développement rural.

Action 3. Priorisation et formulation des plans simples de gestion de l'approvisionnement en bois-énergie de N'Djaména.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Formulation d'un nouveau plan directeur d'approvisionnement de N'Djaména sur la base des résultats WISDOM et du cadre juridique.	2013.	MERH.	État Tchadien, FAO, PNUD, UE, FFBC, BM, BAD, BID.
2. Élaboration des plans simples de gestion des zones excédentaires en ressource ligneuse pour l'approvisionnement des centres urbains.	2012-2013.	MERH, ONDR.	
3. Élaboration des plans d'aménagement pour la restauration des zones déficitaires en ressources forestières.	2012-2013.	MERH, MATUH, MEP ⁶⁹ .	

Action 4. Conversion des informations de la méthodologie WISDOM dans un SIG.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Structuration d'un SIG à partir des modules WISDOM N'Djaména existants.	2012.	DFLCD, CNAR, SIDRAT.	État Tchadien, FAO, PNUD, UE, FFBC, BM, BAD, BID.
2. Définition des protocoles de mise à jour des couches thématiques et de maintenance du système.	2012.		
3. Création d'une interface accessible pour la consultation et l'interrogation par des utilisateurs non-techniques.	2013.		

Action 5. Appui à l'organisation des acteurs de la filière bois-énergie.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Actualisation des données sur la filière bois-énergie.	2012.	DFLCD, AEDE.	État Tchadien, FAO, PNUD, UE, FFBC, BM, BAD, BID.
2. Évaluation des expériences de l'AEDE de 2002-2004 concernant les VERT.	2012-2013.	MERH, bureau d'études.	
3. Réorganisation de la filière sur des bases solides.	2013-2014.	MERH, Ministère du commerce.	
4. Suivi et contrôle de l'approvisionnement en bois-énergie.	2014-2016.	DFLCD, AEDE.	

⁶⁹ Ministère de l'énergie et du pétrole.

OS2: promouvoir les énergies de substitution au bois de feu.

Action 6. Promotion des énergies de substitution au bois et vulgarisation des équipements permettant d'économiser le bois-énergie.

Activités	Périodes	Structure responsable	Partenaires techniques et financiers
1. Subvention massive du gaz butane pour le rendre accessible à un grand nombre de la population.	2012-2016.	MEP, AEDE, DEEDD ⁷⁰ , DFLCD.	État Tchadien, BM, BAD, BID.
2. Subvention des foyers améliorés de type <i>Save80'</i> et initiation de la fabrication au niveau national des prototypes des foyers performants.	2012-2016.		
3. Appui aux initiatives privées pour la mise au point et la fabrication des cuiseurs solaire, et d'autres combustibles écologiquement durable (briquettes, biogaz...).	2012-2016.		
4. Élaboration et mise en œuvre d'un programme d'information et de communication sur les énergies de substitution au bois de feu.	2012-2016.		
5. Vulgarisation des équipements d'économie de bois et des autres sources d'énergie écologiquement durable.	2013-2016.	MEP, puis privés, AEDE, DEEDD, DFLCD, ONG.	

⁷⁰ Direction de l'éducation environnementale et du développement durable.

BIBLIOGRAPHIE

- AEDE, ECO-Consult/Agritchad.** 2002. Plan directeur d'approvisionnement en énergie domestique de Ndjamenana. 60 p. République du Tchad.
- AEDE, ECO-Consult-Agritchad.** 2002. Résultats d'inventaire forestier général dans le bassin de N'Djamena. Projet énergie domestique (PED). Rédigé par Forster, H. et Babacar, M. République du Tchad.
- AEDE.** 2011. Étude sur la consommation des combustibles domestiques à N'Djamena et en milieu rural périurbain. Document de Projet TCP/ CHD/ 3203/ (D), rédigé par Doutoum, C.-H. République du Tchad.
- Arino, O., Gross, D., Ranera, F., Bourg, L., Leroy, M., Bicheron, P., Latham, J., Di Gregorio, A., Brockman, C., Witt, R., Defourny, P., Vancutsem, C., Herold, M., Sambale, J., Achard, F., Durieux, L., Plummer, S., Weber, J.-L.** 2007. *GlobCover: ESA service for global land cover from MERIS*. ESA-ESRIN, Frascati. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2007. IGARSS 2007. IEEE International. 23-28 July 2007
- 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).
- Bicheron, P. (Medias-France), Defourny, P. (UCL), Brockmann, C. (BC), Schouten, L. (Infram), Vancutsem, C. (UCL), Huc, M. (Medias-France), Bontemps, S. (UCL), Leroy, M. (Medias-France), Achard, F. (JRC), Herold, M. (GOFC-GOLD), Ranera, F. (ESA), Arino, O. (ESA).** *GlobCover - Products Description and Validation Report*.
- Drigo, R.** 2009. Étude WISDOM globale. Phase 1-Module «Offre». Rapport préliminaire pour la FAO. Rome.
- FAO.** 2000. *Global Ecological Zoning*. Rome.
- FAO.** 2002. *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping-WISDOM: a geographic representation of woodfuel priority areas*. *Unasylva* 211, vol. 53, pp 36-40 (publié en anglais, français et espagnol). Rédigé par Drigo, R., O.-R. Masera et M.-A. Trossero. Rome.
- FAO.** 2003. Carte globale intégrée de l'offre et de la demande de bois de feu-WISDOM. Rédigé par Drigo, R., O.-R. Masera et M.-A. Trossero. Rome.
- FAO.** 2004. Terminologie unifiée de la bioénergie (TUB). Rome.
- FAO.** 2005. *Mapping global urban and rural population distribution. Prepared by Salvatore, M., Pozzi, F., Ataman, E., Huddleston, B. and Bloise, M. for FAO Poverty Mapping Project. Environment and Natural Resources Working Paper, n°24*. Rome.
- FAO.** 2006. *WISDOM-East Africa. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) Methodology. Spatial woodfuel production and consumption analysis of selected African countries. Prepared by Drigo, R. for the FAO Forestry Department-Wood Energy*.
- FAO.** 2007. *Wood-energy supply/demand scenarios in the context of poverty mapping. A WISDOM case study in Southeast Asia for the years 2000 and 2015. Prepared by Drigo, R. for FAO Environment and Natural Resources Service (SDRN) and Forest Product Service (FOPP). Environment and Natural Resources Working Paper n°27*. Rome.
- FAO.** 2008. WISDOM pour les villes. Analyse de la dendroénergie et de l'urbanisation grâce à la méthode WISDOM. Rédigé par Drigo, R. et Salbitano, F. sous la supervision de Trossero, M. et Gauthier, M. Département des forêts-Foresterie urbaine et Dendroénergie. Rome.
- FAO.** 2009. Plateforme WISDOM pour Bangui. Diagnostic et cartographie du territoire et de la société pour le bois-énergie. Rédigé par Drigo, R. Rome.
- FAO.** 2011. *WISDOM Darfur-Land Cover mapping and WISDOM analysis for emergency and rehabilitation planning in Darfur*. Rédigé par Drigo, R. et Codipietro, P. *Environment and Natural Resources Working Paper*. Rome.

