

Service Forestier de L'USDA - Mission d'Appui Technique au
République du Sénégal

Projet Agriculture/Gestion des Ressources Naturelles

3 - 16 Mars 2007

**L'INVENTAIRE DU BOIS D'OEUVRE, DU BOIS D'ENERGIE ET
DE SA REGENERATION, ET DE QUELQUES PRODUITS
NON-LIGNEUX:**

RECOMMANDATIONS

pour les zones d'intervention du programme Wula Nafaa
dans l'est et le sud du Sénégal

Juin 2007



Jim Alegria

**Biométricien BLM/USFS
Inventaire de la Végétation**

Cecilia Polansky

**Consultante en inventaire
participatif au Sénégal**

L'INVENTAIRE DU BOIS D'OEUVRE, DU BOIS D'ENERGIE ET DE SA REGENERATION, ET DE QUELQUES PRODUITS NON-LIGNEUX

Recommandations pour les zones d'intervention du Wula Nafaa dans l'est et le
sud du Sénégal

Table de Matières

RESUME	1
CONTEXTE DE CETTE MISSION D'APPUI TECHNIQUE	1
LES PROCEDURES D'INVENTAIRE FORESTIER ET DE CARTOGRAPHIE UTILISEES DANS LES PLANS D'AMENAGEMENT FORESTIER (PAFs)	2
DESCRIPTION DU SYSTEME UTILISE ACTUELLEMENT	2
<i>Exposé sur le "Système d'Information Ecologique, Forestier, et Pastoral" (SIEF)</i>	<i>2</i>
<i>Description du protocole d'inventaire du SIEF.....</i>	<i>3</i>
<i>Exécution de l'inventaire sur le terrain.....</i>	<i>6</i>
<i>Développement des équations pour les tarifs de cubage.....</i>	<i>7</i>
<i>Etablissement des placettes permanentes et des placettes de recherches</i>	<i>7</i>
<i>Méthode d'incorporation des tables du SIEF dans les PAFs.....</i>	<i>8</i>
MODIFICATIONS RECOMMANDEES POUR LE SYSTEME D'INVENTAIRE ET DE CARTOGRAPHIE RELATIF AUX PAFs	10
<i>Discussion sur l'utilisation correcte du logiciel du SIEF</i>	<i>10</i>
<i>L'utilisation du SIEF dans les forêts naturelles ou les plantations pour la première fois</i>	<i>10</i>
<i>Modifications potentielles au plan des placettes</i>	<i>11</i>
<i>Traduire les unités de volume en unités locales pour aider la compréhension du PAF.....</i>	<i>11</i>
<i>Incorporer les produits non-ligneux des tableaux sortis du SIEF dans le PAF</i>	<i>12</i>
<i>Mettre les tables de régénération dans le PAF</i>	<i>12</i>
<i>Evaluation et ajustement des équations des tarifs de cubage</i>	<i>12</i>
<i>Erichissement du rapport entre le Wula Nafaa et le PROGEDE</i>	<i>13</i>
RECOMMANDATIONS SUPPLEMENTAIRES POUR RENDRE LES INVENTAIRES PLUS PARTICIPATIFS	14
<i>L'exécution du travail de terrain avec les communautés</i>	<i>14</i>
<i>Le rapportage des résultats d'analyse en unités locales</i>	<i>15</i>
<i>La division de la forêt en blocs et parcelles</i>	<i>15</i>
<i>Participation du Service Forestier sénégalais.....</i>	<i>15</i>
LES QUESTIONS LIEES A LA PRODUCTION DU CHARBON	16
VALIDATION DU CYCLE DE COUPE ET REGENERATION POUR LES ESPECES DESTINEES A LA PRODUCTION DU CHARBON	16
<i>Le protocole de coupe utilisé actuellement</i>	<i>16</i>

<i>Une proposition pour ajuster le protocole de coupe</i>	16
<i>Le temps de régénération et les protocoles de coupe dans la littérature</i>	17
RECOMMANDATIONS POUR DETERMINER LES TAUX DE CROISSANCE	19
<i>Le remesurage des placettes permanentes</i>	19
<i>La re-visite aux sites exploités préalablement</i>	19
<i>Le comptage des cernes annuels</i>	19
<i>L'analyse des données sur la croissance</i>	20
<i>D'autres questions à résoudre</i>	20
VALIDATION DES VARIABLES UTILISEES PAR LE SERVICE FORESTIER DANS LES CALCULS POUR LES TAXES ET QUOTAS	21
<i>Sacs de charbon dans une meule, dans un camion, ou sur un hectare</i>	21
<i>Exemple des coefficients de conversion utilisés avec le PAF et le quota</i>	22
<i>Exemple des coefficients de conversion utilisés avec le PAF et la superficie de production</i>	22
<i>Productivité de la meule Casamance par rapport à la meule traditionnelle</i>	23
<i>Mesure du volume dans une meule</i>	23

INVENTAIRE ET PRODUCTIVITÉ DES PRODUITS NON-LIGNEUX CIBLES PAR LE WULA NAFAA **25**

UNE PROPOSITION POUR L'INVENTAIRE ET L'ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITE DE L'ARBRE QUI PRODUIT LA GOMME MBEPP (STERCULIA SETIGERA)	25
UNE PROPOSITION POUR L'INVENTAIRE DU BAOBAB ET L'ESTIMATION DE SA PRODUCTIVITE	26
<i>SCENARIO 1: Si les photos aériennes sont disponibles</i>	26
<i>SCENARIO 2: S'il n'existe pas de photos de la zone à échantillonner, ou si les parcs de baobab ne peuvent pas être identifiés facilement sur les photos</i>	28
L'INVENTAIRE DES LIANES FRUITIERES DE MADD (SABA SENEGALENSIS) ET L'ESTIMATION DE LA PRODUCTION DES FRUITS	29
<i>Si les zones humides ou les bas-fonds peuvent être identifiés facilement sur les photos aériennes:</i>	30

Littérature citée **31**

ANNEXE A: TABLES DES ARBRES AVEC LES PRODUITS NON-LIGNEUX GENEREES PAR LE SIEF	32
ANNEXE B. LES ETAPES D'INCORPORATION DES DONNEES DU SIEF DE L'INVENTAIRE PROGEDE NATIONAL DANS LES PLANS D'AMENAGEMENT ET LES CARTES	33
ANNEXE C. CALCULS DES PROPORTIONS DU VOLUME DE BOIS EN FAGOTS	41
ANNEXE D. VARIABLES ET COEFFICIENTS DE CONVERSION UTILISEES POUR LE CHARBON AU SENEGAL ET DANS LE SAHEL	42
ANNEXE E. INFORMATION SUR LES ESPECES DANS LES TABLES DU SIEF	45
ANNEXE F: REFERENCES POUR UNE ETUDE DE COMPARAISON POTENTIELLE DES RENDEMENTS DES MEULES CASAMANCES PAR RAPPORT AUX MEULES TRADITIONELLES	49

L'INVENTAIRE dans les zones d'intervention de Wula Nafaa dans l'est et le sud du Sénégal

RESUME

CONTEXTE DE LA MISSION: Le Wula Nafaa (WN) est un programme de gestion des ressources naturelles financé par l'USAID/Sénégal et mis en oeuvre par l'International Resources Group, avec un appui technique du Service Forestier des Etats-Unis (USFS) entre autres. L'un des objectifs du WN est de confier de grandes aires forestières à la gestion communautaire. Un autre objectif est de commercialiser d'une manière durable les produits forestiers, en ce compris le charbon et certains produits non-ligneux.

En décembre 2006, le Service Forestier des E-U a aidé le WN à compléter la documentation de son plan s'intervention en étapes successives pour élaborer les plans d'aménagement forestier communautaire (PAFs) dans les régions de Tambakounda et Kolda. Ce guide méthodologique prend en compte la demande du service forestier de respecter le code forestier sénégalais fixant "le maximum du bois sur pied qui peut être exploité, en fonction de la régénération des massifs forestiers" (Code Forestier Titre I, Ch 2, R.17). Cette exigence peut être rencontrée par la production d'une table des volumes de bois et une carte parcellaire des zones de travail basée sur le travail de terrain de l'inventaire. Ainsi, "la mise en oeuvre d'inventaire forestier" a été une des étapes du guide, mais cette étape n'a pas été suffisamment détaillée.

Une recommandation de la mission USFS de 2006 était de documenter plus en détails la phase d'inventaire. Le détail doit consister en une description de la méthode utilisée par les consultants forestiers qui utilisent le système inventaire SYSTEME D'INFORMATION ECOLOGIQUE ET FORESTIERE (SIEF), développé sous la tutelle du Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution ou PROGEDE. Le SIEF produit les tables pour le PAF et les données nécessaires à la cartographie de la coupe annuelle durable (la possibilité annuelle). Puisque le SIEF fournit les données de base des parcelles sur une rotation de 8 ans dans les forêts de Tambakounda, une autre recommandation de la mission de 2006 était d'étudier les aspects de régénération et de productivité des arbres exploités en suivant la production du charbon sur le terrain.

Suite aux recommandations du guide méthodologique et à l'objectif de WN de commercialiser durablement les produits forestiers, cette mission devait répondre aux questions suivantes:

- **QUESTIONS POUR LE SIEF:** Quelle est la procédure utilisée pour incorporer le volume sur pied et la possibilité de prélèvement annuel calculés par le logiciel dans le PAF? Est-ce que les résultats du SIEF satisfont à l'exigence d'une rigueur statistique ainsi qu'à l'exigence d'une estimation de la prélèvement annuel pour le PAF? Puisque les formules dans le SIEF sont basées strictement sur les volumes des espèces pour la production du charbon, le système est-il également applicable à d'autres espèces qui fournissent les produits non-ligneux ciblés par les groupements formés par le WN? Vue l'orientation lourdement numérisée du système, est-ce possible de le rendre plus convivial? Est-ce qu'un système différent serait plus efficace?
- **QUESTIONS SUR LA ROTATION:** Combien d'années faut-il pour une repousse identique des rejets de souche d'un pied coupé en régime de taillis? Est-ce que le protocole établi pour les parcelles d'exploitation est respecté/réaliste? Comment vérifier les réponses à ces questions?

LE LOGICIEL D'INVENTAIRE ET DE CARTOGRAPHIE: Au lieu de créer un tout nouveau système d'inventaire pour les forêts à gérer dans l'avenir avec WN, le logiciel du SIEF et les consultants qui le connaissent devraient être soutenus par le WN puisque le SIEF est déjà accepté par le Service Forestier sénégalais et que ce logiciel est facile à utiliser. Nous croyons pourtant que la qualité des résultats des analyses SIEF peut être améliorée en suivant les recommandations ci-dessous:

- En passant en revue le SIEF-1 (qui est l'original) et le SIEF-2, certains problèmes statistiques ont été mis en évidence mais ceux-ci pourront être réglés si on en fait le choix. Entre temps, il est recommandé que le Wula Nafaa n'emploie que le SIEF-1 jusqu'à ce que le SIEF-2 soit affiné.
- Les équations de régression pour les estimations du volume sur pied ont été développées avec les données d'arbres coupés sur des sites pareils à Tamba et Kolda en termes de pluviométrie (400-700mm). Si le WN s'étend sur des zones qui sont écologiquement différentes soit en pluviométrie soit pédologique, il devrait:

- (pour le charbon) collecter de nouvelles données pour valider les modèles existants dans le SIEF, ou passer en revue les options de modelage en incluant les nouvelles données de coupe et de rendement avec les anciennes données;
 - (pour le bois d'oeuvre) enregistrer des données issues des opérations actuellement en cours dans les zones et pour les classes de diamètre correspondant à celles mesurées sur l'étendue des zones de WN; ceci s'applique aux espèces déjà dans le SIEF, à savoir le *Bombax*, *Cordyla*, *Erythrophleum g*, *Lannea acida*, *Prosopis africana*, *Pterocarpus erinaceus*
- Pour les espèces qui ne sont pas encore modélisées dans le SIEF (surtout le *Afzelia*, *Antiaris*, *Ceiba*, *Chlorophora*, *Khaya*, *Sapium*, *Swartzia*, teak), soit les equations peuvent être empruntées à des régions comparables et classes de diamètres comparables, soit les scieurs peuvent estimer les volumes et vérifier parallèlement les rendements par la scie, afin d'éviter des coupes excessives d'arbres suites aux recherches.
- Les équations de volume dans le SIEF ont été construites pour estimer la biomasse aérienne qui compte et les petites tiges et les branches avec les billes commercialisables pour le charbon et le bois d'oeuvre. Lorsqu'il est valable de retenir des équations pour la biomasse, l'utilisation des équations pour des estimations de volume commercialisable aboutit à une surestimation de la quantité de produit commercialisable disponible dans les parcelles (exprimé en quintaux dans le PAF, et figurant dans l'allocation des quotas chaque année).

Une estimation préliminaire de la proportion du volume qui est surestimé dans les équations du SIEF est d'environ 1/3 pour le bois d'énergie, et 1/5 pour le bois d'oeuvre.

Il existe suffisamment de données dans les archives pour reconstruire les équations d'estimation de volume, pour qu'elles expriment que la portion qui est commercialisable.

- Le SIEF produit des analyses de la surface terrière, du nombre de tiges, et du volume à l'hectare. Lorsque ces paramètres devront être retenus, les unités pourront mieux servir les villageois si celles-ci sont exprimées en termes de sacs ou quintaux, mieux reconnus par les acteurs.
- Malgré le fait que beaucoup de placettes de régénération ont été enregistrées sur le terrain, les analyses sont peu utilisées pour le PAF. Les exigences du Service Forestier sénégalais comprennent la phrase "... le maximum du bois sur pied qui peut être coupé chaque année, en fonction de la régénération...", nous recommandons que des tables sommaires de régénération soient produites par des modules à ajouter au SIEF et que les tables soient incluses dans le PAF lui-même.
- Quant à l'interaction entre le SIEF et ArcView permettent la production des cartes pour le PAF, il serait utile de créer des modules dans le fond d'Access pour générer certaines tables automatiquement, au lieu de se servir de maintes étapes de couper-coller entre Access et Excel. En effet, chaque opération de couper-coller est une potentielle source d'erreur humaine.
- Quant à la méthode de construction des limites de parcelles et de blocs en cliquant sur des carrés d'un hectare et en sommant leur volume grossièrement moyennés: le processus est rigide, indépendant des limites naturelles, et 100% basé sur le volume du charbon. De plus, malgré sa nature automatisée, il laisse toujours la possibilité d'introduction d'erreurs humaines. La méthodologie consistant à dessiner les parcellaires bénéficierait d'une approche plus participative et moins basée sur le charbon et l'ordinateur en bureau.

TRAVAIL SUR LES PLACETTES D'INVENTAIRE: Le dispositif qui utilise les placettes concentriques semble efficace, avec un rapport approprié entre la largeur des sous-placettes et les rangées de diamètres. Une exception serait d'assurer que la rangée de diamètres au milieu, de 10 à 19cm, devrait être changée à 10 à 25cm afin de correspondre aux règles de production du charbon.

Le rayon des placettes de régénération pourrait être revu si les nouvelles analyses proposées indiquent une variabilité trop exagérée.

Afin de simplifier et rendre l'inventaire plus participatif, nous suggérons les éléments suivants.

- Définir les tâches des membres de l'équipe d'inventaire pour qu'elles incluent les commentaires des villageois quant à l'utilisation des arbres, les produits, et leur état phytosanitaire, ainsi que la prise de mesures techniques ; veiller à réduire le nombre de personnes au sein de l'équipe pour la rendre plus efficace.
- Simplifier les techniques de mesure du bois mort en définissant la quantité de bois contenue dans une charette et en estimant ensuite le nombre de charettes contenu dans l'arbre mort.

- Réduire le nombre de variables notées sur la fiche (par exemple, est-ce que s'interroger sur l'utilisation des variables telles que la classe d'érosion, distance à une route, distance à l'eau, et texture du sol seront réellement utilisées?)
- Il peut être plus efficace de ne plus compter les tiges de régénération au-dessous un diamètre seuil; la collection des données sur ces sous-placettes pourrait être passée en revue.

ESTIMATIONS DES PRODUITS NON-LIGNEUX SPECIFIQUES:

- **GOMME MBEPP (*Sterculia setigera*):** Le dispositif d'échantillonnage du SIEF est suffisant pour l'estimation du nombre de gommiers dans des forêts définies, et il ne serait pas nécessaire d'élaborer d'étude spécifique. Toutefois, si des "parcs de gommiers" connus existent, ils peuvent être enregistrés au GPS et cartographiés pour le PAF et le Planification d'Occupation et d'Attribution des Sols (POAS) de la communauté rurale. En plus, la productivité par arbre communément exprimée par 2,5 kg gomme/arbre pourrait être vérifiée en choisissant quelques arbres au hasard et en les suivant au long d'une saison.
- **BAOBAB (*Adansonia digitata*) et MADD (*Saba Sénégalensis*):** Des dispositifs spéciaux sont recommandés pour les baobabs et les lianes de madd. Le dispositif dépendra de la possibilité d'identifier ces espèces sur les images ou photos. Il serait préférable que les deux espèces soient inventoriées en même temps.

LA REGENERATION DES ESPECES POUR LA PRODUCTION DU CHARBON: Le point de référence pour cette partie de la mission a été le protocole d'inventaire pré-production du charbon exigé par le Service Forestier sénégalais. Le protocole consiste à l'exploitation de la moitié des tiges destinées à la production du charbon (surtout le *C. glutinosum*) entre 10 et 25cm de diamètre dans une parcelle; l'entassement du bois en unités de stères (mètres cubes entassés) avant d'en construire une meule; et le retour à la parcelle après 8 ans pour une nouvelle exploitation. L'origine du protocole, qui est en vigueur partout à Tambacounda, est une étude effectuée en 1988 qui faisait partie d'un plan d'aménagement pour la forêt de Koupentoum.

- D'un point de vue économique, il manque une quantité importante d'informations nécessaires pour décider du temps optimal de rotation des Combretums. L'information complémentaire devrait être recherchée des sources suivantes:
 - Des visites aux sites dont l'année d'exploitation est connue;
 - La remesurage des 247 placettes permanentes installées par le PROGEDE en 2004; et
 - Le comptage des cernes visibles sur les souches. Si cette méthode se révèle efficace pour la dendrochronologie, le projet pourrait couper des tiges d'âge connu et reconstruire les courbes de croissance de diamètre selon les méthodes bien décrites dans la littérature.
- Le protocole de coupe utilisé actuellement exige que la moitié des tiges de diamètre exploitable soient conservées sur pied. Ce protocole peut conduire à un accroissement du volume de bois dans la forêt et une réduction du volume disponible dans les diamètres légaux. Une solution pourrait être l'application de protocoles différents pour les différents diamètres.
- Il serait un avantageux pour toutes les parties prenantes de connaître et d'affiner les rapports entre le volume de charbon produit sur le terrain (en quintaux ou unités de 100kg), le volume de bois estimé dans le PAF par le logiciel du SIEF, et les coefficients de conversion entre les stères et les mètres cube, les meules et les sacs, et les sacs et les camions. Nous recommandons que les volumes de toutes les meules d'une parcelle soit estimés directement et puis sommés cumulativement, au lieu d'empiler et de marquer les stères comme il est pratiqué actuellement.
- Il semblerait que la meule casamance produise plus de charbon par kg de bois vert que la meule traditionnelle. Puisque la meule casamance est moins acceptée que la traditionnelle, le WN devrait investir du temps et du personnel (par exemple, des internes de l'université) pour le dessin et l'exécution d'une étude comparative simple.
- L'organisation de recherches agronomiques CIRAD s'intéresse à la régénération à moindre coût par le drageonnage et le marcottage. Nous recommandons que le WN collabore avec le CIRAD afin de mieux impliquer les scientifiques en assurant une meilleure régénération des espèces d'intérêt.

L'INVENTAIRE DU BOIS D'OEUVRE, DU BOIS D'ENERGIE ET DE SA REGENERATION, ET DE QUELQUES PRODUITS NON-LIGNEUX: Recommandations pour les zones d'intervention du programme Wula Nafaa dans l'est et le sud du Sénégal

CONTEXTE DE CETTE MISSION D'APPUI TECHNIQUE

Le Wula Nafaa (WN) est un programme de gestion des ressources naturelles financé par l'USAID et mis en oeuvre par l'International Resources Group. L'un des objectifs du WN est de confier de grandes aires forestières à la gestion communautaire. Un autre objectif est de commercialiser d'une manière durable les produits forestiers, en ce compris le charbon et certain produits non-ligneux. Comme ces tâches nécessitent des travaux techniques, le WN a signé des protocoles d'accord avec divers collaborateurs, y compris le Service Forestier des Etats-Unis sous le USDA (USFS).

En décembre 2006, le Service Forestier des E-U a aidé le WN à compléter la documentation de son plan s'intervention en étapes successives pour élaborer les plans d'aménagement forestier communautaire (PAFs) dans les régions de Tambakounda et Kolda. Ce guide méthodologique prend en compte la demande du service forestier de respecter le code forestier sénégalais fixant "le maximum du bois sur pied qui peut être exploité, en fonction de la régénération des massifs forestiers" (Code Forestier Titre I, Ch 2, R.17). Cette exigence peut être rencontrée par la production d'une table des volumes de bois et une carte parcellaire des zones de travail basée sur le travail de terrain de l'inventaire. Ainsi, "la mise en oeuvre d'inventaire forestier" a été une des étapes du guide, mais cette étape n'a pas été suffisamment détaillée.

(du Guide Méthodologique de WN)

ETAPE 6. Rassembler les informations existantes pour l'élaboration du plan d'aménagement forestier (PAF)

(Objectif: Décrire l'état des lieux actuel de la forêt; identifier les activités potentielles; calculer le rendement durable/ le prélèvement des produits ligneux et non-ligneux)

- Obtenir les images satellite et/ou les photos aériennes si possible
- Analyser les informations afin de décider si un complément d'information est nécessaire.
 - Les limites et l'avoisinage de la forêt
 - L'information statistique sur les espèces, la densité, le volume, la distribution des diamètres déjà disponible du SIEF du PROGEDE
 - Une carte des données biophysiques
- Restituer à la communauté les résultats de l'analyse

Point de décision:

Compte tenu des informations disponibles, faut-il en collecter encore pour le PAF?

Si OUI, continuer à l'étape # 8; si non, à l'étape # 7.

ETAPE 7. L'inventaire des ressources forestières

- (Cette étape est à détailler en décrivant l'utilisation du SIEF de PROGEDE par le WN)

(Etape 8. ECRIRE LE PAF)

L'objectif principal de cette mission était de fournir les détails pour l'étape 7 afin de réduire l'ambiguïté dans les interprétations potentielles d'un inventaire. Nous avons aussi l'intention de clarifier comment les forestiers, les consultants, et les corps administratifs décentralisés peuvent satisfaire les exigences des textes d'une manière ponctuelle. Les activités entamées pour mener à bien ces objectifs ont inclus une vérification du développement et de l'utilisation du SIEF, un examen des facteurs de conversion entre unités de vente, un test d'exploitation du système d'inventaire pour les produits non-ligneux, et une évaluation de la rotation de 8 ans utilisée dans toutes les forêts de Tambakounda.

LES PROCEDURES D'INVENTAIRE FORESTIER ET DE CARTOGRAPHIE UTILISEES DANS LES PLANS D'AMENAGEMENT FORESTIER (PAFs)

DESCRIPTION DU SYSTEME UTILISE ACTUELLEMENT

Exposé sur le “Système d’Information Ecologique, Forestier, et Pastoral” (SIEF)

Depuis que le Wula Nafaa (WN) a démarré son programme d’assistance à l’élaboration des plans d’aménagement forestier (PAFs) en 2005, il dépend des personnes qui connaissent le logiciel du Système d’Information Ecologique, Forestière, et Pastorale (ou SIEF) qui a été développé par le Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution (PROGEDE). Ce logiciel comprend un composant pastoral et un composant forestier. Ce dernier est utilisé pour produire les états d’assiette de coupe dans les PAFs écrits avec le WN. Ainsi, les investigations initiales de cette mission commencent par l’étude de ce système et de son logiciel, afin de mieux comprendre son mode opératoire et de vérifier s’il est utilisé d’une manière appropriée, c’est-à-dire pour les fins prétendues par ses créateurs, et afin de préciser comment le système doit être appliqué à d’autres forêts et à d’autres produits forestiers traités dans le WN.

Le SIEF se fonde sur les classifications en strates Yangambi provenant des orthophotos de 1999. Les strates forestières principales dites “productives” dans le SIEF sont la forêt claire; les savanes arbustive, arborée, et boisée; les jachères de 5 ans; et les galeries.

L’inventaire est exécuté à travers une méthode bien définie par PROGEDE (décrite ci-dessous) et les données sont saisies dans le SIEF. L’analyse des données par le logiciel comprend, entre autre, l’application des formules de regression développées en 2003 pour l’estimation du volume de biomasse aérienne. Puisque le logiciel sort des tarifs de cubage pour des forêts d’intérêt, il peut satisfaire la demande légale du code forestier qui exige les états d’assiettes de coupe dans les PAF. Le logiciel fournit également des tableaux de données traduits en cartes thématiques dans le logiciel du SIG ArcView.

Il y a deux consultants à Tambacounda qui maîtrisent suffisamment l’utilisation du SIEF pour exécuter toutes les étapes, telles que détaillées dans l’ [Annexe B](#), et aboutir à l’élaboration des cartes d’aménagement. Les cartes divisent la superficie d’une forêt dans des blocs et des parcelles sur base du volume de bois estimé par hectare et sur l’âge de rotation communément accepté qui est 8 ans. Grâce à la disponibilité des consultants et à leur compétence dans l’utilisation du SIG et du SIEF ensemble, le WN a pu avancer rapidement dans le processus d’élaboration des PAFs et les PAFs ceux-ci ont pu jouir d’une crédibilité plus grande.

L’utilisation du SIEF et du SIG demande un niveau de compétence qui dépasse le niveau de technicien de terrain; les ingénieurs forestiers sénégalais suivent des mini-cours d’une durée minimum de deux semaines pour apprendre les notions de base. Apprendre l’incorporation du SIEF dans le SIG prend même plus de temps, surtout si les agents forestiers n’ont pas été exposés à beaucoup de notions du SIG. Heureusement, chaque région a été dotée de l’ordinateur et du logiciel nécessaires à cette interface, dans le cadre de ses besoins plus globaux en inventaire et cartographie.

Une caractéristique incontestable du SIEF est qu’il est centré sur l’élaboration des plans de production du charbon; les potentiels d’utilisation et de rendement d’autres espèces et produits sont ignorés. Le PROGEDE a tenté de rendre le système plus global en intégrant le SIEF original (SIEF-1) dans un deuxième version (SIEF-2) qui devait prendre en compte les autres utilisations des espèces. Le SIEF-2 devait également faire partie d’un inventaire national des ressources naturelles du Sénégal en adoptant une classification plus généralisée et automatisée de la végétation à partir des images Landsat. Le SIEF-2 incorpore plus de placettes (2900+-) que le SIEF-1 (1290+-)

Ci-après, nous décrivons le fonctionnement des composantes du terrain et du bureau des SIEFs, en vérifiant leur efficacité dans le cadre de l’élaboration des PAFs par WN, dans le programme de gestion des forêts communautaires.

Description du protocole d'inventaire du SIEF

Afin de vérifier l'efficacité du SIEF pour WN, il est nécessaire de passer en revue le dispositif d'échantillonnage, d'évaluer les équations de volume, et même de considérer la compétence de PROGEDE à appuyer les projets tels que le WN pour assurer l'usage correct du SIEF.

Un résumé du travail de PROGEDE est présenté ci-dessous. L'information vient de plusieurs sources y compris d'une visite à leur siège à Dakar et d'une discussion avec le Coordinateur Dr Cheikh Dieng. Après le résumé, nous reverrons la façon dont le Wula Nafaa utilise le SIEF.

Puisque la méthode de stratification des forêts agit directement sur la justesse et la précision des moyennes des volumes par hectare rapportées, nous prêtons une attention particulière à la procédure de stratification des forêts qui a eu lieu avant le commencement du travail de terrain. Les moyennes calculées dans le SIEF sont appliquées à des milliers d'hectares à la fois; il est donc important de comprendre comment l'inventaire s'est déroulé afin d'évaluer la validité de l'extrapolation de ces données aux zones d'intervention de Wula Nafaa (WN).

Les photographies aériennes ont été relevées par le PROGEDE en 1999 à l'échelle de 1:30 000 sur 1 165 000 hectares dans les régions de Tambacounda et Kolda. En 2001, des photos couvrant encore 130 000 ha des forêts de Diambour, Guimara, Nétéboulou et Thiéwal ont été commandées. Les photos ont toutes été rectifiées. De ces photos, une carte des polygones de végétation classée en strates Yangambi (forêt claire, savane arbustive/arborée/boisée, jachère, galeries) a été développée.

