

Ce rapport est présenté tel qu'il a été reçu par le CRDI du(des) bénéficiaire(s) de la subvention accordée pour le projet. Il n'a pas fait l'objet d'un examen par les pairs ni d'autres formes de révision.

Le présent document est utilisé avec la permission de Environnement et développement du Tiers Monde.

© 1992, Environnement et développement du Tiers Monde.

**Planification intégrée Energie-Environnement
Application du modèle LEAP au Sénégal**

(Rapport final/Phase 1)

Programme Energie d'ENDA



Souleymane DIALLO
Youba SOKONA
Dominique REVET
Libasse BA

30 VII 1993

30 VII 1993

30 VII 1993

1. INTRODUCTION

Le projet LEAP-Sénégal s'inscrit dans le cadre d'un programme de large diffusion de méthodes destinées à intégrer les préoccupations environnementales dans le processus de planification énergétique. L'expérience constitue un test grandeur nature qui, par ailleurs, renforce les capacités nationales dans ce domaine et pourrait notamment être étendue aux sous-régions de l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

Outre le Programme Energie d'ENDA et le Stockholm Environment Institut de Boston, deux institutions nationales ont été impliquées dans le projet depuis les toutes premières étapes de sa définition jusqu'à sa mise en oeuvre. Il s'agit du **Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan (MEFP)**, à travers la Direction du Plan, et du **Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (MICA)**, par l'intermédiaire de la Direction de l'Energie et des Mines. Cependant beaucoup d'autres institutions ont été associées dans la phase de mise en oeuvre, principalement le **Centre de Suivi Ecologique** pour la collecte des données relatives à la biomasse- et la SENELEC pour l'électricité.

Ce rapport décrit la situation énergétique du Sénégal, les données disponibles pour l'application de LEAP, les hypothèses de construction des scénarios d'évolution et l'analyse des résultats. Des recommandations sont ensuite faites à la lumière de cette première phase pour la poursuite des travaux au Sénégal et la multiplication de l'expérience en Afrique.

2. SITUATION ENERGETIQUE DU SENEGAL

CARACTERISTIQUES DU SECTEUR et PLACE DANS L'ECONOMIE

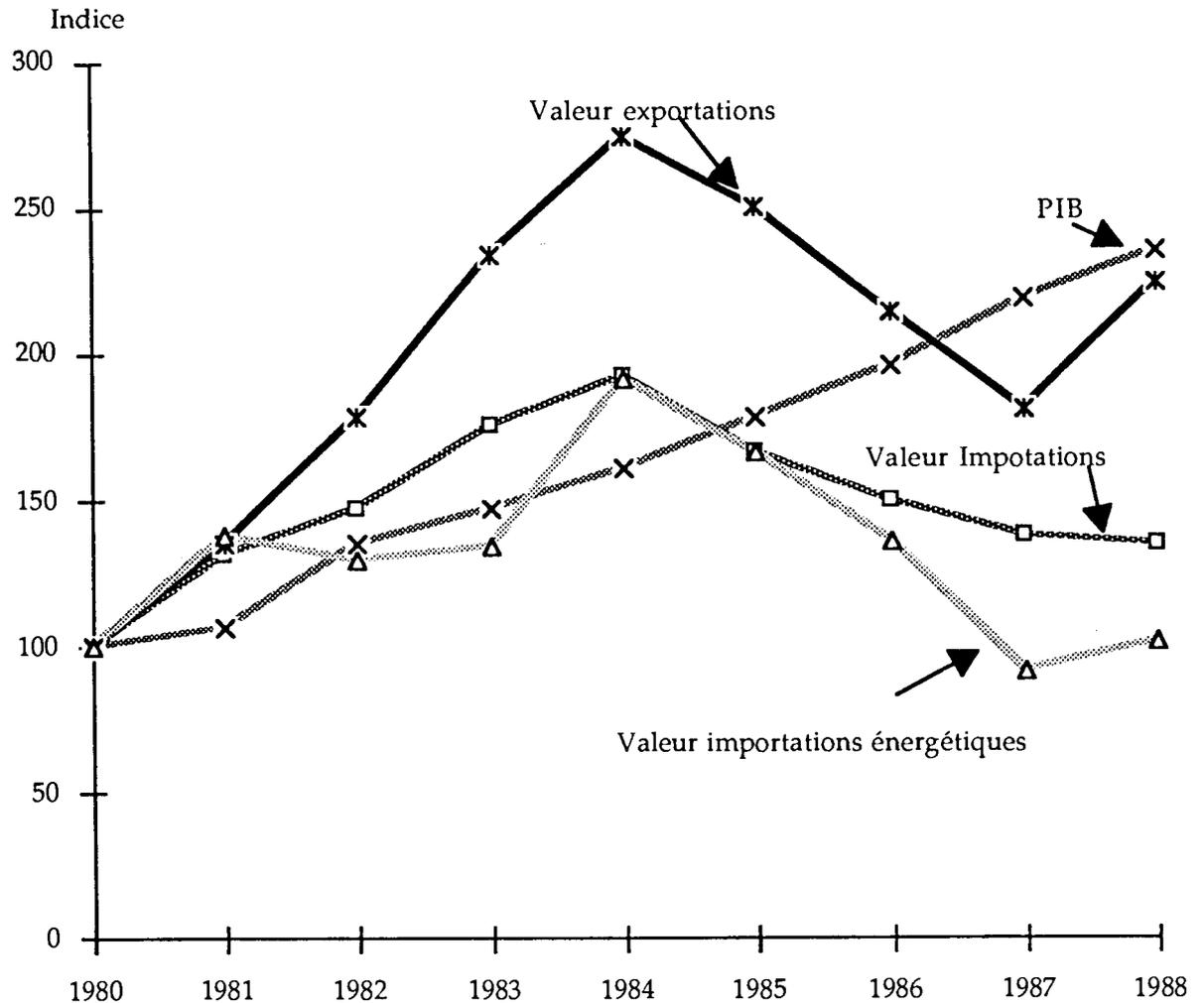
Le Sénégal est confronté à deux principaux problèmes énergétiques qui constituent des contraintes majeures à son développement économique et social.

Tout d'abord, le pays est presque entièrement dépendant des importations de pétrole pour faire face aux besoins énergétiques du secteur moderne, ce qui remet notamment en cause l'équilibre de sa balance des paiements. Ainsi, de 1980 à 1988, le Sénégal a consacré entre 26 et 59% de ses recettes d'exportation à l'importation de produits énergétiques. Les importations de produits énergétiques ont, par ailleurs, représenté au cours de la même période, entre 17 et 28% de la valeur totale des importations. Le graphique suivant retrace les évolutions observées depuis 1980.

En second lieu, la satisfaction des besoins énergétiques de base des ménages par le bois et ses dérivés pose le problème de la surexploitation du couvert forestier naturel Ce qui contribue au déboisement, à la désertification et à la rareté croissante de combustibles traditionnels.

En énergie primaire, les approvisionnements à partir des productions locales ont représenté en 1988 environ 204 milliers de tep, dont 3 pour le pétrole, 8 pour le gaz naturel, 44 pour la vapeur industrielle de récupération et 149

milliers de tep de déchets végétaux (bagasse et coque d'arachides) brûlés dans des centrales électriques industrielles.



Production d'énergie primaire (1 000 tep)

	1985	1986	1987	1988
Pétrole	-	0,21	1,41	2,56
Gaz naturel	-	-	0,27	7,51
Vapeur ¹	35,30	44,41	47,10	44,32
Déchets végétaux ²	15,64	123,22	136,13	149,33
Total	50,94	167,84	184,91	203,72

¹ Il s'agit exclusivement de la vapeur produite à partir de la fabrication d'acide sulfurique et qui est transformée par les ICS en électricité.

² Quantités de déchets végétaux (coques d'arachides et bagasse) uniquement transformées en électricité.

Les importations et les exportations (plus les soutes maritimes internationales) ne portent que sur les produits pétroliers et le pétrole brut, respectivement 994 et 170 milliers de tep en 1988.

	Production pétrole brut 1000 t	Importation pétrole brut 1000 t	Production produits pétroliers 1000 tep	Importation produits pétroliers 1000 tep	Exportations produits pétroliers 1000 tep	Consom. brute pétrole/prod. pétroliers 1000 tep	Cons. finale produits pétroliers 1000 tep
1985	-	132,62	213,10	777,41	201,29	807,39	535,39
1986	0,21	647,77	479,78	421,43	162,21	777,42	500,26
1987	1,41	528,65	567,57	389,8	214,35	768,17	448,36
1988	2,56	757,17	705,35	236,82	169,55	801,00	499,73

Depuis 1986, la production de produits pétroliers est supérieure aux importations, la SAR, à cause des prix relativement bas des produits pétroliers sur le marché international, avait réduit ses importations de brut et la raffinerie avait même arrêté son fonctionnement au courant de 1985. En 1985 et 1986, la production des produits pétroliers ne permettait pas de couvrir la consommation intérieure, mais cette situation a été modifiée à partir de 1987.

L'approvisionnement en électricité du Sénégal est principalement assuré par la SENELEC au moyen d'un réseau général reliant Dakar - Kaolack - Saint-Louis, de centres régionaux (Tambacounda-Ziguinchor) et de centres secondaires isolés. Parallèlement, plusieurs entreprises industrielles disposent de leurs propres moyens de production et assurent ensemble près de 16% de la production totale d'électricité du Sénégal.

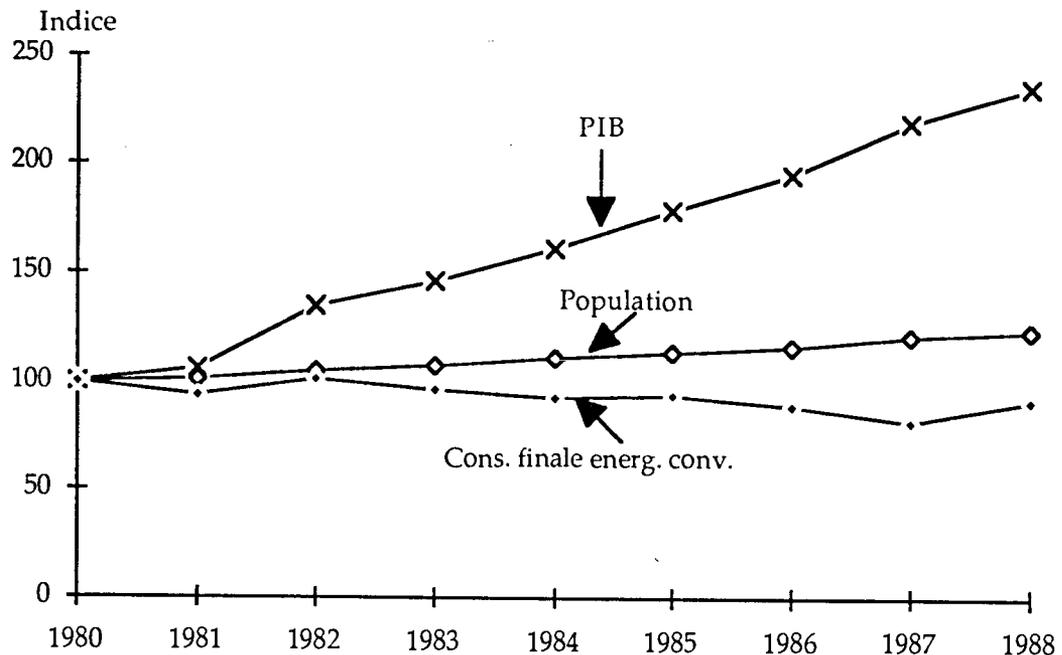
La consommation finale d'énergies conventionnelles (produits pétroliers et électricité) est passée de 595 milliers de tep en 1985 à environ 572 milliers de tep en 1988. Cette baisse de la consommation finale d'énergie s'explique notamment par le ralentissement des activités économiques et la vétusté des équipements de production, de transport et de distribution de l'énergie au Sénégal. La structure de la consommation finale d'énergie conventionnelle en 1988 était la suivante :

Produits pétroliers	87,4 %	Industrie	23 %
Electricité	12,6 %	Pêche	9 %
		Transports	53 %
		Ménages	15 %

Cette structure fait ressortir le poids prépondérant des transports qui absorbent la plus grande part de la consommation totale d'énergie conventionnelle. Dans ce secteur, le transport routier consomme près de 54% de la consommation totale du secteur et le transport aérien près de 44% alors que le transport ferroviaire ne consomme que moins de 2%. Il est à noter que la consommation énergétique du transport maritime et fluvial intérieur reste encore marginale.