- FAO.** 2011. Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et périurbaine à N'Djaména. Rôle et place de l'arbre en milieu urbain et périurbain. Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n°6. Préparé par Djekota, C. et Djimramadji, A. 80 pages. Rome.
- 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.
- Hansen, M., DeFries, R., Townshend, J.R., Carroll, M., Dimiceli, C. and Sohlberg, R.** 2003. *500m MODIS Vegetation Continuous Fields. College Park, Maryland: The Global Land Cover Facility.*
- INSEED.** 2009. Résultats globaux. Deuxième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH2). 88 p. République du Tchad.
- Leach, M. and Mearns, R.** 1988. *Beyond the woodfuel crisis: people, land and trees in Africa. EarthScan Publications. London.*
- Mahapatra, A.-K. and Mitchell, C.-P.** 1999. *Biofuel consumption, deforestation, and farm level tree growing in rural India. Biomass and Bioenergy, 17(4): 291-303.*
- Ministère de l'agriculture.** 2009. Enquête de sécurité alimentaire et de vulnérabilité structurelle. Rapport général. 230 p. République du Tchad.
- Nelson, A.** 2008. *Estimated travel time to the nearest city of 50,000, or more people in year 2000. Global Environment Monitoring Unit-Joint Research Centre of the European Commission. Ispra, Italy.*

ANNEXES

Annexe 1. Carte *GlobCover* et MODIS *Tree Cover*

CARTE GLOBALE D'OCCUPATION DES SOLS *GLOBCOVER*⁷¹

GlobCover est une initiative de l'European Space Agency (ESA) qui a débuté en 2005. Le projet *GlobCover* a développé un service capable de fournir des composites mondiales et des cartes du couvert végétal en utilisant les données à 300m de résolution du capteur MERIS à bord du satellite ENVISAT.

GlobCover est la carte d'occupation des sols globale à plus haute résolution (300 mètres) jamais produite et validée de façon indépendante.

Les composites *GlobCover* sont dérivées à partir du module de prétraitement des *GlobCover*, qui comprend un ensemble de corrections (la détection des nuages, la correction atmosphérique, la géolocalisation et *re-mapping*). La carte *GlobCover* est compatible avec le système de classification LCCS des Nations unies développé par la FAO.

Actuellement, l'ESA met à disposition un ensemble de produits couvrant deux périodes: décembre 2004-juin 2006 et janvier-décembre 2009.

Pour plus d'information:

- voir Arino et al. 2007 et Bicheron et al;
- voir *GlobCover* Portal.

CARTE GLOBALE DE LA DENSITÉ DES ARBRES MODIS TREE COVER MAP⁷²

La carte globale de la densité des arbres (*MODIS Tree Cover map*) à 500 m de résolution est un produit de l'application de l'algorithme *Vegetation Continuous Fields* (VCF) aux données du capteur MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*).

Les produits VCF sont couches de la carte mondiale représentant des estimations proportionnelles des propriétés de la végétation de base. Les couches de base incluent le pourcentage de couverture des arbres, de la strate herbacées / arbustif et de la terre nue. La méthodologie VCF préserve les détails en améliorant la représentation des paysages hétérogènes par rapport aux autres méthodes de classifications.

⁷¹ © ESA *GlobCover* projet, dirigé par MEDIAS-France.

⁷² Hansen et al. 2003.