Dans la Figure 1 sont dépeintes les régions de Tambacounda et Kolda où le Wula Nafaa opère, et l'étendue des orthophotos plans obtenus par le PROGEDE.



Figure 1: Zones d'intervention de Wula Nafaa et l'étendue des orthophotographies de 1999/2001

Le travail d'inventaire s'est concentré dans les forêts d'intérêt au Service Forestier sénégalais (pour leur contenu en bois

d'énergie réglementé par l'état) et au PROGEDE (un projet visant la recherche de sources durables en bois d'énergie pour les centres urbains). Certaines de ces forêts sont déjà protégées en tant que forêts classées; d'autres sont des "forêts communautaires" qui ont des limites moins bien définies et qui sont ostensiblement contrôlées par des structures administratives locales décentralisées. Quatre de ces forêts ont été choisies pour un pré-inventaire en 2001. Le pré-inventaire devait comprendre 247 placettes qui servaient pour l'estimation de la variance de la surface terrière des peuplements dans les strates Yangambi. Le nombre de placettes dans les trois types de savane était plus ou moins égal; le plus grand nombre de placettes a été alloué aux jachères, et le plus petit nombre à la forêt claire.

Après avoir calculé l'estimation de la variance dans chaque strate Yangambi, le nombre de placettes à ajouter (1 050) a été calculé en ciblant l'estimation de la surface terrière avec une marge d'erreur de $\pm 10\%$ de la moyenne de mètres carrés à l'hectare avec un niveau de confiance de 90% (Cheikh Dieng, 2006 et communication personnelle).

Pour échantillonner le reste des placettes, un quadrillage de 1 000 x 1 000 m a été superposé sur une carte des régions de Tambacounda (Tamba) et Kolda où figurait la couverture photographique. Chaque intersection représentait un point d'échantillonnage potentiel, et le total de toutes les intersections représentait 5 à 6 fois le nombre cible de placettes. Une sélection sans remplacement a été faite par classe Yangambi; le nombre cible a été dépassé de plus de 150. Quelques-unes de ces placettes sélectionnées ont été concentrées dans des forêts d'intérêt particulier. Cette différence en concentration de placettes à l'intérieur des strates Yangambi devait normalement être prise en compte afin de calculer des estimations non-biaisées à travers des forêts différentes.

Jusqu'à présent, nous estimons à plus de 1 600 les placettes ont été mesurées sur le terrain. Le nombre de placettes de pré-inventaire est établi à 247 ou à 273, selon le logiciel et les documents. La Figure 2 présente la localisation de toutes les placettes dont nous parlons. (N.B.: Quelques 800 placettes pastorales ont été mesurées pour leurs seules caractéristiques pastorales; quoique ces placettes font partie du SIEF-pastoral, nos discussions ne portent que sur les placettes et les calculs forestiers.)

Une carte des aires étudiées dans la région de Tamba qui sont plus intensivement échantillonnées que les forêts avoisinantes est présentée en Figure 3. La densité maximum se situe dans les forêts de Missirah et Nétéboulou.

En 2004, le PROGEDE a mesuré encore environ 1300 placettes forestières et pastorales partout au Sénégal dans le cadre d'un échantillonnage national. A l'exception de la forêt classée de Bakor, ces placettes supplémentaires étaient en dehors de l'étendue couverte par les photos aériennes de la Figure 2.

Toute placette dans le SIEF s'associe à deux systèmes de classification végétale: l'un porte sur les classes Yangambi, et l'autre porte sur les interprétations automatisées des images satellites. Le deuxième est plus général; les classes forestières comprennent "faible", "peu riche", "riche", et "très riche" et elles sont basées sur la densité et la hauteur de la végétation.

Nous ne savons pas si les placettes de l'inventaire national de 2004 ont été stratifiées à priori avec des probabilités différentes de sélection, ou si elles ont été stratifiées à posteriori dans les classes satellitaires; alors qu'il est évident que les placettes de l'inventaire Tamba-Kolda ont été stratifiées à posteriori dans les classes satellitaires puisqu'elles avaient originalement une classification Yangambi. Les placettes de l'inventaire national ne sont disponibles que dans le SIEF-2.

Le dispositif original de l'inventaire Tamba-Kolda (SIEF-1) a gardé une distinction entre Tambacounda et Kolda, et chaque région a été stratifiée pour sortir les cinq strates Yangambi d'intérêt. L'analyse pour chaque région a été faite strate par strate. Cette approche a réduit l'analyse à une série d'échantillons aléatoires pour chaque strate à l'intérieur des deux régions.

Dans le logiciel du SIEF-2, l'utilisateur peut afficher les données du seul inventaire Tamba-Kolda (plus de 1 200 placettes), de tous les "bassins d'approvisionnement" (1 700+ placettes), ou de tous les inventaire ensemble dans la base de données y compris les placettes hors des zones d'intérêt de WN (plus de 2 900 placettes). L'analyse des sous-peuplements est faite en sélectionnant des menus affichés pour les départements, les arrondissements, et les forêts classées ou communautaires désirés. Le SIEF-2 peut afficher les statistiques d'un polygone avec une strate Yangambi, en utilisant toutes les

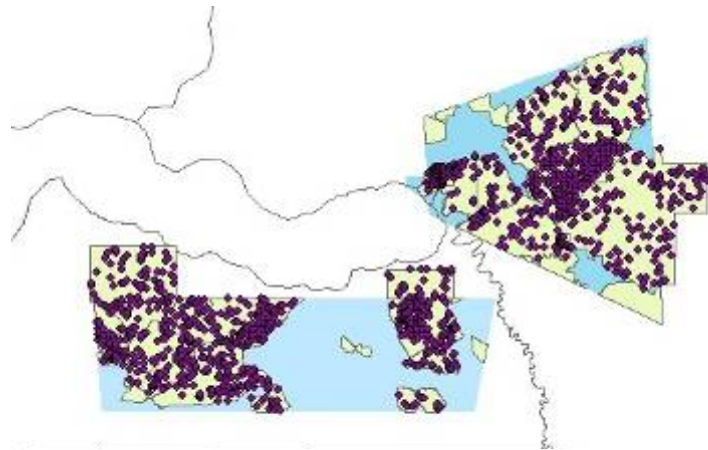


Figure 2: Localités des placettes (points pourprés), des forêts avec les limites décrites (polygones jaunes), et de la couverture des photos aériennes (en bleu)

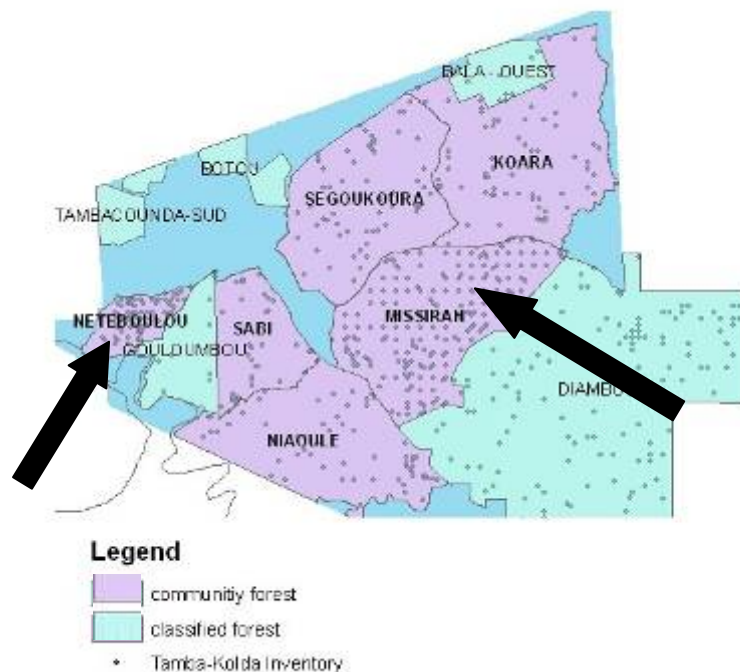


Figure 3: Différences en intensité d'échantillonnage entre Missirah et Nétéboulou, comparé avec Diambour, Bala-Ouest, et autres

placettes qui tombent dans l'unité administrative sélectionnée; il peut aussi afficher les statistiques pour toutes les placettes, même en dehors de la zone d'intérêt. Chaque demande faite par l'utilisateur ne prend pas en compte les différences en densité de placettes; toutes les placettes qui sont dans les limites demandées sont traitées comme un échantillon aléatoire dans le calcul des moyennes, même si ce n'est pas un échantillon aléatoire.

Il existe dans le SIEF-2 des possibilités de demander les résultats pour les produits non-ligneux, mais ces options ne marchent pas encore parce que les données ne sont pas présentes dans la base de données.

Les différents inventaires qui contribuent aux 2 900 placettes dans le SIEF-2 sont présentés dans la Figure 4.

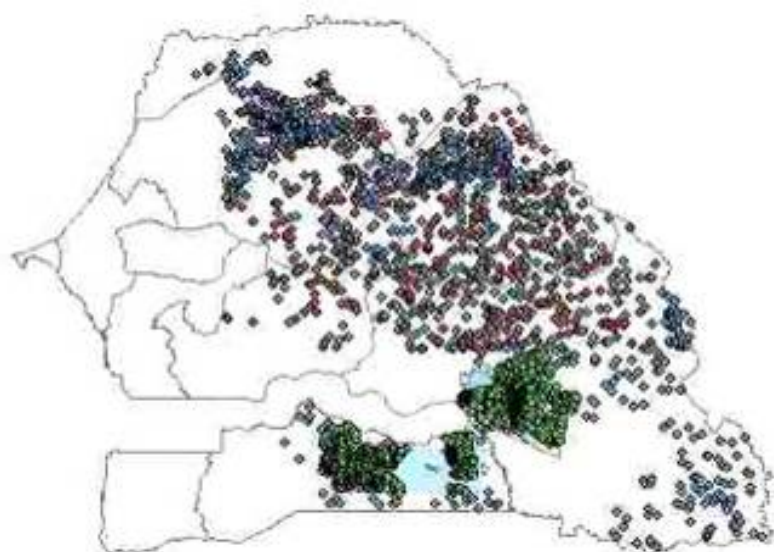


Figure 4: Les inventaires dans le SIEF-1 et le SIEF-2, d'où les origines différentes des placettes

Survey Name

- ◆ Tamba Kolda ◆ National Inventory
- ◆ Preliminary National Inventory

Exécution de l'inventaire sur le terrain

La placette originale de l'inventaire en Tamba-Kolda était composé d'un plan emboîté avec 4 rayons de sous-placettes pour les arbres vivants:

- 10m pour les arbres $\geq 3\text{cm}$ et $<10\text{cm}$ en diamètre;
- 15m pour les arbres $\geq 10\text{cm}$ et $<20\text{cm}$ en diamètre;
- 20m pour tous les arbres $\geq 20\text{cm}$ en diamètre;

1m, arrangé dans les 4 sens de la boussole sur le rayon de 10m, pour la régénération $\leq 3\text{cm}$ à 1,3m de hauteur, enregistrée par comptage d'individus d'une espèce donnée.

Les arbres morts sur pied d'au moins 3cm en diamètre sont enregistrés sur la placettes entière de 20m de rayon. Les pieds morts gisants sont comptés si le centre de gravité du tronc en dessous de 3cm de diamètre est dans le rayon. Des critères pour la hauteur des souches présentes doivent être repris si elles sont enregistrées sur la fiche d'inventaire.

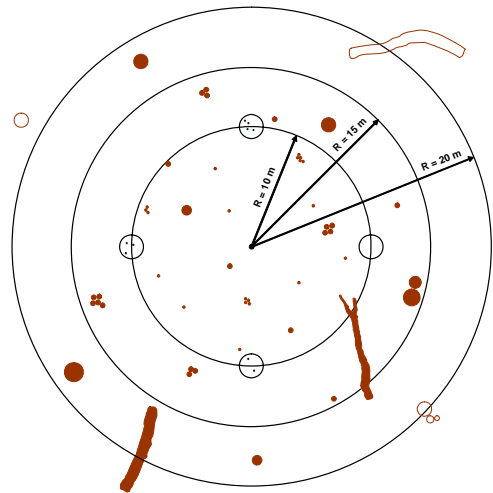
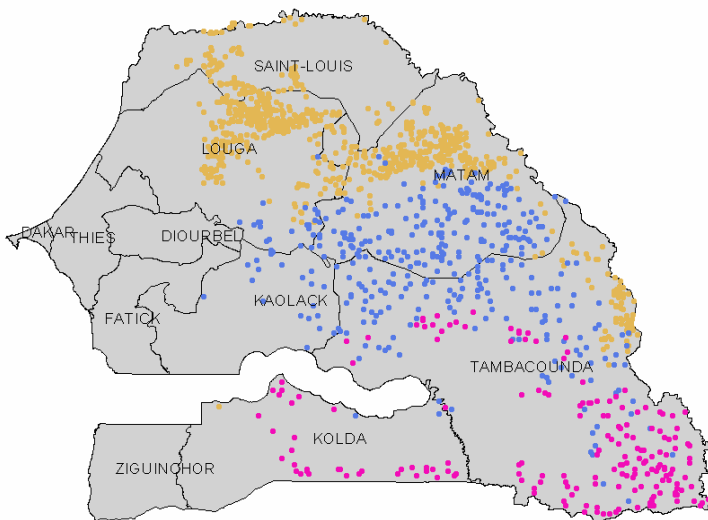


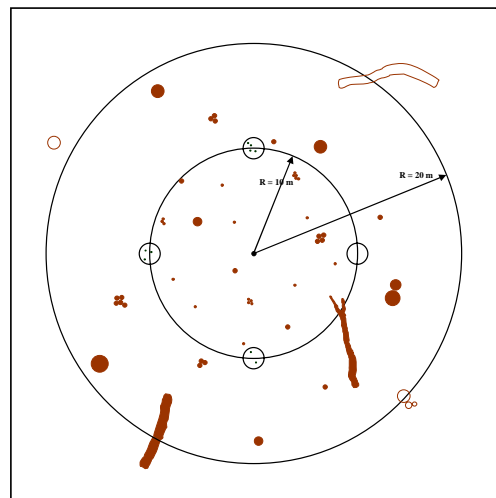
Figure 5: Le plan emboîté original de l'inventaire Tamba-Kolda (SIEF)

CARACTERISTIQUES DE L'INVENTAIRE NATIONAL



- Pré-inventaire pour déterminer la variabilité dans chaque strate Yangambi (forêt claire; savanes boisé, arbustive, arborée; galérie; jachères)
- Calcul du nombre de placettes pour obtenir la précision de "85%" dans chaque strate
- Distribution des placettes en utilisant un quadrillage de 1km
- Au total, 1 788 placettes ont été allouées dans les bassins qui fournissent le bois d'énergie au Sénégal

(Source: présentation diapos du SIEF, PROGEDE 2003)



Le plan emboîté adopté pour les placettes de l'inventaire national

- Une placette à rayon fixe de 10m pour les arbres et les souches 3 à 9,9cm diamètre
- Une placette à rayon fixe de 20m pour les arbres, les souches, et le bois mort ayant une longueur et un diamètre minimum
- Une grappe de 4 sous-placettes ayant un rayon de 1m, à 10m de distance du point du centre

Développement des équations pour les tarifs de cubage

Un sous-échantillon de 102 placettes dans le pré-inventaire a été sélectionné pour établir un échantillonnage destiné à l'élaboration des équations de régression. Le premier pied dans chaque classe de diamètre pour les espèces ciblées a été pris. Le volume des tiges jusqu'à la découpe du bout de 10cm a été calculé en coupant la tige en sections et sommant ensuite les sections selon la formule Smalian. Pour les branches et les tiges de moins de 10cm, les billes ont été coupées en morceaux de 1m de longueur, reliées en fagots, et pesées. Un fagot par arbre a été choisi au hasard pour l'immersion dans l'eau, ce qui a permis de calculer la gravité spécifique et d'extrapoler ensuite au reste des fagots pesés. Les volumes Smalians calculés et les volumes calculés par les pesés ont été sommés pour obtenir le total du volume (biomasse aérienne) de chaque arbre.

Des modèles à un et deux paramètres (diamètre et hauteur) ont été construits pour les données ainsi collectées dans l'e but de produire plusieurs fonctions prédictives du volume. Pour chaque espèce, la fonction qui avait le meilleur ajustement a été retenu pour le SIEF.

Au total, 439 tiges couvrant 14 espèces ont été mesurées (Diop, 2002). Puisque seulement 2 tiges de *Combretum nigricans* ont été coupées, cette espèce a été combinée avec le *Combretum glutinosum*. Donc 13 formules valables ont été produites. Elles sont incorporées dans le SIEF. Les volumes, les surfaces terrières, et les tiges à l'hectare sont calculés automatiquement quand les mesures des arbres sur les placettes sont saisies ou quand les jeux de placettes spécifiques sont sélectionnés.

Etablissement des placettes permanentes et des placettes de recherches

Le PROGEDE a établi 57 placettes permanentes partout au Sénégal dans les différentes zones écogéographiques. Quelques-unes de ces placettes (environ 20) sont dans les zones d'intervention du PROGEDE et de Wula Nafa.

Les placettes permanentes sont configurées dans les grappes de 4 sous-placettes séparées de 1km (voir la [Figure 6](#)). Le bois vivant et mort sur pied et les souches ont été mesurés pour la première fois en 2004. Plus la végétation est dense, plus les grappes sont densifiées.

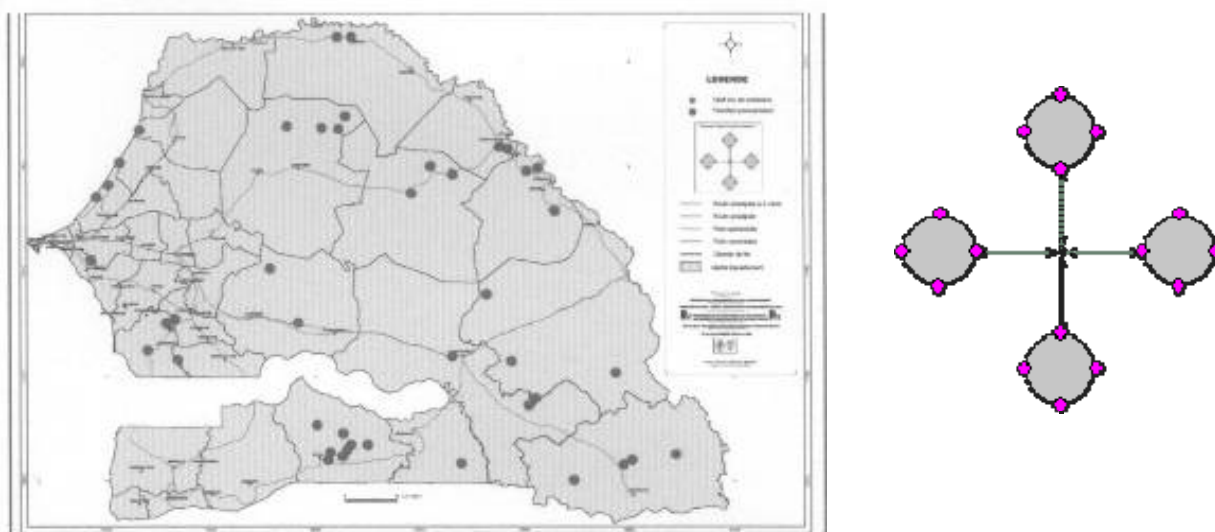


Figure 6: Les placettes permanentes/ de croissance du PROGEDE: carte et dispositif de la grappe de 4 sous-placettes séparées de 1km

Les centres des sous-placettes ont été marqués par des bornes en ciment et de barres de fer pour qu'ils puissent être retrouvés avec un détecteur de métal et un GPS.

Le protocole pour les placettes permanentes a été élaboré en 2002 avec la coopération du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) et le Centre de Suivi Ecologique (CSE). Les placettes qui ont été mesurées ont été incorporées dans le SIEF.

En plus des placettes permanentes, il existe 4 parcelles de recherches clôturées qui mesurent 20m x 40m dans les environs de Tambacounda, dans les zones de production du charbon. Une chercheuse française vait en charge la surveillance de la coupe de toutes les tiges dans la clôture pour faire qu'une comparaison de régénération de celle-ci puisse être faite avec les résultats d'une deuxième coupe hors

clôture. Il semble que la dame n'a pas encore mené ces recherches. Quoique le WN ne soit pas directement impliqué dans ces placettes, il pourrait en profiter pour prendre en charge l'étude annulée (voir les recommandations ci-dessous).

Méthode d'incorporation des tables du SIEF dans les PAFs

Le SIEF program est bien accepté dans le WN et par le Service Forestier sénégalais. Il est devenu une nécessité pour élaborer les PAFs parce que les textes exigent les volumes sous forme d'état d'assiette des coupes, et il n'existe pas d'autre moyen de les sortir facilement jusqu'à présent. La possibilité de prélèvement annuel est déterminée par la mesure des placettes, l'analyse dans le SIEF, et l'interface des tableaux du SIEF avec le SIG ArcView.

Les étapes pour incorporer les données du SIEF dans les PAFs sont résumées en gros comme suit (source: le manuel de formation utilisé par le CIDA dans le projet PAEFK à Kolda).

- Les strates Yangambi incluses dans un périmètre d'une forêt sélectionnée sont synthétisées dans une carte "Série de Production"; avec les données des placettes dans la forêt ou empruntées d'autres forêts, les valeurs totales sont calculées pour la forêt en multipliant les moyennes par hectare avec le nombre d'hectares dans chaque strate
- Sur une carte de la forêt, une grille fine composée de carrés de 1 ha est créée et entrecoupée avec la carte de végétation en strates Yangambi. (Cette étape est complexe et lourde, selon le manuel)
- A chaque carré d'un hectare est attribué un volume de bois qui est la somme de (la moyenne du volume dans chaque strate Yangambi pour toutes les placettes impliquées dans l'analyse) X (la superficie dans la strate Yangambi dans le carré). (Cette étape demande des interactions multiples entre le SIG et le SIEF.)
- Un bloc d'aménagement est défini en divisant (le total du volume de la forêt) par (le nombre de blocs prévu dans le PAF). Le bloc est créé sur l'écran de l'ordinateur en sélectionnant les carrés avec leur volume individuel associé, jusqu'à ce que tous les blocs contiennent un volume en mètres cubes équivalent.
- Chaque bloc est encore divisé en 8 parcelles (dans la région de Tambacounda); une parcelle par an est donnée aux villageois qui gèrent les travaux d'exploitation et de production du charbon dans le bloc. Les limites des parcelles sont dessinées de la même façon que pour les blocs: en sélectionnant les carrés d'un hectare jusqu'à ce que leur volume sommé soit égal au huitième du volume total du bloc.

L'encadré qui suit explique encore plus en détails les sous-tâches impliquées.

Un changement important recommandé pour ce processus est de dessiner les limites des blocs et des parcelles ensemble avec les communautés impliquées, au lieu de digitaliser le processus entier dans le bureau (voir ci-dessous). Ainsi les moyennes des volumes par hectare peuvent être appliquées directement aux hectares dans les strates dans chaque bloc, ce qui est plus participatif et moins complexe que de créer la grille de points dont les valeurs doivent être estimées et sommées.

ETAPES POUR L'INCORPORATION DES DONNEES DU SIEF DANS LE PAF

1. CREER LES FICHIERS ET LES SOUS-FICHIERS NECESSAIRES
2. CREER UN NOUVEAU PROJET EN ARCVIEW
3. DECOUPER LES DONNEES PAR THEMES EXISTANTES: Limites de la forêt, routes, hydrologie, villages, localités des placettes d'inventaire, occupation des sols, mares; mettre tout dans une carte de la limite de la forêt
4. CREER LES 3 SERIES EN TRIANT LES THEMES DANS LA CARTE DE LA FORET:
Série Agriculture = OccupSol; Série Protection = Mares + Hydrol avec des tampons;
Série Production= ForetClaire + Savanes Arbustive/Arborée/Boisée + jachères
5. ANALYSER, SOMMER LES SUPERFICIES ET LES LONGUEURS D'ELEMENTS DANS LES CARTES DE SERIES
6. AFFICHER PLUSIEURS CARACTERISTIQUES ENREGISTREES SUR LES PLACETTES QUI DECRIVENT LE TERRAIN (PENTES, PROFONDEUR DU SOL...)
7. CREER UNE GRILLE DE CARRÉS DE 1 HECTARE POUR L'ELABORATION DES BLOCS ET PARCELLES
8. DECOUPER LES DONNEES SUR LA FORET DU SIEF; SAUVEGARDER OU RECOPIER ET AJOUTER A L'ACCESS POUR ANALYSER: Tiges/Surface terrière/volume par hectare vivant et mort; nombre de placettes; Total pour la forêt et par type d'utilisation, surtout Bois d'énergie
9. SYNTHETISER ET INCORPORER LES DONNEES PAR STRATE DANS LES TABLEAUX DES POLYGONES DANS LA FORET (pour une estimation ultérieure de tiges, surface terrière, et volume en forêt, en blocs, en parcelles)
10. EXTRAIRE ET GROUPEZ LES DONNEES DES POLYGONES DANS LA FORET, POUR CHAQUE STRATE
11. FAIRE DES ANALYSES CROISEES DANS L'ACCESS POUR OBTENIR TIGES, SURFACE TERRIERE, ET VOLUME PAR CLASSE DE DIAMETRE ET PAR STRATE -- PAR HECTARE, PAR UTILISATION
12. CREER DES BLOCS DANS LA FORET EN CLIQUANT LES CARRÉS DE 1 HA ET EN Y APPLIQUANT LA MOYENNE DE VOLUME PAR HA DANS LA "SERIE DE PRODUCTION" PAR STRATE (un seul critère: le total du volume de bois énergie dans la forêt, divisé par le nombre de blocs)
13. CONSTRUIRE LES PARCELLES DE LA MEME FACON: LE TOTAL DU VOLUME DANS LE BLOC DIVISE PAR LE NOMBRE DE PARCELLES (=8 à Tamba; =12 à Kolda); CARTOGRAPHIER LA SEQUENCE D'EXPLOITATION AVEC DES POLYGONES DE MULTIPLES COULEURS (Critère: aucune parcelle ne doit être contigue avec une autre qui est exploitée dans la même année)

L'[Annexe B](#) est une description encore plus détaillée de la procédure dans le manuel PAEFK sur la préparation et l'insertion des tables du SIEF dans le PAF. Le processus alternatif de dessiner les blocs et les parcelles y est incorporé.

MODIFICATIONS RECOMMANDÉES POUR LE SYSTÈME D'INVENTAIRE ET DE CARTOGRAPHIE RELATIF AUX PAFs

Discussion sur l'utilisation correcte du logiciel du SIEF

Toutes les estimations de volume pour les PAFs élaborés dans le Wula Nafaa sont faites en utilisant le SIEF-1 original avec ses 1 280 placettes environ. Dans sa configuration originale, le SIEF-1 produit les résultats non-biaisés pour toute forêt délimitée qui a fait partie de son aire d'échantillonnage cible originale. Il produit aussi les estimations non-biaisées pour les combinaisons de forêts qui sont toutes échantillonnées avec la même intensité de placettes.

Le SIEF produira des résultats *biaisés* lorsqu'il combine les données de forêts échantillonnées à des intensités différentes. Ceci est dû à l'incapacité du SIEF à ajouter un niveau de stratification de plus, à savoir l'intensité d'échantillonnage.

L'effet des résultats biaisés est que le poids attribué à une placette sur la moyenne et la variance n'est pas correct, et l'on ne peut pas savoir si le biais est du côté sur-estimation ou sous-estimation. Il faudra peut-être plusieurs années avant de pouvoir détecter si une telle sur- ou sous-estimation a été faite. Pourtant, le SIEF-1 marche bien pour l'usage que l'on attend de lui, en gardant à l'esprit la remarque faite ci-dessus.

Un exemple d'un biais probable dans les résultats rapportés s'applique à la situation dépeinte dans la Figure 7, où les différences en intensité d'échantillonnage sont visibles dans la Communauté Rurale (CR) de Kothiary. Les limites de la CR incluent la Zone de Production Contrôlée (ZPC) de Missirah, la Forêt Classée de Bala-Ouest, et une aire non-labellée dans la partie nord-est, les trois polygones ayant subi des procédures différentes de sélection des placettes pour l'échantillonnage. Quelques-unes des placettes font partie de l'inventaire national et ne sont pas dans la base de données original (SIEF-1). D'autres placettes font partie de l'inventaire Tamba-Kolda, et d'autres ont été ajoutées suite à une intensification dans les forêts d'intérêt.