Si l'on observe la consommation finale des produits pétroliers de 1985 à 1988, on constate que la part des essences après avoir augmentée jusqu'à 18% en 1987 est descendue à 15% en 1988 - moins que sa part en 1985 - , la part des GPL est en progression régulière alors que celles du kérosène et du fioul restent dans les mêmes proportions.

La consommation d'électricité a atteint 836 GWh en 1988 et représente environ 13% de la consommation totale d'énergies conventionnelles.



LE SECTEUR PETROLIER

La recherche pétrolière au Sénégal a démarré en 1953 avec le Bureau de Recherches Pétrolières français. Depuis cette époque jusqu'au début des années 1980, tout le territoire était pratiquement sous permis et sept compagnies effectuèrent des travaux de prospection. Ces travaux ont abouti à la découverte d'un seul gisement significatif. En effet, entre 1958 et 1971 la Compagnie des Pétroles Total Afrique de l'Ouest (COPATAO) en consortium avec la Texas Gulf Sulphur a mis en évidence le gisement du "Dôme Flore" au large de la Casamance. Les conditions économiques de l'époque ont amené le groupe à abandonner ses recherches et le permis au Gouvernement en 1975. La Société des Pétroles du Sénégal (PETROSEN) prit le relais en 1981 et y effectua des travaux de recherche avec notamment l'assistance de l'IDA et de Pétrocanada.

Les réserves en place au "Dôme Flore" sont estimées entre 600 millions et 1 milliard de barils d'une huile de 1°API. Plusieurs compagnies semblent actuellement s'intéresser à explorer dans la zone. Il y a notamment l'Union Oil of California (Unocal) qui vient d'obtenir un permis couvrant 6 500 km² et compte investir dans les trois prochaines années environ 10 millions de dollars.

PETROSEN a dans ce permis une participation de 5% avec une possibilité de la porter à 20%. Selon Petroconsultants, les permis de prospection offshore étaient de 15 000 km² en 1988 et 12 000 en 1989 tandis que ceux "onshore" n'ont pas dépassé 5 000 km² depuis 1985.

La poursuite des travaux sur la découverte, vers les années cinquantes, d'huile et de gaz dans la région du Cap Vert à Diam Niadio / Kabor a débouché à partir de 1986 sur une production de petites quantités de pétrole ("Diam Niadio Light") livré à la SAR. Cette production a été en 1986 de 210 tonnes, de 1410 tonnes en 1987 et de 2560 tonnes en 1988.

La raffinerie de la SAR, avec actuellement une capacité de 1,2 million de tonnes/an ne dispose pas d'unités de conversion secondaire. Elle est limitée aussi bien pour la gamme des bruts qu'elle peut traiter que pour l'éventail de distillats produits. La recherche d'un optimum économique a conduit la SAR à opérer de plus en plus suivant les conditions du marché en examinant les prix et les conditions d'achat offerts par les fournisseurs de bruts et de produits blancs.

La structure des prix au consommateur s'établit à trois niveaux:

- les prix ex-SAR;
- la marge des distributeurs et détaillants;
- les impôts et la péréquation des prix (caisse de stabilisation).

Le bilan pétrolier 1988

1 000 tep	Pétrole brut	GPL	Essence	Gazole	Fioul	Kérosène	Total
Production	2,56						2,56
Importations	757,17	20,28	1,96	106,08	64,11	44,39	993,99
Exportations		-0,33	-27,59	-51,32	-5,91	-2,60	-87,75
Soutes maritimes				-62,91	-18,88		-81,79
Variations stock	27,71	-0,44	1,09	6,46	-11,72	2,91	26,01
Cons. primaire	732,02	20,39	-26,72	-14,61	51,04	38,88	801,00
Transformations							
• Raffinerie	-731,91	7,37	115,82	211,78	267,07	103,31	-26,56
• Centrales SENELEC				-29,88	-226,29		-256,17
• Centrales autoprod.				-6,02	-15,47		-21,49
Consommation finale	0,00	27,26	87,52	161,32	77,55	145,47	499,12

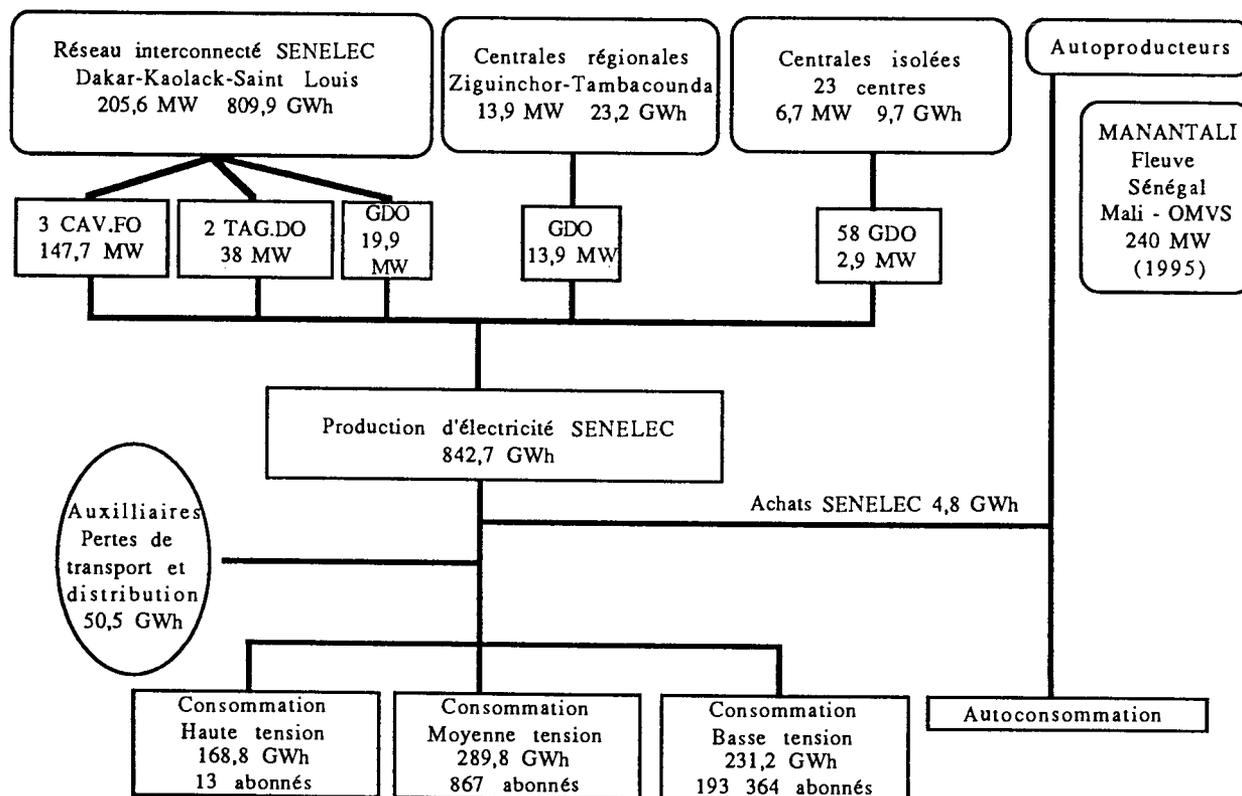
LE GAZ NATUREL

L'exploration pétrolière a révélé quelques gisements de gaz marginaux et économiquement peu intéressants. Un petit gisement de gaz naturel a été découvert à Diam Niadio, à proximité de Dakar. Les réserves estimées à 50 millions de mètres cubes (40 000 tep) a permis la production de 8,8 millions de

mètres cubes en 1982, 3 millions en 1987 et 9,3 millions en 1988. Ce qui a servi à alimenter des turbines à gaz de la SENELEC.

LE SECTEUR ELECTRIQUE

Jusqu'ici, l'approvisionnement en énergie électrique du Sénégal est exclusivement assuré par des centrales thermiques. Le système est composé d'un réseau général dont une partie est interconnectée, de centres secondaires isolés complétés par quelques centrales d'autoproduiteurs.



Le réseau "général" de la SENELEC, actuellement limité aux régions Ouest, Centre et Nord du pays, fournit 97% de la consommation totale d'électricité. Il comprend le "réseau interconnecté" (206 MW de puissance installée en 1988) autour de Dakar avec les centrales du CAP DES BICHES, de BEL AIR et les centrales de KAOLACK et de Saint-LOUIS et les deux réseaux ou centres régionaux de Ziguinchor et Tambacounda (13,9 MW de puissance installée). Les autres villes ou "centres isolés" sont alimentés par des groupes diesel (6,7 MW en 1988) et fournissent moins de 1% de la consommation totale d'électricité. On compte une douzaine d'autoproduiteurs industriels dont certains (CSS, SEIB, SONACOS etc.) approvisionnent également la SENELEC. Le réseau de transport comprend 129 km de lignes de haute tension de 90 kV, 1529 km de moyenne tension de 30 kV, 646 km de 6,6 kV et 2348 km de basse tension.

	Puissance installée	Production thermique SENELEC	Production des autoproducteurs
	MW	GWh	GWh
1975	139,5	438,56	
1980	181,76	635,02	
1985	217,69	755,18	82,37
1987	222,35	811,84	158,29
1988	266,26	842,77	160,45
1989	270,90	868,74	nd
1990	307,40	890,50	

Le plan directeur d'électrification est actuellement à l'étude (financement ACDI...) . Il vise progressivement à relier les principales villes au réseau général et à acheminer, à partir de 1995, la production du barrage hydro-électrique de Manantali (246 GWh) destinés au Sénégal sur les 800 GWh prévus.

Sur les fleuves Sénégal et Gambie, les sites exploitables représentent une puissance totale de 1 400 MW et une production moyenne annuelle de 7 500 GWh. En dehors de Manantali, le projet le plus avancé est celui de KEKRETI sur la Gambie (60 MW, 180 GWh).

LE BOIS ET LES AUTRES SOURCES D'ENERGIE

Les forêts classées et les superficies protégées couvrent 3,9 millions d'hectares, auxquels s'ajoutent 5 à 6 millions d'hectares de formations forestières et de friches, soit au total un couvert forestier estimé en 1986 à 8,4 millions d'hectares (contre 14 millions en 1978).

Le potentiel de production dépasse actuellement la consommation annuelle. A la suite de l'épuisement des forêts naturelles des régions de l'Ouest à dominante urbaine et du Nord, près de 90% de la production proviennent des régions de l'Est et du Sud, principalement de la région de Kolda.

En 1988, la consommation de bois énergie était évaluée à 580 mille tep, dont 110 mille provenaient du charbon de bois. A elle seule, la capitale consommait 66 mille tep. La livraison aux consommateurs finals constitue le point d'aboutissement d'une longue filière où six catégories d'opérateurs interviennent: exploitants forestiers, producteurs charbonniers, transporteurs, coxeurs, grossistes et détaillants.

En 1988, le prix officiel du charbon de bois était de 40 FCFA/kg, le prix réel se situant souvent au-dessus de 60 FCFA/kg, compte tenu des dépassements illicites et de l'inexactitude des instruments de pesée. La taxe forestière ne représentait dans ce prix que 2,5 FCFA/kg avant d'être portée à 5 FCFA en 1987. Les productions de bois et de charbon de bois, ainsi que leur transport vers les villes, font l'objet d'un contrôle administratif.