TABLEAU 1.1: CLASSIFICATION GLOBCOVER POUR LE TCHAD

Pixel count	Approx. area ('000ha)	Code GlobCover	Classe GlobCover (Ang.)	Classe GlobCover (Fr)	Code à 10 classes	Reclassification à 10 classes
240	2	11	Crop irrigated	Cultures irriguées	6	Cultures
121	1	13	Crop irrigated (herb)	Cultures irriguées (herbacées)	6	Cultures
407323	3.788	14	Crop rainfed	Cultures pluviales	6	Cultures
791012	7.356	20	Mix crop (60)/veg (35)	Mélange culture (60) / végétation naturelle (35)	4	Jachères
804682	7.484	30	Mix veg (60)/crop (35)	Mélange végétation naturelle (60) / culture (35)	4	Jachères
148	1	40	CI-Op Forest broadl everg-s.decid	Forêt Ouverte/Fermée Feuillue sempervirente ou semi-décidue	1	Formations ligneuses
561385	5.221	60	Op Forest-woodland broadl decid	Forêt claire et savane ligneuses feuillue décidue	1	Formations ligneuses
784226	7.293	110	Mix forest-shrub (60)/ grass (35)	Formation mixte forêt-arbuste (60%) et herbacée (35%)	1	Formations ligneuses
14033	131	120	Mix grass(60)/ forest-shrub(35)	Formation mixte herbacée (60%) et forêt-arbuste (35%)	1	Formations ligneuses
1300862	12.098	130	CI-Op Shrubs	Arbuste Ouverte/Fermée	3	Savane arbustive
71	1	134	CI-Op Shrubs decid	Arbuste Ouverte/Fermée décidue	3	Savane arbustive
962080	8.947	140	CI-Op Grassland	Formation herbacée fermée-ouverte	7	Savane herbacée
16	0	141	CI Grassland	Herbacée fermée	7	Savane herbacée
373673	3.475	143	Op Grassland	Formation herbacée ouverte	7	Savane herbacée
207364	1.928	150	Sparse vegetation	Végétation naturelle clairsemée	5	Végétation clairsemée
39230	365	180	CI-Op grass-woody swamps (fresh-brakish-saline)	Formations marécageuses herbacées ou ligneuses	2	Savanes marécageuses
599	6	190	Urban-artificial	Urbain - infrastructure	9	Urbain - infrastructure
1640867	15.260	200	Bare areas	Improductive	8	Improductive
2931419	27.262	201	Consolidated bare areas	Improductive mobile	8	Improductive
3032347	28.201	202	Non-consolidated bare areas	Improductive stable	8	Improductive
32420	302	210	Water bodies	Eau	10	Eau
13884118	129.122					

Annexe 2: Nom et description des cartes thématiques

La projection des cartes est géographique avec système de coordonnées GCS_WGS_1984.

Les cartes raster ont la résolution de 10 secondes d'arc (pixel de 308 m à l'Équateur), sauf autres spécifications.

TABLEAU A2.1: ÉTAPE 1: EWR TCHAD

Tchad filename	Format	Description
Base Cartographique		
tch_glc_eco2		Combinaison des cartes GlobCover et <i>Global Ecological Zone</i>
tch_glc		Carte GlobCover du Tchad
tch_1		Masque du Tchad à 10 seconds d'arc (valeur 1)
tch_30as		Masque du Tchad à 30 seconds d'arc (valeur 1)
Tch_g2006	v	1ere division administrative (2006; NRCE)
tch_sn1		1ere division administrative (2006; NRCE) version raster
Tch_g2006_sn2	v	2eme division administrative (2006; NRCE) depuis g2006_000_2.shp
tch_sn2		2eme division administrative (2006; NRCE) version raster
Accessibilité		
ac50k10as_30		Accessibilité physique à 10 as (acc_50k_pcmn30 ré-échantillonné à 10 as) depuis la carte originelle <i>travel time map</i> à 30
tch_IUCN09_I_VI	v	Aires protégées du Tchad selon la carte IUCN_09_pol_I_VI.shp
Module Offre		
tch_tc10		Carte du couvert arboré (<i>Tree Cover %</i>) (valeur minimal 1 pour permettre de représenter les formations arbustives)
stk10kgha_md		Stock de biomasse ligneuse –valeurs moyens par hectare (unité: 10kg / ha)
stk10kg_md		Stock de biomasse ligneuse –valeurs moyens (unité: 10kg) = $\text{Int}([\text{stk_10kgha_md}] * [\text{area10as2}] / 100 + 0.5)$
maiha10_mdmd		AAM (=MAI) par hectare en fonction du stock. Valeurs moyens par hectare (unité:10kg / ha) = $\text{Int}(\text{pow}(\text{stk_10kgha_md}, 0.5) * 1.5 + 0.5)$
mai_10_mdmd		AAM par pixel. Valeurs moyens (unité:10kg). $\text{Int}((50 + [\text{maiha10_mdmd}] * [\text{area10as2}]) / 100)$
mailac10_mdmd		AAM par pixel légalement accessible. Valeurs moyens (unité:10kg) = $\text{Int}((50 + \text{mai_10mdmd} * \text{iucn09_acc}) / 100)$
mai_ac10_mdmd		AAM par pixel légalement et physiquement accessible. Valeurs moyens (unité:10kg) $\text{Int}((50 + \text{mailac10mdmd} * \text{acc50k10as_30}) / 100)$
Module Demande		
rur05		Carte de la population rurale à 30 sec- d'arc (x 10,000)
rurset05		Carte de la population des villages à 30 sec- d'arc (x 10,000)
urb05		Carte de la population urbaine à 30 sec- d'arc (x 10,000)
rur05x9_10as		= rur05 ré-échantillonné à 10 sec. d'arc
rur05_10as2		Carte de la population rurale à 10 sec-arc (x 10,000) = $\text{Int}([\text{rur05x9_10as}] / 9 + 0.5)$
rs05x9_10as		= rurset05 ré-échantillonné à 10 sec. d'arc
rurst05_10as2		Carte de la population des villages à 10 sec- d'arc (x 10,000) = $\text{Int}([\text{rs05x9_10as}] / 9 + 0.5)$
urb05x9_10as		= urb05 ré-échantillonné à 10 sec. d'arc