Les résultats seront non-biaisés seulement si toutes les strates Yangambi dans la série de production qui sont compris dans la CR possèdent leur propre intensité appliquée uniformément à travers les polygones dans la strate. Quand les niveaux d'intensité d'échantillonnage sont mélangés sur une superficie, les résultats (moyennes des volumes, tiges, et surface terrière par hectare) seront biaisés dans le sens des conditions des parties plus intensivement échantillonnées. Il n'est pas possible vérifier l'ampleur du biais existant dans le SIEF.

Le même principe s'applique au volume par hectare rapporté dans les résultats: les placettes dans une strate donnée devraient garder leur propre intensité d'échantillonnage et leurs propres calculs d'erreur (variance et intervalle de confiance); et les polygones qui composent la forêt, idéalement, contribueront d'un poids approprié (basé sur leurs superficies) à la moyenne et l'erreur des moyennes.

En somme, le SIEF-2 ne prend pas en compte la méthode de localisation des placettes sur la carte et il peut donc produire des résultats biaisés d'une ampleur inconnue si l'utilisateur du logiciel demande des volumes par hectare dans les aires qui contiennent des intensités différentes d'échantillonnage. Heureusement, ce problème peut être rectifié en modifiant le logiciel et de nouvelles données de terrain ne sont pas nécessaires. Pour rapporter des statistiques sur de telles aires, le logiciel devait supporter un attribution de superficie en hectares représentée pour chaque placette. Une partie de cette information est disponible déjà dans la base de données; d'autres parties d'informations pourraient se dériver en utilisant l'interface avec le SIG.

L'application de ces modifications nécessaires devrait faire partie du débat plus large qui est la définition du rôle de PROGEDE et de son rapport avec les projets comme le Wula Nafaa qui élaborent les PAFs avec/pour le Service Forestier sénégalais. Les corrections du SIEF-2 devraient être une priorité élevée du PROGEDE puisque le programme est en train de fournir des données critiques sur les plans d'aménagement des ressources naturelles.

L'utilisation du SIEF dans les forêts naturelles ou les plantations pour la première fois

FORETS NATURELLES: Il est possible de saisir les données de nouvelles placettes dans le SIEF-1, mais avant de tenter de le faire, deux considérations doivent être faites:

1) La base de données est une série de tableaux auxquels on accède grâce à des macros Visual Basic incorporés. Nous recommandons que le staff du PROGEDE assiste, au moins au début, quelqu'un du Wula Nafaa à travailler avec le SIEF, ou que le PROGEDE envoie quelqu'un sous leur tutelle pour travailler avec le WN selon les besoins, pour que la saisie de données des nouvelles placettes et leur analyse puissent être correctement faites.

2) L'addition de nouvelles placettes pourrait changer le dispositif original d'une aire cible. **Le dispositif qui incorpore les nouvelles placettes devrait être compris complètement et la capacité du logiciel à s'accommoder de tels changements devrait être examinée avant de démarrer la collecte de données.** Un tel examen devrait être effectué par des personnes ayant une formation en statistiques à la hauteur de la tâche pour éviter de construire des programmes sur des bases faibles.

Sur la base de ce qui est expliqué ci-dessus, nous recommandons que le Wula Nafaa continue à utiliser le SIEF-1 original avec l'assistance du personnel de PROGEDE qui comprend entièrement le logiciel et son utilisation. Le SIEF-2 pourrait être utile à l'avenir dans l'élaboration des PAFS, une fois que sa mission et les questions sur l'intensité d'échantillonnage seront résolues.

LES PLANTATIONS: Il existe des plantations de *Khaya*, *Gmelina*, teck (*Tectonis grandifolia*), et d'autres espèces, surtout dans les régions de l'ouest de Kolda et de Ziguinchor. Puisque ces plantations sont typiquement plus denses et plus uniformes que les forêts stratifiées par classe Yangambi discutées ci-dessus, un système d'inventaire alternatif peut s'éprouver plus efficace pour leur échantillonnage -- surtout si elles sont assez importantes pour devenir des forêts communautaires. La première exigence serait de cartographier les plantations, si les cartes n'existent pas encore, en utilisant les images ou les photos aériennes. Puis il s'agira de se décider sur le dispositif approprié d'échantillonnage. Ces tâches seraient mieux accomplies avec l'assistance du Centre de Suivi Ecologique et du Service Forestier sénégalais de la région, ainsi qu'avec tout projet forestier intervenant dans la région.

Modifications potentielles au plan des placettes

Dans le contexte de l'utilisation du SIEF dans les forêts naturelles des zones déjà échantillonnées, le plan emboîté des placettes apparaît efficace, avec un bon équilibre entre les rayons des sous-placettes diverses et les rangées de diamètres. La seule sous-placette qui pourrait mériter d'être revue est celle de la régénération. Si la régénération naturelle provenant des semences est importante pour le Wula Nafaa, les données existantes devraient être analysées pour vérifier si une sous-placette plus large devrait être utilisée pour les besoins d'aménagement.

Si les forêts échantillonnées dans les nouvelles zones d'intervention se diffèrent par trop des types actuellement aménagés, par exemple, si elles sont plus orientées vers le bois-d'oeuvre ou si elles sont des plantations, un dispositif basé sur les placettes plus petites et plus densément distribuées, ou basé sur les placettes de relascope ou de prisme, pourrait être plus approprié. Afin de recommander une configuration adaptée, il sera nécessaire d'analyser le nombre d'hectares et la variabilité des forêts en question, avec l'assistance des images ou des photos aériennes et de leurs interprétations au CSE.

Traduire les unités de volume en unités locales pour aider la compréhension du PAF

Le SIEF sort des données techniques comme la surface terrière et le volume en mètres cubes par hectare. Ces attributs doivent être conservés bien sûr; mais tels qu'ils sont, ils ne sont pas utiles aux villageois qui doivent comprendre le contenu du PAF. Le logiciel devrait aussi afficher les résultats en termes de sacs de charbon ou quintaux, ce qui est familier aux villageois. Dans son état actuel, les conversions sont faites à la main par l'expert qui manie le logiciel; des fautes seraient évitées si la conversion était faite automatiquement dans la base de données, en utilisant des coefficients de conversion appropriés (voir le chapitre sur le charbon et les facteurs de conversion).

Les SIEFs-1 et 2 affichent les erreurs d'échantillonnage pour la surface terrière, le nombre de tiges, et le volume pour toute la population d'arbres dans les placettes sélectionnées, mais ils devraient aussi afficher les erreurs dans les strates séparément. Une méthode vue communément est d'afficher les écart-types entre parenthèses juste en-dessous de l'estimation de la moyenne ou de la population totale. Cette pratique servirait à donner à l'utilisateur une idée de la variabilité inhérente aux données et par la suite du niveau de confiance avec laquelle on peut exploiter le produit.

Incorporer les produits non-ligneux des tableaux sortis du SIEF dans le PAF

Le logiciel devrait produire des tableaux additionnels pour les produits non-ligneux. Le SIEF-2 incorpore déjà des options pour les produits non-ligneux, mais celles-ci sont inopérables suite au manque de données. Les options pourront être complétées avec la coopération des clients du SIEF tels que le Wula Nafaa. Les tableaux de sorti pourraient afficher les unités de vente au Sénégal.

Des exemples de quelques tableaux de sorti des résultats déjà disponibles pour certains arbres produisant les aliments exportables sont présentés en [Annexe A](#).

Mettre les tables de régénération dans le PAF

Dans le code forestier, le volume exploitable dans la forêt est lié à "l'état de la régénération". Donc, afin de mieux orienter les activités dans le plan de travail fait à partir du PAF, le PAF devrait afficher les rapports sur la régénération générés par le SIEF. Les données provenant des centaines de sous-placettes de régénération étant déjà dans la base de données, il est alors possible de fournir une description détaillée de l'état des jeunes arbres dans les forêts. Un processus automatisé pour sortir les tables serait relativement simple à incorporer dans le SIEF.

Evaluation et ajustement des équations des tarifs de cubage

Suffisance des modèles actuels: Quelques placettes de pré-inventaire ont été sélectionnées pour la coupe d'arbres lors du développement des équations de regression. Les placettes coupées étaient groupées par endroits. Même s'il avait été préférable de mieux distribuer les placettes coupées, on estime que les groupes étaient au moins distribués selon un bon écartement à l'intérieur de l'aire d'intérêt et donc ont été jugés adéquats pour l'application des paramètres dans le SIEF. Les chercheurs ont essayé d'ajuster certains modèles pour pallier aux différences de forme des arbres avec une combinaison de diamètre et hauteur donnée en ajoutant un troisième paramètre; toutefois, même si un tel raffinement est possible dans les bois caduques, il n'est pas nécessaire d'ajuster l'équation.

Surestimation systématique des volumes: Les équations utilisées actuellement ont été construites pour estimer la biomasse ligneuse aérienne, et pas seulement la portion commercialisable de la tige ou la bille pour la production du charbon ou des planches. Il est utile d'avoir des équations pour la biomasse, mais si nous les utilisons pour le volume du charbon et du bois d'oeuvre, elles surestimeront la quantité de bois réellement disponible pour le marché.

Les équations de biomasse aérienne ont été extraites de deux composantes: la partie de la tige utilisé pour le charbon ou le bois d'oeuvre, et le reste du volume contenu dans les branches et rameaux. Heureusement les deux informations sont disponibles pour les arbres ayant été coupés pour les tarifs. Un calcul grossier de la proportion du volume qui est surestimée donne un tiers (33%) pour le charbon et un cinquième (20%) pour le bois d'oeuvre. Les calculs détaillés sont présentés dans l'[Annexe C](#).

Expansion du travail aux nouvelles zones ou aux espèces différentes: Si le Wula Nafaa commence à travailler dans des zones d'une écologie différente, surtout à l'ouest de Kolda, des données devraient être collectées pour des arbres nouvellement coupés afin de valider les équations existantes. Ensuite les options de modelage devraient être passées en revue en utilisant toutes les données nouvelles et anciennes. Aussi, si d'autres espèces rencontrées sont importantes à l'aménagement, les équations devraient être développées pour ces espèces. La liste complète des espèces traitées dans le SIEF est là dans l'[Annexe F](#).

- LES EQUATIONS EXISTENT POUR LES ESPECES DE BOIS D'OEUVRE SUIVANTES: Les données peuvent être mises à jour ou validées pour le *Bombax*, *Cordyla*, *Erythrophleum g*, *Lannea acida*, *Prosopis africana*, *Pterocarpus erinaceus*
- LES EQUATIONS MANQUENT POUR LES ESPECES DE BOIS D'OEUVRE SUIVANTES: Les données devraient être collectées pour les espèces qui sont importantes à l'aménagement mais qui ne sont pas encore modélisées dans le SIEF, surtout *Afzelia*, *Antiaris*, *Ceiba*, *Chlorophora*, *Khaya*, *Sapium*, *Swartzia*, et teak.

Pour chaque espèce d'intérêt, les alternatives suivantes sont disponibles pour la construction des équations de volume:

1. UTILISER LES DONNEES PROVENANT DE LA ZONE D'INTERET:

- S'il existe déjà une équation pour l'espèce, mais que les données qui en font partie préviennent d'un endroit situé hors de la zone d'intérêt, il faudrait visiter des lieux où se

font des opérations actives de sciage et de débardage dans la zone d'intérêt; travailler avec les scieurs pour enregistrer les dimensions de base de chaque pied et leur rendement en m³. Les opérations visitées devraient être bien réparties à travers la zone d'intérêt; il faut éviter le regroupement des sites dans un coin isolé de la forêt d'intérêt.

- Si aucune opération de sciage n'est en cours dans la zone d'intérêt, il faudrait y abattre des arbres et en enregistrer les dimensions et les rendements.
 - Si des opérations de sciage sont en cours pour une partie de la zone d'intérêt, il faudrait collecter les informations de cette partie et puis les compléter avec l'abattage ou l'échantillonnage non-destructif d'individus se situant dans les bonnes classes de diamètre dans le reste de la zone.
2. **OBTENIR UN ECHANTILLON NON-DESTRUCTIF D'ARBRES D'UNE DE CES ESPECES:**
L'échantillonnage non-destructif est possible. Un dendromètre Barr & Stroud (ou d'une précision équivalente) sert à mesurer les diamètres des tiges aériennes des arbres sur pied.
 3. **EMPRUNTER LES FORMULES D'AUTRES ESPECES:** Si une équation existe pour une autre espèce avec une forme de croissance semblable à l'espèce désirée, l'équation pourra être validée pour la nouvelle espèce en suivant l'étape 1 ci-dessus.

Erichissement du rapport entre le Wula Nafaa et le PROGEDE

SIEF AU NIVEAU NATIONAL PAR RAPPORT AU NIVEAU DE LA FORET: Un exemple de l'assistance potentielle que le WN peut donner au PROGEDE en faveur du Sénégal est de donner un appui à la remesurage des placettes permanentes de croissance dans les diverses zones écogéographiques. Pour le moins, si le WN appui que le re-mesure des placettes de croissance dans les régions de Tamba et Kolda, même si les placettes servent un deuxième objectif pour le système de suivi écologique national, alors elles fourniraient également les données nécessaires pour préciser des âges idéaux de rotation, tout en contribuant à l'amélioration du SIEF.

Un exemple de la confusion qui existe entre les besoins de données à satisfaire au niveau national par rapport à lui de la forêt est le suivant: Dans le SIEF-1, qui est orienté vers les forêts individuelles, les placettes sont sélectionnées sur la base de leur strate Yangambi interprétée à partir des orthophotos plans avant l'échantillonnage. Dans le SIEF-2, les 1 200 placettes du SIEF-1 ainsi que 1 700 placettes en plus sont classées selon un système basé sur l'interprétation automatisée des images satellites. Le système satellitaire du SIEF-2 a été créé plus tard que le système du SIEF-1 avec la vue de répéter la couverture en images pour un suivi écologique. Il n'ya aucun doute que la stratification par satellite, basée sur la densité et la grandeur des arbres, est efficace pour les estimations du volume ponctuelles. Mais des problèmes se manifestent lorsqu'un tel plan efficace (qui est programmé pour connaître le bois disponible aujourd'hui) se transforme en plan de suivi écologique national (qui trace les tendances de la végétation sur des années). Une solution serait pour les projets comme le WN de demander et puis appuyer les aspects du SIEF qui sont orientés vers les forêts individuelles, permettant ainsi son amélioration.

CONSIDERATIONS POUR LES INVENTAIRES FUTURS: Dans les années à venir, il sera naturel d'obtenir de nouvelles photos aériennes ou images. Si une nouvelle classification de la végétation était faite avec ces images, les anciens polygones changeront à cause des changements en occupation des sols, de la croissance, et même des interprètes et de la technologie. Est-ce que le processus de remesurage des placettes sera basé sur la stratification originale, ou est-ce que les placettes seront placées dans de nouvelles strates? Une règle de l'échantillonnage veut que le dispositif original soit toujours pris en compte. Les estimations basées sur une nouvelle stratification qui ignore l'originale seront biaisées (Schreuder et Alegria 1995). Il est possible de stratifier à nouveau et de prendre en compte correctement le dispositif original, mais cette procédure atteint un niveau de complexité qui demande une connaissance approfondie du suivi ainsi exigée, avant de s'en décider.

Le PROGEDE a développé plusieurs rapports avec des parties externes y compris la Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques (DTGC), CSE, CNRF, et ISE, ainsi que les Universités de Freiburg, Munich, et Gembloux. Les rapports avec toutes ces organisations, et avec l'institut français de recherche agronomique CIRAD et le Service Forestier des Etats-Unis, devraient tous être encouragés par le Wula Nafaa.

RECOMMANDATIONS SUPPLEMENTAIRES POUR RENDRE LES INVENTAIRES PLUS PARTICIPATIFS

Parmi les objectifs originaux du SIEF il faut mentionner l'estimation du bois d'énergie disponible pour les centres urbains du Sénégal. La connaissance du volume du bois disponible est une clé à l'exécution du "Schema Directeur" par le Service Forestier.

Le but du Schema Directeur est d'établir un système de fourniture continue de bois d'énergie en visant la diminution de la pauvreté grâce aux bénéfices engendrés. La Figure 8 est une carte du potentiel en bois d'énergie selon les inventaires du SIEF dans les différentes parties du pays.

Dans le présent rapport, nous parlons d'adapter le système d'estimation du bois d'énergie à l'aménagement des forêts par les communautés comme il est promu par le Wula Nafaa.

Afin d'arriver à une orientation plus participative et plus intégrée dans les communautés, nous proposons les recommandations qui suivent:

L'exécution du travail de terrain avec les communautés

- Pour le bois mort: avec l'assistance des villageois, mesurer le volume de bois contenu dans chaque charette qui fait partie d'un échantillon. Au lieu de mesurer tout le bois mort sur une placette, demander aux villageois combien de charettes ou de fagots peuvent contenir dans les arbres morts sur pied ou gisants. Modifier le SIEF pour produire des tableaux utilisant les termes de charettes à l'hectare et pour une forêt totale.
- Définir les tâches des membres de l'équipe d'inventaire pour que les villageois qui utilisent les arbres donnent le feedback exigé sur les utilisations, les produits, et l'état des diverses espèces -- mais garder toujours une équipe réduite pour éviter les discussions excessives. Les protocoles nécessaires seraient élaborés à l'avance.
- Réduire le nombre de variables collectées; par exemple, se demander s'il est probable que l'érosion, la distance à la route, ou la distance à l'eau sont utiles, y compris dans l'inventaire national? Pour d'autres, par exemple intégrant le degré de couverture végétative et la texture du sol, indicateurs potentiels de la productivité de la forêt, leur utilité devrait être bien expliquée aux communautés participantes et aux membres de l'équipe qui devraient par la suite collecter les données en utilisant les équipements où c'est possible. Enfin, les cartes qui résultent de ces paramètres collectés devraient être incluses dans le PAF.
- Il se peut qu'il n'est pas nécessaire de comptabiliser toutes les tiges issues de la régénération en dessous d'un diamètre minimum; les données collectées sur ces sous-placettes peuvent être révisées. Une proposition est de compter toutes les tiges par espèce jusqu'à un maximum de 3cm de diamètre à 1,3m de hauteur. La décision de modification du protocole doit prendre en compte les règles requises pour l'obtention d'une certification forestière selon le standard FSC, au cas où le WN ou le Sénégal la demanderait dans le futur.
- Associer des scieurs à l'équipe qui peuvent estimer le volume d'un arbre afin d'éviter de devoir abattre les arbres pour établir le tarif. Vérifier au moins au début de ce travail leurs estimations en les comparant avec ce qui est calculé à l'aide d'un dendromètre précis.
- Inclure les villageois aux équipes de recherche non seulement en tant qu'ouvriers, mais comme collègues. Expliquer à chaque moment ce qui est en train d'être mesuré et pourquoi, et restituer les résultats après l'étude.

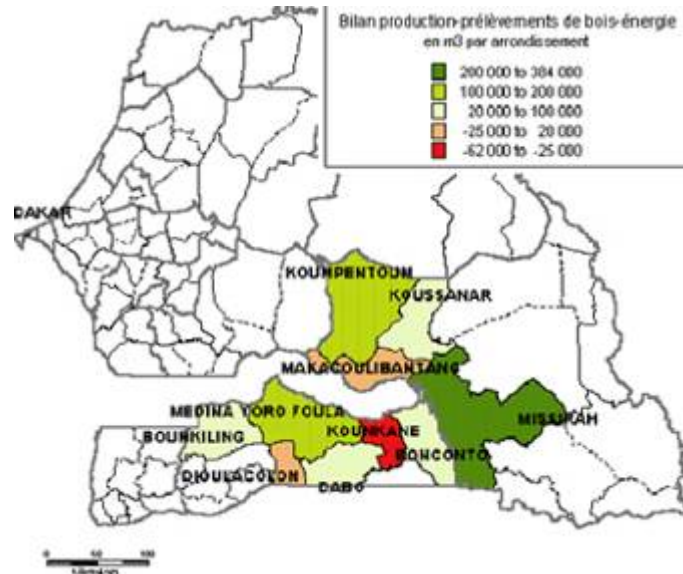


Figure 8. Les rendements potentiel du bois d'énergie de toutes les parties du Sénégal, selon le SIEF, pour le Schema Directeur

Le rapportage des résultats d'analyse en unités locales

- Incorporer dans le PAF les tableaux qui affichent les produits en unités comprises par les chabonniers, les scieurs, les commerçantes, et les membres des comités d'aménagement.
- Offrir l'option d'afficher les noms locaux dans les tables des résultats
- Incorporer les modules de rapportage automatisé pour plusieurs de ces recommandations dans le logiciel
- Incorporer les données sur la régénération dans le PAF et en expliquer le sens aux communautés (ce que les tables disent sur l'avenir des espèces fortement utilisées); également avec l'option de nom locaux
- Incorporer les informations quantitatives sur les arbres qui donnent les produits non-ligneux importants (surtout gommiers, fruitiers, et essences fourragères, mais aussi arbres de cordages, médicaments, et produits ménagers)
- Expliquer, au moins aux comités de gestion, les tables de sortie (volumes à l'hectare, régénération, arbres de produits non-ligneux...), et le sens des calculs d'erreurs d'échantillonnage en termes de conséquences sur l'aménagement des forêts, pendant la restitution du PAF

La division de la forêt en blocs et parcelles

- Dessiner les limites des parcelles et blocs directement sur les cartes ou sur une photo de la forêt lorsque les représentants des villages autour de la forêt sont présents, au lieu de dépendre trop sur le travail de l'ordinateur (voir les [ETAPES DANS L'INCORPORATION DES DONNEES DU SIEF](#) et l'[Annexe B](#)).
- Sur les cartes, continuer le dessin des polygones pour inclure les occupations du sol juste en dehors des limites de la forêt pour que l'aspect environnemental local soit plus complet.
- Resoudre la question de quoi faire avec les terres classées comme "agricoles" dans le système Yangambi qui sont à l'intérieur des limites de la forêt. Expliquer aux villages avoisinants que les "jachères" sont considérées comme une partie de la "série de production" (donc les hectares cultivés sont comptés dans la production du bois).

Participation du Service Forestier sénégalais

- "Participatif" implique aussi le Service Forestier. L'appui de leur formation en l'utilisation du SIEF devrait être continué et surveillé par le Wula Nafaa. Le SIEF dans son état ajusté serait aussi convivial et indérégable que possible avec les agents forestiers en tête.

LES QUESTIONS LIEES A LA PRODUCTION DU CHARBON

VALIDATION DU CYCLE DE COUPE ET REGENERATION POUR LES ESPECES DESTINEES A LA PRODUCTION DU CHARBON

Le protocole de coupe utilisé actuellement

Le protocole en usage permet la coupe des tiges d'un diamètre de 10 à 25cm. Le reste des tiges sont laissées sur pied. Aussi, pour couper conservativement compte tenu du manque de recherches sur le taux de régénération, les coupeurs prennent la moitié des tiges dans cette rangée de diamètres, et d'autres espèces ne doivent pas être touchées. Donc pour les arbres d'une seule tige, la première est coupée et la deuxième est laissée. Pour les cépées avec des tiges multiples entre 10 et 25cm, la moitié en sera prise. La parcelle est laissée par la suite pour régénérer pendant 8 ans.

Si le protocole est respecté, le pourcentage de la surface terrière ou du volume enlevé dépend de la distribution des diamètres du massif. Evidemment, dans les forêts qui ont peu de tiges dans la rangée de 10 à 25cm, la coupe est pareille à un éclaircie légère. Si la distribution favorise les plus grands diamètres, la proportion du volume augmentera, mais seulement jusqu'au point où beaucoup de tiges de 25cm seront laissées; dans ce cas, un volume significatif de bois serait laissé dans les grosses tiges.

Ce protocole ne se prête pas facilement au terme "âge de rotation". Les questions clés sont: quel est le taux de croissance des espèces destinées à la production du charbon, et quels critères sont appliqués au moment de décider de commencer la coupe dans le cycle? Puisque les critères du protocole sont conservatifs, la rotation devrait être basée sur l'économie. Combien de temps doit s'écouler avant que les tiges disponibles à couper atteignent un volume où il est économiquement faisable à les couper partiellement encore? Pour le moment, le critère est le diamètre (10 à 25cm) et l'intervalle de temps est de 8 ans. Le critère de 8 ans est basé sur une seule étude faite en 1988 par Arbonnier et Faye dans la Forêt Classée de Koumentoum; l'étude déclare que la recroissance maximale des arbres coupés en taillis est atteinte après 8 ans, en termes de surface terrière.

Nous avons trouvé une seule étude sur la densité et la valeur énergétique du bois des rejets résultantes des rotations courtes: cette étude indique une proportion en écorce par rapport au bois commercialisable qui est augmentée quand la rotation est courte, ce qui joue plus sur la densité et la valeur énergétique que sur le volume.

Nous ne savons pas comment la rangée de diamètres (10 à 25cm) a été choisie pour l'exploitation idéale. Sûrement qu'il existe un diamètre minimum au-dessous duquel les producteurs de charbon ne pourront pas justifier leur main-d'oeuvre économiquement.

Une proposition pour ajuster le protocole de coupe

Il n'est pas évident que ce protocole pourrait, ou même s'il devrait, être appliqué dans des **forêts avec une distribution de diamètres favorisant les tiges de 25cm et plus**. Après 8 ans encore, le même protocole sera encore appliqué, et quelques tiges du premier cycle auront dépassé la limite de 25cm; celles-ci sont destinées à mourir d'autres causes. Le protocole actuel appliqué à une telle forêt changera la composition de la forêt en favorisant les arbres protégés et en augmentant le volume dans les arbres laissés, même s'ils sont d'une espèce autorisée à la coupe. Chaque morceau de terre a une capacité maximale de supporter la biomasse; donc lorsque les tiges qui ne peuvent plus être coupées augmentent, les tiges disponibles à couper diminueront.

Afin d'éviter une pénurie éventuelle de tiges à couper dans les forêts avec une distribution de diamètres qui favorise les plus grands individus, le Wula Nafaa pourrait recommander un changement des règles de coupe pour permettre la coupe des tiges qui dépassent 25 cm. D'abord, il faudrait évaluer la distribution de diamètres soit à l'oeil sur le terrain soit sur une graphique basée sur les données du SIEF. Puis on diviserait toute la gamme de diamètres en quelques sous-rangées, deux par exemple, pour appliquer des règles de coupe associées à chaque sous-rangée. Par exemple, pour chaque tige coupée qui dépasse 25cm, laisser une sur pied. Chaque sous-rangée pourrait avoir sa propre règle.

Le temps de régénération et les protocoles de coupe dans la littérature

Ci-dessous nous avons résumé quelques-unes des estimations de la productivité et du taux de croissance des bois d'énergie dans la zone sahélienne (plus détaillé en [Annexe D](#)):

Productivité par hectare

"Si l'aire est protégée pendant 5 ans après la coupe, la productivité = 0,6 à 3 m³/ha/an" (1)
Devineau (1997) a mesuré plusieurs fois pour estimer un incrément de 0,7 m³/ha/an (savane maturée) et 0.3 m³/ha/an (jachère de 12 ans) (1)
Caméroun recroissance @ 800mm pluviométrie = 0,5 m³/ha/an, 3 ans après coupe à blanc (1)
Botswana recroissance @ <1000mm pluviométrie on sandy soil = 0.9 Mg/ha/an (1)
Burkina recroissance @ 1000mm pluviométrie = 0,7 m³/ha/an en savane maturée
Guinée recroissance @ 1300mm pluviométrie = 1,3 m³/ha/an en savane arbustive; 2,3 m³ en savane boisée (1)

"Exploitable" = 15 stères/ha vert + 3st/ha mort (*Combretum micranthum*, *C. nigricans*, *Guiera Sénégalensis*)- *Maradi et Dosso*(2)

11,3 m³/ha/an toutes espèces confondues (Kaolack) (3)
= 2640 kg/ha/an
= 290 kg charbon/ha/an
= 3 quintaux/ha/an

6 ans de culture mènent à 50% de perte de densité et 14 ans mènent à une perte de 80% (6)

Production totale de 1 million de quintaux au Sénégal en 1994, et de 1 500 000 en 1988 et 1993. (7)

Productivité au long du corridor de rails Dakar-Bamako en m³/ha/an = ,051 + 1,082 x (pluviométrie en mètres)² (8, pg. 11)

500mm produit 0.3 m³/ha/an; 800mm produit 0,7m³/ha/an (8)

Protégé: augmenter par 25%; Dégradé: diminuer par 25% (8)

Régénération et l'âge d'exploitabilité

"Court" (<20-ans) rotation avec coupe à taillis rotation recommandée en Abbot et Lowore, 1999; Bellefontaine/Gaston/Petrucci 1997; Jensen 1995; Catinot 1994.