AUTRES RESSOURCES ENERGETIQUES

Tourbe : Gisement dans les NIAYES (53 millions de m³) au SINE-SALOUM et en Casamance. Utilisation possible sous forme de briquettes (études en cours ; production prévue au delà de 1995).

Lignite : Etude d'évaluation des réserves.

Déchets végétaux : Coques d'arachides utilisées dans les centrales des industries agro-alimentaires (9 000 tonnes en 1985) et utilisation prévue de la bagasse par la Compagnie Sucrière du Sénégal.

LA POLITIQUE ENERGETIQUE

La limitation du coût des importations pétrolières et les incitations à réduire les consommations de bois et de charbon de bois sont les deux axes de la politique énergétique qui correspondent directement à la structure actuelle des approvisionnements. Cela a conduit en particulier la SAR à ralentir entre 1982 et 1985 ses activités de production et à accroître en contrepartie ses importations de produits pétroliers pour pouvoir bénéficier des baisses de prix sur les marchés internationaux. La facture pétrolière a ainsi été réduite de 106 milliards de FCFA en 1984 à 44 milliards en 1986. En ce qui concerne les produits ligneux, les efforts ont porté sur la substitution du charbon de bois par le GPL (campagne de butanisation lancée en 1974 puis relancée en 1987) et la diffusion des cuisinières améliorées ("Ban ak suuf" en milieu rural et "Sakanal" en milieu urbain).

D'autres activités importantes de la politique énergétique ont consisté :

- au renforcement de la capacité de gestion et l'amélioration de la situation financière des entreprises énergétiques : contrat-plan avec SENELEC assorti d'un plan de redressement financier, élaboration d'un plan directeur de l'électricité, marge d'autonomie accrue ;
- à la révision du niveau et de la structure de prix des produits pétroliers (prix ex-raffinerie, taxes, marges) en vue de mieux répercuter qu'actuellement les fluctuations des prix internationaux ;
- à la poursuite des programmes d'économie d'énergie : campagnes de sensibilisation, audits énergétiques, fonds spéciaux de financement des investissements dans l'industrie.

La maîtrise de la demande en énergie constitue aujourd'hui un élément essentiel de la politique énergétique du SENEGAL. Les gisements d'économies d'énergie ont été identifiés notamment dans les sous- secteurs résidentiel et industriel.

Dans le secteur résidentiel les gisements d'économie d'énergie concernent presque exclusivement le bois et le charbon de bois. Cependant cette prospection

n'a pas fait l'objet de quantification précise compte tenu de la difficulté que présente toujours la multitude et la dispersion des consommateurs. Quelques estimations ont certes été faites grâce à des travaux de laboratoire (surtout du CERER) et enquêtes de terrain menées après certaines campagnes de diffusion des foyers améliorés. Mais pour l'essentiel, l'extension de ces projections à l'ensemble du pays se fait à partir d'hypothèses sans fondement véritable (Exemple: fraction des ménages susceptibles de s'équiper). Les données obtenues gardent dès lors un caractère très incertain.

Le secteur industriel apparaît par contre comme un champ idéal pour les programmes d'économie d'énergie pour trois raisons principales :

- a) le poids de ce secteur dans les bilans énergétiques globaux notamment en terme d'échange avec l'extérieur ;
- b) l'existence de gisements relativement vastes d'économie en produits pétroliers soit directement (consommation propre) soit indirectement (consommations d'électricité d'origine thermique) ;
- c) le faible nombre des entités concernées par ces gisements et partant la simplification des relations à établir.

Depuis le début des années 80 une série d'actions spécifiques visant à améliorer l'efficacité énergétique du secteur industriel ont été entreprises par le Ministère de l'Industrie et de l'Artisanat (MIA) à travers sa Direction de l'Energie. A partir de 1985/86 un Programme d'Economie d'Energie dans l'Industrie (PEEI) a été élaboré grâce à l'aide du PNUD. Un financement ACIDI (Agence Canadienne pour le Développement International) a permis entre autres activités la réalisation d'audits approfondis auprès d'une quarantaine d'entreprises industrielles, l'organisation d'activités de sensibilisation et de diffusion technologique dans le sous-secteur. Les entreprises auditées représenteraient 60% de la consommation d'énergie du secteur industriel. Selon ADS, le groupe canadien de consultants chargé de collaborer avec le Bureau des Economies d'Energie de la Direction de l'Energie, le potentiel d'économie s'éleverait à 177.221 tep, soit 13.834 tep d'électricité, 61.056 tep de produits pétroliers et 102.331 tep de combustibles végétaux (bagasse, coque d'arachide). Le diagnostic (audits) a porté sur 26.621 tep soit environ 14% de la consommation totale des entreprises auditées.

Des travaux moins avancés ont été menés sur les transports et d'autres entités tertiaires (Hôtels, bâtiments publics dont hôpitaux).

Ces objectifs de la politique énergétique sénégalaise ont été précisés dans le programme de Redéploiement Energétique du Sénégal (RENES). Ils ont de nouveau été examinés dans la perspective de la Nouvelle Politique Industrielle lancée en février 1986 et du Plan d'Ajustement Structurel (1989), qui veulent promouvoir une politique des prix énergétiques plus attractive pour les entreprises industrielles.

3. Présentation de Leap/Edb comme outil d'aide à la décision³

Le logiciel LEAP résulte d'une approche selon laquelle un modèle de planification énergétique doit être construit en harmonie avec les contextes socio-économiques réels autour desquels on peut bâtir des scénarios de façon à pouvoir explorer les futurs possibles.

La planification énergétique doit être conçue comme un processus continu car l'information concernant les évolutions économiques et démographiques, la demande et les technologies énergétiques, les coûts du capital et des combustibles ainsi que les impacts sur l'environnement, a besoin d'être continuellement mise à jour. Cette structure et ses modifications doivent pouvoir être saisies aisément. Aussi, à la lumière d'informations nouvelles les plans stratégiques doivent être actualisés et les programmes d'action modifiés en conséquence. Tout ceci requiert une base de données permanente et aisée d'emploi, mais aussi un outil de projection de la demande et de l'offre d'énergie.

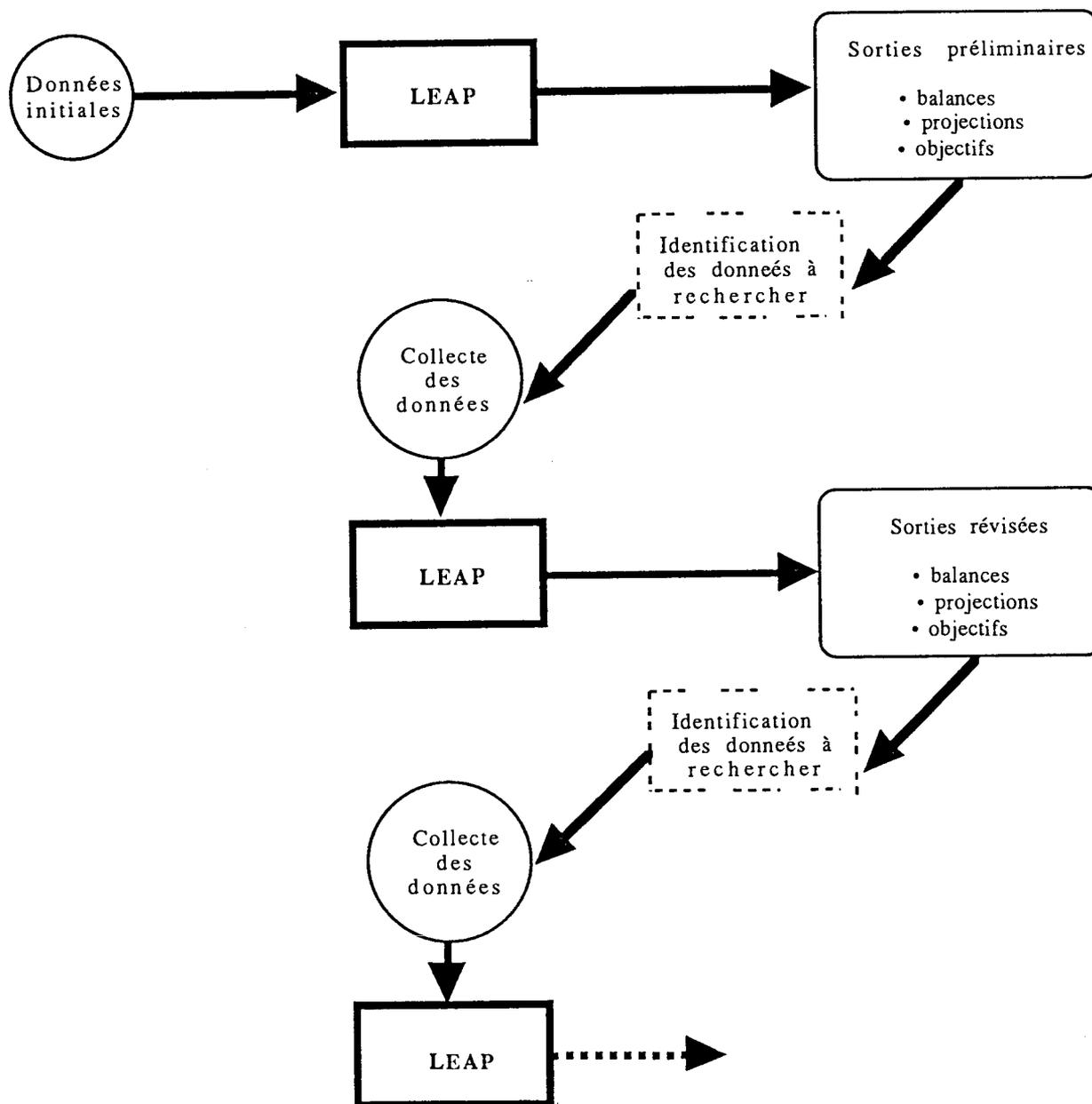
Les objectifs de LEAP dérivent de ces principes: fournir un support informatique pour alimenter un processus continu et fiable de planification énergétique. Structuré comme un groupe de programmes informatiques, LEAP¹ permet de répondre à des questions du type "qu'est ce qui arriverais si.." telles que:si des équipements de transformation ou d'utilisation de l'énergie sont introduites? ..si les énergies renouvelables (solaire, éolienne,...) sont d'avantage exploitées?...si l'industrialisation et/ou l'urbanisation sont plus décentralisées?

La conception de LEAP a été guidée par un certain nombre de considérations méthodologiques au nombre desquelles figurent :

- l'approche par scénario (le planificateur utilise le programme pour tester les conséquences d'hypothèses alternatives de futurs possibles: voir ci-dessus);
- le besoin d'une planification énergétique intégrée ;
- le rôle de la demande et de l'utilisation finale dans le déroulement des évaluations énergétiques ;
- l'importance de la flexibilité et de la facilité d'utilisation du système;
- l'exigence que les applications informatiques et les données nécessaires évoluent ensemble, avec pour corollaire que le système demeure utile avec des informations limitées.

³ Extraits de la présentation disponible en anglais.