Plateforme WISDOM pour la ville de N'Djaména

urb05_10as2		Carte de la population urbaine à 10 sec- d'arc (x 10,000) = Int([urb05x9_10as] / 9 + 0.5)
hhdmrur05kg		Consommation secteur résidentiel rural 2005 (kg / 10 as pixel) = int(rur05_10as2 * 0.0365)
hhdmrset05kg		Consommation secteur résidentiel des villages ruraux 2005 (kg / 10 as pixel) = int(rurst05_10as2 * 0.0456)
hhdmurb05kg		Consommation secteur résidentiel urbain 2005 (kg / 10 as pixel) = int(urb05_10as2 * 0.0546)
hhdm_05kg		Consommation secteur résidentiel 2005 (kg / 10 as pixel) = merge(hhdmrur05kg, hhdmrset05kg, hhdmurb05kg)
Module Intégration		
balacmd_hhkg		Balance accessible MAI (md) – consommation secteur résidentiel 2005 (kg/pixel) = Int([mai_ac10_mdmd] * 10 - [hhdm_05kg] + 0.5)
balacmdhhf10		Balance dans un rayon de 3 km =focalmean balacmd_hhkg (circle 10 mean) * tch_1
Analyse du Bassin Bois-Energie (Woodshed)		
cd_ndja1		Résultats de l'analyse COST-DISTANCE depuis N'Djamena
ndja_597		Segmentation de cd_ndja1 en 597 classes
ndja_35_65		Regroupement de classes 1-35, 36-65 et > 65
ndj35_65	v	Zones d'approvisionnement (1= 100% AAD; 1+2 = 70% AAD)
ndj_65		Masque de la zone d'analyse WISDOM N'Djamena

TABLEAU A2.2: ÉTAPE 2: ANALYSE DÉTAILLÉE WISDOM N'DJAMENA

Carte	Format	Description
Base Cartographique		
tch_0	r	Masque du Tchad (valeur des pixels=0)
msk_z_etude	r	Masque de la zone d'étude (Dérivée des cartes acc_factor.grd et slope6as.grd)
tcd_polbnda_int_1m_ocha.shp	v	Carte administrative – Niveau 0
tcd_polbnda_adm1_1m_ocha.shp	v	Carte administrative – Niveau 1 Région
tcd_polbnda_adm2_1m_ocha.shp	v	Carte administrative – Niveau 2 Département
tcd_polbndl_adm3_1m_gaul.shp	v	Carte administrative – Niveau 3 Sous-préfecture (?)
tcd_watcrsl_rvr_ocha.shp	v	Réseau hydrologique
Accessibilité		
tcd_rdsl_ocha.shp	v	
rd_1	r	Conversion de tcd_rdsl_ocha.shp à raster
dist0	r	«Distance 0» point de départ de l'analyse cost-distance. = (merge(rd_1, rur_pnt, urb09_00)) * 0
slope6as	r 6as	Carte de pentes à 6 seconds d'arc
cd_3	r 6as	Cost-distance (dist0; slope6as) à 6 seconds d'arc
cd3_10as	r	cd_3 ré-échantillonné à 10 seconds d'arc
cd3_10as40	r	cd3_10as reclassé à 40 classes
acc100_20	r	Carte d'accessibilité physique (tentative) . Valeurs de 100% à 20%.
leg_acc	r	Accessibilité légal (réf. IUCN-WCMC) Valeurs en % accessible.
acc_factor	r	Carte d'accessibilité physique et légale. Valeurs en % accessible. = acc100_20 * leg_acc / 100
Module Offre		
VégétBassin Polygon.shp	v	Carte de la végétation AEDE 2002 - version shapefile
aede_veg01	r	Carte de la végétation AEDE 2002 – version raster 10 arcsec
tch_glc	r	Carte GlobCover (10 arc-secondes , 300m) coupé sur les limites du pays.
converge		Carte qui montre les zones de convergences et de divergences entre AEDE et GlobCover
glc_recl10		Reclassification de GlobCover à 10 clases (voir détails en Annexe 5)
tch_tc10		Carte MODIS Tree Cover % 1 – 100 (valeur 0 déclassifié à 1 pour représenter les formations non arborées) ré-échantillonné à 10 arc-sec
tc10_f3		Carte MODIS TC «lissée» avec fonction GIS FOCALMEAN (circle, 3)
Stock de biomasse ligneuse		
<p>Cartographie du stock de biomasse ligneuse basée sur les échantillons de l'inventaire général_AEDE. Voir archive LC_glc10_INV_volumes_&_aede_map.xls, feuille glc_10cl_INV_gen.</p> <p>recl_glc_recl10_mul_ha.txt = Fichier de reclassification de la carte glc_recl10 avec les valeurs de stock de bois total /ha correspondent à la valeur unitaire de la carte tc10_f3.</p> <p>Avec la reclassification on produit la carte de multiplicateurs qui, multiplié à la carte tc10_f3 , permet d'obtenir la carte de la distribution du stock de bois total /ha</p>		
Résultats étendues à la zone couverte par la carte d'accessibilité définie par la carte msk_z_etude		
mul2_kgtc		Carte de multiplicateurs pour bois total /ha