Une **rotation courte** mène à une proportion différente du bois exploitable par rapport à l'écorce dans les arbres vieux. Ceci joue sur la **densité**; pourtant c'est le **volume** qui est la base des taxes et qui est estimé dans les équations. Pour ces raisons, la matière sèche est la variable qui est la plus appropriée pour l'évaluation de la croissance et la valeur en énergie. (Burkina Faso 620-785 mm pluviométrie) (1)

"Si le Service Forestier du Burkina Faso appliquait les mêmes critères de coupe aux bois d'énergies qu'en 1982, une période de rotation de plus de 30 ans serait exigée pour le recrû du volume."

(Basé sur 29 à 70 m³/ha qui ont été prélevés pendant une coupe à blanc en 1982) -- i.e. la matière sèche ligneuse d'une forêt mature serait moins importante que celle rapportée dans d'autres études dans les mêmes conditions de pluviométrie.

Coefficients de variation comparés entre l'étude actuelle de 2004 et le CV pour bois prélevé en 1982 sont comparables (11 à 29% pour les deux).

"Les périodes de rotation plus longues peuvent produire des proportions plus lourdes du bois commercialisable et cette option devrait donc être investiguée" (Burkina Faso 620-785 mm pluviométrie) (pg 84) (1)

Récolte annuelle permet 69% à 80% de la croissance annuelle (2)

Protocole = >6cm de diamètre, "taillis fureté" (sélection d'un nombre de rejets limité) (*Combretum micranthum*, *C. nigricans*, *Guiera Sénégalensis*)- *Maradi et Dosso*(2)

Pour une régénération à moindre coût, couper les racines au moment des réserves de nutriments augmentées pour les *Combrétums* et bcp d'autres espèces sahéliennes (= drageonnage) (4)

Combrétum/ Anogeissus sont des forêts "pseudo-climax" qui durent malgré une pluviométrie diminuant la dégradation, à cause de la possibilité de régénérer par les souches depuis les années '50 (pg. 25) (5)

Note: Les permis de coupe n'ont pas une date de péremption, donc une fois octroyés, le bois pourra être récolté n'importe quand.

Le système des quotas dirige les exploitants vers des régions spécifiques en limitant les quotas octroyés de chacune. (7)

SOURCES

- (1) Nygard, R., L. Sawadogo, et B. Elfving. 2004. Wood-fuel yields en short-rotation coppice croissance en the north Sudan savane en Burkina Faso. *Forest Ecology et Management* 189 77-85. Elsevier B.V.
- (2) (c. 2003?) n.a. Résumé du Plan d'Aménagement forestier du massif de Baban Rafi Sud (Département de Madarounfa) 3 pages -- internet site
- (3) Visites de terrain a. [Kaolack 2005](#) b. Missirah 2006 c. [Tamba-Koulor-Neteboulou 2007](#)
- (4) Bellefontaine, R, E. Nicolini, S. Petit. 1999. Réduction de l'érosion par l'exploitation de l'aptitude à drageonner de certains ligneux des zones tropicales sèches. Bulletin Réseau Erosion (IRD-Montpellier et CTA-Wageningen), no. 19, p. 342-352
- (5) Ba, M., A. Toure, et A. Reenberg. Mapping land use dynamics en Sénégal. Case studies from Kaffrine Departments. Working paper 45.2004 for Sahel-Sudan Environmental Research Initiative, Institute of Geography, Copenhagen. 33 pages
- (6) Faye, E., D. Masse, et M. Diatta. 2002. Dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture dans un système de culture semi-permanente du Sud du Sénégal. en Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002. Maroua, Cameroun. 30 pages.
- (7) FAO Documents 1 et 5 on Consommation en Charbon de Bois au Sénégal: Dept des Forêts Rapport d'étude sur les Données du Bois-Energie au Sénégal", et "Etude sur les Ressources Forestières et les plantations Forestières au Sénégal".
- (8) Clément, J. 1982. Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. B.F.T., No. 198, en CTFT Mémento Forestier page 507.

Les références ci-dessus indiquent un taux de croissance typique entre 0.4 à 0.7 m³ par hectare par an en zones de pluviométrie sahéliennes. L'étude de Clément(1982) comporte des données du Sénégal mais elle s'est servi d'un coefficient de conversion conservatif allant des stères aux m³ qui est 0,4. Si nous appliquons le coefficient actuellement utilisé au Sénégal, qui est 0,65m³/stère, les données ont montré que la zone de pluviométrie 600-700mm a produit 0,4 to 0,6 stères par hectare en forêt coupée et non-protégée en intervalles de 20 ans. A titre d'exemple, si nous utilisons le coefficient de production de 0,5m³/ha/an, si le rendement d'une coupe à blanc d'une parcelle est de 10 m³ par hectare (ou 15 stères ou 25 quintaux/ha), alors il faudra 20 ans pour le recrû complet.

Si la parcelle n'est que partiellement coupée et qu'elle rend 5 m³ par hectare (ou 12 quintaux/ha), alors il faudrait 10 ans pour le recrû complet.

Ces exercices illustrent pourquoi nous voudrions savoir combien de bois ou de charbon de bois est coupé dans chaque hectare, et pourquoi nous devrions comparer le volume coupé avec les chiffres dans le PAF. Pour tous les scénarios, il serait intéressant d'initier des recherches sur le taux de croissance des espèces pour le charbon de l'est du Sénégal.

RECOMMANDATIONS POUR DETERMINER LES TAUX DE CROISSANCE

C'est vrai que les données définitives ne sont pas suffisantes pour rendre une décision bien informée sur la longueur optimale du cycle de coupe; pourtant, il existe des opportunités pour la collecte de données sur les sites exploités dans une année connue.

Le remesurage des placettes permanentes

Le PROGEDE a établi une série de placettes permanentes en 2004. (Voir la [Figure 6.](#)) Elles sont programmées pour le remesurage en 2007. Le nombre de placettes dans chaque zone écogéographique est faible et devrait être augmenté, mais les données sur les placettes existantes seront disponibles cette année si le PROGEDE suit son programme.

La re-visite aux sites exploités préalablement

Il existe au moins deux sites dans les régions de Tamba et Kolda où l'exploitation s'est déroulée au cours d'années connues par les villageois et les forestiers. Ces sites devraient être revisités pour deux raisons: la disponibilité faciles des informations, et la possibilité de collecter des données sur les cernes annuelles.

Idéalement, les sites d'exploitation dans une année connue qui seraient remesurés, franchiraient une rangée de 10 ans. Pendant notre mission, nous avons visité un site exploité il y a deux ans; c'est trop court pour donner une information valable puisque les effets court-terme du climat annuel se verront.

Il semble opportune de profiter de ces sites exploités puisqu'ils ne seront pas répartis au hasard, comme ce qui est la norme dans les recherches. Néanmoins, ils indiqueront au Wula Nafaa et au Service Forestier s'il est bon de continuer le protocole actuel de coupe ou s'il vaut mieux l'altérer.

Le comptage des cernes annuels

La recoupe et l'examen des souches dans les sites exploités dans une année connue serviront à vérifier si les cernes annuels sont un moyen précis pour attribuer l'âge des arbres destinés à la fabrication du charbon. Le Mémento Forestier (Centre Technique Forestier Tropical, France 1990 p. 92) affirme que les cernes annuels sont visibles sur certaines espèces tropicales. Alegria (1988) a confirmé que les forestiers peuvent attribuer des âges aux Combretums au Niger en comptant les cernes, et en faisant une comparaison du nombre de cernes avec les âges connues des tiges. Les exemples prélevés en Tamba sont indicatifs (Figure 9).



Figure 9. Tranches de Combretum d'un site de production de charbon à Tambacounda

Si le comptage des cernes est confirmé comme un moyen précis d'attribution d'âge, le WN pourra couper des tiges d'âge inconnu et reconstruire les courbes de croissance des diamètres. Une méthode standardisée est de couper des disques le long de la tige principale à des hauteurs prédéterminées au-

dessus du sol. En utilisant le diamètre des cernes dans le disque provenant de la partie la plus basse de la tige, et le nombre de cernes comptabilisés sur la longueur de ce tige, la chronologie du rapport diamètre et hauteur peut être reconstruite. Un sous-échantillon de telles tiges, par diamètre actuel et par espèce serait prélevé à des placettes distribuées au hasard à travers la zone écogéographique d'intérêt. Les courbes résultant du traçage des diamètres et hauteurs permettront d'estimer le nombre d'années nécessaires pour que les tiges atteignent un diamètre fixé recherché.

L'analyse des données sur la croissance

Une fois que les placettes sont revisitées et que les données des sites remesurés sont disponibles, le suivant s'applique.

Un modèle simple de croissance est:

$$\Delta G = S + R - M - C$$

où ΔG est le changement en croissance par unité de temps

S est la croissance des survivants; il s'agit de la croissance d'une tige qui était présente au début de l'intervalle de temps et qui est remesurée à la fin de l'intervalle

R est le recrutement; ces tiges étaient trop petites au début de l'intervalle, mais elles ont grandi jusqu'à dépasser le seuil décidant qu'une tige doit être mesurée pendant l'intervalle

M est la mortalité; ces tiges étaient vivantes au début de l'intervalle, mais elles sont mortes avant la fin de l'intervalle

C représente les tiges enlevées ou coupées; elles étaient présentes et mesurées et vivantes au début de l'intervalle, mais elles ont été prélevées avant la fin de l'intervalle

Il existe d'autres composantes de la croissance qui ne sont pas mentionnées, telles que: les tiges qui étaient vivantes au début, puisqu'elles ont grandi jusqu'à dans la classe mesurable, et qui sont mortes ensuite avant la fin de l'intervalle; même type de composante pour les tiges prélevées. Ces composantes sont omises dans un souci de simplification.

- Les données des placettes d'âge connu remesurées donnent le ΔG : l'âge "zéro" serait le début de l'intervalle connu, et l'âge de l'arbre/du massif serait la fin de l'intervalle, tandis que les autres composantes ne seraient pas distinctives.
- Les données des cernes seules donnent la croissance des survivants et le recrutement.
- Les placettes permanentes donnent tous les composants de la formule, mais il faudra des années pour remplir toutes les valeurs.

D'autres questions à résoudre

Il existe d'autres complications en ce qui concerne la détermination des taux de croissance des espèces destinées à la production du charbon, même si le calcul basé sur les cernes annuels fonctionne. Par exemple:

- Est-ce que les tiges uniques poussent au même taux de croissance que les tiges multiples/ en cépée?
- Est-ce que les rejets poussent tous avec le même taux de croissance s'ils sont furetés et s'ils sont laissés tous sur la souche?

Il peut exister aussi la possibilité que les tiges coupées l'aient été sur des populations différentes de la première coupe, c'est-à-dire que les tiges coupées sont membres d'une population "différente" dans le sens statistique. Seules les données des placettes permanentes pourront confirmer ou infirmer les craintes de ces effets confondants.

Ces questions pourraient être abordées dans une étude élaborée dès que l'argent et le temps seront disponibles. Comme il est noté ci-dessus, l'alternative est d'étudier des coupes préalables des années connues pour trouver les réponses, mais l'inconvénient est qu'il pourra être difficile de trouver les combinaisons de tiges uniques/tiges multiples/tiges furetées dans une proximité commune.

VALIDATION DES VARIABLES UTILISEES PAR LE SERVICE FORESTIER DANS LES CALCULS POUR LES TAXES ET QUOTAS

Sacs de charbon dans une meule, dans un camion, ou sur un hectare

Dans un plan d'aménagement ou un PAF, il est donné une estimation du nombre de mètres cubes dans une parcelle. Les consultants de Wula Nafaa et les facilitateurs travaillent avec les villageois pour déterminer si oui ou non les villageois peuvent couper le bois comme prescrit, ou si le travail doit être contracté par un tiers.

Le bois qui est réellement carbonisé sur une année dépend du nombre de quintaux (unités de 100kg en 2 gros sacs) alloué en forme de quota départemental par le gouvernement (voir le Schema Directeur dans la [Figure 8](#)). Pour s'assurer que tous les quintaux seront produits, le Service Forestier indique le nombre de charbonniers professionnels migrants ("Sourgas") qui ont le droit de travailler dans chaque zone. Toutes les parties prenantes dans la filière de charbon utilisent des coefficients pour convertir les mètres cubes en stères, en sacs du charbon, ou en quintaux; le nombre de sacs de charbon qui correspondent à un "camion" est de 300.

Un "Sourga" produit **150 quintaux par an**. Hors des forêts aménagées par les communautés avec leur PAF, le Service Forestier sénégalais base la production annuelle des quintaux sur l'inventaire des zones des combrétacées. Les Sourgas sont "parqués" autour de ces zones sur base de leur productivité connue qui est de 150 quintaux par an, selon nos collègues.

La table ci-dessous indique la variabilité inhérente dans les coefficients en usage. (Un astérisque double ** indique qu'il existe des différences importantes entre les coefficients utilisés pour la même conversion.)

FACTEURS DE CONVERSION

<p>Bois sec conversion en m3</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 670kg/m3 (1) ▪ 680kg/m3 (1) ▪ Tronc+ branch + rameaux = @1/3 total du matière sec (1) ▪ Tronc + écorce = 32 à 44% de matière sèche (1) ▪ Densité de <i>Anogeissus</i>, <i>Combrétum glutinosum</i>, et <i>C. nigricans</i> = 720-800kg/m3 (1) ▪ 1 tonne bois sec = 4 m3 (2a) ▪ 1 tonne bois sec = 20 sacs (2a) 	<p>Rendement charbon /kg de bois</p> <p>16% (Outchoun 1983) à 30% du poids du matériel de base (bois plus sec = rendementt augmenté) moyenne bass = 20% (3)</p>	<p>Energie rendement par (4) :</p> <p>Meule traditionnelle = "18%" Meule Casamance = "30%" Cuisinière feu 3-pierres = "20%"</p>
<p>Volume dans un "camion"</p> <p>1 camion = 150 quintaux (2c) 1 camion = 40-50 stères (2c) 1 camion = 1 meule (2c) 1 camion = 300 sacs chargés devant le Service Forestier (2c) **1 camion = 150-170 quintaux = 300-350 sacs = 1 "meule" = 9 "tas" (2c)</p>	<p>Volume dans une "meule"</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20m diamètre meule = 400 sacs (Casamance) (2b) ▪ 13m diamètre kiln = 200 sacs (2c) ▪ 6m radius kiln= 100 quintaux (2c) ▪ 1 four (meule) of 300 stères vert = 2,7 tonnes sec (diviis par 11) (2a) <p>1 meule = 1 camion (2c) 1 meule = 9 "tas" (2c)</p>	<p>QUINTAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ **Quintaux = "100kg" = "2 sacs" (4) ▪ **Quintaux/Tonne = 11 (4) ▪ 2,5 quintau/m3 (2c) ▪ 150 quintaux/camion ▪ 1 quintaux = 100 kg sec (2a) ▪ 10 quintaux = 1 tonne bois sec = (2a) ▪ 100 quintaux = 6m rayon meule (2c) ▪ 150 quintaux=1 camion (2c)
<p>Stères en mètres cubes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 m3 = 2 stères (2a) ▪ 1 m3 = 260 kg vert (2a) <p><i>En pluviométrie 900mm forêt naturelle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ stère/m3 = 3,5 (bois 3-6cm) (4) ▪ stère/m3 = 2,2 (bois 7-12cm) (4) ▪ stère/m3 = 1,7 (bois 13cm+) (4) ▪ 1 stère = 0,5m3; 2 stères/m3 (Wula Nafaa) 	<p>Mètres cubes en stères (coefficient d'empilage)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (Si tout le bois est rond, droit, = diamètre: = pi/4 = 0,785) ▪ 0,45 to 0,8 (5) ▪ ,29 to ,59 pour bois entre 3cm à 13cm diamètre (4) <p>** 0,65 m3 = 2,5 sacs (2c)</p> <p>Poids d'un mètre cube</p> <p>Densité du bois = 0,8 Tonnes/m3 (4) Densité du kérosene = 0,79 (4)</p>	<p>Poids d'un stère</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 stère = 215 to 600 kg (twisted branches tordues vs, bois droits des éclaircis) (3) ▪ 1 stère = 130 kg bois vert (2a) ▪ 2 stères = 260 kg vert (2a) ▪ 8 stères = 1 tonne bois sec (2a) ▪ Tonnes/stère = 0,27 (4) ▪ 1 stère = 80 to 130 kg de charbon (2c) ▪ Sac de charbon = "45kg" (4)

SOURCES

- (1) Nygard, R., L. Sawadogo, et B. Elfving. 2004. Wood-fuel yields en short-rotation coppice croissance en the north Sudan savane en Burkina Faso. *Forest Ecology and Management* 189 77-85. Elsevier B.V.
- (2) Visites de terrain a. Kaolack 2005 b. Missirah 2006 c. Tamba-Koulor-Neteboulou 2007
- (3) Keita, J.D. Undated. Article presenting a comparison of energy balance for bois d'énergie et for charbon. 6 pages. See very interesting sections on economics of transport: it is shown that charbon with a 28% thermal energy equals the price of its transport by old truck à a distance of 1000 km.
- (4) FAO Documents 1 et 5 on Consommation en Charbon de Bois au Sénégal: Dept des Forêts Rapport d'étude sur les Données du Bois-Energie au Sénégal", et "Etude sur les Ressources Forestières et les plantations Forestières au Sénégal".
- (5) C.T.F.T. 1989. Mémento Forestier. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris. (Out of print)

Exemple des coefficients de conversion utilisés avec le PAF et le quota

Le SIEF donne les mètres cubes. Le quota annuel est en quintaux. Admettons que, selon le PAF qui a été élaboré avec les données du SIEF, une parcelle contient une possibilité de 1 000 mètres cubes.

___ Convertir en quintaux: $1\ 000\ m^3 \times 2,5\ \text{quintaux par } m^3 = 2\ 500\ \text{quintaux}$

___ Convertir en quintaux via stères:

$(1\ 000\ m^3 \times 2\ \text{stères}/m^3 \times 130\text{kg bois}/\text{stère}) / (100\text{kg}/\text{quintaux}) = 2\ 600\ \text{quintaux}$

___ Convertir en quintaux via coefficient d'empilage et stères:

$((1\ 000\ m^3) / (,65\ m^3/\text{stère})) \times ((130\text{kg}/\text{stère}) / (100\text{kg}/\text{quintaux})) = 2\ 000\ \text{quintaux}$

L'exemple démontre comment les différents coefficients peuvent changer la possibilité annuelle. Si un quintaux vaut 10 000 FCFA sur le marché, une sousestimation de 500 quintaux pourrait engendrer en une perte ou un gain d'un montant de 5 millions ou \$10 000.

Donc malgré toutes les mesures faites avec soin pendant les inventaires et tous les calculs automatisés, le lien entre les données d'inventaire et les bénéfices de la forêt peut être rompu suite à des conversions ultimes.

Exemple des coefficients de conversion utilisés avec le PAF et la superficie de production

Rappelons que les tables qui affichent la possibilité annuelle dans le PAF doivent refléter la moitié des volumes totaux calculés dans le SIEF. Cette conversion est manuelle et il n'y a pas de système de vérification dans le logiciel. En plus, puisque la moitié des tiges laissée pendant l'exploitation, nous pourrions imaginer que l' "âge d'exploitabilité" des espèces destinées à la production du charbon est réellement de plus de 8 mais de moins de 16 ans, avec un terme de mi-rotation de 12 ans.

Le PAF donne des mètres cubes. Admettons que, selon le PAF qui a été élaboré avec les données du SIEF, une parcelle contienne une possibilité de 1 000 mètres cubes. Combien de meules devraient être construites pour atteindre le but d'exploitation de 1,000 mètres cubes, et combien d'hectares devront être coupés pendant la production du charbon de ce bois? Prenons les 1 000m³ pour 2 500 quintaux, suivant un des calculs ci-dessus.

Dans les tableaux décrivant la [productivité par hectare](#), on trouve une estimation typique de la productivité basée sur la pluviométrie sahélienne = 0,5 m³/ha/an. Si l'âge d'exploitabilité était de 12 ans, alors chaque hectare devrait produire une possibilité de $(12 \times 0,5 =) 6,0\ m^3$ après 12 ans.

Combien de quintaux se trouvent dans les 6m³? Une conversion direct donne $(6/1000 =) ,006 \times 2\ 500$ quintaux par 1 000 m³ = 15 quintaux. Ceci veut dire que chaque hectare d'une parcelle doit donner une moyenne de 15 quintaux. Si une meule de 15m en diamètre produit 150 quintaux (selon la même table de référence), il faudrait construire 10 meules de 15m sur cette parcelle dans une année.

- Alternativement, on pourrait compter toutes les stères dans les meules sur la parcelle, et s'assurer que le maximum est de 1 538 stères (=1 000m³ divisé par 0,65 coefficient d'empilage).
- Alternativement, on pourrait mesurer les volumes dans toutes les meules construites sur la parcelle, et arrêter d'en construire quand le maximum de 1 538 stères est atteint (vérifié par la méthode de mesure décrite ci-dessous).

Productivité de la meule Casamance par rapport à la meule traditionnelle

Le Service Forestier sénégalais exige que tout le charbon produit dans les forêts communautaires soit faite dans des meules améliorées. La meule Casamance est mentionnée dans les textes pour satisfaire cette exigence. En principe, la meule Casamance -- si elle est utilisée correctement -- donne un meilleur pourcentage de bois en charbon; condense les sous-produits toxiques du processus de production du charbon en liquides utiles; et demande moins de jours pour produire le même volume qu'une meule "traditionnelle". Des études plus formelles devraient être effectuées pour approfondir ces déclarations, car le débat est toujours en cours pour les groupements de producteurs, qui trouvent que les cheminées et leur construction sont chères, la formation en leur utilisation est stricte, et le main-d'oeuvre impliquée dans leur transport rend la vie plus difficile. Quelques références qui pourraient servir de point de départ pour l'esquisse d'une étude sont dans l' [Annexe](#) finale de ce rapport.



Figure 11: Meule avec tripied pour mesurer le volume

Mesure du volume dans une meule

Les charbonniers que nous avons visités se rendaient compte de l'exigence du Service Forestier d'entasser et de mesurer le bois coupé en stères avant de le placer sur la meule. Ils nous ont montré la méthode de mesure d'une stère par moyen d'un baton d'un mètre qu'ils possédaient sur le site. Pourtant, ils ont admis qu'ils n'utilisent pas le système de mesure des stères, mais plutôt qu'ils utilisaient les "tas": 9 tas font une meule.

Les bûcherons engagés pour construire les meules et produire le charbon dépendent de leur propre expérience pour estimer le volume de charbon qui sortira d'une meule. Un camion est supposé de porter 300 sacs, mais tout le monde s'entend sur le fait que des sacs supplémentaires (jusqu'à 50 ou plus) sont ajoutés pour plusieurs raisons.

Il est impossible de savoir avec quelle précision les bûcherons à l'esprit le nombre de stères qu'ils coupent. S'ils respectent les consignes données, il faudra certainement un effort significatif pour couper les tiges en longueur d'un mètre, les entasser soigneusement, et puis enregistrer leur nombre.

Il semble que l'objet de l'empilement est de connaître et d'enregistrer la quantité de bois prélevé de la forêt et la quantité de charbon en sacs ou en quintaux que ce bois produit.

Si le rapport entre le nombre de stères et le nombre de sacs de charbon peut être établi, une option se présenterait pour une méthode plus rapide qui ne mesure que le nombre de stères ou les sacs de charbon reconvertis en stères ou en mètres cubes de bois. Pour évaluer la faisabilité d'une telle estimation, nous recommandons la mesure du volume dans une meule. Cette méthode demande un inclinomètre laser. Les étapes sont:



Figure 10: Zoom sur la cheminée d'une meule traditionnelle

1. Attacher un bâton verticalement à la cheminée centrale d'une meule traditionnelle. (Figure 10).
2. Utiliser un ruban à mètres pour une mesure allant du baton jusqu'à une distance sur le sol. La distance de la pente marche. Prendre la mesure à la même the same distance en chaque sens cardinal de la boussole. Faire des essais pour déterminer une distance convenable. Dresser un tripied sur le premier de ces points.

3. Mesurer la distance à la meule en utilisant des angles en intervalles égaux avec l'inclinomètre laser. Enregistrer et l'angle et la distance à la base de la meule, ainsi que la distance de chaque point visé sur le côté de la meule (Figure 11).
4. Répéter les mesures à chaque point cardinal du centre de la meule, mais s'assurer que le tripied est fixé à la même distance du baton, au centre précisément.

Avec une multiplication des enregistrements, le volume de la meule sera plus précisément calculé. Toute distance verticale pourra être extrapolée des deux mesures les plus proches en utilisant une interpolation direct.

La meule peut être "tranchée" en disques qui sont réellement des cônes tronqués. Le volume de chaque cône tronqué peut être calculé et sommé cumulativement.

Une considération est à prendre en compte si la cheminée au centre n'a pas les mêmes dimensions du haut jusqu'en bas de la meule. Si par exemple elle est plus large à la base, alors ce volume doit aussi être estimé est déduit du volume total de la meule. Voir l'[Annexe E](#) pour les formules et la feuille de calcul pour les informations sur l'analyse.

Cette procédure déterminera le rapport entre le volume de bois entassé et le nombre de sacs de charbon. Le besoin de déterminer d'autres liens entre le volume de la meule et la superficie en hectares qui la produisent existe toujours, afin de vérifier le respect des protocoles et la possibilité annuelle affichée.

INVENTAIRE ET PRODUCTIVITÉ DES PRODUITS NON-LIGNEUX CIBLES PAR LE WULA NAFAA

(N. B. Nous avons décidé d'annuler l'étude du bambou pour cette mission puisque le produit est pour le moment non-prioritaire pour le WN.)

Une proposition pour l'inventaire et l'estimation de la productivité de l'arbre qui produit la gomme mbepp (*Sterculia setigera*)

L'arbre *Sterculia setigera* produit le karaya ou gomme mbepp, un produit exporté important utilisé dans les industries cosmétiques, l'alimentation, et la pharmacopée (Figure 12). Pendant la période de 1982 à 2002, la production de cette gomme au Sénégal a fluctué d'une baisse de 350 000 kg en 1999 à un maximum de presque 2,5 millions de kg en 1989 (Johnson et al. 2005). Malgré le fait que beaucoup de littérature existe sur la production et la valeur de la gomme mbepp, il est difficile de trouver les informations sur le nombre d'arbres dans les forêts. Il existe pour le moins une étude par Mbaye et al. (2005) qui a couvert une superficie de 300ha.

Heureusement, tous les inventaires menés par le PROGEDE ont compté les pieds de *Sterculia setigera*. Une analyse de la base de données a conclut que le plan d'échantillonnage déjà utilisé suffisait pour l'estimation du nombre d'arbres dans une aire délimitée (Annexe A Tables 1&2). Il semble que dans la zone d'inventaire de Tamba-Kolda, l'arbre est assez bien représenté: 26% des placettes avaient au moins un pied enregistré, et sur les placettes où l'espèce était présente, il y avait une moyenne de trois tiges. Ces chiffres indiquent que la densité permettrait l'utilisation du dispositif existant pour son inventaire, même si la densité n'est pas élevée. Cette remarque est d'ordre pratique; un inventaire qui serait formulé spécifiquement pour le *Sterculia* comporterait probablement des placettes plus larges, mais l'inventaire actuel l'a déjà quantifié et les attributs associés tels que le diamètre et la hauteur sont déjà enregistrés. Le seul attribut qui manque dans les tables de sortie est l'état phytosanitaire de l'arbre (surtout de son écorce); il sera intéressant de stratifier les résultats pour les plans d'aménagement des gomméraires pour connaître l'avenir dans l'intérêt de la productivité.

Le dispositif du SIEF, appliqué à *Sterculia*, donnerait à l'aménagiste le nombre de pieds à l'hectare. Quand la variabilité des données présentes dans la base de données sera calculée, la production par arbre (ce qui est estimée à 2,5kg de gomme par arbre par année) pourra être multipliée par le nombre de tiges; puis la possibilité de prélèvement annuel pourra être calculé. Idéalement, les statistiques telle que l'intervalle de confiance qui indique un minimum et un maximum, seront présentées en même temps et basées sur des forêts spécifiques.

Nous recommandons que les données d'inventaire existantes sur le *Sterculia setigera* soient évaluées, et qu'ensuite le besoin d'informations complémentaires soit évalué et priorisé sur la liste des besoins d'information pour tous les produits non-ligneux.