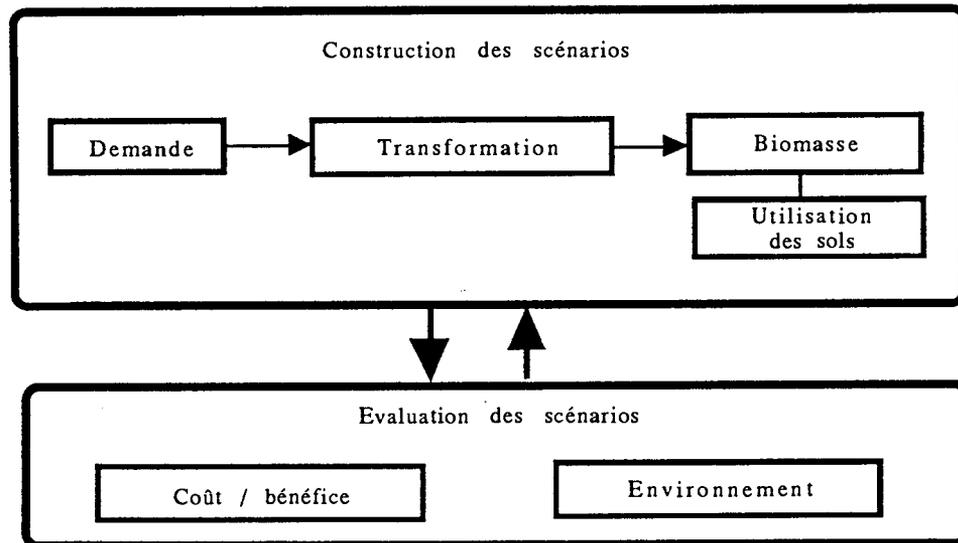
Le processus de développement des données



Présentation générale

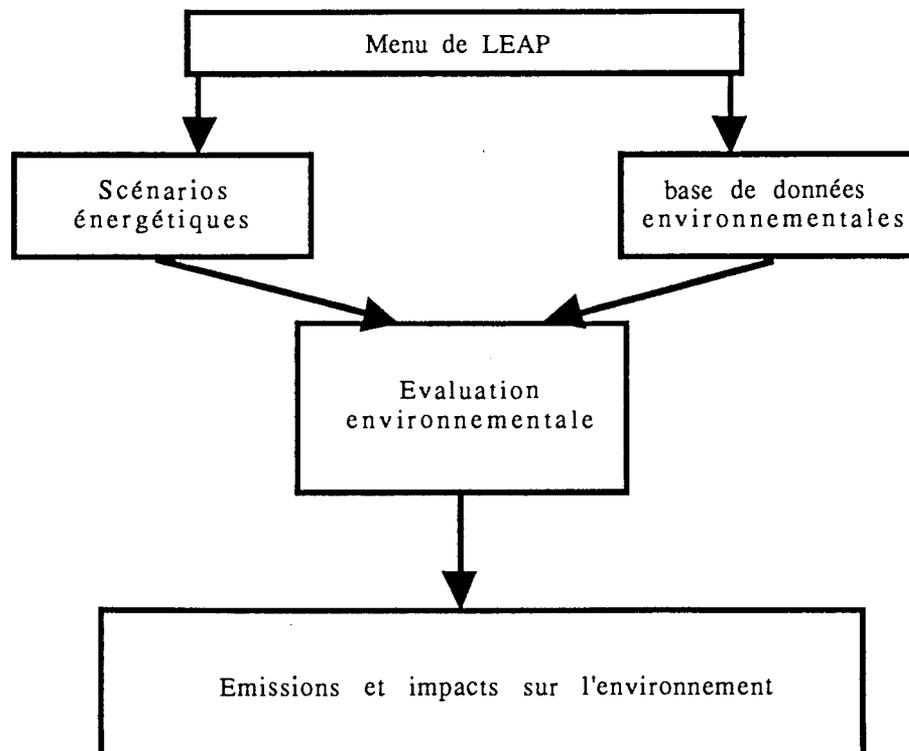
La structure du programme LEAP est représentée de manière schématique par la figure ci-dessous. Mais elle est évolutive, des extensions majeures étant prévues pour permettre son utilisation, non seulement pour des évaluations énergétiques, mais également pour participer d'avantage à la planification d'ensemble d'un développement soutenable.

Les liaisons du programme de scénarios énergétiques

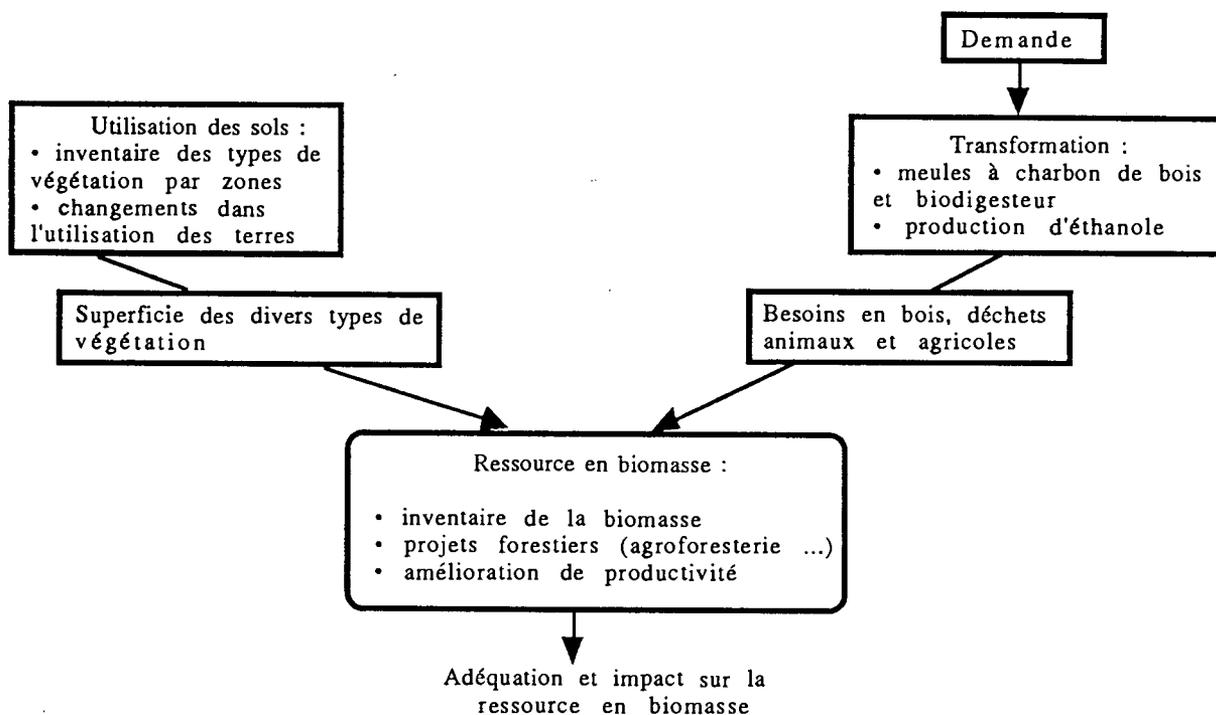


Les programmes de scénarios peuvent être appliqués à n'importe quelle zone géographique à la seule condition que celle-ci soit effectivement adaptée à la spécificité de l'analyse entreprise. C'est le rôle du programme d'agrégation d'assembler ces différents niveaux pour aboutir à des résultats multi-zones.

Liaisons entre la base de données environnementales et les scénarios énergétiques



Méthode d'analyse de la ressource en biomasse



La base de données environnementales fournit un résumé complet des informations reliant la production d'énergie, sa conversion et consommation, aux émissions de GES, et toutes autres conséquences sur l'environnement et la santé. En tant que programme isolé, il est simple d'utilisation, largement documenté, avec des notes abrégées sur les statistiques énergétiques et environnementales. Couplé au programme d'évaluation environnementale, on obtient les impacts sur l'environnement des différents scénarios énergétiques envisagés.

4. SOURCES DES DONNEES ET STRUCTURE DE L'ANALYSE

L'information sur l'énergie et l'économie:

Les données macro-économiques et énergétiques utilisées dans LEAP proviennent, pour les premières, des statistiques nationales officielles (recensement, plan d'orientation pour le développement économique, etc..) et pour les dernières, principalement des travaux menés par ENDA depuis une décennie au Sénégal en collaboration notamment avec les Ministères précités en introduction. Une illustration de cette accumulation statistique est constituée par les séries temporelles telles qu'elles paraissent (en partie) dans le chapitre précédent. Par ailleurs, des bilans énergétiques ont été élaborés par le Programme Energie d'ENDA sur la période 1970-1989. Ce sont les données de 1988 qui ont été jugées les plus complètes et les plus fiables, d'où résulte le choix de l'année de base (base year) pour cette application.

La structure des données adoptée dans cette première phase reflète ce qui est actuellement disponible, autant au niveau de la Demande que de la Transformation. Certaines grandeurs caractéristiques de la Transformation (rendement de la raffinerie, des processus de carbonisation du bois, du secteur électrique, etc....) ont été tirées des bilans existants. Il faut cependant signaler que toutes les données disponibles sur l'Offre de la biomasse (Quantité, Qualité et Localisation) proviennent essentiellement du Centre de Suivi Ecologique, basé à Dakar (voir en annexe 1 l'inventaire de la biomasse).

Données de l'année de base et hypothèses adoptées pour les scénarios:

Les modules Demande et Transformation de LEAP sont alimentés par des données décrivant la structure actuelle de la demande finale en énergie et du système de transformation ou de conversion en amont. Il donnent aussi les principales variables qui gouvernent les changements à venir (évolution de grandeurs macro-économiques, intensités énergétiques, efficience des équipements,etc). Il convient de rappeler que le programme remonte à l'offre nécessaire pour satisfaire la demande (sens bas-haut du bilan). Ainsi les scénarios consistent-il en un couplage d'une diversité de situations des modules Demande et Transformation. Les données relatives à l'année de base ainsi que les hypothèses qui sous-tendent les projections sont décrites ci-après.

La Consommation finale ou module Demande

Quatre subdivisions principales, correspondant à des secteurs économiques homogènes, ont été considérées. Il s'agit de l'Industrie, du Transport, des Ménages, de l'Hôtellerie et Autres services (tertiaire principalement). Les tableaux ci-après donnent la structure, les formes d'énergie consommées et la variable de commande considérée dans chaque secteur. Les hypothèses adoptées pour un scénario dit "cas de base" apparaissent aussi pour faciliter leur présentation. Celles-ci ne correspondent pas en réalité à un "laisser faire" car un certain volontarisme induit déjà une transition que l'on commence tout juste à appréhender: substitution inter-énergies ou inter-équipements, éventualité d'importation du charbon de la Guinée Bissau; transition dans le secteur

transport (choix des carburants),....etc. C'est pourquoi nous parlerons de "cas de référence".

Le secteur industriel

Dans la désagrégation disponible neuf sous-secteurs ont été identifiés dans l'industrie. L'activité de pêche proprement dite a été séparée des industries de transformation, mais apparaît dans le secteur par simple commodité. La plupart des données proviennent des collectes régulières faites à la source, en collaboration avec la Direction de l'Energie⁴. Les données énergétiques n'ont pu être rapportées à l'unité de produit par forme d'énergie consommée comme il aurait été souhaitable pour la suite de l'analyse. En lieu et place une corrélation rigide est faite entre les consommations globales d'énergie et le niveau d'activité du sous-secteur voire du secteur lorsque les données sont très agrégés. C'est pourquoi les consommations annuelles sont les variables unitaires les plus utilisées. Il est probable qu'un dépouillement plus systématique des audits énergétiques menés dans le secteur industriel permettent par la suite une meilleure approche autant de la demande que du potentiel d'économie d'énergie, ce dernier étant assimilable à des ressources en réserve.

⁴ L'ENDA et la Direction de l'Energie avaient longuement collaboré pour collecter les données auprès de différents opérateurs dans la phase d'élaboration des bilans énergétiques.