		= reclass(glc_recl10, recl_glc_recl10_mul_ha.txt)
stk2_kgha		Carte de la distribution du stock de bois total /ha. Valeurs en kg de biomasse ligneuse séché à l'aire par hectare = int(0.5 + (mul2_kgtc * tc10_f3))
stk2_odtha		Stock en t de m.s. (m.s) / ha = stk2_kgha * 0.8191(facteur m.s. / séché à l'aire) / 1000
stk2_odt		Stock en t m.s. = stk2_odtha * tch10as_ha00 / 100
Productivité		
En kg bois m.s. / an		
mai2_kghamn		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs minimales par hectare. (kg bois m.s.) = (pow(stk2_odtha, 0.6) * 7) * 10
mai2_kghamd		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs moyens par hectare. (kg bois m.s.) = (pow(stk2_odtha, 0.5) * 15) * 10
mai2_kghamx		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs maximales par hectare. (kg bois m.s.) = (pow(stk2_odtha, 0.42) * 30) * 10
mai2_odkgmn		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs minimales par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_kghamn * tch10as_ha00 / 100
mai2_odkgmd		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs moyens par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_kghamd * tch10as_ha00 / 100
mai2_odkgmx		AAM (=MAI) en fonction du stock. Valeurs maximales par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_kghamx * tch10as_ha00 / 100
accmai2kg_mn		AAM accessible. Valeurs minimales par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_odkgmn * acc_factor / 100
accmai2kg_md		AAM accessible. Valeurs moyens par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_odkgmd * acc_factor / 100
accmai2kg_mx		AAM accessible. Valeurs maximales par pixel. (kg bois m.s.) = mai2_odkgmx * acc_factor / 100
Module Demande		
		Carte de la population basée sur la carte administrative dep_09_com_ndj.shp et fichier dep09_rur_urb_coduniq.xls
dep_coduniq		Départements 2009
rur_pnt		Pixels de villages
dep_rurpx00		Valeur de pop rurale (*100) associée aux départements = reclass(dep_coduniq, recl_dep_coduniq_rur_100.txt)
rur09_00		population rurale par pixel (valeurs *100) = dep_rurpx00 * rur_pnt
urb_00		population urbaine de chef-lieu des départements par pixel (valeurs *100)
urbndj00		population urbaine de la commune de N'Djaména par pixel (valeurs *100)
urb09_00		population urbaine de chef-lieu des départements et de la commune de N'Djaména par pixel (valeurs *100) = merge(urb_00, urbndj00)
Carte de la consommation domestique		
Ndjaména_Buffer.shp	v	Buffer de 60 km autour du centre N'Djaména, qui sert pour distinguer la zone à régime de consommation périurbaine (438 od kg/pers./an) du régime rural proprement dite (516 od kg/pers./an)
p_urb60_rur		Zone périurbaine de NDJ révisé à 60 km (val 0)_et zone rural (val 1) (Tchad entier)
urb_odkg_pers		Valeur de consommation par personne en milieu urbain. Commune de NDJ et

	autre chef-lieu de département (bois m.s. en kg/personne/an)
urb_odkg	Consommation urbaine (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{int}((50 + \text{urb09_00} * \text{urb_odkg_pers}) / 100)$
urb_odkg0	Consommation urbaine (avec valeur 0 au lieu de NoData) (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{merge}(\text{rur_odkg}, \text{tch_0})$
urb_odkgf12	Consommation urbaine «lissée» sur l'alentour des points peuplés jusqu'à 12 pixels (3.6 km) (bois m.s. en kg/pixel/an)
rur60odkgpers	Valeur de consommation par personne en milieu rural et en milieu périurbain (bois m.s. en kg/personne/an)
rur60_odkg0	Consommation rurale (avec valeur 0 au lieu de NoData) (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{merge}(\text{int}((50 + \text{rur09_00} * \text{rur60odkgpers}) / 100), \text{tch_0})$
rur60_odkgf9	Consommation rurale et périurbaine «lissée» sur l'alentour des points peuplés jusqu'à 9 pixels (2.7 km) (bois m.s. en kg/pixel/an)
hh_60_odkg	Total consommation du secteur domestique (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{urb_odkgf12} + \text{rur60_odkgf9}$
	Carte de la consommation de bois de service Tentative, appliqués à la population rurale et périurbaine Référence à la consommation de bois de service (construction, meubles, etc..) en milieu rural en West Darfur (FAO/FNC, 1995 et WISDOM Darfur). Voir dep09_rur_urb_coduniq.xls
b_serv_odkg	Consommation de bois de service (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{int}((50 + \text{rur60_odkg0} * 13.5) / 100)$
	Carte de la consommation en autres secteurs Voir dep09_rur_urb_coduniq.xls
autres_odkg0	Consommation dans les secteurs commercial, industriel et publique, estimés à 5.5% de la consommation des ménages urbains (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{int}((50 + \text{urb_odkg0} * 5.5) / 100)$
	Carte de la consommation totale
cons_odkg	Consommation totale de combustibles ligneux et de bois de service en milieu urbain, périurbain et rurale (bois m.s. en kg/pixel/an) = $\text{urb_odkg0} + \text{rur60_odkg0} + \text{b_serv_odkg} + \text{autres_odkg0}$
Module Intégration	
	Résultats étendus à la zone couverte par la carte d'accessibilité définie par la carte msk_z_etude
bal2_md	Balance entre offre accessible (physique et légale) et consommation totale de combustibles ligneux et de bois de service = $\text{accmai2kg_md} - \text{cons_odkg}$
	Balance dans un contexte locale d'approximativement 6 km
bal2md_f5	Balance (md) «lissée» sur un rayon d'approx. 1.5 km = $\text{focalmean}(\text{bal2_md}, \text{circle}, 5) * \text{msk_acc2_1}$
bal2mdf20	Balance (md) «lissée» sur un rayon d'approx. 6 km = $\text{focalmean}(\text{bal2md_f5}, \text{circle}, 15) * \text{msk_acc2_1}$
msk-100_100	Masque sur les valeurs de bal2mdf20 Masque: 0= -100 . +100
msk-150_150	Masque: 0= -150 . +150
msk-200_200	Masque: 0= -200 . +200
msk-200_300	Masque: 0= -200 . +300
bal2md100	Bilan commercial «>100» = $\text{bal2mdf20} * \text{msk-100_100}$

bal2md150	Bilan commercial «>150» = bal2mdf20 * msk-150_150
bal2md200	Bilan commercial «>200» = bal2mdf20 * msk-200_200
bal2md300	Bilan commercial «>300» = bal2mdf20 * msk-200_300

Analyse du BBE (*Woodshed*)