Figure 12: Démonstration de la technique de récolte de la gomme mbepp

Une proposition pour l'inventaire du Baobab et l'estimation de sa productivité

Le baobab a des utilisations diverses: les feuilles sont préparées en sauce, les branches fournissent le fourrage, l'écorce fait des cordes, et la chair du fruit se mange et s'exporte. Le Wula Nafaa s'intéresse surtout à l'estimation de la quantité de fruit commercialisable pour que des contrats puissent être signés avec les transformateurs et les exportateurs.

Nous avons supposé que le diamètre/l'âge de l'arbre est lié à la production quantifiable du fruit.

Une évaluation de la fréquence de l'occurrence du baobab dans l'inventaire du SIEF a révélé que l'espèce est assez rare dans le paysage (l'[Annexe A](#) Tables 3&4). D'ailleurs, il est bien connu que cet arbre se rencontre souvent au sein de "parcs" contenant plusieurs individus (la Figure 13).

Lorsque les estimations non-biaisées des nombres d'arbres dans les zones inventoriées peuvent être calculées, un dispositif qui basé sur un échantillonnage aléatoire (ou même stratifié avec une corrélation faible entre la strate et l'attribut) est inefficace.



Figure 13: Parc à baobabs

Il est clair également de nos observations informelles sur l'écartement spatial des pieds

qu'une placette nettement plus large que 20 mètres serait nécessaire. Pour les forêts assez grandes pour devenir des forêts communautaires, les inventaires du SIEF ne fourniront que peu d'informations peu utiles pour l'aménagement de cette espèce ou pour l'estimation de la quantité de fruit. Nous proposons ci-dessous plusieurs stratégies potentielles d'échantillonnage.

SCENARIO 1: Si les photos aériennes sont disponibles

L'objectif est de tester l'utilisation des photos aériennes pour identifier la présence des parcs de baobabs. Le PROGEDE a des photos noir et blanc à une résolution de 1 m pour les régions de Tamba et Kolda. D'autres photos de 3- et 9- mètres sont aussi disponibles, mais il sera important d'utiliser la résolution la plus fine pour évaluer la validité de cette approche. Les étapes sont:

1. Localiser, et enregistrer les coordonnées au GPS, quelques parcs de baobab à travers le paysage couvert par les photos. Les parcs devraient comprendre la gamme de possibilités des superficies, des diamètres des arbres, et des occupations du sol. Tous les parcs ne devraient pas être dans les champs. Localiser et enregistrer au GPS aussi d'autres groupes de grands arbres parsemés dans les mêmes aires.
2. Accompagner le photointerprète aux sites localisés avec un ordinateur portable et les photos aériennes pour qu'il voie les arbres sur le terrain et sur les photos. Discuter les caractéristiques qui pourront être utilisées pour distinguer les espèces.
3. Construire un test aveugle. Enregistrer au GPS et trouver sur les photos une dizaine de parcs baobab et une dizaine de grands arbres d'autres espèces. Donner les coordonnées à l'interprète et lui demander d'identifier ceux qui représentent les parcs de baobab, sans révéler ni les zones qui contiennent des baobab ni combien il y en a dans la liste de localités. (Si vous utilisez plus d'un interprète, ils doivent travailler indépendamment.) Analyser les résultats du test.

Si les parcs de baobab peuvent être identifiés facilement sur les photos:

La discussion qui suit suppose que les forêts à inventorier sont soit dans les régions de Tamba-Kolda soit dans la base de sondage de l'inventaire national. Dans ce cas, les deux inventaires seront appelés des "sondages extensifs". Le paysage sera divisé en deux strates: les parcs baobab, et tout le reste. La strate des baobabs sera décrite ci-dessous.

Le SIEF dans son état actuel sera utilisé pour échantillonner tous les hectares hors des parcs de baobab. Ceci permet l'estimation des pieds de baobab qui ne peuvent pas être identifiés sur les photos.

Méthode pour identifier les parcs de baobab: Il y a plus de 800 photos à une résolution de 1 mètre qui couvrent les régions de Tamba et Kolda. Un échantillon de ces photos sera interprété pour les baobab. Les étapes de base sont:

1. Diviser les régions en blocs carrés en se servant des coordonnées UTM dans un thème du SIG.
2. Superposer les blocs avec le recouvrement des photos et déterminer la proportion des photos qui est dans chaque bloc.
3. Choisir un grand nombre de blocs interpréter par moyen d'échantillonnage au hasard sans remplacement.
4. Délimiter tous les parcs de baobab dans chaque bloc choisi; tout bloc qui recèle au moins un parc est placé dans une strate dénommée "haute potentielle", et le reste sont dans la strate "faible potentielle".
5. Sélectionner au hasard, sans remplacement, un sous-échantillon des blocs interprétés dans les deux strates (haute et faible potentielles). Visiter ces blocs et noter les baobabs d'un diamètre minimum prédéterminé à la hauteur de 1,3m. Le sondage peut être plus intense dans la strate de haute potentielle et moindre dans la strate de faible potentielle.
6. Pour les pieds de moins de xx cm, localiser quelques points au hasard à l'intérieur des parcs de l'étape 4 et collecter les informations sur les arbres plus petits et sur la régénération sur des placettes de rayon fixe.
7. Compter le nombre de fruits sur chaque arbre (noter la saison/le mois de l'année).

La superficie du bloc à superposer sur les photos peut être ajustée en utilisant plusieurs tailles de grilles, et en choisissant une qui a une bonne chance d'enclure un parc de baobab -- éviter qu'elle ne soit trop large, sinon elle prendra trop de temps à interpréter. Quelques dimensions proposées sont 100, 200, 400, et 800 mètres.

Une variation de la sous-étape de visite des parcs délimités sur photos:

Il est plus simple d'ajuster les dimensions des blocs et de visiter tous les parcs, que de sous-échantillonner les parcs. Pourtant, le sous-échantillonnage est une méthode légitime. Seuls quelques-uns des parcs sont visités sur le terrain. Les parcs à visiter peuvent être choisis par différentes méthodes, dont deux sont décrites ici-dessous.

- Sélectionner le parc avec une probabilité proportionnelle à la superficie du parc. C'est la même méthode que celle utilisée dans la sélection des photos à échantillonner. Répéter les étapes ci-dessus pour chaque parc sélectionné.
- Si un nombre d'arbres peut être estimé à partir des photos, un sondage à deux degrés peut être construit où un nombre relativement grand de photos sélectionnées, les parcs peuvent être identifiés, et le nombre d'arbres estimé. Un sous-échantillon des parcs est sélectionné pour les mesures sur le terrain.

Cette méthode prévoit un rapport linéaire entre le nombre d'arbres estimé et le nombre réel. L'avantage est que, si le rapport entre l'estimation et le vrai nombre est élevé, la variance sera faible et moins de placettes devront être visitées sur le terrain. L'inconvénient est que si quelques-uns des parcs identifiés sur la photo ne sont pas en fait des baobabs, alors il y aura une estimation supérieur à zéro du nombre de baobab, alors que sur le terrain le nombre soit égal à zéro. Au minimum, ceci réduira l'avantage de cette méthode; au pire, le rapport linéaire sera cassé.

Il est possible de mesurer les diamètres et compter les fruits dans un sous-échantillon des arbres et puis de modéliser le nombre de fruit par classe de diamètre; mais si la décision est de travailler avec les parcs, cette procédure n'est pas recommandée, car elle rendrait l'inventaire plus complexe, quand une bonne estimation pour les grands arbres avec beaucoup de fruits suffirait.

Une inquiétude est que les grands arbres puissent produire une quantité de fruits trop variable, par exemple si les branches ont été souvent prélevées pour le fourrage. Cette variabilité réduira l'utilité de modéliser les fruits sur le diamètre, sauf si d'autres critères sont incorporés tels que les classes pour le diamètre ou la santé de la cime. Enfin, l'incorporation de ces autres facteurs compliquerait l'analyse.

Le souci de la productivité variable de fruit sera moindre lorsqu'on estime la production hors des parcs de baobab, où il ne sera pas possible de quantifier les fruits sans devoir retourner pour revisiter le

En résumé, il est recommandé d'utiliser une stratégie simple de sondage qui s'appuie sur moins d'hypothèses, au moins pour les premières forêts à inventorier. Avec l'expérience, des dispositifs plus complexes pourraient être considérés pour l'avenir.

SCENARIO 2: S'il n'existe pas de photos de la zone à échantillonner, ou si les parcs de baobab ne peuvent pas être identifiés facilement sur les photos

Mettre en oeuvre les [trois premières étapes](#) sous Le Scénario 1 ci-dessus où les photos sont disponibles. Les dimensions des blocs devraient être en-dessous de 200m puisque chaque bloc sera visité sur le terrain et recherché pour les baobabs. Si la placette sur le terrain inclus un pied de baobab, alors échantillonner les environs de la placette avec un dispositif adaptif comme celui décrit en Thompson et Sebe (1996). Effectuer l'[étape 6](#) si l'information sur les arbres plus jeunes est recherchée.

L'inventaire des lianes fruitières de Madd (*Saba senegalensis*) et l'estimation de la production des fruits

Saba senegalensis est une liane qui pousse en haut et sur les contours des cimes à la recherche du soleil et hors de la portée des herbivores. Le fruit mûrit entre janvier et juin après deux saisons sur la liane, et les fleurs apparaissent parfois en même temps (Figures 14 & 15). Le fruit récolté est pulvérisé en poudre et mélangé avec le sucre pour une boisson délicieuse.

Il existe un lien entre la présence de la liane et l'humidité disponible. Dans les aires plus sèches, le madd s'associe aux bas-fonds et les cours d'eau; pourtant, sous la référence *Vegetation et Flore, Parc Transfrontalier Niokolo Badiar* (1997), nous lisons que le madd pousse également en savane. Ce fait pose des problèmes lorsqu'on veut développer une stratégie d'inventaire efficace. En fait, nous avons observé des lianes de madd sur le trajet qui a traversé des savanes sèches entre Tambacounda et Kolda. Toutes les localités de madd étaient associées à une source d'eau ou une termitaire.

Des 126 000 archives dans la base de données des arbres dans le SIEF-2, il n'y a que 13 qui concernent le madd (voir l' [Annexe A](#) Tables 5 & 6). C'est une indication que le dispositif d'échantillonnage ne convient pas à la quantification du madd.

D'autres études spécialisées sont faites dans le temps, et si le besoin d'information sur les populations du madd est important, une étude spéciale serait le seul moyen réaliste de l'obtenir.

Avant de détailler un dispositif efficace d'inventaire du madd, il faudra préciser les objectifs. Dans ce cas, nous pourrions estimer la quantité de fruit qui passe actuellement à un marché extérieur, la quantité récoltée des lianes, ou la quantité de fruit qui est présente sur la liane. Les sens de ces chiffres sont tous différents, et ils demandent des approches différentes. Selon les discussions avec M Brook Johnson et Mme Bineta Coly Guèye du Wula nafaa, le WN s'intéresse à la quantité totale de fruit madd qui pousse dans la zone où il travaille. Avec ces informations, ils pourront estimer la quantité qui sera disponible pour le marché pour lequel ils sont les intermédiaires pour les groupements des producteurs.

Malheureusement, il est assez difficile d'estimer la quantité totale de fruits sur les lianes. Donc nous allons proposer ci-dessous une estimation de la quantité de fruit qui pourrait être récolté. (Une estimation de la quantité totale demande une approche qui diffère d'une approche d'estimer la quantité réellement récoltée.)

Le protocole actuel consiste à mesurer la cime de madd en faisant une moyenne des parties les plus larges avec les plus étroites pour le calcul de la superficie de la cime en deux dimensions. Les diamètres des tiges sont mesurés au niveau du sol, mais il est impossible de distinguer entre les lianes individuelles une fois qu'elles atteignent le soleil et qu'elles s'entrelacent.

La mesure de la superficie de la couronne semble raisonnable pour la quantification d'un groupe de lianes, quoiqu'il peut être intéressant de considérer la hauteur de la canopée parce que son volume total déterminera la surface totale disponible aux feuilles des lianes et de là, la productivité en fruits. Les questions à résoudre seraient: le rapport entre les cimes et les diamètres mesurés; la capacité de produire les fruits selon les mesures de la canopée; et une approche d'échantillonnage pour quantifier les bosquets de madd dans les terres ouvertes et savanes.



Figure 14: Le fruit vert et le floraison du madd



Figure 15: La mesure du diamètre de la liane

Si les zones humides ou les bas-fonds peuvent être identifiés facilement sur les photos aériennes:

Les bas-fonds qui sont périodiquement inondés peuvent être associés aux les grands arbres sur les photos (comme dans la [Figure 16](#)). La liane de madd ne peut pas à elle seule être identifiée, mais puisque la présence de grands arbres est une nécessité pour le madd, les aires qui supportent les grands arbres peuvent fournir un moyen permettant de stratifier le paysage en deux strates: Les zones où la probabilité de trouver le madd est élevée, et les zones où la probabilité est faible.

Les zones de probabilité élevée comporteraient les fonds de vallées où les arbres sont présents et pas la vallée entière. Les mêmes procédures que celles utilisées pour le sondage des baobabs peuvent être employées pour les madd. En fait, utiliser les mêmes photos sélectionnées pour le baobab épargnerait du temps et l'argent du budget de la photointerprétation, surtout en ce qui concerne la collecte de données de terrain. Bien sûr, la délimitation des parcs de baobab et celle des bosquets des lianes de madd devraient être séparées dans un système d'encodage différent.

Il n'y a aucune raison de stratifier le paysage en zone agricole et zone non-agricole. Les baobabs poussent dans les zones agricole; les photos de toutes les occupations du sol seront sélectionnées pour son échantillonnage. Le temps qu'il faudra pour examiner ces photos pour localiser la présence de l'habitat de madd dans les bas-fonds avec les grands arbres sera court, et le sondage sera plus complet même avec les photos sur zones agricoles incluses dans la base de l'échantillonnage.

Arrivé sur le site, l'équipe mesurera la longueur, la largeur, et la hauteur de la canopée de chaque bosquet de madd continu. Ceci donnera une estimation de la superficie couverte par les feuilles. Les diamètres devraient être mesurés comme avant, en espérant l'établissement d'un rapport entre les diamètres et les fruits, même si c'est un rapport qui comprend la surface terrière de toutes les lianes dans un bosquet.

La partie la plus difficile de l'inventaire du madd sera l'estimation de la production de fruits. Le défi opérationnel est de compter les fruits. L'échantillonnage destructif n'est pas une option valable. D'où trois recommandations:

1. Au début, visiter les villages où les bosquets de madd se trouvent et solliciter des estimations de la production annuelle des villageois. Mesurer les dimensions des bosquets sources de ce fruit, puis faire les moyennes des estimations de tous les villages et calculer le rendement total de fruit par superficie feuillue de madd. Cette valeur sera appliquée aux bosquets trouvés sur les photos aériennes ci-dessus.
Répéter l'exercice à travers la zone d'intérêt en sélectionnant des bosquets de madd qui ont des superficies variées.
2. Localiser les bosquets de madd avec les villageois rivaux comme dans l'étape 1, mais cette fois-ci, demander aux chefs de village de choisir une personne responsable par enregistrement du rendement du bosquet tout au long de la saison. Les leaders, avec l'assistance des facilitateurs de Wula Nafaa, peuvent expliquer aux villageois l'importance de surveiller les fruits; mieux encore que le responsable choisi peut compter /pèses les fruits. Les fruits ainsi quantifiés seraient mis en rapport avec la superficie qui les a produits, comme dans l'option 1.
3. Pour les petits bosquets de madd, surtout dans les savanes, il est possible que les fruits puissent être comptés directement. Dans ce cas, on compterait les fruits, en convertissant en kg ou autre unité de vente, et en trouvant le rendement par surface comme avant.

Pour les zones hors des bosquets de madd, on peut utiliser la même méthode que celle décrite pour les baobabs qui sont [en dehors des bosquets](#) .

Littérature citée

Alegria, J. 1988. *Dry Weight, Volume et croissance Equations for Combretaceae en the Niamey Department*. US Agency for International Development/Forest Land Use Planning 58p. + Annexes.

Amadou Tidiane Bâ, Bienvenu Sambou, Finn Ervik, Assane Goudibaly, Ciré Camara, et Dauda Diallo, Juillet 1997. *Vegetation et Flore, Parc Transfrontalier Niokolo Bariar*. Institut des Sciences de l'Environnement

Arbonnier, M.; Faye, B., 1988 - *Etude de la Forêt Classée de Koumpentoum*. République du Sénégal. Ministère de la Protection de la Nature. Direction de la Conservation des Sols,

Dakar et Centre Technique Forestier Tropical (CTFT-France), fascicules 1, 2 et 3 (62, 77 et 70p.).

Centre Technique Forestier Tropical (France) 1990. *Memento Du Forestier*, Edited by Ministère De La Cooperation, Paris

Dieng, Cheikh 2006. *Tree espèce Diversity Assessment et Utilization of Biodiversity Indices en the South East Forests of Sénégal*. Cuvillier Verlag, Göttingen. ISBN 3-86537-760-2.

Dieng, Cheikh, et P Lennertz 2001. *Mise en place d'un Système d'Information Ecologique, Forestier, et Pastoral (SIEF)*, Presentation du SIEF by the Unité de Coordination du PROGEDE.

“ “ :Travaux réalisés de 2000 à 2004 dans le cadre d'un Contrat de prestations de services de Consultants entre le PROGRAMME DE GESTION DURABLE ET PARTICIPATIVE DES ENERGIES TRADITIONNELLES ET DE SUBSTITUTION (PROGEDE) et DFS Financement: Dons des Pays Bas et du FEM (PowerPoint slide presentation)

Diop, Sidiky D. June 2002. *Tarifs de cubage et tables de volume pour les principales espèces forestières des forêts de Tambacounda et Kolda*. Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution (PROGEDE) p29.

Johnson, Anne Dudte, Malick Sada Sy, et Matar Gaye. *Frame Étude de cas sur les produits naturels le Laalo Mbepp au Sénégal*, November 2005. International Resources Group for United States Agency for International Development.

Mbaye, Momar, Samba Thiapato Dia, Babacar Dione, Niang Top, et Jacques Diène Sarr. June 2005. *Résultats d'inventaire forestier de 300 ha de la gommaraie de Koussanar pour la mise en place d'une Banque de données*. République du Sénégal, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature Direction des Eaux Forêts Chasse et de la Conservation des Sols.

Schreuder, H.T., et J. Alegria 1995. *Stratification et Plot Selection Rules: Misuses et Consequences*. USDA Forest Service, Research Note RM-RN-536, Ft. Collins, CO

Thompson, Steven K., George A.F. Seber 1996. *Adaptive sampling*. John Wiley & Sons, Inc. New York 265p.

Annexe A: Tables des arbres avec les produits non-ligneux générées par le SIEF

Table 1: Occurrence de *Sterculia setigera*

Inventaire	Nombre de Tiges	Nombre de placettes	% des placettes où l'espèce apparaît
National	193	91	7,4
Tamba-Kolda	975	333	26,0
Pre-national	130	61	12,9

Table 2: Distribution des diamètres de *Sterculia setigera*

Inventaire	Diamètre en centimètres												
	<1	1-2	3-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50+
National	1	0	5	12	17	19	17	15	7	14	8	13	65
Pre-national	0		0	5	7	6	5	6	11	5	7	12	64
Tamba-Kolda	348	7	15	24	34	36	43	55	51	46	61	44	211

Table 3: Occurrence de *Adansonia digitata*

Inventaire	Nombre de Tiges	Nombre de placettes	% des placettes où l'espèce apparaît
National	24	16	1,3
Tamba-Kolda	5	5	0,4
Pre-national	15	8	1,7

Table 4: Distribution des diamètres de *Adansonia digitata* trees

Survey	Diamètre en centimètres												
	<1	1-2	3-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50+
National	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	1	18
Pre-national	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	2	0	8
Tamba-Kolda	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2

Table 5: Occurrence de *Saba senegalensis*

Inventaire	Nombre de Tiges	Nombre de placettes	% des placettes où l'espèce apparaît
National	9	2	0,2
Tamba-Kolda	1	1	0,1
Pre-national	0	0	0,0

Table 6: Distribution des diamètres de *Saba senegalensis* vine

Survey	Diamètre en centimètres												
	<1	1-2	3-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50+
National	1	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pre-national	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamba-Kolda	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe B. Les étapes d'incorporation des données du SIEF de l'inventaire PROGEDE national dans les plans d'aménagement et les cartes

(Résumé du manuel de formation du PAEFK projet forestier à Kolda financé par le Canadian International Development Agency, 2006)

LISTE ABBREVEE

1. CREER LES REPERTOIRES ET LES SOUS-REPERTOIRES NECESSAIRES
2. CREER UN NOUVEAU PROJET EN ARCVIEW
3. DECOUPER LES DONNEES DES THEMATIQUES EXISTANTES: Limites de forêt, Routes, Hydro, Villages, Placettes d'inventaire, Occup Sol, Mares; Taillir tous pour finir à la limite de la forêt d'intérêt (*N.B. -- nous recommandons de faire une deuxième version qui dépasse les limites de la forêt pour mettre les communautés dans leur environnement plus large*)
4. COMPOSER LES 3 SERIES DES CARTES DE BASE: Agriculture (du thématique OccupSol); Protection (Mares + Hydrol with buffers); Production (ForetClaire + Savanes Arbustive/Arborée/Boisée + jachères)
5. ANALYSER, RESUMER LES DONNEES DE SUPERFICIE ET DE LONGUEUR DANS LES CARTES DES SERIES
6. AFFICHER/CARTOGRAPHIER PLUSIEURS CARACTERISTIQUES DU TERRAIN RELEVES SUR LES PLACETTES
7. CREER UNE GRILLE DE CARRÉS DE 1-HECTARE POUR L'ELABORATION DES BLOCS ET LES PARCELLES (*N.B. Nous proposons de s'en passer des étapes impliquant l'ordinateur pour la construction des blocs et parcelles en faveur d'un entretien avec les communautés pour l'accomplir*)
8. DECOUPER LES DONNEES FORESTIERES DU SIEF ET SAUVEGARDER/RECOPIER POUR AJOUTER A ACCESS BASE DE DONNEES: Tiges/Surface terrière/volume par hectare vivant et mort; nombre de placettes; total pour la forêt et par utilisation surtout bois d'énergie
9. SYNTHETISER et INCORPORER LES DONNEES PAR STRATE DANS LES TABLES DES POLYGONES DE YANGAMBI (pour une estimation ultérieure des tiges, de la surface terrière, et du volume en forêt, en bloc, en parcelle)
10. EXTRAIRE ET GROUPER LES DONNEES DES TABLES DE POLYGONES PAR FORET, PAR STRATE
11. EFFECTUER DES ANALYSES CROISEES EN ACCESS POUR SORTIR LES TIGES/LA SURFACE TERRIERE/LE VOLUME PAR CLASSE DE DIAMETRE ET PAR STRATE; par hectare; par utilisation.
12. CREER LES BLOCS DANS LA FORET EN CLIQUANT LES CARRÉS DE 1-HA ATTRIBUES DES VOLUMES MOYENS PAR HECTARE PAR STRATE (une seule critère: le total du volume dans la forêt en bois d'énergie est divisé par le nombre de blocs)
13. CONSTRUIRE LES PARCELLES PAREILLEMENT; SUPERFICIE BASEE SUR LE VOLUME DU BOIS D'ENERGIE DANS LE BLOC DIVISE PAR LE NOMBRE DE PARCELLES (=8 en Tamba; =12 en Kolda); CARTOGRAPHIER LA SEQUENCE DE L'EXPLOITATION AVEC DES POLYGONES MULTICOLORES

RESUME DES AMELIORATIONS POUR L'USAGE DU SIEF PAR WULA NAFAA

- Vérifier les localités des placettes par rapport à leur attribut Yangambi sur la carte d'occupation des sols; car pendant nos exercices observées, nous avons noté que parfois les placettes sont décalées des polygones qu'elles devaient représenter
- Définir en plus de détail comment la décision est faite d'ajouter des placettes à la base de données; et comment les placettes ajoutées sont incorporées dans le SIEF une fois "empruntées" ou exécutées sur le terrain (Étapes 3 et 8); écrire un chapitre dans le manuel sur ces méthodes.

- Exclure les sous-étapes qui aboutissent à des graphiques et des cartes qui ne sont pas nécessaires pour les PAFs (Etapes 5, 6, 12)
- Inclure un tampon de, au minimum, 2km autour de la forêt d'intérêt dans une deuxième carte pour que les routes, les villages, et les forêts avoisinants peuvent être liés aux activités à l'intérieur de la forêt. (Etape 3)
- Ajouter les module de rapportage automatisé dans la partie Access du SIEF pour que le transfert des données et des tables entre Access et Excel peut être minimisé (Etapes 8, 9, 10, 11, 13)
- Clarifier le sens des calculs d'erreur sortis dans les tableaux SIEF, écran Paramètres Dendrométriques; et les utiliser dans les PAFs surtout pour les estimations des volumes (Etape 8).
- Considérer l'option d'omettre la procédure de créer les grilles de carrés Thiessen dans la sommation des volumes en blocs et parcelles; plutôt dessiner les limites des blocs et parcelles ensemble avec les communautés qui les géreront et en considèrent les structures naturelles pour autant des limites que possible.

Les mêmes données d'inventaire pourront être appliquées aux parcelles dessinées à la main et tracées dans le SIG, et les moyennes seront appliquées aux polygones Yangambi contournés par les limites des parcelles. (Etapes 7, 12, 13).

PROCESSUS DETAILLE EN 13 ETAPES - EXTRAIT DU MANUEL

NOTES: "sauv. .shp" = sauvegarder en fichier de forme (shapefile) en ArcView

No. (pg) est le **NUMERO DE L'ETAPE** et (no. de *page*) en 2006 PAEFK - CIDA manuel de formation

Le thème "OcSol" existe comme carte des strates Yangambi pour tout le Sénégal (forêt claire, 4 savane types, etc.)