Secteur	Sous-secteur	Usage ou Activité	Energies ou Equipement	Intensité énergétique
Industries	Industries extractives (2%)	Phosphate	Electricité Diesel/Gazole Fioul	
		Sel	Diesel/Gazole Electricité	
		Total industries extractives	Diesel/Gazole Fioul Electricité	Consommation. annuelle
	Cimenterie (3,4%)	Tous usages finaux	Diesel/Gazole Fioul Electricité	Consommation. annuelle
	Chimie (ICS) (3,4%)	Tous usages finaux	Diesel/Gazole Fioul Electricité	Consommation. annuelle
	Sucre (CSS) (3,4%)	Tous usages finaux	Electricité Fioul Bagasse	Cons./an seulement pour l'électricité
	Huileries (0%)	Tous usages finaux	Electricité Fioul Coque d'arachide	Cons./an seulement pour l'électricité
	Industries de la pêche (3,5%)	Tous usages finaux	Electricité Fioul	Cons./an seulement pour l'électricité
	Industries textiles (3,4%)	Tous usages finaux	Electricité Fioul	Cons./an seulement pour l'électricité
	Eau(SONEES) (3,4%)	Tous usages finaux	Electricité	Consommation. annuelle
Autres (3,4%)	Tous usages finaux	Diesel/Gazole Fioul Electricité	Cons./an = sauf pour l'électricité	
Pêche (3,5%)	Artisanale	Tous usages finaux	Ess. pirogue Diesel/Gazole	
	Industrielle	Tous usages finaux	Essence auto Diesel/Gazole	
	Total pêche	Tous usages finaux	Essence auto Diesel/Gazole	

Le secteur des transports

La consommation d'énergie du secteur des transports est obtenue par l'affectation des produits vendus sur le marché en fonction de la spécificité des équipements utilisés selon les modes de transport actuels (routes, chemins de fer, air). Ainsi l'essence (ordinaire et super) est affecté au transport routier alors que le carburéacteur et l'essence avion le sont pour le transport aérien. Il serait fort utile, dans les étapes ultérieures de cette application, de pouvoir désagréger d'avantage les déterminants de la demande notamment pour le sous-secteur routier qui est de loin prépondérant au Sénégal en faisant une approche détaillée du parc automobile (caractéristiques économiques et énergétiques par catégorie, nombre, activité réelle,etc). Les distinctions supplémentaires (passagers versus marchandises) n'ont pu être faites que pour le transport ferroviaire. Mais la variable "passager" ou "poids du fret transporté" demeure un objectif pour les prochaines étapes. On ne dispose pas de données pour le transport fluvial et maritime interne. Le tableau ci dessous donne la structure du secteur transport.

Secteur	Sous-secteur	Usage Activité	Energies Equipement	Intensité énergétique
Transports (3,1%)	Routier	Tous usages finaux	Essence auto Diesel/Gazole	Consommation annuelle
	Ferroviaire	Voyageurs	Diesel/Gazole	Consommation annuelle
		Marchandises	Diesel/Gazole	Consommation annuelle
	Aérien	Passagers	Essence avion Kérosène/car- buréacteur	Consommation annuelle
		Fret		
	Maritime	Tous usages finaux	Diesel/Gazole	

Le secteur des ménages

Les ménages sont appréhendés à travers une subdivision urbain/rural incluant une distinction entre la capitale (DAKAR), les Autres Villes (capitales régionales) et le milieu rural incluant quelques villes de moindre envergure et le rural proprement dit. Cependant cette structuration, quoique correspondant à une approche très réaliste des déterminants de la consommation énergétique de ce secteur, n'a été mise en oeuvre que pour le seul usage de la cuisson pour lequel on dispose de données récentes et désagrégées à dessein. On suppose que l'usage cuisson est entièrement satisfaite par le bois, le charbon de bois et le gaz de pétrole liquéfié (GPL); la part de l'électricité et celle d'autres formes d'énergie (kérosène) y sont considérées comme négligeable. En revanche on ne disposait pas de données suffisantes pour l'électricité et le kérosène pour la ventilation sur

ces groupes définis d'usagers; d'où l'agrégation qui a été adoptée à ce niveau (voir tableau ci-dessous).

Secteur	Sous-secteur	Usage Activité	Energies Equipement	Intensité énergétique
Ménages	Dakar (population)	Combustibles domestiques	Bois/Charbon de bois/GPL	Consommation/ personne/an
	Autres villes (population)	Combustibles domestiques	Bois/Charbon de bois/GPL	Consommation/ personne/an
	Zone rurale (population)	Combustibles domestiques	Bois/Charbon de bois/GPL	Consommation/ personne/an
	Ensemble des ménages (population)	Autres formes d'énergie	Electricité Kérosène	Consommation/ personne/an

Autres secteurs

Ce terme générique désigne surtout le secteur tertiaire dont on a pu isoler la grande hôtellerie, mais aussi l'administration et les activités dites informelles. On sait que celles-ci, bien que constituant une importante composante de l'économie, demeurent mal saisies; d'où le peu de fiabilité des données énergétiques qui leurs sont relatives. Par ailleurs, seules deux formes d'énergie - l'électricité et le GPL - sont considérées dans cette première phase. Des travaux sont en cours au Programme Energie d'ENDA sur l'économie populaire urbaine qui pourraient déboucher sur une plus grande connaissance des aspects énergétiques de la petite production marchande (dont une partie fonctionne de façon informelle). Beaucoup d'auteurs s'accordent sur la très forte évolution prévisible de tout le tertiaire et l'imprécision des connaissances actuelles. Le tableau ci-dessous donne la structure actuellement adoptée pour ce dernier secteur et les hypothèses de croissance de la consommation énergétique.

Secteur	Sous-secteur	Usage Activité	Energies Equipement	Intensité énergétique
Autres (3,2%)	Grands hôtels	Tous usages finaux	GPL Electricité	Intensité énergétique
	Autres	Tous usages finaux	GPL Electricité	Intensité énergétique

Le module Transformation

Il s'agit de toute la chaîne constituant l'interface énergies primaires - énergies secondaires-énergies finales et incluant la conversion, le transport et la distribution. Chaque étape de cette chaîne se caractérise par un coefficient d'efficacité (rendement) constitué par le rapport entre l'entrée et la sortie. En ce qui concerne le Sénégal, il s'agit donc des différents segments du système électrique, la raffinerie, la carbonisation du bois de feu. L'évaluation du module transformation permet de remonter des usages finaux vers un ensemble de résultats intéressant le planificateur: demande en énergie finale par secteurs et sous-secteurs, besoins d'approvisionnement en énergies primaires ou secondaires, réserves disponibles, bilans énergétiques projetées,...etc.

Electricité: Les données de l'année de base du système électrique existent principalement pour la SENELEC grâce aux rapports annuels de la société. La typologie des moyens de production, la nature des combustibles utilisés, l'efficacité moyenne annuelle et leur disponibilité réelle sont connus. Il en est de même des caractéristiques des réseaux de transport et de distribution. La monotone, courbe indiquant la distribution de la puissance demandée sur l'année, est aussi connue. L'ordre prioritaire de fonctionnement des centrales est supposé, tout logiquement, refléter leurs coûts comparatifs de production d'énergie. Cependant, compte tenu des multiples aléas affectant les choix possibles, la réalité peut être différente. La distribution que nous avons adoptée épouse la logique évoquée mais avec des ajustements permettant d'éviter des écarts avec le bilan énergétique de l'année de base. La composition du parc de production sur le long terme doit s'accorder avec la structure actuelle, les déclassements programmés et les investissements prévus par la SENELEC en ce domaine. La monotone périodique de 1987 (annexe 2) a été reconduite dans sa forme sur toute la durée de la prévision.

Raffinage, carbonisation et autres transformations: L'efficacité des équipements ainsi que les autres données (pertes de transport et de distribution) sont tirées du bilan énergétique 1988.

Scénarios alternatifs

1. Transition urbaine: substitution entre formes d'énergie domestique

Une enquête récente sur l'énergie domestique dans les principales villes du Sénégal (Dakar et les chef-lieux de région) a été menée par le Programme Energie d'ENDA. Elle a permis de constater, entre autres, des changements de structure, une évolution des équipements et des comportements des consommateurs par rapport à une situation décrite par les rapports Banque Mondiale (1985). La transition énergétique qui s'ébauche face à des contraintes diverses est observée à travers une dynamique de substitution entre les formes d'énergie utilisées dans la cuisson des aliments, usage dont la prépondérance est bien reconnue dans la consommation finale des ménages. Les hypothèses adoptées dans ce scénario sont basées sur ces constats et utilisent par conséquent les données de l'enquête (tableau ci-

dessous). On suppose ainsi que a) les ménages de Dakar, Thiès et Saint Louis utiliseront "principalement" le GPL en l'an 2000 avant que ce combustible ne soit le "seul" utilisé en 2005; b) toutes les autres villes évolueront vers le GPL comme combustible principal en 2005 sauf Kolda qui évoluera vers l'utilisation du charbon de bois. Bien que ces hypothèses dérivent d'une analyse de données conservant une certaine marge d'incertitude elles sont intéressantes en ce sens qu'elles peuvent être souhaitées par le planificateur qui pourrait ainsi édicter une politique induisant les comportements (subventions d'équipements et/ou de combustibles, modification des prix relatifs des différentes formes d'énergie,...etc). Une analyse coûts-bénéfices devrait être faite dans des étapes ultérieures.

Consommation par type de consommateur: les prémisses d'une transition

Type de consommateur	%	Consommation Charbon en g/pers/jour	Consommation de Gaz en g/pers/jour	Consommation Energie Utile en J/pers/j
Gaz exclusif	5	0	86	3 425
Gaz principal	32	170	70	2 405
Charbon/Gaz	20	210	45	2 130
Charbon principal	23	310	25	2 305
Charbon exclusif	17	310	0	1 800

Source: ENDA-ENERGIE

2. Transition urbaine: substitution entre formes d'énergie et diffusion d'équipements efficaces dans les ménages

La diffusion de foyers améliorés utilisant le charbon de bois et/ou le bois est l'une des initiatives de la politique énergétique ayant une forte probabilité de continuité. Il est donc logique de faire l'hypothèse d'une pénétration (x%) de ces équipements efficaces pour une économie (y%) sur un certain nombre (z) d'années. L'utilisation du "macro-driver" permet de modifier et tester différentes valeurs de x, y et z dont les valeurs ne peuvent qu'être approximatifs dans un premier temps. On considère ici la superposition de cette hypothèse à celle du scénario précédent.

3. Transition urbaine et amélioration de l'efficacité dans les autres secteurs:

Au scénario précédent considérant une transition urbaine due à la fois à une amélioration des équipements et des substitutions entre combustibles, on peut adjoindre des hypothèses d'amélioration d'efficacité des équipements dans les autres secteurs, plus précisément au niveau des sous-secteurs. Celles-ci sont basées sur des études régionales agrégées comparées à des estimations globales du potentiel d'amélioration de l'efficacité à l'échelle mondiale. Selon une étude de SEI-B pour Greenpeace, on admet une lente convergence des technologies énergétiques globalement disponibles dans le monde. La plupart des économies d'énergie dans les prochaines années sont supposées provenir de modifications d'attitude des

consommateurs sans qu'il y ait des changements technologiques notables. Les données sont saisies dans LEAP sous forme de taux de croissance négative dans les branches "inutilisées", généralement au niveau des sous-secteurs. On diminue ainsi l'intensité énergétique du secteur correspondant. Dans une étape ultérieure, il serait possible de prendre en compte les résultats d'audits menés dans le secteur industriel au Sénégal, mais aussi des études en cours sur le secteur des transports. On pourrait aussi considérer des études spécifiques menées en Afrique de l'Ouest et qui pourraient s'appliquer au contexte sénégalais.