Résultats étendus à la zone couverte par la carte d'accessibilité (acc_factor.grd et slope6as.grd) définie par la carte msk_acc2_1

cd_ndj3	Analyse <i>Cost-distance</i> de l'accessibilité depuis N'Djaména = cost-distance (Ndjaména pnt, cost: cd3_10as10)
ndj3_101	Stratification en zones d'accessibilité = reclass cd_ndj3
ndj4_101	Strates d'accessibilité depuis la ville de N'Djaména ndj3_101 * msk_acc2_1
	Les calculs qui sont à la base des bassins-BE sont dans le fichier ndjaména_woodsheds3.xls
terr_fupu	Zones du territoire FUPU et du bassin BE
terr_dept	Combinaison de code des Départements et des zones FUPU-bassin BE. Utilisé pour les sommaires par Département et par les zones du bassin BE

Annexe 3. Statistiques par département et par zone d'intérêt⁷³

TABLEAU A3.1: SUPERFICIES PAR DÉPARTEMENT ET PAR ZONE D'INTÉRÊT (TABLEAU LIMITÉ AUX DÉPARTEMENTS QUI ENTRENT, PARTIELLEMENT OU TOTALEMENT, DANS LE BBE).

Codunig	Région	Département	Surfaces (km2)					BBE à bilan commercial «>200» 5 (*)	BBE à bilan commercial «>300» 6 (**)	Reste de la zone d'étude	Total zone d'étude	% de surface incluse
			Centre-ville	Urbain	Périurbain jusqu'à 40 km	Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan simple / local 4 (*)					
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord	0	1	2	3	4.778	0	6.056	7.434	13.491	37,8
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud						3.669	5.961	530	14.939	100,0
302	BATHA	Fitri						653	10.009	59	10.721	98,7
303	BATHA	Batha-Ouest							1.062	3.380	4.442	8,9
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi				715	22.377	1.877	2.345		27.314	100,0
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		205	1.381	1.151	1.760				4.497	100,0
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					1.928	2.967	8.294	2.726	15.915	100,0
701	COMMUNE NDJAMENA	Ville de Ndjaména	51	275	26				6.804	2.491	9.295	28,6
801	GUERA	Barh Signaka							3.275	213	3.488	36,1
803	GUERA	Abtouyou										
901	HADJER-LAMIS	Dagana				15	6.171				6.187	100,0
902	HADJER-LAMIS	Dababa					10.689	4.279	2.311		17.279	100,0
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		30	808	1.807	3.359				6.004	100,0
1001	KANEM	Kanem					343	2.340	6.675	419	9.777	100,0
1002	KANEM	Wadi Bissam					2.809	106	8		2.922	100,0
1003	KANEM	Nord Kanem							7.380	8.960	16.340	27,1
1101	LAC	Wayi					3.323	19			3.342	100,0
1102	LAC	Mamdi					4.675	1.963	7.085	1.292	15.014	83,8
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni							180	874	1.053	100,0
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso							110	1.543	1.653	100,0
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié					3.531				3.531	100,0
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye					4.963	1.805	1.771		8.538	100,0
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi						116	2.726	99	2.942	100,0
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia							3.133	72	3.205	100,0
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré							81	4.271	4.352	99,6
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah							1.254	6.761	8.015	100,0
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest							4.711	366	5.076	100,0
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est						5	7.192	5.360	12.557	100,0
Total par Zone			51	510	2.215	3.688	70.705	19.799	88.423	46.850	232.241	
Valeur cumulative			51	561	2.776	6.464	77.169	96.968	185.391	232.241		

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

⁷³ Cf.: carte de référence, figure 31, page 37.

TABLEAU A3.2: POPULATION (EN 2009) PAR DÉPARTEMENT ET PAR ZONE D'INTÉRÊT.

Codunig	Région	Département	Centre-ville 0	Urbain 1	Périurbain jusqu'à 40 km 2	Périurbain de 40 à 60 km 3	BBE à bilan simple / locale 4 (*)	BBE à bilan commercial «>200» 5 (*)	BBE à bilan commercial «>300» 6 (*)	Reste de la zone d'étude	Total zone d'étude
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord						0	20.447	17.985	38.432
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud					62.098	70.437	60.334	3.175	196.045
302	BATHA	Fitri						6.252	109.905	0	116.157
303	BATHA	Batha-Ouest						13.251	20.090		33.341
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi			10.201		197.745	11.532	6.653		226.130
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		9.712	71.449	59.452	49.251				189.864
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					32.313	37.026	116.870	17.503	203.711
701	COMMUNE NDJAMENA	Ville de Ndjaména	610.188	378.145	5.157						993.490
801	GUERA	Barh Signaka						33.627	4.308		37.935
803	GUERA	Abtouyou						27.839	844		28.682
901	HADJER-LAMIS	Dagana				0	188.234				188.234
902	HADJER-LAMIS	Dababa					128.625	72.849	18.212		219.686
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		2.035	27.476	67.520	57.497				154.528
1001	KANEM	Kanem					7.332	59.046	88.568	5.279	160.224
1002	KANEM	Wadi Bissam					92.924	3.588	0		96.511
1003	KANEM	Nord Kanem						27.294	17.981		45.275
1101	LAC	Wayi					218.432	697			219.129
1102	LAC	Mamdi					72.850	36.508	81.816	1.630	192.803
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni						31.002	63.527		94.529
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngour-kosso						15.091	142.051		157.142
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié					80.341				80.341
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye					187.612	33.303	21.119		242.034
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi						6.574	219.162	0	225.736
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia						216.151		0	216.151
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Léré						1.956	214.862		216.818
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah						50.020	271.794		321.814
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest						418.012	5.563		423.575
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est						931	127.994	130.316	259.241
Total par Zone			610.188	389.892	104.082	137.173	1.375.254	338.741	1.705.322	916.909	5.577.560
Valeur cumulative			610.188	1.000.080	1.104.162	1.241.334	2.616.588	2.955.329	4.660.651		

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

TABLEAU A3.3: BILAN «SIMPLE» OFFRE/DEMANDE PAR DÉPARTEMENT ET PAR ZONE D'APPROVISIONNEMENT.