SW = le logiciel qui est utilisé dans l'étape: *W*=Windows, *AV*=ArcView, *Ac*=Access, *Ex*=Excel, *S*=SIEF

No. <i>SW</i>	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
1 (p7) W	CREER LES FICHIERS ET LES SOUS-FICHIERS NECESSAIRES	C:\Amenag\[forest name] Subdirectories: \FichierAccess\ (for TraitemtCarto.mdb) \FichierDbase\ (for .dbf files) \FichierDoc\ \FichierExcel\ \FichierGIS\ (for \bloc, \grille, \parcel)	= un début excellent:: exiger l'établissement d'un bon système de répertoires dès l'instar
2 (p8) AV	CREER UN NOUVEAU PROJET EN ARCVIEW	Ajouter kes Extensions Geoprocessing, ArcTrace, et Thiessen	(Cette étape pourrait faire partie de la prochaine) .
3 (p9) AV	DECOUPER LES DONNEES DES THEMES EXISTANTES: Limites de la forêt, routes, hydrologie, villages, localités des placettes d'inventaire, occupation des sols, mares; mettre tous dans une carte de la limite de la forêt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajouter Sénégal toutes les limites des forêts ▪ Sélectionner la forêt d'intérêt, sauv. .shp, ▪ Ajouter, découper aux limites de la forêt, sauv. .shp: Routes, Hydro, Placettes (locations XY from national inv), OcSol, Mares (select & sauv. séparément du OcSol) ▪ Villages à côté de la forêt doivent être sélectionnés à l'oeil (ceux qui participent au PAF) ▪ Combiner les .shp's en carte de forêt 	<p>(1) Toutes les étapes désormais traitent que les ressources à l'intérieur des limites de la forêt; et aucune ressource à l'extérieur. Ceci augmente l'importance d'une délimitation précise et ignore les ressources qui chevauchent les limites.</p> <p>(2) Si aucunes données de placettes ne sont disponibles dans le SIEF, c'est maintenant qu'elles doivent être "empruntées" d'autres régions. Le Dr Dieng du PROGED a la connaissance de cette méthode, qui devrait être documentée.</p>

Annexe B. Steps to incorporate data from SIEF into the PAF

No. SW	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
4 (p16) AV	<p>CREER LES 3 SERIES EN TRIANT LES THEMES DANS LA CARTE DE LA FORET:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Série Agriculture = OccupSol; ■ Série Protection = Mares + Hydrol avec des buffers; ■ Série Production= ForêtClaire + Savanes Arbustive/Arborée/Boisée + jachères 	<ul style="list-style-type: none"> ■ PROTECTION: Tampon de 100m des mares, de 50m des cours d'eau; faire l'union de ces thèmes; sauv. .shp; calculer les superficies ■ AGRICOLE: Selectionner et sauv. .shp la strate OcSol "agricole" . Calculer les superficies. Soustraire les polys de la Série Protection qui chevauchent l'agricole. ■ PRODUCTION: Ajouter les thèmes FC, Savanes, jachères du OcSol; soustraire les polys qui chevauchent la Série Protection; sauv. .shp. Tamponner de 1m Routes; sauv. .shp. Faire l'union des deux et soustraire les routes qui chevauchent. Sauv. .shp. ■ Ajouter toutes séries dans 1 carte. 	<p>(1) LA CATEGORIE D'OCCUP SOL QUI EST "AGRICOLE" NE PEUT PAS ETRE ENLEVEE DES ANALYSES MEME SI ELLE EST DEDANS LES LIMITES DE LA FORET. Donc si les terres cultivées devaient être exclues du PAF, une procédure spéciale alternative devra être développée. (La raison est que le SIEF se sert des classes Yangambi déjà établies.)</p> <p>(2) La procédure numérique de cette étape devrait être re-vérifiée parce que dans le manuel les superficies des polygones somment à un nombre d'hectares qui dépasse les hectares en forêt (= une erreur dans la saisie du texte, ou le résultat d'une mauvaise procédure?)</p>
5 (p23) Ac - Ex	<p>ANALYSER, SOMMER LES SUPERFICIES ET LES LONGUEURS DES CARTES DE SERIES POUR LA PRESENTATION</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Import er les données en .dbf du SIG pour les thèmes forêt, hydro, vgs, mares, routes, ocsol, plac_for, et tles 3 series de l'étape 4. <ul style="list-style-type: none"> ○ Sommer longueurs des cours d'eau, des routes ○ Calculer la superficie des mares ○ Sommer les superficies des polygones par strate Yangambi stratum, convertir en hectares ○ Sommer les superficies des polygones par Séries, en ha ■ Export sum tables to Excel graphs 	<p>(Dans le manuel, les sommes des superficies des polygones dans les strates Yangambi sont fausses)</p> <p>L'affichage sur la carte des données des localités avec une légende spécifique au sujet sera plus facile à comprendre.</p> <p>La plupart des sommes dans cette étape ne sont pas trop utiles pour les PAFs en tant qu'éléments à cartographier; pourtant elles peuvent être d'intérêt spécifique aux chercheurs en écologie. .</p>
6 (26) Ac - AV	<p>AFFICHER PLUSIEURS CARACTERISTIQUES ENREGISTREES SUR LES PLACETTES QUI DECRIVENT LE TERRAIN (sol types/profondeur/ texture, élévation, pente, érosion, recouvrement veg %/ densité, hauteur d'arbre moyen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Copier Plac_for table de ArcView à Access; en design view, ajouter les champs de la table STATION à la table Plac_for et mettre à jour avec les données de STATION; exporter Plac_for.dbf mise à jour à ArcView; utiliser l'éditeur des légendes pour afficher les données basés sur les points, OU -- ■ En ArcView, construire les polygones Thiessen avec un tampon de %=10; ajouter les champs à la table Plac_for en Access comme ci-dessus, affiche les polygones par variable en utilisant l'éditeur des légendes 	<p>Les polygones Thiessen ne sont pas basés sur des éléments naturelles de terrain; ils ne sont pas appropriés pour l'affichage des données telles que l'élévation ou type de sol sauf si les points sont systématiques et moins écartés.</p> <p>DANS CE CAS le processus pourrait dévier à partir de cette étape et être remplacé avec un système simplifié qui favorise la délimitation des blocs et parcelles à l'oeil et à l'oreille. Cette procédure simplifiée continuerait alors avec l'étape 8 ci-dessous.</p>

No. SW	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
7 (p35) Ac - AV	CREER UNE GRILLE DE CARRÉS DE 1 HECTARE POUR L'ELABORATION DES BLOCS ET PARCELLES	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ecrire les coordonnées UTM max et min pour la forêt. ■ Exécuter le programme "PointsGrille" en Access pour créer des intersections écartées de 100m. ■ Exporter les points comme coord.dbf; importer coord.dbf dans ArcView. ■ Dans une nouvelle vue, ajouter Thème de localisation, basé sur le champs x et y de coord.dbf. Convertir en Grillept.shp. ■ Ajouter le thème de la limite de forêt et l'utiliser pour éditer Grillept.shp pour que tous les points hors de la forêt sont délévés. Devoir de travailler avec un max de 100 points à la fois (sinon, l'ordinateur ralentira trop) ■ Exécuter le sous-programme Thiessen pour les points sélectionnés à l'intérieur de la forêt. Quand le logiciel aura complété cette section, il aura dessiné des carrés de 1-ha autour des points. Déleter les faux carrés qui ne sont pas justement carrés. Sauv. chaque section de carrés ainsi créée en la nommant Grilx.shp (x = numéro successif) ■ Couvrir toute la forêt avec des sous-jeux de points et de fichiers Grilx.shp. Grouper les thèmes en geoprocessing assistant pour fair un seul thème GrilleS.shp. 	<p>CETTE ETAPE EST "LONGUE ET EXIGENTE" selon le manuel.</p> <p>L'ETAPE ABOUTIT A UNE SERIE DE CARRÉS QUI SONT COMPLETEMENT INDEPENDENTS DES LIMITES NATURELLES MAIS QUI SERONT UTILISES POUR CALCULER LES LIMITES DES BLOCS ET PARCELLES.</p> <p>Nous proposons de remplacer cete étape par la décision participative sur les limites des blocks avec les comités de gestion et le Service Forestier.</p> <p>La décision sur la superficie et les limites de chaque bloc devraient se baser sur les voeux des parties prenantes: est-ce que les blocs devraient être liés ou indépendents de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - les situations des villages autour de la forêt, et leur densité; - les maisons des Sourgas et l'habitat des espèces destinées à la production du charbon qui sont à l'intérieur de la forêt ainsi qu'à l'extérieur; - la disposition des routes et des cours d'eau; - les occupations actuelles du sol (zones amodiées, couloirs, champs, sites de production du charbon)
8 (p40) S - Ac	DECOUPER LES DONNEES SUR LA FORET DU SIEF; SAUVEGARDER OU RECOPIER ET AJOUTER A L'ACCESS POUR ANALYSER: Tiges/Surface terrière/volume par hectare vivant et mort; nombre de placettes; Total pour la forêt et par type d'utilisation, surtout Bois d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> ■ VOLUME TOTAL: en SIEF-2, choisir Afficher Données Détaillées - Inventaires Bassins d'approvisionnement et Tamba-Kolda - Tous les D130 - Par Strate - Une forêt + Une strate - Param. Dendro, Données par Utilisation, et Quantif. Bois Mort. <ul style="list-style-type: none"> ○ Ecrire les valeurs pour chacune des 5 strates dans la Série Production. ○ NOTER: Quand vous sélectionnez l'option Param. Dendron, les CALCULS DES ERREURS SONT AFFICHES basés sur toutes les placettes dans la strate de la forêt. (VOIR L'OBSERVATION) 	<p>Les calculs des erreurs dans l'affichage des "Paramètres Dendros" devraient être utilisés pour décrire l'intervalle de confiance pour les volumes du bois d'énergie qui sont rapportés dans le PAF.</p> <p>Les erreurs rapportées sont appelées "Erreurs d'échantillonnage" et la valeur "p=.05" est écrite à côté. Ceci peut indiquer que ce qui est rapporté est réellement 2xErreurEchantillon dans le format d'un % de la moyenne. Il sera mieux pour le logiciel d'afficher cette information d'une façon plus claire.</p> <p>L'erreur décrite dans le SIEF qui s'applique à la surface terrière (et non au volume) sert à déterminer si encore des placettes sont nécessaires.</p>
8 cont (p44) S - Ac		<ul style="list-style-type: none"> ■ BOIS D'ENERGIE: Répéter la sous-étape ci-dessus pour les diamètres entre 10 et 25. Ceci permet une comparaison entre la population entière d'arbres et la sous-population des bois d'énergie. ■ BOIS D'OEUVRE: Répéter encore pour Autre intervalles D130, avec les valeurs 25 à 151. Recopier les données pour Type d'utilisation = menuiserie fine, ordinaire, et caisserie/coffrage 	<p>Le processus d'ajouter des placettes en les "empruntant" d'une autre forêt ou en effectuant de nouveau travail de terrain est séparé; il devrait être documenté.</p> <p>Idéalement, le SIEF rapporterait toutes ces données à travers des tables produit automatiquement dans la base de données.</p>

Annexe B. Steps to incorporate data from SIEF into the PAF

No. SW	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
9 (p47) Ac - AV - Ac - AV	SYNTHETISER ET INCORPORER LES DONNEES PAR STRATE DANS LES TABLEAUX DES POLYGONES DANS LA FORET (pour une estimation ultérieure de tiges, surface terrière, et volume en forêt, en blocs, en parcelles)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Créer une table BD_DENDR.dbf dans \FichierAccess\TraitemtCarto\ . Les codes pour les champs, les formats, et les commentaires sont à la page 47 du manuel. <ul style="list-style-type: none"> ○ Ajouter les totaux enregistrés en étape 8 aux colonnes appropriées ■ Ouvrir une nouvelle vue en ArcView; faire l'intersection de la grille des carrés 1-ha (étape 7) avec la Série Production (étape 4); sauv. ThFor.shp ■ Computer la Geométrie; assigner ID à chaque carrés d'un hectare. ■ Exporter ThFor.dbf à Access <ul style="list-style-type: none"> ○ Déleter les champss Buffer, ID_, Area_, Perimeter_, PRCNT_Tot; ○ Ajouter les champs V/BE/BED/MP_NHA, V/BE/BED/MG_VolHA, M_VHA ■ Mettre à jour les champs de ThFor.dbf de la table BD_DENDR.dbf (une requête pré-chargée qui convertit les m2 à ha et somme les variables pour tous les polys dans une strate: CstrMajForetGrilleExploitable) ■ Ré-exporter ThFor.dbf à ArcView via fichier \FichierBase\ . La légende du thème ThFor.shp peut être modifiée par les variables dans sa nouvelle table. 	<p>A CE POINT UNE COLONNE POUR L'ERREUR ET/OU INTERVALLE DE CONFIANCE SERAIT AJOUTEE ET PUIS UTILISEE DANS LE PAF.</p> <p>Pendant les calculs des superficies totales dans les strates, une comparaison peut être faite entre les hectares sommés par strate et pris directement du thème OcSol.</p> <p>Les hectares présentés dans le manuel (page 26) ne correspondent pas à la superficie de cette forêt, donc la procédure devrait être vérifiée.</p> <p>Suggestion: laisser toutes les valeurs pour la superficie dans la nouvelle table.</p>
10 (p54) Ac	EXTRAIRE ET GROUPER LES DONNEES DES POLYGONES DANS LA FORET, POUR CHAQUE STRATE	<ul style="list-style-type: none"> ■ Toutes les variables dans la table For.dbf qui viennent de BD_Dendr sont sommées pour la forêt entière par strate (rappeler que le BD_Dendr contient des valeurs par hectare, par strate; ThFor contient les polygones dans les strates) 	<p>Si les étapes de construire les carrés de 1-ha étaient éliminées, alors les valeurs BD_Dendr s'appliqueraient aux polygones dans le bloc simplifié qui est un sous-thème de la Série Production. Voir les commentaires en étape 12.</p>
11 (p55) Ac	FAIRE DES ANALYSE CROISEES DANS L'ACCESS POUR OBTENIR TIGES, SURFACE TERRIERE, ET VOLUME PAR CLASSE DE DIAMETRE ET PAR STRATE -- PAR HECTARE, PAR UTILISATION	<ul style="list-style-type: none"> ■ Créer une nouvelle base de données Traitsspécifiq.mdb; importer du SIEF les tables DREF_TOUT, ESPECES, RECHESSCLA, CODECLDIA; et de TraitmtCarto, la table PLAC_FOR ■ Changer les classes de diamètre de 10-cm à 5-cm classes (COMMENT??) ■ Ajouter un champ Classe à la table Plac_for ; renommer à PI_for ■ Faire des analyses croisées avec l'assistant des requêtes ("wizard"): <ul style="list-style-type: none"> ○ Resultat cherchés = 2 tables d'Espèces - totaux (distributions des tiges et volumes), par utilisation et class diam ○ Entêtes des lignes: Codetarif.Famille ○ Entêtes des colonnes: CodeUtil 	<p>(La classe 5-cm peut être demandée puisque l'inventaire était originalement basé sur l'échantillonnage des diamètres de 10 à 20 dans une des sousplacettes. Ce dispositif a nécessité une étape compliquante de traiter les données pour les arbres de 20cm à 25cm pour le bois d'énergie, dans une sousplacette différente. LA PROCEDURE ET LA RAISON POUR LE CHANGEMENT AUX CLASSES DE 5-CM DEVRAIENT ETRE DETAILLEES.</p> <p>Nous notons que le mot "Classe" mène à des confusions dans la base de données, et l'utilisateur doit constamment rester sur sa garde si l'on parle d'une strate Yangambi, d'une classification Landsat, d'une rangée de diamètres, ou d'une explication des codes.</p>

Annexe B. Steps to incorporate data from SIEF into the PAF

No. <i>SW</i>	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
11 cont (p59) <i>Ac</i>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Les requêtes préchargées dans l'Access font les analyses croisées pour la distribution des tiges par espèce / par utilisation et classe de diamètre ("ForetNombre"). NOTER: la somme pour la forêt entière pour chaque espèce est divisée par le nombre de placettes dans la forêt. ■ Les Totaux par espèce sont en plus distribués par strate distributed by stratum ("Stratx_Nombre"). ■ (Page 60: il n'est pas évident pourquoi une moyenne des placettes est calculée ici--) ■ SI AUCUNE PLACETTE OU INSUFFISANTES PLACETTES SONT DANS LA FORET, CHARGER LA TABLE D'UNE AUTRE ZONE/FORET, ET EXECUTER LA REQUETE SUR CETTE BASE (comment sélectionner les placettes?) 	<p>NOTER:</p> <p>(1) La somme pour chaque espèce divisée par le nombre total des placettes dans la forêt donne une moyenne de l'espèce par hectare selon toutes les placettes dans la forêt, sans regarder si la placette est dans la Série de Production ou Une autre série. Alors la moyenne décrit toutes les Séries (production, protection, agricole).</p> <p>(2) Quand vous diviser les 5 strates dans la Série Production, elles font une moyenne pour la seule Série de Production. Alors la forêt entière recèle 77 placettes, lorsque la Série de Production recèle que 66 placettes. POURQUOI EST-CE QUE CETTE MOYENNE EST CALCULEE? (Noter: le nombre de placettes dans le manuel Page 32 = 27; en SIEF-2, la Table PlacMaBa en contient 48.)</p>
11 cont (p60) <i>Ex</i>	<p>METTRE LES RESULTATS DU SIEF EN GRAPHIQUE (ESPECES ET DISTRIBUTIONS DE DIAMETRES) EN EXCEL; Modifier les tables</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Copier la table de distribution des tiges en Excel. <ul style="list-style-type: none"> ○ Sommer la colonne 2 ○ Ajouter une colonne avant la colonne Species code: Total des tiges dans une espèce = total of all espèce (format: integers) ○ Ajouter un rang qui somme par classe de diamètre ○ Ajouter un rang en dessous du précédent pour le % représenté ○ Transférer les noms des espèces de la table Access Code CIDiam; transposer pour convenir au format. ■ Faire des graphiques des espèces et leurs distributions de diam. en Excel. ■ Créer une table par une requête du ThFor.dbf qui contient Strate, Superficie, Total des Tiges, Total du volume, Tiges de Bois Bois d'Energie, Volume du Bois d'Energie, Tiges exploitables de BE, Volume du BE exploitable, Volume du bois mort. 	<p>(1) La tâche de rapportage peut être simplifiée en incorporant des modules des rapports pré-formatés dans la partie Access du SIEF, AU LIEU DE TOUT FAIR A LA MAIN EN EXCEL.</p> <p>(2) Quoique aucune réduction du volume n'est faite dans le logiciel, le manuel explique que la moitié du volume sera exploitée sur le terrain.</p> <p>Les exploitants sont tenus à respecter le protocole de couper la moitié des tiges exploitables selon le Service Forestier. S'ils coupent que la moitié des tiges mais que ce sont les tiges du diamètre maximum, ils auront coupé plus que la moitié du volume.</p>

Annexe B. Steps to incorporate data from SIEF into the PAF

No. SW	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
12 (p68) Av	<p>CREER DES BLOCS DANS LA FORET EN CLIQUANT LES CARRÉS DE 1 HA ET EN Y APPLICANT LA MOYENNE DE VOLUME PAR HA DANS LA "SERIE DE PRODUCTION" PAR STRATE (une seule critère: le total du volume de bois énergie dans la forêt, divisé par le nombre de blocs)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diviser le volume total du BE_expl ou BED_volha de la table ThFor.dbf (10-25 cm diam) par le nombre de blocs qui sont prévus pour la forêt. ■ Ouvrir VotreForêt.apr en ArcView et une nouvelle vue; charger ThFor.shp et le faire actif. ■ Selectionner les carrés de 1-ha un à un et faites la somme de temps en temps du champ qui contient le volume par hectare, jusqu'à ce que le quotient ci-dessus est atteint. ■ Sauv. les carrés sélectionnés en shapefile BIGr1.shp. 	<p>(1) Rappeler que les équations de régression utilisées pour estimer le volume par arbres comprennent tout la biomasse aérienne en branches et en rameaux. Alors les estimations pour le charbon dépassent par quelque 20% (voir le texte dans le rapport). Si les volumes dans le SIEF sont ajustés ultérieurement, les volumes actuellement utilisés seront à modifier.</p> <p>(2) Le manuel présente deux chiffres différents pour le bois d'énergie exploitable sur la page 75 et sur la page 68. (Est-ce qu'il présente le bois exploitable dans toutes les séries versus la seule Série de Production?)</p> <p>(3) Il est mentionné de nouveau que la moitié du volume dans cette table de résultats devrait être coupée sur le terrain. Pourtant, le logiciel ne calcule pas la moitié.</p> <p>Si le Service Forestier est stricte sur le protocole de couper la moitié, il devrait assurer que le logiciel sort la moitié.</p>
12 cont (p70) Av		<ul style="list-style-type: none"> ■ Répéter pour tous les blocs (BIGrx.shp). ■ Ajouter une légende à recopier pour tous les thèmes blocs.shp. <ul style="list-style-type: none"> ○ Si la biomasse de toutes les espèces est demandé, alors faire l'intersection det GrilleS de l'Etape9 avec le Foret.shp au lieu qu'avec S_Prod.shp; utiliser les mêmes limites des blocs que dans cette étape; découper OcSol par les thèmes des blocs un à un -- manuel p.71 ■ Aggréger chaque bloc rempli de carrés dans un thème .shp nouveau avec le Géoprocresseur, joignant sur le champ _____. ■ Sommer les valeurs des 5 strates Yangambi dans chaque bloc en aggrégant sur le champ "Class" en block .dbf. Grouper par "Premier de Nom_Strate" et sauv. en Bx_Occ.shp. ■ Appliquer la même légende qui est sur la carte S_Prod. ■ Trouver les volumes du bois exploitable dans chaque bloc et strate dans les tables de BIGrx.dbf . 	<p>Si la grille de carrés de 1-ha est éliminée, on ferait le suivant:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sélectionner tous les polys de toutes les strates Yangambi à l'intérieur des blocs et parcelles délimités à l'oeil en utilisant les limites naturelles et les avis communautaires; les sauvegarder dans leurs propres .shp; - Appliquer les données BD_DENDR par hectare et par strate aux polys des blocs; - Calculer les volume totaux, la surface terrière, et les tiges dans les blocs en sommant les produits de [(variante par hectare) X (hectares dans le poly)] <p>La sous-étape à la page 72 qui est de superposer le thème OcSol sur le bloc ne s'applique plus, parce que le bloc a déjà été délimité en appliquant la moyenne du volume par ha à bcp de carrés de 1 ha.</p>

No. <i>SW</i>	OBJECTIF	SOUS- ETAPES	OBSERVATIONS
13 (p75) <i>Av</i>	<p>CONSTRUIRE LES PARCELLES DE LA MEME FACON: LE TOTAL DU VOLUME DANS LE BLOC DIVISE PAR LE NOMBRE DE PARCELLES (=8 à Tamba; =12 à Kolda); CARTOGRAPHIER LA SEQUENCE D'EXPLOITATION AVEC DES POLYONES DE MULTIPLES COULEURS (Critère: aucune parcelle ne doit être contigue avec une autre qui est exploitée dans la même année)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les étapes sont pareilles à la construction des blocs, mais la seule série de Production est utilisée. ■ Charger BIGrx.shp et sélectionner les carrés jusqu'à la somme de BED_Volha = (volume total du bloc) divisé par (nombre de parcelles); sauv. chaque sous Px.shp. ■ Avant de continuer sur les parcelles d'un nouveau bloc, ajouter une colonne dans les parcelles du bloc actuel qui sera la référence du Numéro de Bloc et Numéro de Parcelle jointivement. Remplir le champ. ■ Après que tous les blocs sont couverts, regrouper les parcelles par bloc (Geoprocessor: agréger/group thèmes - recapBx.shp) <ul style="list-style-type: none"> ○ Combiner les fichiers de ce regroupement en agrégeant sur le champ No. de Parcelle; Faire la somme des autres champs. ○ Résultat: ParcelNo. = entête, et en-dessous = sum_V_NHA etc ■ Exporter ParcBx.dbf à Access 	
13 cont (77) <i>Ac</i>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Modifier ParcBx.dbf : <ul style="list-style-type: none"> ○ Changer les noms qu'ils soient plus descriptifs (manuel pg 77) ○ Ajouter un champ EXP qui se référera à l'année d'exploitation qui sera dessinée sur la carte ■ Ré-exporter à ArcView ■ Combiner ParcBx.shp avec recapBx.shp pour tous les blocs dans Parcel.shp. ■ Il est possible de faire OcSol par Parcelle, en utilisant Px.shp et en agrégeant les variantes par classe ou nom_strate. ■ Faire une carte d'Années d'Exploitation attachée aux parcelles dans les blocs. Le seul critère est: "Les parcelles qui sont coupées dans la même année ne peuvent pas être contigues (éviter les problèmes humains associés avec la proximité des coupes)". Attacher le nombre consécutif de l'année d'exploitation sous le champ "EXP" dans la table Parcel.dbf . 	<p>La procédure alternative proposée, dans laquelle les blocs sont dessinés à l'aide des communautés, serait similaire dans ce que les parcelles consisteraient en subdivisions égales dans les blocs pour correspondre au nombre d'années dans la rotation (8 ans en Missirah; 12 ans en Kolda selon l'exemple de la Forêt Classée de Mahon-Bakor.)</p> <p>Les procédures de cartographie et présentation seront pareilles à ce qui est présenté dans le manuel.</p>

Annexe C. Calculs des proportions du volume de bois en fagots

Espèce	Valeur moyenne de la Proportion du volume en Fagot au Volume Total	Nombre d'arbres dans le calcul	Ecart-type des proportions	Coefficient de Variation pour l'espèce
CHARBON				
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0.373	3	0.0299	8%
<i>Combrétum glutinosum</i>	0.344	43	0.1494	43%
<i>Combrétum nigricans</i>	0.619	1		
<i>Hexalobus monopetalus</i>	0.310	19	0.1232	40%
<i>Piliostigma thonningii</i>	0.362	10	0.1363	38%
<i>Strychnos spinosa</i>	0.662	9	0.1852	28%
<i>Terminalia avicennioides</i>	0.329	23	0.1346	41%
<i>Terminalia macroptera</i>	0.359	23	0.1427	40%
		131		
Bois d'oeuvre				
<i>Bombax costatum</i>	0.150	37	0.0777	52%
<i>Cordyla pinnata</i>	0.184	32	0.0940	51%
<i>Erythrophleum guineense</i>	0.167	23	0.1071	64%
<i>Lannea acida</i>	0.224	35	0.1445	65%
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0.231	35	0.1507	65%
<i>Prosopis africana</i>	0.188	20	0.0760	41%
		182		

N.B.: 125 arbres coupés n'avait pas de "sections" à enstérer, que des fagots. Tous les arbres avaient un minimum de UN fagot à peser (jusqu' à 26 fagots, dans les espèces bois d'oeuvre) .