4. Disponibilité de l'hydro-électricité, transition urbaine et amélioration de l'efficacité dans les autres secteurs:

Un scénario probable de développement de la SENELEC est constitué par la disponibilité de l'hydro-électricité en provenance des ouvrages construits dans le cadre de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS). Il s'agit essentiellement des barrages de Manantali et de Félou dont la mise en service est prévue respectivement en 1996 et en 2000. Mais des installations thermiques nouvelles additionnelles et/ou de substitution, vraisemblablement plus efficaces que celles actuellement en service, seraient aussi nécessaires. Le plan directeur de la SENELEC indique les modifications de la structure du parc sur l'horizon choisi (déclassements et retraits des unités existantes, adjonctions,...etc. Ces hypothèses dans le secteur électrique sont considérées parallèlement à la transition urbaine envisagée dans le scénario précédent. Cette combinaison est intéressante pour l'observation d'un probable fort abattement des émissions de gaz à effet de serre (GES). Il est cependant probable, pour des raisons liées au rythme de mise en oeuvre des décisions, qu'il aurait pu être plus réaliste de coupler les changements dans le système électrique avec le cas de référence de la demande.

Ressources en biomasse:

Les données relatives aux ressources en biomasse proviennent essentiellement du Centre de Suivi Ecologique (CSE) qui a mené une enquête en 1985. La partition de l'espace est celle de la région administrative. Le pays en compte dix (10). La typologie du couvert végétal dénombre dix (10) catégories de végétations dont la répartition (superficie occupée) et les caractéristiques principales (productivité moyenne annuelle, volume sur pied) sont connues par région grâce à l'exploitation des données Landsat. Par ailleurs, une estimation des défrichements agricoles annuelles à l'échelle nationale sont données par le service des Eaux et Forêts (60.000 hectares par an). Cependant aucune localisation précise n'est disponible. Nous avons choisi la population rurale régionale comme clé de répartition approximatif de cette superficie totale dans les dix régions administratives. Ensuite la superficie régionale défrichée a été affectée sur un ou deux types de végétations dominantes. Selon les caractéristiques des régions l'hypothèse est faite que le défrichement a lieu pour 50% dans la savane boisée et les forêts et pour 50% dans les steppes et savanes arborées.

La répartition régionale de la demande de bois de feu est faite au prorata de la population rurale globale puisque des données précises n'existent pas actuellement pour des espaces bien définies⁵, les enquêtes n'ayant concerné que les centres urbains. En ce qui concerne le charbon de bois les résultats des enquêtes permettent une répartition plus précise dans les différentes zones urbaines.

Les données environnementales:

Le programme "Environnement" de LEAP permet de faire des estimations quantitatives des impacts environnementaux d'un scénario énergétique donné. Celles-ci sont basées sur des coefficients d'émission que l'utilisateur peut stocker et retrouver dans une base de données, EDB, conçue à cette fin. En effet les facteurs d'émission sont associés aux risques divers liés aux rejets gazeux, liquides et solides de la production, la transformation et l'utilisation finale de l'énergie.

Il est bien évident que chaque pays ou chaque système énergétique devrait être cerné par des facteurs d'émission qui lui sont spécifiques. Des mesures n'ont pas été faites pour la détermination de coefficients d'émission spécifiques au Sénégal. Aussi avons nous suppléé cette lacune par des choix de "vraisemblance" à partir d'une revue des coefficients révélés dans diverses publications à travers le monde. La base de données actuellement disponible dans cette application provient d'une compilation de près de 70 publications d'origine internationale.

Cette synthèse inclue différentes propositions faite par l'OCDE⁶, des mesures faites aux U.S.A., aux Pays-Bas, en Inde,...etc (voir annexes 3.1 et 3.2). On imagine néanmoins, pour des pays où la balance énergétique n'est disponible qu'à un faible niveau de désagrégation sectorielle, les approximations qu'on peut faire en adoptant des coefficients élaborés pour d'autres contextes souvent fort différents. Nous avons cependant écarté les faibles coefficients d'émission relatifs aux nouvelles technologies (dont les véhicules à très haut rendement) qui se généralisent en Occident à la suite des lois édictées pour réguler la qualité de divers effluents (particulièrement l'air); ce qui n'est pas le cas en Afrique pour le moment.

Il existe une grande variété de propositions de méthodes d'évaluation de ces coefficients. Il existe aussi des données par défaut dans EDB/LEAP permettant une analyse préliminaire. Cependant certaines méthodes d'évaluation de ces coefficients ne font pas l'objet de consensus parmi les experts. Les hypothèses adoptées pour leur application sont aussi révisables. Les hypothèses sous-tendant les applications proprement dites sont encore plus complexes. Ainsi en est-il des impacts des différents cycles énergétiques

⁵ enquêtes en cours de traitement à l'ENDA.

⁶OECD, "Estimation of Greenhouse Gaz Emissions and Sinks" préparé pour l'IPCC (International Panel on Climate Change" (Aout 1991).

tels la dégradation des sols et la détérioration de la santé des êtres vivants,...etc qui ne sont pas considérés à cette étape du travail. La préoccupation majeure dans ce travail a concerné les impacts globaux à travers neuf (9) catégories, essentiellement les particules en suspension ou aérosols atmosphériques (TSP) et les gaz à effet de serre (GES). Ce sont le gaz carbonique dérivant des combustibles fossiles (CO₂ non biogénique) ou de la biomasse (CO₂ biogénique), l'oxyde de carbone (CO), l'oxyde nitreux (NO₂), le méthane (CH₄), les hydrocarbures non méthaniques (NMHCs), les oxydes d'azote (NO_x) et de soufre (SO_x).

Les émissions de CO₂ dépendent principalement des propriétés des sources d'énergie disponibles dans le pays. Ce qui peut paraître aisé à circonscrire même pour les hydrocarbures provenant de diverses régions du monde. Les autres GES sont surtout liés aux technologies et aux conditions d'utilisation, donc nécessitant la connaissance de données sectorielles détaillées. Il y a donc là un travail de perfection à mener au moins à l'échelle sous-régionale à défaut d'être mené spécifiquement sur la miryade de pays que compte le continent africain.

La filière biomasse, est comme on le sait, prépondérante dans le bilan énergétique sénégalais avec une concentration d'utilisation dans le secteur domestique. Mais l'évaluation de son impact environnemental pose des problèmes autrement plus ardue malgré la multitude de publications ou des affirmations, rarement étayées par des constats de terrain tangibles, mais donnant l'impression de certitudes anciennes: dégradation des sols, désertification, etc. De nombreuses questions demeurent posées quant au rôle précis de la biomasse-énergie dans les nombreux dommages causés aux terres et quelles sont les vraies dynamiques et leur évolution entre la demande énergétique stricte et différentes formes de dégradation. Même en se restreignant aux émissions de GES, comme c'est le cas dans cette étude, l'imprécision de certaines données oblige à l'adoption d'hypothèses souvent discutables. Dans la biomasse-énergie, la distinction est faite entre le bois de feu, le charbon de bois, les résidus agricoles,...dans les différents segments de la production à l'utilisation. Selon certains auteurs, la majeure partie de la consommation de bois en milieu rural pourrait être considérée comme reséquestrable. Pour le cas du Sénégal, nous adoptons l'hypothèse que 10% de la consommation rurale contribue à des émissions nettes de CO₂. En revanche la production du charbon de bois procède assez souvent par défrichement systématique des espaces boisés si elle ne profite pas de ceux déjà entrepris pour des besoins de terres agricoles. La responsabilité des émissions nettes entre ces deux facteurs restent ainsi très difficile à établir dans ce contexte. Par ailleurs la proportion de coupes "vertes" et celles de branchages renouvelables n'est pas encore rigoureusement établie. On suppose dans cette étude que 50% de la production de charbon contribue à une déforestation nette. Les superficies correspondantes varient largement selon la répartition de la coupe entre les zones de haute productivité (ex: région de Kolda) et les zones de faible productivité. On considère que le bois de feu consommé en milieu urbain a un impact moyen entre celui du charbon et celui du bois en milieu rural (soit 30%), ceci pour tenir compte des modes d'approvisionnement. Enfin, la supposition est aussi faite qu'il

n'y a aucune émission nette de CO₂ due à l'utilisation des déchets agricoles. Le tableau ci-dessous résume ces différentes hypothèses et les émissions correspondantes par unité de combustible consommée.

Les autres émissions locales de GES imputables au besoin domestique de la biomasse-énergie devraient faire l'objet de mesures, notamment dans les conditions les plus courantes d'utilisation (fourneaux "trois pierres", malgache ou saakanal). Des travaux similaires devraient concerner l'utilisation du gaz dans les équipements spécifiques sénégalais (nopalé, blip,... etc). L'absence de telles mesures concrètes nous ont amené à utiliser les coefficients obtenus par d'autres centres, particulièrement en Asie (Annexe 3.1).

Coefficients d'émission de CO₂ dans le secteur domestique au Sénégal

Combustible	Pourcentage du bois contribuant à une nette déforestation et à l'émission de CO ₂	Emission nette de CO ₂	
		gCO ₂ /kg	Tonne CO ₂ /GJ
bois de feu Rural	10%	142	10
Bois de feu Urbain	30%	426	30
Charbon de bois	50%	4520 ⁷	140
Déchets agricoles	0%	0	0

La détermination des facteurs d'émission dans les autres secteurs pose quelques problèmes spécifiques qu'il est utile de rappeler afin de juger de l'opportunité de recherches appropriées. Dans le domaine des transports routiers, par exemple, la multiplicité des marques (fabricants), types, âges, conditions de maintenance et d'utilisation,... des véhicules indique un degré certain d'approximation dans l'adoption des coefficients mesurés ailleurs. Cette incertitude est cependant réduite par le calcul d'une moyenne entre les caractéristiques des véhicules aux USA (mis en service en 1985) et celle moyenne des véhicules indiens. Dans le domaine industriel, des coefficients pour équipements génériques sans système de contrôle d'émission (USA) ont été adoptés pour le Sénégal. Il en est de même dans le secteur de l'énergie: production, transformation et pertes (Annexe 3.3).

⁷ Sur la base d'un charbon produit avec des meules de rendement moyen de 17% et d'un bois de 1540g de CO₂ par kg.

LES RESULTATS

Le couplage de deux scénarios de transformation avec cinq alternatives choisies au niveau de la demande permet d'obtenir dix cas de figures parmi quelques perspectives possibles de la situation énergétique sénégalaise et leurs impacts sur l'environnement. Il est utile de remarquer que les alternatives considérées apparaissent intuitivement bénéfiques pour le pays bien que comportant des coûts et des nuisances qui pourraient être calculés moyennant quelques hypothèses sur les données: promotion du GPL en substitution du charbon de bois, efficacité améliorée des équipements, utilisation de l'hydro-électricité,..etc.

Ainsi le tableau ci-dessous indique l'énergie consommée et les coûts associés à une réduction des émissions de GES par la butanisation dans le cas d'une cuisson d'un repas typique au Sénégal, les données étant obtenues par enquêtes sur les équipements et les formes d'énergies utilisées. A cause d'une efficacité moindre au stade de la production (meules) et de l'utilisation (fourneau malgache) en comparaison avec le GPL et le kérosène (raffinerie + brûleur-gaz/pétrole), la filière charbon émet trois fois plus de CO₂⁸. En terme de potentiel de réchauffement global (PRG) l'écart se creuse d'avantage au détriment du charbon, les émissions de GES pouvant être six fois plus élevées. En supposant qu'une subvention de 60 FCFA par kg de charbon permet de franchir la barrière d'une substitution massive de GPL cette politique induirait approximativement un coût de 30 \$ E.U. par tonne de CO₂ non émise ou encore 15 \$ E.U. par tonne d'équivalent CO₂ de PRG⁹. Ces chiffres sont à comparer aux 22 \$ E.U. proposés comme taxe sur le carbone par la Communauté Européenne. Nous ne suggérons pas, par ce raisonnement, que la subvention est la meilleure approche pour la substitution du charbon par le GPL (c'est bien sûr une option relativement très couteuse), mais seulement une des voies dont la faisabilité (ou mieux l'acceptabilité) politique et sociale est prouvée. A contrario, une forte augmentation des prix du charbon paraît beaucoup plus difficile. Cette analyse ne constitue qu'une contribution partielle à des controverses autrement plus complexes sur la question des prix relatifs des formes d'énergie, l'évolution et le signe de la stabilisation (subventions ou taxes?) opérée par le Fonds National de l'Energie en vue notamment d'accélérer une transition charbon de bois - GPL.