Ce bilan a été calculé au niveau de cellule (pixel) de 300 m. Dans ce bilan sont **inclus** toutes les valeurs de déficit et de surplus.

Coduniq	Région	Département	Biomasse ligneuse (t m.s./an)				Périurbain jusqu'à 40 km	Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan simple 4 (*)	Totale BBE à bilan simple Cumulative	Bilan simple dans le reste de la zone d'étude	Bilan simple dans l'ensemble de la zone d'étude
			0	1	2	3						
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord								-18.088	-18.088	
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud						-21.986	-21.986	-61.865	-83.851	
302	BATHA	Fitri								50.964	50.964	
303	BATHA	Batha-Ouest								-4.633	-4.633	
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi				8.942	463.325	472.267	472.267	128.100	600.367	
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari		-1.725	-10.834	-12.569	-6.289	-31.417	-31.417		-31.417	
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari					60.665	60.665	60.665	435.588	496.253	
701	COMIMUNE NDIJAMENA	Ville de Ndjamena		-259.855	-157.548	-1.713		-419.116	-419.116		-419.116	
801	GUERA	Barh Signaka								289.619	289.619	
803	GUERA	Abtouyou								49.797	49.797	
901	HADJER-LAMIS	Dagana				201	-40.759	-40.557	-40.557		-40.557	
902	HADJER-LAMIS	Dababa					57.431	57.431	57.431	49.666	107.097	
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar		-635	-831	-8.918	8.260	-2.125	-2.125		-2.125	
1001	KANEM	Kanem					-3.945	-3.945	-3.945	-82.396	-86.341	
1002	KANEM	Wadi Bissam					-50.341	-50.341	-50.341	-2.100	-52.440	
1003	KANEM	Nord Kanem								-25.273	-25.273	
1101	LAC	Wayi					-111.689	-111.689	-111.689	-280	-111.969	
1102	LAC	Mamdi					857	857	857	-1.662	-805	
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni								-15.598	-15.598	
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso								-45.386	-45.386	
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié					59.115	59.115	59.115		59.115	
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye					65.552	65.552	65.552	96.426	161.978	
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi								-49.994	-49.994	
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia								-6.852	-6.852	
1601	MAYO-KEBBI OUEST	Lac Lééré								-46.430	-46.430	
1602	MAYO-KEBBI OUEST	Mayo Dallah								86.390	86.390	
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest								-69.476	-69.476	
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est								288.780	288.780	
Total par Zone									34.711	1.045.297	1.080.008	
Valeur cumulative									480.197	-12.344	-445.486	

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'additionner toutes les zones précédentes.

Voir tableaux 10 et 11 pour les statistiques relatives aux BBE à bilan «simple» ou «local» et au BBE «commercial >300» pages 43 et 44

TABLEAU A3.4: BILAN «COMMERCIAL >200» OFFRE/DEMANDE PAR DÉPARTEMENT ET PAR ZONE D'APPROVISIONNEMENT.

Dans ce bilan sont exclus les déficits faibles (de_0 à -200 kg /ha/an) et les surplus inférieurs à 200 kg /ha/an.

Codumiq	Région	Département	Centre-ville		Urbain	Périurbain		Périurbain de 40 à 60 km	BBE à bilan		Total BBE commercial «>200»	
			0	1		Jusqu'à 40 km	2		3	simple / locale		>200»
									4 (*)	5 (*)		
201	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Nord									0	0
202	BARH-EL-GAZAL	Barh-El-Gazal Sud							-575	-13.795	-14.370	0
302	BATHA	Fitri									0	0
303	BATHA	Batha-Ouest									0	0
601	CHARI-BAGUIRMI	Baguirmi				1.627			331.706	42.710	376.043	0
602	CHARI-BAGUIRMI	Chari			-54.959	-4.970	-14.699		-3.145	83.560	-77.773	0
603	CHARI-BAGUIRMI	Loug Chari							59.416		142.976	0
701	COMMUNE NDJAMENA	Ville de Ndjaména	-182.377	-191.772	-561						-374.710	0
801	GUERA	Barh Signaka									0	0
803	GUERA	Abtouyou									0	0
901	HADJER-LAMIS	Dagana				0			-37.611		-37.611	0
902	HADJER-LAMIS	Dababa							-7.398	-810	-8.208	0
903	HADJER-LAMIS	Haraze-Al-Biar			-395	-947	-5.017		-4.584		-10.942	0
1001	KANEM	Kanem							-2.038	-12.823	-14.861	0
1002	KANEM	Wadi Bissam							-27.663	-1.354	-29.017	0
1003	KANEM	Nord Kanem									0	0
1101	LAC	Wayi							-94.449	-76	-94.525	0
1102	LAC	Mamdi							-4.371	0	-4.371	0
1201	LOGONE OCCIDENTAL	Gueni									0	0
1202	LOGONE OCCIDENTAL	Ngourkosso									0	0
1501	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Lemié							49.854		49.854	0
1502	MAYO-KEBBI-EST	Mayo Boneye							62.575	41.475	104.050	0
1503	MAYO-KEBBI-EST	Mont Illi								402	402	0
1504	MAYO-KEBBI-EST	Kabbia									0	0
1601	MAYO-KEBBI-OUEST	Lac Léré									0	0
1602	MAYO-KEBBI-OUEST	Mayo Dallah									0	0
2101	TANDJILE	Tandjilé-Ouest									0	0
2102	TANDJILE	Tandjilé-Est								142	142	0
Total par Zone			-182.377	-247.125	-6.478	-18.089			321.719	139.430	7.080	0
Valeur cumulative			-182.377	-429.502	-435.980	-454.069			-132.350	7.080		

(*): Les valeurs ci-dessus font référence à la portion additionnelle de territoire. Pour calculer le total du BBE, il est nécessaire d'ajouter toutes les zones précédentes.