ESPECE	No. D'ARBRES DANS L'ECHANTIL	HEUTEUR DE SOUCHE MOYENNE (cm)	ECART-TYPE DE L'HT DE SOUCHE	CV DE L'HT DE SOUCHE	HAUTEUR D'ARBRE MOYENNE (m)	LONGUEUR MOYENNE (m)
CHARBON						
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	4	25	9.95	38.62%	9.63	9.78
<i>Combrétum glutinosum</i>	73	16	7.99	47.90%	7.74	8.22
<i>Combrétum nigricans</i>	2	11	5.66	51.43%	4.65	5.55
<i>Hexalobus monopetalus</i>	40	14	8.51	59.21%	5.82	6.24
<i>Bauhinia thonningii</i>	22	16	8.59	53.66%	5.68	6.15
<i>Strychnos spinosa</i>	31	10	4.58	41.90%	4.36	4.83
<i>Terminalia avicennioides</i>	40	16	8.06	49.81%	5.09	5.56
<i>Terminalia macroptera</i>	30	14.	6.90	49.64%	9.43	9.71
BOIS D'OEUVRE						
<i>Bombax costatum</i>	39	44	25.98	58.61%	12.85	13.29
<i>Cordyla pinnata</i>	35	30	14.97	48.38%	11.36	11.53
<i>Erythrophleum guineense</i>	23	28	17.14	59.29%	15.22	15.35
<i>Lannea acida</i>	38	19	10.37	52.82%	9.01	9.68
<i>Prosopis africana</i>	25	27	15.14	56.09%	11.56	11.32
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	37	31	15.88	51.13%	12.34	12.62

Annexe D. Variables et coefficients de conversion utilisées pour le charbon au Sénégal et dans le Sahel

FACTEURS DE CONVERSION

Poids et volumes	Source
<p>Dry stems conversion à m³ sur la base de 0.67Mg/m³ or 670kg/m³ (proportion MATIÈRE SÈCHE à volume vert)</p> <p>Tronc: proportion de matière sèche à volume vert = pesée par espèce densité de base = 0.68 Mg/m³.</p> <p>Tronc + branche + rameaux = each 1/3 total Matière sèche</p> <p>Tronc + its bark = 32-44% de Matière sèche</p> <p>Basic densité de <i>Anogeissus</i>, <i>Combrétum glutinosum</i>, et <i>C. nigricans</i> = 0.72-0.80 Mg/m³</p>	1 Burkina Faso 620 à 785 mm pluviométrie
1 stère = 215 à 600 kg (twisted branches versus straight bois from thinning)	3
<p>1 stère = 0.5 m³ = 130 kg bois vert</p> <p>1 m³ = 2 stères = 260 kg vert</p> <p>1 quintaux = 100 kg DRY = 2 big sacs de charbon</p> <p>1 tonne dry bois:</p> <ul style="list-style-type: none"> = 4 m³ = 8 stères = 10 quintaux = 20 sacs <p>1 truckload = 150-170 quintaux = 300-350 sacs = 40-50 stères</p> <p>1 stère = 0.65 m³ = 2.5 sacs</p> <p>1 m³ = 2.5 quintaux</p> <p>9 tas = 300 sacs = 1 meule</p>	<p>Visites de terrain</p> <p>Kaolack 2005</p> <p>Missirah 2006</p> <p>Tamba 2007</p>
<p>Coefficient d'empilage south de 900mm pluviométrie (natural forest):</p> <ul style="list-style-type: none"> stère/m³ = 3.5 (bois 3-6cm) stère/m³ = 2.2 (bois 7-12cm) stère/m³ = 1.7 (bois 13cm+) <p>Tonnes/stère = 0.27</p> <p>Densité de bois T/m³ = 0.8</p> <p>Densité de charbon =</p> <p>Densité de kerosene = 0.79</p> <p>Sac de charbon = "45kg"</p> <p>Sac de charbon = .045T</p> <p>Quintaux = "100kg" = "2 sacs"</p> <p>Quintaux/Tonne = 11</p>	7
<p>Coefficient d'empilage: 0.45 à 0.8 m³ par stère</p> <p>(si tout le bois est rond et du même diamètre: = $\pi/4 = 0.785$)</p>	9
Rendement du charbon par kg de bois	
<p>16% (Outchoun 1983) à 30% de poids de la matière crue (bois plus sec = rendement élevé);</p> <p>moyenne minimum = 20% (autres exemples en doc)</p>	3
Productivité par meule	
<p>20m diamètre meule = 400 sacs (Casamance)</p> <p>6m rayon meule = 100 quintaux</p> <p>13m diamètre meule = 200 sacs</p> <p>1 stère = 80 à 130 kg de charbon</p> <p>1 four (meule) de 300 stères vert</p> <ul style="list-style-type: none"> = 290 000 kg = 29 tonnes vert, or 2.7 tonnes dry (divide by 11) <p>1 camion = 150 quintaux = 300 sacs = 40-50 stères</p> <p>1 meule = 1 camion = 300 sacs chargé devant le Service Forestier = 9 "tas"</p>	<p>Visites de terrain</p> <p>Kaolack 2005</p> <p>Missirah 2006</p> <p>Tamba 2007</p>
<p>Rendements d'énergie:</p> <p>Meule traditionnelle = "18%"</p> <p>Meule Casamance = "30%"</p> <p>Cuisinière de 3-pierres = "20%"</p>	7 (références fournies dans le document)

UTILISATION et ECOLOGIE

MARCHE DE DAKAR	
100 000 tonnes/an (1980)	3
300 000 tonnes de charbon par an = 3 million quintaux	Visites terrain Kaolack 2005
(approx 10 quintaux par tonne) Thies à 70km de Dakar était une zone principale d'exploitation zone de 1950 à 1966, produisant 2/3 du total pour le Sénégal. Fermé à la production du charbon depuis 1983. St-Louis, 200+ km de Dakar, était dominant de 1970 à 1982 à cause de peuplements naturels de l'Acacia nilotica secs à cause de la sécheresse. Kaolack (200+km de Dakar) était dominant de 1959 à 1987, avec ses massifs à chaque côté des rails. (Sénégal population 1976 = 5 millions) Tambacounda, à 400-500 km de Dakar, domine depuis 1985, en récoltant environ un million+ de quintaux par an . (Sénégal population 1988 = 6,9 millions) Kolda à 700km cd Dakar entre 1990 et 1999 a évolué de 4% à 67% du production total du charbon. (Sénégal Population 1990 = 7,3 millions, 2000 = 9,5 millions) Quota proposé pour 2000 était 60 000 tonnes plus 20,000 tonnes de réserves. 1994: Dakar ville charbon consommation = 114,300 T, gaz = 40,300 T	7
Valeur énergétique	
(Une estimation de 70% du volume sur pied est acceptable pour le bois d'énergie, si le reste des espèces sont pour le fruit et autres usages, ou si la forêt n'est pas suffisamment dense) -- "Resultats de cette étude indiquent que la partie du bois d'énergie commercialisable dans la forêt à un jeune âge dans sa succession peut être bcp plus faible en considérant les usages multiples de ces forêts." "Néanmoins, le concept du bois d'énergie commercialisable dépend de l'offre et de la demande, et avec la pénurie qui augmente, les espèces qui sont moins convenable à cet usage seront exploitées." Le bois sans écorce est préféré pour le bois de feu au Niger. Si l'on exclut les branches, les rameaux, l'écorce, et les espèces non-aptés, le volume utile pour l'énergie est 25% du volume total par hectare.	1 Burkina Faso (620-785 mm pluviométrie)
Bois sec: 4500 à 4770 Kcal/kg; Bois vert: 3500 Kcal/kg X 0.08 = 280 Kcal/kg de bois (thermale E rendement =8% ou 5% sur la cuisinière à 3-pierres) Charbon: 7500 Kcal/kg X 0.2 char yld X 0.28 = 420 Kcal/kg de bois (thermale E=28%) Produit pétrol: 10 000 Kcal/litre	3
tep = 42 Gjoules kWh = 3.6 Mjoules Pci de kerosene = 43.5 Mjoules/kg Pci de butane = 45.7 Mjoules/kg Pci de charbon = 29 Mjoules/kg Pci de wood = 17 Mjoules	7
Productivité par superficie	
"Si protégé pendant 5 ans après une coupe à blanc, 0.6 à 3 m3/ha/an" Devineau (1997) a mesuré plusieurs fois pour estimer l'incrément à 0.7 m3/ha/an (mature savane) et 0.3 m3/ha/an (jachère de 12-ans) Cameroun REcrû @ 800mm pluviométrie = 0.5 m3/ha/an, 3 ans après une coupe à blanc Botswana rREcrû @ <1000mm pluviométrie on sandy sol = 0.9 Mg/ha/an Burkina REcrû @ 1000mm pluviométrie = 0.7 m3/ha/an en mature savane Guinea rREcrû @ 1300mm pluviométrie = 1.3 m3/ha/an en savane arbust; 2.3 m3 en savane boisée	1
"Exploitable" =15 stères/ha vert + 3st/ha mort (Dosso) (<i>Combrétum micranthum</i> , <i>C. nigricans</i> , <i>Guiera Sénégalensis</i>)- Maradi et Dosso	2 Niger
11.3 m3/ha/an toutes espèces confondues = 2640 kg/ha/an = 290 kg charbon/ha/an = 3 quintaux/ha/an	Visites terrain Kaolack 2005 Missirah 2006 Tamba 2007
6 ans de cultivation mène à une perte de densité de 50% et 14 ans, à une perte de 80%	6

Annexe D. Variables et coefficients de conversion liés à la production du charbon

Production totale de 1 million de quintaux en 1994, et 1 500 000 en 1988 et 1993.	7
Productivité en Mg/ha/an = $.051 + 1.082(\text{pluviom})^2$ donc 600-800mm rend 0.4-0.7 m ³ /ha/an. Si protégé: augmenter 25%; Si dégradé: réduire 25%	8, cited en 9
Information sur la régénération et l'âge d'exploitabilité	
<p>"Court" (<20-ans) coupe à taillis rotation recommandé en Abbot et Lowore, 1999; Bellefontaine/Gaston/Petrucci 1997; Jensen 1995; Catinot 1994. Une courte rotation mène à une différente proportion de l'écorce et du bois dans les branches que chez les arbres plus matures. Ceci joue sur la densité, bien que c'est le volume qui est le sujet des taxes forestières et qui est prédit par les équations.</p> <p>Donc la matière sèche est plus appropriée comme variable pour évaluer la croissance de la valeur énergétique du bois d'énergie</p> <p>"Si le Service Forestier du Burkina Faso applique les mêmes critères de coupe qui a été utilisé en 1982, une période de rotation de plus de 30 ans serait nécessaire pour la recrú" (Basé sur un prélèvement de 29 à 70 m³/ha fait pendant une coupe à blanc en 1982) -- i.e. la matière sèche ligneux dans une forêt mature serait moins que chez d'autres études rapportés dans la même zone de pluviométrie.</p> <p>Coeff. de Var.s comparés entre cette étude de 2004 et pour le bois exploité en 1982 sont dans sur le même ordre (dans la rangée de 11 à 29% pour les deux).</p> <p>"Une période de rotation plus longue peut produire une proportion plus importante de bois d'énergie commercialisable, et cette option devraient être investiguée". (pg 84)</p>	1 Burkina Faso (620-785 mm pluviométrie)
Possibilité annuelle permet le prélèvement de 69% à 80% de la croissance annuelle Protocole = >6m diam mesuré à 20cm de hauteur, "taillis fureté" ou l'enlèvement sélectif des rejets (<i>Combrétum micranthum</i> , <i>C. nigricans</i> , <i>Guiera Sénégalensis</i>)- Maradi et Dosso	2 Niger
Blesser les racines à un moment de réserves de nutriments augmentés pour les <i>Combrétums</i> et beaucoup d'autres spp sahéliennes spp= drageonnage	4
Forêts de <i>Combrétum</i> / <i>Anogeissus</i> sont "pseudo-climax" et elles durent malgré la chute de la pluviométrie et la dégradation à cause de le pouvoir de se régénérer par les souches depuis les années 1950 (pg. 25)	5
Note: Les permis de coupe n'ont pas de date de péremption; une fois octroyés, le bois peut être coupé n'importe quand. Le système des quota dirige les exploitants vers des régions spécifiées en limitant les quota octroyés de chacune.	7
PRODUCTIVITÉ par OUVRIER: 150 QUINTAUX par SOURGA par AN	(Tamba 2007)

SOURCES

- Nygaard, R., L. Sawadogo, et B. Elfving. 2004. Wood-fuel yields en short-rotation coppice croissance en the north Sudan savane en Burkina Faso. *Forest Ecology et Management* 189 77-85. Elsevier B.V.
- (c. 2003?) n.a. Résumé du Plan d'Aménagement forestier du massif de Baban Rafi Sud (Département de Madarounfa) 3 pages -- internet site
- Keita, J.D. Undated. Article presenting a comparison of energy balance for bois d'énergie et for charbon. 6 pages. See very interesting sections on economics of transport: it is shown that charbon with a 28% thermal energy equals the price of its transport by old truck à a distance of 1000 km.
- Bellefontaine, R, E. Nicolini, S. Petit. 1999. Réduction de l'érosion par l'exploitation de l'aptitude à drageonner de certains ligneux des zones tropicales sèches. Bulletin Réseau Erosion (IRD-Montpellier et CTA-Wageningen), no. 19, p. 342-352
- Ba, M., A. Toure, et A. Reenberg. Mapping land use dynamics en Sénégal. Case studies from Kaffrine Departments. Working paper 45.2004 for Sahel-Sudan Environmental Research Initiative, Institute of Geography, Copenhagen. 33 pages
- Faye, E., D. Masse, et M. Diatta. 2002. Dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture dans n système de culture semi-permanente du Sud du Sénégal. en Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002. Marouna, Cameroun. 30 pages.
- FAO Documents 1 et 5 on Consommation en Charbon de Bois au Sénégal: Dept des Forêts Rapport d'étude sur les Données du Bois-Energie au Sénégal", et "Etude sur les Ressources Forestières et les plantations Forestières au Sénégal".
- Clément, J. 1982. Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. B.F.T., No. 198, en CTFT Mémento Forestier page 507.
- C.T.F.T. 1989. Mémento Forestier. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris. Out of print.

Annexe E. Information sur les espèces dans les tables du SIEF

Ombé en bleu = charbon - espèce qui est représentée dans les équations; **Ombé en noir** = Bois d'oeuvre- espèce qui a un tarif par formule de regression; *italic* = espèce bois d'oeuvre qui n'a pas de tarif par formule de regression.

Utilisation:

a: Bois de menuiserie fine
/d'artisanat

b: Bois de menuiserie ordinaire

c: Bois de caisserie et de coffrage

d: Bois de service

e: Bois d'énergie

f: Bois de déroulage

g: Fibres (cordage)

h: Tannin

i: Pharmacopée - Cosmétiques

j: Alimentation (fruit)

k: Condiments

l: Fourrages: nl

m: Gommés - Résines

p: Aucune

Protection: *i* = complètement protégé; *p* = partiellement protégé; *s* = non-protégé; *v* = inconnu

Genus	species	French	Wolof	Mindinguei	Peuhl	util	prot
Acacia	albida		Kad		Tieaki	l	<i>p</i>
Acacia	ataxacantha			Koss	Goubi	e	<i>s</i>
Acacia	macrostachya		Sam	Ouoko	Tchidi	e	<i>s</i>
Acacia	nilotica/ tomentosa	Gommier rouge	Gonaké		Patouki	d	<i>s</i>
Acacia	nilotica / adansonii		Neb neb		Gaoudi	h	<i>s</i>
Acacia	polyacantha		Garap			e	<i>s</i>
Acacia	raddiana		Seng			e	<i>p</i>
Acacia	senegal	Gommier blanc	Vérék		Delbi	m	<i>p</i>
Acacia	seyal	Mimosa épineux	Sourour		Boulbi	m	<i>s</i>
Acacia	sieberiana	Acacia de Sieber	Sandandour		Djelouki	e	<i>s</i>
Adansonia	digitata	Baobab	Gouye		Boki	j	<i>p</i>
Adenium	obesum	Baobab d. chacals				i	<i>s</i>
Afromosia	laxiflora				Koukouli	e	<i>s</i>
Azelia	africana	<i>Linké</i>			<i>Linkéyi</i>	<i>a</i>	<i>p</i>
Albizia	adanthifolia			Baneto		e	<i>i</i>
Albizia	chevalieri		Nété nêy			e	<i>s</i>
Albizia	dinklagei		M'blélod			e	<i>s</i>
Albizia	lebek					l	<i>s</i>
Albizia	zygia	Palissandre Sénégal		Sankalama		e	<i>s</i>
Alchornea	cordifolia	Médecinier rouge	Lah			i	<i>s</i>
Allophylus	africanus	Copallier Zanzibar	Gérnay			l	<i>s</i>
Alstonia	boonei	Emien				i	<i>i</i>
Anacardium	occidentale	Pommier cajou	Darkassou		Darkassouyi	j	<i>s</i>
Ananas	comosus	Ananas				j	<i>s</i>
Andira	inermis		Simbak	Keren duto		e	<i>s</i>
Annona	senegalensis	Pommier cannelle	Dougou	Sumkum	Dukumi	j	<i>s</i>
Anogeissus	leiocarpus	Bouleau d'Afrique	Nguédiane		Godioli	e	<i>s</i>
Anthocleista	djalonsensis					i	<i>s</i>
Anthocleista	nobilis			Fafa		e	<i>s</i>
Anthonotha	crassifolia					e	<i>s</i>
Anthostema	senegalense		Roh	Mano		i	<i>s</i>
<i>Antiaris</i>	<i>africana</i>	<i>Tomboiro blanc</i>				<i>d</i>	<i>s</i>
Avicennia	africana	Mangle blanc	Samar			d	<i>s</i>
Azadirachta	indica	Lilas des Indes	Neem			i	<i>s</i>
Baissea	multiflora	Liane étoilée	Ndam tap			x	<i>s</i>
Balanites	aegyptiaca	Myrobolan d'Egypt	Soump		Muceteeki	j	<i>s</i>
Bauhinia	reticulatum		Ngigis	Farah	Farayi	d	<i>s</i>
Bauhinia	rufescens	Bauh. rougeoyant	Randa			l	<i>s</i>
Bauhinia	thonningii		Ngigis/bambuk	Faara	Thiékiéyi	d	<i>s</i>
Bombax	costatum	Kapokier	Garap laobé		Dioyi	c	<i>s</i>
Borassus	aethiopicum	Rônier femelle	Ron (male)		Doubbi (femelle)	d	<i>p</i>
Boscia	angustifolia/salicifolia	feuilles étroit Nues				d/l	<i>s</i>
Boscia	senegalensis	Boscia du Sénégal	Ndiandam			i	<i>s</i>
Bridelia	micrantha			Foulékir (diola)		i	<i>s</i>
Burkea	africana				Bignarabi	d	<i>s</i>
Cadaba	farinosa	Cadaba farineux	Ndebargé			l	<i>s</i>
Calotropis	procera	Pommier Sodome	Paftan			i	<i>s</i>
Canarium	schweinfurthii					c	<i>s</i>
Capparis	corymbosa	Caprier d'Afrique				e	<i>s</i>
Capparis	tomentosa	Caprier tomenteux	Kérèn			e	<i>s</i>
Carapa	procera			Touloucouna		i	<i>s</i>
Carica	papaya	Papayer				j	<i>s</i>
Cassia	siamea					e	<i>s</i>
Cassia	sieberiana		Sindiégn	Sindiangh	Samassindiangu	i	<i>s</i>
Cassia	tora		Ndur		Oulo	k	<i>s</i>

Blue shaded = charcoal species with a regression volume tariff; **Black shaded** = Sawtimber species with a regression volume tariff; *italic* = sawtimber species that need a regression volume tariff.

Annexe E. Espèces dans la base de données du SIEF

Genus	species	French	Wolof	Mindingue	Peuhl	util	prot
Casuarina	equisetifolia	Filao				d	s
<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>	Fromager		Bentene	Bantanqui	b	p
Celtis	integrifolia	Micocoulier d'Afriq	Mbul		Gaki	j	i
<i>Chlorophora</i>	<i>regia</i>	Tomboiro noir				a	p
<i>Chrysophyllum</i>	<i>pruniforme</i>			Enoukoul		b	s
Chysobalanus	ellipticus					p	v
Cissus	populnea		Mbogoy			i	s
Citrus	limonum	Citronnier				j	s
Citrus	sinensis	Oranger doux				j	s
Cocos	nucifera	Cocotier				j	s
Cola	cordifolia		N'taba			j	s
Cola	nitida				Goroyi	j	s
Combretum	aculeatum			Sawat		i	s
Combretum	colinum or crotonoides					e	s
Combretum	fragans					p	v
Combretum	geitonophyllum			Diamba mouso		e	s
Combretum	glutinosum	Combrétum gluant	Rat	Diambakatang	Dooki	e	s
Combretum	lecardii		Kérindolo			g	s
Combretum	micranthum		Kinkéliba	Baro	Gougoumi	i	s
Combretum	molle			Diambakatanmusso		i	s
Combretum	nigricans		Tap	Koulounkalang	Dookigoré	e	s
Combretum	paniculatum		Kindindolo			i	s
Combretum	racemosum					i	s
Combretum	reticulata					p	v
Combretum	tomentosum		Séredéd			e	s
Commiphora	africana	Myrrhe africaine	Ngotot		Badi	e	s
Commiphora	pedunculata					e	s
Cordyla	pinnata		Dimb	Duto	Duki	a	p
Crateva	religiosa		Horel			e	s
Crossopteryx	febrifuga			Balenko		i	s
Cussonia	barteri					i	s
Dalbergia	boehmii	Kawey				d	s
Dalbergia	melanoxylon	Ebénier du Sénégal	Dialamban			l	i
Dalbergia	sissoo					e	s
Daniellia	ogea			Santan-Foro		x	i
Daniellia	oliveri		Santan			c	s
Delonix	regia		Sév durubab			c	s
Detarium	microcarpum		Dank			j	s
Detarium	senegalense		Detah			j	s
Dialium	guineense	Tamarinier noir	Solom	Kossito		j	s
Dicrostachys	cinerea	Mimosa clochette	Sinke	Kouriloung	Bourli	e	s
Dicrostachys	glomerata		Sinth			e	s
Diospyros	ferrea		Sélah			d	s
Diospyros	heudelotii					d	s
Diospyros	mespiliformis	Faux ébénier	Alom		Koukoui	j	i
Dombeya	quinqusetata			Fuyu faya		e	s
Ekebergia	senegalensis		Khastoy			i	s
Elaeis	guineensis	Palmier à huile				j	s
Entada	africana		Batar	Gouling	Padapadi	d	s
Erythrina	senegalensis		Hundol	Dolingh	Ngarara	e	s
Erythrina	sigmoidea					i	s
Erythrophleum	africanum				Pelli	e	s
Erythrophleum	guineense		Tali			i	s
Eucalyptus	camaldulensis		Khotbutel			d	s
Euphorbia	sudanica	Euphorbe duSoudan				i	s
Euphorbia	unispina					i	s
Fagara	leprieurii					e	s
Feretia	apodanthera		Santer	Toungsouma		e	s
Ficus	capensis	Figuier du Cap		Adiana-Soto		i	s
Ficus	dicranostyla			Bouret(diola)		e	s
Ficus	exasperata			Bousass(diola)		e	s
Ficus	glumosa			Soto-Messeng		e	s
Ficus	gnaphalocarpa	Symcore d'Afriq	Gangue	Soto		j	s
Ficus	ingens					p	v
Ficus	iteophylla	Ficus étrangleur			Wardonnayi	i	s
Ficus	ovata		Dob djiné			e	s
Ficus	platyphylla			N'kobo		x	s
Ficus	sagittifolia					e	s
Ficus	thonningii		Dobali		Thiékéyi	e	s
Garcinia	livingstonei					d	s

Ombre en bleu = charbon - espèce qui est représentée dans les équations; **Ombre en noir** = Bois d'oeuvre- espèce qui a un tarif par formule de regression; *italic* = espèce bois d'oeuvre qui n'a pas de tarif par formule de regression.

Annexe E. Espèces dans la base de données du SIEF

Genus	species	French	Wolof	Mindingue	Peuhl	util	prot
Gardenia	erubescens		Dibuton djigen			i	s
Gardenia	ternifolia				Dingali	i	s
Gardenia	triacantha			Tankana kodé		i	s
Gmelina	arborea	Gmélina				c	s
Grewia	bicolor		Kèl	Sambé	Kelli	i	p
Grewia	flavescens		Khorom radj			i	s
Grewia	lasioidiscus				Kelli baléyi	i	s
Grewia	tenax					i	s
Grewia	villosa		Khorom sap			i	s
<i>Guibourtia</i>	<i>leonensis</i>					d	s
Guiera	senegalensis		Nguer	Kankanang	Eloki	i	s
Hannoa	undilata					p	v
Harungana	madagascariensis	Arbre à sangdragon				d	s
Heeria	insignis				Kélel diéri	l	s
Hexalobus	monopetalus			Koundié		j	s
Holarrhena	floribunda	Hollarrhène Sénégal				i	i
Hygrophila	auriculata		Sèber buki			i	s
Hymenocardia	acida		Koronkondo			e	s
Hymenocardia	lyrata					e	s
Indéfini	Indéfini					p	s
<i>Isobertina</i>	<i>tomentosa</i>					p	v
<i>Khaya</i>	<i>senegalensis</i>	<i>Cailcédrat</i>		<i>Jaloo</i>		a	p
Kigelia	africana	Saucissonnier	Ndjambal	Lamouko		i	s
Landolphia	heudelotii					j	s
Lannea	acida	Raisinier acide	Sonn	Bembo		j	s
Lannea	microcarpa	Raisinier		Kolo-Bembo	Thionoyi	j	s
Lannea	schimperii					p	v
Lannea	velutina	Raisinier velouté		Bembé-Ké		e	s
Lecaniodiscus	cupanioides					i	s
Lepisanthes	senegalensis		Khèver			i	s
Leptadenia	pyrotechnica					l	s
Leuceana	leucocephala					l	s
Lonchocarpus	cyanescens					x	s
Lonchocarpus	laxiflorus			Mo-Iro		i	s
Lonchocarpus	sepium					p	v
Lophira	alata					e	s
Lophira	lanceolata			Malanga		e	s
Maerua	angolensis		Khèd			l	s
Maerua	oblongifolia		Ngèn			i	s
Mallotus	oppositifolius					i	s
Mammea	africana					j	s
Mangifera	indica	Manguier				j	s
Manilkara	multinervis					e	s
Markhamia	tomentosa	Kasounkaress				e	s
Maytenus	senegalensis			Kasa boro	Guiel gotel	i	s
Melaleuca	leucadendron		Niaouli			d	s
Mezonevron	benthiamianum					i	s
Microdesmis	puberula					i	s
Mitragyna	inermis	Dioung	Hos		Koyli	e	s
<i>Mitragyna</i>	<i>stipulosa</i>	<i>Bahia</i>				b	i
Morinda	geminata		Vanda			i	s
Moringa	oleifera	Pois quenique	Nébédaj		Neboday	j	p
Morus	mesozygia	Mûrier du Sénégal				i	s
Musa	sinensis					j	s
Nuclea	latifolia		Nandok	Korkondo		i	s
Neocarya	macrophylla					j	s
Newbouldia	laevis		Vosvosor			i	s
Oncoba	spinosa			Mur		e	s
Ormocarpum	bibracteatum					d	s
Ostryocarpus	stuhlmannii		Beur			e	s
Ostryoderris	chevalieri					e	s
Ostryoderris	stuhlmannii				Bardaneyi	i	s
Oxytenanthera	abyssinica				Kewe	d	s
Ozoroa	insignis				Kélel diéré	e	s
Pandanus	candelabrum					i	s
Parinari	curarellifolia	Pommier de cayor				d	s
Parinari	excelsa			Mampato		j	s
Parinari	macrophylla		Néw			j	s
Parkia	biglobosa		oul	Nété	Néré	j	s
Parkinsonia	aculeata	Parkinsonia				e	s

Ombré en bleu = charbon - espèce qui est représentée dans les équations; **Ombré en noir** = Bois d'oeuvre- espèce qui a un tarif par formule de regression; *italic* = espèce bois d'oeuvre qui n'a pas de tarif par formule de regression.

Annexe E. Espèces dans la base de données du SIEF

Genus	species	French	Wolof	Mindingue	Peuhl	util	prot
Paullinia	pinnata		Képu nèy			i	s
Pavetta	cinereifolia					e	s
Pavetta	corymbosa					e	s
Pavetta	crassipes					e	s
Pentaclethra	macrophylla		Ulu nèy			e	s
Pericopsis	laxiflora				Koukouli	i	s
Persea	americans	Avocatier				j	s
Phoenix	dactylifera	Vrai dattier	Tandarma			j	s
Phoenix	reclinata	Dattier du Sénégal	Sor sor			j	s
Polyscias	guilfoylei					x	s
Pouteria	alnifolia		Gnakhagn	Bousser (diola)		d	s
Prosopis	africana	Prosopis d'Afriq	Ir		Thiélingayi	d	p
Prosopis	juliflora	Mesquite			Lalloyi	d	s
<i>Pseudocedrela</i>	<i>kotschy</i>					b	s
Pseudospondias	microcarpa			Kounounou(diola)		i	s
Psidium	guajava	Goyavier				j	s
Pteleopsis	suberosa					d	s
Pterocarpus	erinaceus	Vène	Vèn	Keeno	Bani	a	p
Pterocarpus	lucens		Bèy bèy	Moussou keeno		d	s
Pterocarpus	santalinoïdes					e	s
Quassia	undulata		Kiéo	Kéko	Kékudie	e	s
Raphia	palma-pinus					d	s
Rhus	longipes		Takh			i	s
Ricinodendron	heudelotii					j	s
Saba	senegalensis		Madd			j	s
Salvadora	persica	Brosse à dents Ngao				i	s
<i>Sapium</i>	<i>ellipticum</i>					c	s
Schrebera	arborea			Bouyoupa (diola)		i	s
Sclerocarya	birrea	Prunier d'Afrique	Ber	Kountang		e	p
Securidaca	longipedunculata	Arbre à serpent	Fouf	Njuto	Diourou	i	s
Securinega	virosa		Kèng	Baram baram	Tiambel goré	i	s
Smeathmannia	laevigata					e	s
Sorindeia	juglandifolia					l	s
Spondias	mombin	Prunier icaque		Ninkon		d	s
Sterculia	setigera	Platane du Sénégal	M'bep			k	s
Sterculia	tragacantha			Diobi-Tabo		i	s
Stereospermum	kunthianum		Eti dema	Mor kela		d	s
Strophanthus	hispidus					i	s
Strophanthus	sarmentosus		Tokh			i	s
Strychnos	spinosa	Oranger debrousse	Temb	Keera		e	s
<i>Swartzia</i>	<i>madagascariensis</i>		<i>Dimbolé</i>			e	s
Synsepalum	pobeguianiana					d	s
Syzygium	guineense	Jambolan d'Afrique	Sédada	Boutoul (diola)		j	s
Tamarindus	indica	Tamarinier				j	p
Tamarix	senegalensis		Ngédj			dol8i	s
<i>Tectona</i>	<i>grandis</i>	<i>Teck</i>				a	s
Terminalia	avicennioides		Reb reb	Wolo xoro		e	s
Terminalia	laxiflora			Wolo-Ba		e	s
Terminalia	macroptera	Badamier du Sénégal		Wolosa		e	s
Terminalia	mantaly					e	s
Tetracera	alnifolia		Lala			i	s
Tetrapleura	tetraptera			Boussesseng(d)		j	s
Treulia	africana	Arbre à pain		Kobo		i	s
Trema	guineensis					i	s
Trichillia	emetica					i	s
Trichillia	prieureana			Foumba		i	s
Trichillia	roka	Rouquier				i	s
Uapaca	togoensis			Samo		e	s
Usteria	guineensis					i	s
Uvaria	chamae		Sédada			d	s
Vitellaria	parkii		Karité			j	i
<i>Vitex</i>	<i>doniana</i>	<i>Prunier noir</i>	<i>Lenge</i>	<i>Koutouboulo</i>	<i>Boummi</i>	<i>j</i>	<i>s</i>
Vitex	madiensis		Lung			j	s
Voacanga	africana			Soula ele balo		i	s
Ximenia	americana	Citronnier de mer	Ngolon		Tiéni	i	s
Xylopia	aethiopica		Djar			k	s
Zanthoxylum	leprieurii					e	s
Ziziphus	amphibia					j	s
Ziziphus	mauritania	Jujubier	Sedèm	Tombrong	Diabé	j	p
Ziziphus	mucronata	Jujubier de l'hyène	Sedèmi buki			i	s

Ombré en bleu = charbon - espèce qui est représentée dans les équations; **Ombré en noir** = Bois d'oeuvre- espèce qui a un tarif par formule de regression; *italic* = espèce bois d'oeuvre qui n'a pas de tarif par formule de regression.