⁸ On suppose par ailleurs (hypothèse ci-dessus) que 50% de la production de charbon implique une coupe de bois sans possibilité de régénération.

⁹ Ce calcul considère les hypothèses suivantes: 1) pas de substitution en l'absence de subvention; 2) la substitution intervient entre le charbon le plus courant et le gaz populaire utilisé dans les petits équipements; 3) la fraction non renouvelable (50%) reste constante. Le coût des équipements d'utilisation n'est pas inclus, mais n'aurait probablement pas changé fondamentalement le calcul économique puisque le coût des combustibles reste l'élément dominant. La subvention actuelle est principalement orientée vers les familles de bas et moyens revenus par focalisation sur les petits équipements (Blik et Noplatè).

**Emissions et coûts des combustibles de cuisson
d'un plat typique sénégalais**

	Consommation de <u>combust./plat</u> kg	prix actuel <u>Combustible</u> CFA/kg	Coût combustible <u>par plat</u> CFA	Emissions par plat <u>CO2 (1)</u> kg	<u>PRG92</u> kg CO2 e
Charbon					
Fourneau Malgache	0,77	64	49	3,48	6,83
Amélioré (Saakanal)	0,53	64	34	2,39	4,70
LPG					
Standard (Moy. 3-6kg.)	0,36	120	43	1,12	1,14
Amélioré	0,25	120	30	0,78	0,79
Kerosène					
Standard	0,36	234	84	1,14	1,18
Amélioré	0,30	234	70	0,95	0,98

Sources: ENDA, 1990; Banque Mondiale, 1989.

(1) Inclut les émissions au stade de production du charbon et du raffinage du pétrole
Avec l'hypothèse que 50% du bois coupé est non renouvelable.

Il serait fastidieux de faire apparaître tous les résultats obtenus à partir de LEAP pour les dix scénarios (chacun donnerait plus d'une cinquantaine de tableaux de résultats si tous les modules sont mis en oeuvre). Cependant cela ne restreint pas l'analyse qui en découle. Ce sont essentiellement les impacts des scénarios en terme de réduction du potentiel de réchauffement due aux émissions de GES qui sont relatés ci-après. Quelques résultats quantitatifs sont disponibles sous forme de tableaux et de graphiques (annexes 4.1 à 4.5). On peut regretter l'absence d'une évaluation des coûts liés aux différentes stratégies, les données n'étant pas suffisamment réunies pour entreprendre celle-ci. L'analyse coûts-bénéfices pourrait être envisagée dans une étape ultérieure. Il en sera de même pour un aspect particulier du module biomasse concernant son adaptation à l'analyse de la dégradation à long terme des sols en relation avec les modes de production de la biomasse énergie.

Cinq résultats principaux ont été représentés sur le même graphique (annexe 4.5). Comme on pouvait l'imaginer, la réduction des émissions des GES est très importante pour certaines options stratégiques comme la mise en oeuvre rapide des centrales hydro-électriques de Manantali et de Félou, tous deux envisagés dans le cadre de la coopération sous-régionale entre le Mali, la Mauritanie et le Sénégal (OMVS). Il est particulièrement intéressant de savoir que le premier barrage cité est déjà construit, mais que l'installation des turbines a été retardée, dans un premier temps à cause du scepticisme des bailleurs de fonds, et dans un second temps à cause de plusieurs circonstances conflictuelles entre le Sénégal et la Mauritanie (manque de consensus sur le tracé des lignes de transport; différend politique récent (1989-1992)). Cependant s'agissant de l'étude d'impact environnementale de Manantali, il est vraisemblable qu'à l'époque où elle a été menée les problèmes de réchauffement climatique n'avaient pas reçu toute l'attention générée notamment par la CNUED de RIO (Juin 1992). Il serait utile à l'avenir de mettre en regard les inconvénients environnementaux de ces barrages (essentiellement liés à l'existence des réservoirs comme source de

maladies) et les avantages d'un fort abattement des émissions de gaz à effet de serre. Bien que les quantifications en ces domaines soulèvent encore des controverses, une analyse comparative des coûts des impacts environnementaux permet d'explicitier des appréciations pour la plupart exclusivement subjectives.

La généralisation des programmes de maîtrise de l'énergie dans tous les secteurs (voir graphique annexes 4.4 & 4.5) constitue le second enjeu en importance parmi les scénarios envisagés. Il convient de revenir sur les hypothèses adoptées pour les équipements de combustion et leur mode d'utilisation. Rappelons que puisque des mesures n'ont pas été faites pour la détermination des coefficients d'émission spécifiques au Sénégal, nous avons suppléé cette lacune par des choix raisonnés à partir d'une revue bibliographique à travers le monde (annexes 3.1; 3.2 & 3.3). Ceci nous paraît justifié malgré les marges d'erreur possible pour tous les domaines d'activité. Par exemple, les véhicules "usagés" importés d'Europe constitueraient près de la moitié du parc automobile sénégalais. En appliquant au Sénégal les coefficients d'émission relatifs à cette catégorie de véhicules des pays de l'OCDE on obtient une assez bonne approximation. Les décideurs doivent tirer les conséquences d'un tel commerce d'autant plus que les flux pourraient être intensifiés à la suite des nouvelles politiques en cours de généralisation en Europe où tout véhicule au dessus d'une limite d'âge risque des contraintes élevées pour rester en circulation¹⁰. En l'absence de régulation adaptée à ces nouvelles situations le Sénégal constituerait un des lieux possible de délocalisation des émissions de GES du Nord. Ces constats justifient aussi l'idée d'une convergence, à long terme, de l'efficacité des équipements à l'échelle globale quoique de forts décalages puissent être notés par ailleurs dans l'apparition de ces technologies en différents endroits du monde. Ce scénario pourrait tester les résultats d'un volontarisme en matière de maîtrise de l'énergie.

Par contre, par rapport à la situation de référence, les avantages "climatiques" (moindre émissions de GES) du scénario "Substitution de la biomasse par le GPL" peut paraître à première vue surprenante. Il est en effet pensable que le remplacement d'une source théoriquement renouvelable (bois) par un combustible fossile (GPL) puisse entraîner un accroissement des émissions nettes de carbone. C'est l'inverse que l'on constate parce que le poids des défrichements agricoles dans la déforestation, et par voie de conséquence des émissions de CO₂, demeure prépondérant au Sénégal comme dans plusieurs pays sahéliens. Or la biomasse ainsi obtenue, en plus de réduire les possibilités de séquestration, est supposée affectée au processus de production de charbon qui cause, par ce détour simple, la majeure partie de l'émission nette de carbone. Les pressions sur la ressource ligneuse sont tellement fortes qu'une importation de 60.000 tonnes de charbon serait envisagée en provenance de la Guinée Bissau, pays voisin. Il faut noter que Leap/Edb donne distinctement les émissions de CO₂ dues aux énergies fossiles ("non-biogenic emissions") et celles dues à la biomasse. Ce qui permet de faire des analyses complémentaires dans différentes étapes d'une filière si cela s'avère utile.

¹⁰ C'est le cas en France où tout véhicule de plus de cinq ans subit des restrictions de droit de circuler (vérifications annuelles, réparations,...).

Conclusions et recommandations

L'application de LEAP au Sénégal et les résultats obtenus permettent de penser que cet outil peut avoir d'avantage de performances dans le cadre d'un travail continu en matière de planification énergétique et de prise en compte des problèmes environnementaux. En effet, malgré la limitation des données disponibles, les résultats et les analyses qui en découlent permettent d'appréhender avec beaucoup plus de clarté les impacts environnementaux des diverses alternatives énergétiques. Ces dernières ont été choisies pour un test préliminaire et sont à parfaire. En effet, beaucoup d'imperfections restent à combler à partir de cette première tentative:

a) Améliorer l'information:

La première difficulté rencontrée dans l'application est certainement la disponibilité de l'information au regard de la structure du modèle. Bien que LEAP soit adapté à une collecte progressive de l'information on en obtient une puissance optimale d'utilisation si à la désagrégation fine proposée par le programme peut aussi correspondre une recherche continue et adéquate de l'information. Celle-ci apparaît pour le moins être un des objectifs de la Direction de l'Energie qui s'est beaucoup investi pour la réalisation des bilans énergétiques sur plusieurs années. Tout en reconnaissant la nécessité de cette étape dans le processus de planification énergétique le moment semble venu d'explorer d'avantage la situation énergétique à des niveaux de désagréations beaucoup plus poussées si l'on tient à rattacher les politiques à une analyse des usages finaux. Les flux physiques s'avèrent aussi insuffisants en l'absence d'information sur les coûts autant énergétiques que non énergétiques. La finalité d'une analyse comparative des scénarios alternatifs réside dans l'évaluation coûts-bénéfices permettant ainsi d'explicitier des assertions généralement subjectives vis à vis des différents projets énergétiques. A ce stade, seuls les coûts (non énergétiques) relatifs aux capacités et au fonctionnement du système électrique¹¹ ont été saisis. Le secteur pétrolier reste entièrement à explorer (coûts des importations et des exportations, du raffinage ou ses valeurs ajoutées générées. Les coûts des gains d'efficacité de différents secteurs doivent aussi être recherchés. Il en est de même des coûts financiers liés aux importations d'équipements. Sur tout un autre registre, les informations sur les impacts à long terme du processus de production du charbon de bois devront être affinées afin de contribuer efficacement à l'analyse globale.

Un autre volet de l'amélioration de l'information consiste à mener des travaux de détermination des coefficients d'émission de GES propres au Sénégal. Des efforts préliminaires sont faits dans ce sens et devraient se poursuivre. Cette recherche, loin de se superposer à la collecte de données proprement dite, peut et doit être mener parallèlement afin d'avoir les mêmes niveaux de précision pour les données énergétiques et environnementales.

¹¹tirés des rapports de la SENELEC.

b) développer d'avantage de scénarios

Il existe un nombre quasi-infini de scénarios qui pourraient faire l'objet d'analyse. Le **Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan (MEFP)**, à travers la Direction du Plan, d'une part et le **Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (MICA)**, par l'intermédiaire de la Direction de l'Energie et des Mines, d'autre part, sont continuellement approchés pour le choix d'un nombre limité d'alternatives dont la poursuite des investigations sera jugée utile pour le pays. Parmi les possibilités nous en suggérons quelques unes:

- 1) amélioration de la carbonisation et de la combustion des énergies traditionnelles en général;
- 2) transition énergétique dans le secteur "Ménages" en milieu rural (pénétration du charbon et du GPL);
- 3) possibilité d'un mode de transport en rupture avec le modèle actuel: développement du transport public et incitation à l'abandon du transport individuel;
- 4) secteur électrique: technologies avancées de combustion, utilisation éventuelle du charbon face à une hydro-électricité différée; réhabilitation des centrales existantes/Manantali et Félou en parallèle avec l'augmentation de l'efficacité du secteur électrique et diminution de la puissance de pointe prévisionnelle/amélioration de l'efficacité dans la filière électrique: usages finaux et transformation et utilisation de manière à abaisser les capacités prévisionnelles;
- 5) développement accru des technologies solaires, abaissement des coûts et généralisation de leur utilisation: photovoltaïque décentralisé, eau chaude sanitaire, séchage,etc;
- 6) utilisation accrue et rationnelle de la biomasse : production de chaleur ou d'électricité principalement.

c) les institutions locales d'avantage impliquées

Bien que ce projet ait été initié en collaboration avec le **Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan (MEFP)**, à travers la Direction du Plan, et le **Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (MICA)**, par l'intermédiaire de la Direction de l'Energie et des Mines, bien d'autres acteurs de la scène énergétique seront vraisemblablement impliqués à terme. LEAP a été officiellement transféré au MEFP et au MICA après plusieurs séances de travail avec le Programme Energie d'ENDA. Ces premières rencontres ont été principalement initiées pour l'organisation de la collecte. Le séminaire de formation qui est programmé dans cette première phase doit permettre une meilleure maîtrise de l'outil et établir le dialogue entre les différents acteurs du processus décisionnel.

d) Etendre l'expérience à d'autres pays:

Lors d'un séminaire¹² tenu à Bamako (Mali) dont ENDA était co-organisateur, la présentation des résultats préliminaires de LEAP/Sénégal a suscité beaucoup d'intérêt. Bon nombre de participants ont exprimé l'intérêt d'entreprendre une expérience similaire. Il est souhaitable qu'une formation restreinte (sous-région Ouest-africaine ou Sahélienne par exemple) puisse être le point de départ d'une diffusion de l'application afin d'éviter des duplications coûteuses d'effort.