Voir tableaux 10 et 11 pour les statistiques relatives aux BBE à bilan «simple» ou «local» et au BBE «commercial >300» pages 43 et 44)

Annexe 4. Définitions et facteurs de conversion

DÉFINITIONS DE TERMES DE DENDROÉNERGIE CHOISIS⁷⁴

Bioénergie	Énergie produite par des biocombustibles.
Biocombustible	Combustible tiré directement ou indirectement de la biomasse.
Biomasse	Matériel d'origine biologique, à l'exception du matériel incorporé dans des formations géologiques et transformé en fossile.
Charbon de bois	Résidu solide dérivé de la carbonisation, distillation, pyrolyse et torréfaction du bois de feu.
Bois à brûler	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.
Combustible forestier	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.
Bois de feu	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.
Énergie renouvelable	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.
Systèmes dendroénergétiques	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.
Dendroénergie, bois-énergie	Énergie produite par des combustibles ligneux correspondant au pouvoir calorifique net du combustible.
Combustibles ligneux	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).

⁷⁴ Ces définitions sont issues de la Terminologie unifiée de la bioénergie (TUB). FAO, 2004.

FACTEURS DE CONVERSION DE BASE

Le bois de feu et le charbon de bois sont convertis dans leur équivalent en biomasse ligneuse et mesuré en kilogramme ou tonne de matière sèche (m.s.). Toutes les valeurs de poids dans le document font référence à la matière sèche, sauf spécification.

Les facteurs de conversion adoptés sont:

- Un m³ de bois correspond à 0,7 tonne de biomasse ligneuse séchée à l'air (environ 12% d'humidité)⁷⁵ et à 0,573 tonne de matière sèche.
- Un kg de bois séché à l'air correspond à 0,819 kg de matière sèche.
- Un kg de charbon de bois correspond à 7 Kg de bois, séché à l'air, carbonisé, ou à 5,73 kg de matière sèche carbonisée.
- Un kg de charbon de bois correspond à 10 m³ de bois.

⁷⁵ AEDE, 2002. *Op.cit.*

Annexe 5. La surface du bassin et ses ressources en bois selon l'étude AEDE 2002

DISTRIBUTION DES STRATES ET VOLUME TOTAL ET PAR HECTARE PAR FORMATION FORESTIÈRE. ⁷⁶

Formation forestière	Surface (ha) interprétée sur la base des images satellites	Surface (ha) déterminée sur le terrain	Volume total (1.000 m ³)	Volume total par ha (m ³)
Savane arbustive	2 148 750	2 784 375	20 201	7,3
Savane arborée	1 411 875	1 659 375	30 303	18,3
Savane boisée	753 750	50 625	820	16,2
Forêt claire	1 068 750	16 875	613	36,3
Plantation	5 625	5 625	65	11,6
Sous-total: Formations forestières	5 388 750	4 516 875	52 003	11,5
Jachères et arbres isolés			3 475	4,0
Vides			0	0,0
Sous-total: Formations non forestières (vides et arbres isolés)	1 901 250	2 773 125		
TOTAL	7 290 000	7 290 000	55 478	7,6

⁷⁶ AEDE. 2002. *Op.cit.*

L'accélération sans précédent du développement urbain dans le monde a considérablement affecté les rapports de l'homme avec les arbres et les forêts. Au Tchad, le phénomène s'avère inquiétant, voire dramatique, en particulier autour de la capitale, N'Djaména: avec pour corolaires une dégradation continue des ressources naturelles, un aggravement de la crise alimentaire et un effondrement du tissu social à l'intérieur et autour de la ville, cet accroissement démographique préoccupe au premier plan l'État tchadien. C'est pourquoi il a sollicité l'assistance de la FAO pour développer une approche plus appropriée d'aménagement et de gestion durables des ressources naturelles, et particulièrement forestières. Une stratégie et un plan d'action pour la foresterie urbaine et périurbaine de N'Djaména ont ainsi été élaborés, dans un cadre participatif, avec la volonté de promouvoir une responsabilisation de tous les acteurs concernés.

Afin d'étayer cette concertation, une cartographie analytique du territoire et du bassin d'approvisionnement en bois-énergie de la ville de N'Djaména, développée grâce à la méthodologie WISDOM, a permis de fournir une vision complète du bilan entre l'offre et la demande de biomasse ligneuse, ainsi qu'une définition objective de la zone d'approvisionnement durable de la ville. Ce document complète la série des publications consacrée à la FUPU de N'Djaména: «Stratégie de développement et plan d'action pour la promotion de la FUPU de la ville de N'Djaména», «Rôle et place de l'arbre en milieu urbain et périurbain de N'Djaména» et «Synthèse des études thématiques sur la FUPU de N'Djaména»

PLATEFORME WISDOM POUR N'DJAMÉNA **DIAGNOSTIC ET CARTOGRAPHIE DE L'OFFRE** **ET DE LA DEMANDE EN COMBUSTIBLES LIGNEUX**

Des forêts et des arbres pour des villes saines
Améliorer les moyens de subsistance et l'environnement de tous



<http://km.fao.org/urbanforestry>