ANNEXE F: REFERENCES POUR UNE ETUDE DE COMPARAISON POTENTIELLE DES RENDEMENTS DES MEULES CASAMANCES PAR RAPPORT AUX MEULES TRADITIONNELLES

1. Document distribué par le Corps de la Paix (c. 1980)
2. ÉTUDE FAO: FORÊTS 41: Techniques simples de production du charbon FAO/ Rome, 1983
3. CTFT MEMENTO DU FORESTIER 1989 (pages 951-966)
4. Le projet SIE-Afrique (c. 2005)
5. Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'énergie (9 avril 2003)

1. REFERENCES D'UN DOCUMENT DISTRIBUE PAR le CORPS de la PAIX

Charbon - FEUILLE DE CALCUL DU RENDEMENT

La formule de base pour déterminer le rendement du charbon par poids est:

$$\frac{\text{Poids du charbon}}{(\text{Poid calculé du bois séché au four}) - (\text{Poids des Brands ou poussier})} \times 100 = \% \text{ rendement}$$

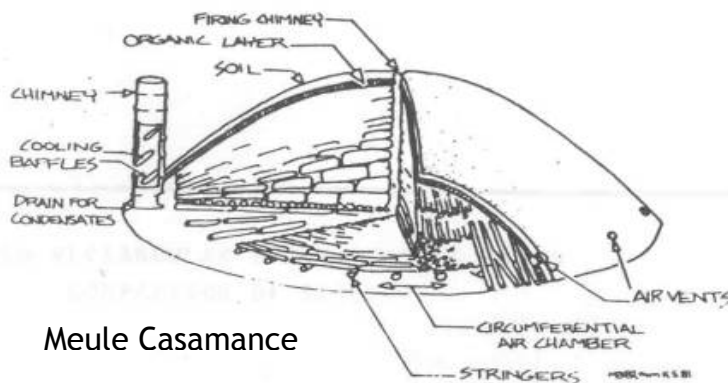
Poussier (Brands en anglais; cendres, résidues) peuvent être soit humide soit séché au four. Un contenu de poussier de 2% ou plus par volume indique immédiatement que la meule n'est pas efficace.

Il y a essentiellement 4 options en comptabilisant le poussier dans les calculs du rendement:

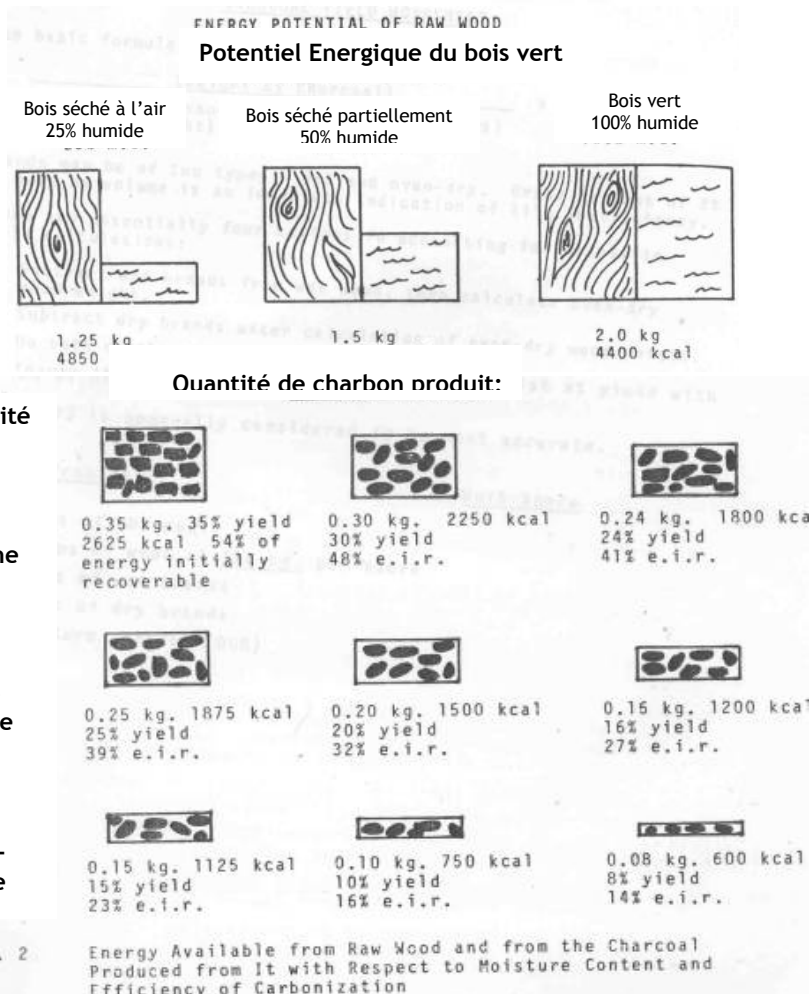
- 1) Soustraire le poussier humide du bois humide, puis calculer le poids du bois séché au four.
- 2) Soustraire le poussier sec après le calcul du bois séché au four.
- 3) Faire les deux options ci-dessus (ce qui est le plus précis).
- 4) Ignorer le poussier dans le calcul et rapporter le rendement en termes de "Rendement = X% avec Y% de poussier."

Problème de pratique:

875 kg de charbon
100 stères de bois à 350 kg par stère
8 kgde poussier humide
4 kg de poussier sec



Meule Casamance



20% contenu en humidité

2. REFERENCES DU DOCUMENT FAO 41: Techniques simples de production du charbon (1983)

(Sous-Division produits de l'industrie mécanique du bois, division des industries forestières, dépt des forêts)

Le principe de base de la production du charbon en meules est le même que celui de la charbonnière en fosse, à savoir que le bois à carboniser est enfermé dans un espace clos dont l'étanchéité [airtightness] est assurée par de la terre, matériau disponible partout où l'on trouve du bois. La charbonnière en meule est préférée à la fosse lorsque les conditions suivantes existent:

- le sol est rocheux, induré ou superficiel
- la nappe phréatique est trop proche de la surface
- on travaille dans les zones agricoles où les ressources ligneuses peuvent être disséminées
- il est souhaitable de faire le charbon de bois près d'un village ou autre installation permanente

A l'inverse la charbonnière en fosse est idéale lorsque

- le sol est bien drainé, profond, limoneux.

Les rendements en charbon varient selon l'habileté de l'opérateur, la siccité [dryness] du bois, et l'étanchéité à l'air de la meule [how well sealed off it is from air].

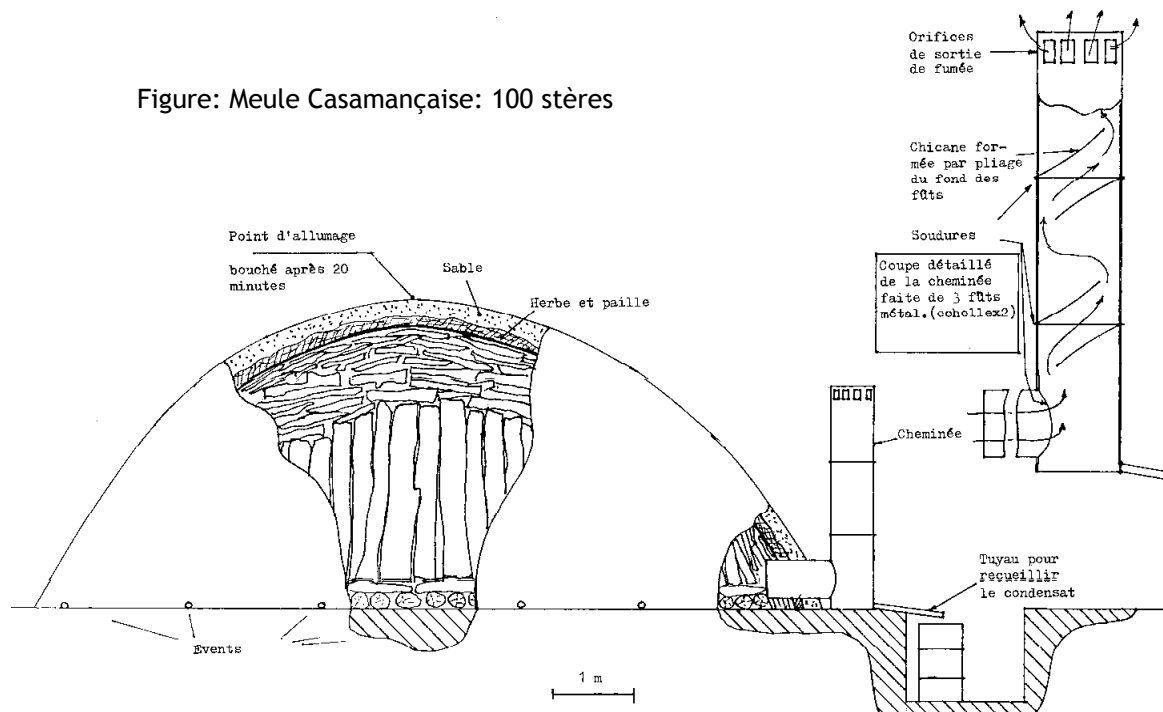
Un rendement de 1 tonne de charbon pour 4 tonnes de bois sec à l'air représente un bon résultat. Des rendements de 1 tonne pour 6 tonnes de bois sont plus courants.

La charbonnière type Casamance

Ce type de meule a été modifié par addition d'une cheminée faite de vieux fûts métalliques soudés ensemble. Des essais effectués au Sénégal avec ce système modifié ont montré de bons résultats. La cheminée améliore la circulation des gaz, ce qui réduit la proportion de fumerons et accélère la production du charbon. Du fait qu'il y a moins de fumerons, le rendement en charbon est amélioré.

La base de la meule est faite de deux couches de bois de petite et moyenne dimension. Pour la première couche, les bois sont disposés régulièrement, radialement autour du centre de la base, et pour la deuxième couche ils sont rangés tangentiellement, perpendiculaires à ceux de la première couche. Cette base joue un rôle important, car elle assure l'écoulement de l'air dans la meule.

Figure: Meule Casamançaise: 100 stères



Les couches composées de grosses billes (40 cm de diamètre) sont disposées à partir du centre jusqu'à 50 cm de la périphérie de la base. Elles sont entourées par des billes de moyen diamètre (20-40 cm), qui donnent de la solidité à la meule, et qui couvrent presque entièrement le reste de la base.

Le dernier anneau de la base est composé essentiellement de bois courts, de 20 à 40 cm de diamètre, disposés sur le pourtour de la base.

ANNEX F. REFERENCES POUR UNE ETUDE SUR LA MEULE CASAMANCE

Le diamètre de la base varie en fonction du volume de la meule:

Pour une meule de 30 m³ il faut une base d'au moins 3 m de rayon

"	"	"	"	60m ³	"	"	"	"	"	4 m	"	"
"	"	"	"	100m ³	"	"	"	"	"	5 m	"	"

La meule est couverte avec de l'herbe et des broussailles, puis du sable ou de la terre limoneuse. La cheminée est placée sur le pourtour, comme le montre le schéma ci-dessus: l'ouverture à la partie inférieure étant en communication avec la base de la meule.

L'emplacement de la meule doit être nettoyé au râteau, et débarrassé des racines et des souches.

La carbonisation est terminée lorsque la fumée commence à diminuer et devient bleue. A partir de ce moment c'est le charbon lui-même qui brûle, d'où la nécessité d'enlever la cheminée et de fermer hermétiquement la meule.

...Le charbon qui vient d'être sorti de la meule doit être couvert de sable pour prévenir son inflammation. Cela évite une perte de qualité lorsqu'on l'éteint avec de l'eau. Seul le charbon en morceaux doit être ensaché, les fumérons [smut, soot] et le poussier [dust] étant écartés. Les sacs seront fermés avec une ficelle, à laquelle on attachera une étiquette de contrôle indiquant le poids du sac et le numéro de la charbonnière.

La meule Casamance est basée sur le principe du tirage inversé, c'est-à-dire que l'air entre par les événements de la base et que les gaz chauds, au lieu de s'échapper par le sommet, redescendent et passent par la cheminée, qui est reliée à la base de la meule. Au cours de la phase de décomposition exothermique, les sous-produits se condensent à la base de la cheminée, où ils sont recueillis; ce condensat est un mélange de goudron de bois et d'acide pyrolygneux.

Récupération des goudrons avec la charbonnière Casamance

La récupération du condensat à la base de la cheminée dans la charbonnière type Casamance pose certains problèmes qu'il convient de ne pas perdre de vue. Le volume théorique qui peut se condenser est considérable, et se compose principalement d'eau sans valeur.

A partir de 100 stères de bois - soit une meule Casamance de grande taille - on peut obtenir environ 21 tonnes de condensat, qui demanderaient une centaine de fûts [barrels] de 200 litres pour les contenir. Ce condensat est formé essentiellement d'eau, qui est corrosive et contamine l'environnement en raison de sa teneur en acide acétique et autres acides voisins.

On peut recueillir en outre 2 tonnes de goudron, remplissant une dizaine de fûts, en supposant qu'il n'en soit pas brûlé une partie avant d'arriver à la cheminée. En pratique il est indispensable de permettre à toute l'eau et aux substances acides de s'échapper normalement par la **cheminée** sous forme de vapeur; leur dilution dans l'atmosphère diminue leurs effets polluants et irritants. On y parvient en **maintenant la cheminée chaude**, et en **évitant les vents froids**. On perd ainsi une partie du goudron, mais c'est inévitable avec un tel système simple, sinon le puisard de récupération [collection tank] déborderait, et la zone serait contaminée par le condensat.

Lorsqu'on opère par temps froid, entraînant une condensation d'eau excessive, il faut isoler la partie inférieure de la cheminée, ou construire une cheminée en briques. En maintenant la cheminée chaude, c'est-à-dire aux environs de 100 C, on assure un tirage continu qui permet une circulation convenable des gaz dans la charbonnière, avec une bonne production du charbon, et on aura encore une condensation de goudron.

Prix de revient du charbon de bois produit avec la charbonnière Casamance (d'après l'expérience sénégalaise) NB: an = 1978

Coûts de production pour 12000 kg de charbon de bois

		% du total
100 stères de bois à 550 FCFA/stère	55000	28,0 -
Main-d'oeuvre, y compris ensachage	77040	39,2
Chargement des camions à la charbonnière à 250 F CFA/tonne	3000	1,5
Transport au dépôt principal	10449	5,3
Déchargement au dépôt principal	2200	1,1
Sacs	15000	7,6
Taxe à 1,50 F CFA/kg	18000	9,2
SOUSTOTAL	180 689	91,9
plus divers et imprévus 10% du coût hors taxe	16000	8,1
Coût du charbon de bois rendu au dépôt	196 689	100%

- Les données se rapportent à une meule de 100 m³ :
- Les prix sont en francs CFA (en 1978 1 \$US = 310 F CFA).
- 1 stère de bois donne 120 kg de charbon.
- Main-d'oeuvre: 3 charbonniers par meule.

= 16.40 F CFA/ka

Transport vers les principaux marchés: (N.B. année = 1978)

- à Ziguinchor (1,81 F CFA/kg) 18,21 F CFA/kg
- à Dakar (8,00 F CFA/kg) 24,40 F CFA/kg

3. REFERENCES DU MEMENTO DU FORESTIER 1989 (pages 951-966)

Caractéristiques physiques du charbon

Le charbon de bois est caractérisé tout d'abord par sa densité. Sa masse spécifique peut varier de 0.2 à 0.6 t/m³, elle est fortement corrélée à celle du bois de départ, un bois dense donnant un charbon dense et un bois léger un charbon léger avec un coefficient massique de transformation de l'ordre de la moitié (ex: un bois de 0.6 de densité donnera un charbon dont la densité variera de 0.30 à 0.35), la perte en masse (70-75%) étant un peu compensée par le retrait (shrinking) enregistré pendant la production du charbon, retrait qui conserve toutefois dans le charbon la structure du matériau de bois.

Le pouvoir calorifique du charbon dépend de la technique de production du charbon et peut varier de 27.2 MJ/kg (charbon de meule) à près de 33.4 MJ/kg (charbon de cornue).

Le charbon est enfin plus ou moins friable et plus ou moins résistant, ces qualités dépendant de la nature de l'essence et de la technique de pyrolyse. Il est aussi plus ou moins absorbant mais en tout cas, il l'est beaucoup plus que le charbon minéral.

Principaux usages

Les emplois du charbon de bois sont multiples et pour chaque utilisation les caractéristiques demandées sont différentes.

Emploi comme combustible ménager ou artisanal: avec le bois de feu, le charbon de bois reste l'un des principaux combustibles des pays en voie de développement. Il est utilisé partout pour la cuisine mais principalement dans les zones urbaines, dans les villages lacustres ainsi que dans les zones arides où il est plus rentable, sur les distances excédant 60-70km, de transporter du charbon plutôt que du bois, le premier se conditionnant mieux que le second et donnant à poids égal un équivalent calorifique double.

L'artisanat local (les forges par exemple) se sert également de ce combustible. On demande à ce type de charbon d'émettre peu de fumées et d'odeurs, désagréable, de bien "tenir" le feu, de donner peu d'étincelles (sparks) et de ne pas laisser des cendres. S'il doit être transporté sur des distances importantes, il ne doit pas être trop friable.

Les sous-produits de la production du charbon

Au cours de la pyrolyse, et à côté du charbon but de l'opération, d'autres composés sont formés constitués par des produits liquides condensables et par des gaz incondensables.

Les produits liquides: ils correspondent à 40-50% du poids du bois initial et sont appelés pyroligneux. Le pyroligneux est constitué tout d'abord par de l'eau (plus de la moitié de la totalité de liquidité pour des bois à 10-15% d'humidité), puis par de l'acide acétique et ses homologues propioniques et butyriques, de l'alcool méthalique, de l'alcool allylique, de l'acétone, quelques composés basiques (ammoniac, amines) puis des goudrons.

Avec les résineux, le liquide recueilli se sépare souvent en deux phases, l'une comprenant le pyroligneux proprement dit de couleur jaune, l'autre les goudrons de couleur plus foncée. Pratiquement, il est parfois difficile, en particulier avec les bois feuillus, d'obtenir une séparation nette de ces deux phases et l'on a souvent affaire à un liquide brun ou jaune foncé dont le poids correspond à 10 à 20% du poids du bois, sur lequel surnagent quelques huiles légères.

Les goudrons des arbres feuillus ont une teinte foncée, allant du brun au noir. Ils sont principalement constitués par de la créosote avec de petites quantités de benzène, xylène, etc. Les goudrons de résineux, plus légers et de couleur plus claire, allant du jaune à l'orange, sont plus intéressants d'un point de vue chimique car ils contiennent des terpènes.

Les pyroligneux peuvent être séparés en leurs constituants par distillation fractionnée. Mais ce traitement étant assez compliqué, beaucoup d'unités industrielles préfèrent souvent réinjecter le pyroligneux dans le circuit comme source d'énergie.

Notons enfin que les goudrons sont également utilisés dans certains pays (tels le Brésil) comme fuel grossier de remplacement ou dans d'autres (le Sénégal) comme produit de préservation de perches...

En fait, les usines modernes de production de charbon de bois tournent pratiquement en circuit fermé du point de vue énergétique et n'ont pas besoin de faire appel à des sources extérieures.

Ce n'est évidemment pas le cas des unités plus simples qui travaillent sans récupération, tandis qu'au stade artisanat, la plus grande part sinon la totalité des sous-produits est perdue. Seuls les goudrons peuvent être récupérés avec certains fours en maçonnerie ou avec certaines meules améliorées.

Le pouvoir calorifique du bois

D'un point de vue théorique, une notion importante en ce qui concerne le bois énergie est le pouvoir calorifique.

On appelle "pouvoir calorifique" d'un corps la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids de ce corps. Le pouvoir calorifique s'exprime en joules/g, l'expression calories étant cependant tolérée du fait de l'habitude (on rappelle que: 1 cal. = 4.1855 J).

Le pouvoir calorifique est dit "pouvoir calorifique supérieur" (pcs) quand la combustion s'effectue à volume constant et quand l'eau formée a cours de la combustion est condensée. Ces conditions sont celles des mesures réalisées à la bombe calorimétrique adiabatique.

Le pouvoir calorifique est dit "pouvoir calorifique inférieur" (pci) quand la combustion s'effectue à pression constante c'est-à-dire à l'air libre. Dans ce cas, l'eau de combustion n'est pas condensée.

Le pci se déduit par le calcul du pcs en connaissant le nombre de molécules d'eau formée et la chaleur nécessaire au passage de l'état de vapeur d'eau à 100deg. C. à l'état liquide à 15 deg. C....

Dans la pratique, le pouvoir calorifique d'un corps varie dans de fortes proportions suivant son degré d'humidité. La quantité de chaleur fournie diminue quand la teneur en eau du bois augmente.

On donne les formules suivantes pour le calcul du pc du bois en fonction de son humidité.

Influence de la technique de suivie et de l'appareillage utilisé sur les rendements en

• si E = humidité du bois en % du bois brut

$$Pe = Po \times \frac{100 - E}{100} - 25,11 E$$

avec Pe = p.c. à humidité E ;
et Po = p.c. sur sec 100 % ;

• si H = humidité du bois en % du poids sec

$$PH = \left(\frac{Po - 25,11 H}{100 + H} \right) \times 100$$

avec PH = p.c. à humidité H ;
et Po = p.c. sur sec 100 %.

charbon

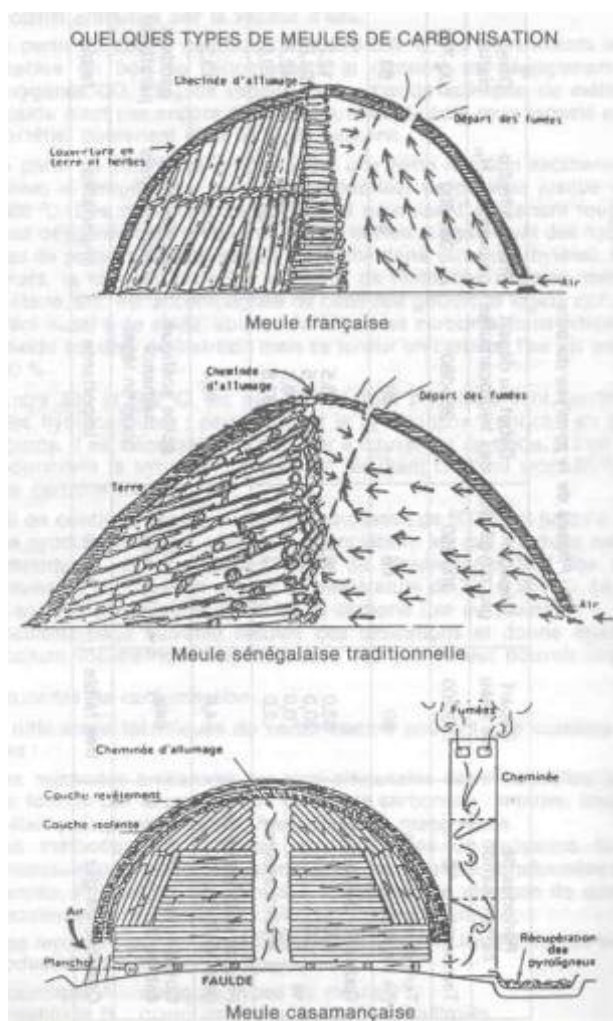
La technique de production du charbon influence nettement les rendements car il est bien évident que si la chaleur nécessaire à la réaction est fournie par le bois, le rendement final en charbon en sera diminué d'autant. C'est ce que l'on observe lorsque les production du charbons sont effectuées par des techniques artisanales rudimentaires (meules ou fosses) où l'on obtient des rendements très bas, d'autant que le bois étant toujours utilisé vert ou très peu séché, une quantité importanted d'eau doit être éliminée avant que commence toute pyrolyse. Or, il faut donc dépenser des calories (donc du bois) pour chauffer l'eau de l'ambiance jusqu'à 100 deg. C. (330 J/g d'eau) les production du charbons sont d'ailleurs d'autant plus longues.

A l'inverse, dans des appareillages industriels modernes, l'énergie est produite le plus souvent à partir des sous-produits de la production du charbon. Les pyroligneux sont brûlés ainsi que les gaz, ceux-ci servant d'abord au séchage du bois avant d'être envoyés aux brûleurs. L'usine tourne donc en circuit fermé...

Entre ces deux extrêmes, les fours métalliques transportables ou les fours en maçonnerie donnent des rendements intermédiaires car, s'ils utilisent le bois pour le démarrage de la réaction, les durées de production du charbon sont moins longues que celles des meules et les réactions mieux contrôlées.

A titre d'exemple, on donne ci-après quelques estimations faites pour la production du charbon de bois provenant de forêts tropicales hétérogènes africaines (densité moyenne des bois estimée à 0.7).

1 stère de bois de forêt naturelle = 0.7 m3 et environ 500kg de bois anhydre soit potentiellement 9.2 x mille MJ et pratiquement 7.5 x mille MJ (bois à 20% d'humidité).



Type de production du charbon	Artisanale rudimentaire	Fours métalliques	Industrielle
Rendement pondéral charbon/bois anhydre	10 à 15% soit environ 50 à 75 kg de charbon par stère	20 à 24% soit environ 100 à 120 kg de charbon par stère	30 à 33% soit environ 150 à 165 kg de charbon par stère
Equivalent calorifique du charbon	1.46 à 2.22 x 10 ³ MJ	3.14 à 3.55 x 10 ³ MJ	4.6 à 5.02 x 10 ³ MJ
Rendement énergétique (par rap au bois sec)	20 à 29%	42 à 47%	61 à 67%

On voit donc que de la technique retenue dépendront fortement les quantités de charbon produites et les rendements énergétiques qui sont très défavorables dans le cas des production du charbons artisanales des pays en développement. Toutefois, l'installation d'unités industrielles modernes... peuvent paraître onéreuses. C'est pourquoi... l'accent est mis soit sur l'amélioration des meules ou encore sur la construction sur place de fours les plus simples possibles...

Le projet SIE-Afrique (<http://www.sie-energie.gouv.sn/spip.php?article1>)

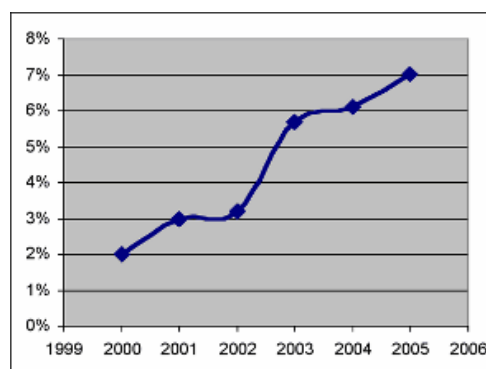
Le projet SIE-Sénégal s'inscrit à l'intérieur du projet SIE-Afrique qui appuie la mise en place de Systèmes d'Information Energétique (SIE) nationaux.

Objectif :Efficacité énergétique des charbonneries

Valeur en 2005 : 7 %

Evolution dans le temps : voir graphique

« Malgré la forte croissance de la part de la production de charbon qui est produite dans les meules casamançaises depuis 2000 (incitations financières de la DEFCCS), la technique améliorée reste peu diffusée au Sénégal. »



Pourcentage de la production contrôlée de charbon produite à partir de meules casamançaises

Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'énergie (9 avril 2003) (<http://faolex.fao.org/docs/texts/sen60664.doc>)

Arrêté fixant les modalités d'organisation de la campagne d'exploitation forestière 2005

4.4. Dans le sous-secteur des combustibles domestiques

69. Les préoccupations environnementales occupent une place importante dans la stratégie retenue par l'état dans le secteur des combustibles domestiques.

70. Ainsi le Gouvernement entend poursuivre l'objectif général défini en 1997, à savoir (i) valoriser de manière durable les ressources énergétiques issues des formations forestières; (ii) faire bénéficier aux collectivités locales et aux populations riveraines des ressources tirées de l'exploitation forestière; et (iii) promouvoir des combustibles de substitution adaptés aux modes de cuisson sénégalais.

71. Dans le cadre de l'amélioration de l'efficacité du sous secteur le Gouvernement a décidé l'introduction et la généralisation, dès le 1er janvier 2004, de la **meule casamance**, technique de carbonisation de loin plus performante que la meule traditionnelle.

Le Ministre de l'Economie de l'Hydraulique
Abdoulaye DIOP

Le Ministre d'Etat, Ministre des Mines, de
l'Energie et des Finances Macky SALL