¹² Energie et Environnement en Afrique: la problématique de l'effet de serre (Avril 1992)(ADEME, ENDA, IEPF)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adegbulugbe, A.O. 1992. "Energy-Environment Issues in Nigeria", paper presented at the International Energy Workshop, Harvard University, Cambridge, MA, June.

Amous, S/ENDA-ENERGIE. 1992. *Dégradation de L'Environnement au Sénégal : Le Rôle de l'Energie* ,Programme Energy-Environment en Afrique.

Asian Development Bank. 1991. *Environmental Considerations in Energy Development* , Energy and Industry Department. May.

Bernow, S. Biewald, B., Marron, D. 1991. "Environmental Externalities Measurement : Quantification, Valuation, and Monetization", in *External Environmental Costs of Electric Power* , Hohmeyer, O., Ottinger, R., eds. Springer-Verlag, Berlin.

Bose, R.K., Srinivasachary, V. 1992. *Policies to Reduce Energy Use and Environmental Emissions in the Transport Sector : A Case of Delhi City* , Tata Energy Research Institute, New Delhi.

Busch, J., Dupont, P., Chirarattananon, S. 1991. *Conserving Electricity for Lighting in Thai Commercial Buildings : A review of Current Status, Potential, and Policies*, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA. Draft.

Bush, J. 1990. *From Comfort to Kilowatts : An Integrated Assessment of Electricity Conservation in Thailand's Commercial Sector* , Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA. August.

Davidson, O., Karkezi, S. 1991. *An Energy Strategy for Environmentally-Sound Development in Sub-Saharan Africa* ," African Energy Policy Research Network, September.

Diour, D.R. 1991 *Sénégal : Stratégie de l'Energie Domestique*", SENELEC, paper submitted for the Seminar on Energy Planning and Policy, World Bank/EDI, June.

ENDA-TM. 1990. *L'Energie au Sénégal* , Edition 1990, Programme Energie.

Environnement et Développement Soutenu Dans La Region Soudano-Sahélien. 1991. *Synthèse des Rapports Nationaux*. October.

Faiz, Asif. 1991. "Automotive Emissions in Developing Countries - Relative Implications for Global Warming, Acidification, and Urban Air Quality", paper presented at Conference on Transportation and Global Climate Change, Pacific Grove, CA. August.

- Geller, H. 1991. *Efficient Electricity Use : A Development Strategy for Brazil*, ACEEE, Washington, DC.
- Girod, J., Thomas, J.P., Sokona, Y., Diallo, S. 1991. Les Performances du Système Electrique en Afrique de l'Ouest : Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger et Sénégal, Draft Report, ENDA T-M, April.
- IEPF, Groupe Bois-Energie "L'interconnexion Bois"(Dakar,29-30 Avril 1991).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 1992. *Scientific Assessment of Climate Change, 1992 Supplement*. UNEP/WMO.
- Lazarus, M. (SEI-Boston), 1992 Review of Greenhouse Gas Emission Factors by sector (non publié).
- OECD/IPCC. 1991. *Estimation of Greenhouse Gas Emissions and Sinks : Final Report from the OECD Experts Meeting, 18-21 February 1991*. Prepared for the Intergovernmental Panel on Climate Change. August Revision.
- O'Keefe, P., Raskin, P., Brenow, S. 1984. *Energy, Environment, and Constraints*, Vol. 1, Energy, Environment, and Development in Africa, Beijer Institute, Stockholm. 190 pp.
- Poole, A.D., Moreira J.R. 1992. "CO2 Emission Abatement" in *Global Greenhouse Regime : Who Pays?*, Draft report, Smith, K. R., Hayes, P., eds. Forthcoming.
- République du Sénégal. 1992. *Vers Un Développement Durable*, National Report to UNCED, Rio de Janeiro, June.
- République du Sénégal. 1980-1985, Rapports annuels Direction des Eaux et Forêts.
- Revue ABF n°26, Juin 1990 "Les combustibles de substitution au bois"
- Ribot, J.C. 1990. *Markets, States, and Environmental Policy : The Political Economy of Charcoal in Senegal*, Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.
- Schipper, L., Meyers, S. 1992. *Energy and Human Activity : Global Trends and Prospects*, Cambridge University Press.
- Sène, M. Gnansounou, E. 1990. "Localisation des Centres Electrifiés et Non Electrifiés", MASENS, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, April.
- SENELEC. "Rapports annuels 1980-1991"
- SENELEC. 1991. "Prevision à Long Terme de la Demande d'Electricité", Direction des Etudes Générales, Service Etudes Economiques, May.

Smith, K.R., Khalil, M.A.K., Rasmussen, R.A. et al. 1992. "Greenhouse Gases from Biomass and Fossil Fuel Stoves in Developing Countries : A Manila Pilot Study", forthcoming in *Chemosphere*.

Smith, K.R. 1987. *Biofuels, Air Pollution and Health : A Global Review*, Plenum Press, New York, N.Y.

Subak, S., Raskin, P., Von Hippel, D. 1992. *National Greenhouse Gas Accounts : Current Anthropogenic Sources and Sinks*. Stockholm Environment Institute.

Union of Concerned Scientists, Natural Resources Defense Council, Alliance to Save Energy, American Council for an Energy Efficient Economy. 1991. *America's Energy Choices*. Union of Concerned Scientists, Cambridge, MA.

World Bank. 1991. *Environmental Assessment Sourcebook, Volumes 1-3*, Environment Department, World Bank Technical Paper, Washington, D.C.

World Health Organization. 1989. *Management and Control of the Environment*, Report WHO/PEP/89, Geneva.

World Resources Institute. 1992. *World Resources 1992-93*, Oxford University Press, New York/Oxford.

Zhang, Z. 1991. *Evolution of Energy Demands and Co2 Emissions in China Up to the Year 2030*. Netherlands Energy Research Foundation (ECN), Petten, The Netherlands.

Liste des personnes extérieures rencontrées.

- à la Direction du Plan : MM Demba FAYE et Racine KANE;
- à la Direction de l'Energie : MM. Michel DIEME, Seydou SAGNA et Alassane NDIAYE;
- au Centre de Suivi Ecologique: MM. Oussouby TOURE, Alioune DIOUF, Abdoulaye WELLE et M. DIEYE.
- à la Direction de l'Agriculture :MM. Pape Boubacar SOUMARE.
- à la SENELEC: MM. Latsoucabé FALL

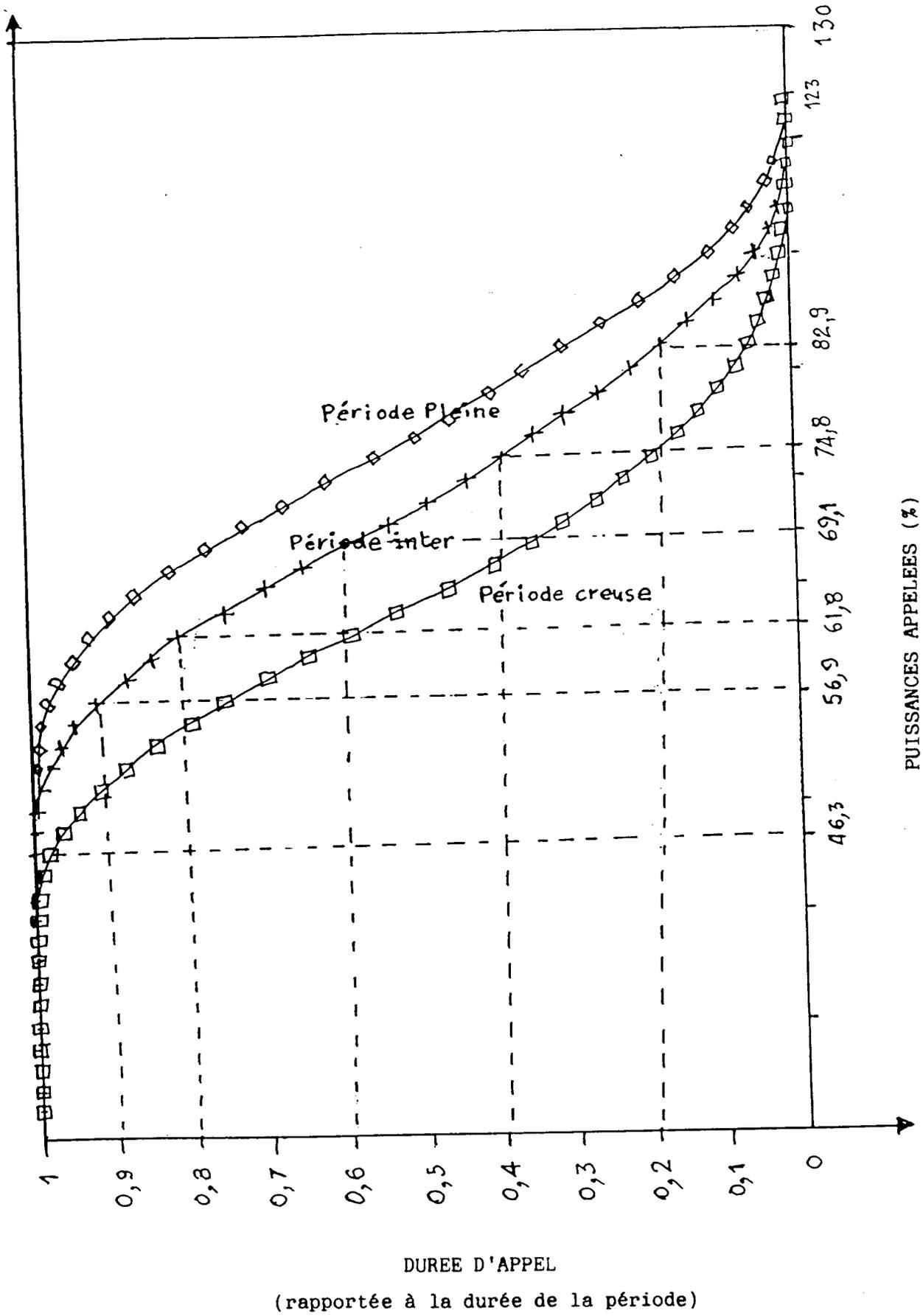
RESSOURCES LIGNEUSES AU SENEGAL EN 1985

		Area 1000 Ha	Prod. m3/ha	Vol. m3/ha	Area (km2)	Prod Totale (m3/an)	Stock/Vol Totale (m3)
STLOUIS	TSAU Steppes Arbustives	1816	0.06	1.6	18160	105845	2943610
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives	1911	0.07	1.9	19105	128957	3707275
	SAAR Savanes Arborees	413	0.31	5.1	4127	125875	2113044
	SABQ Savanes Boisees	48	0.83	28.4	479	39652	1362354
	FC Forets Claires						
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves	2	1.67	33.5	17	2831	56952
	AUT Autres	199	0.00	0.0	1993		
	CULT Terres Cultivees	17	0.07	1.3	173	1166	23325
LOUGA	TSAU Steppes Arbustives	1014	0.11	2.7	10141	110870	2767951
	STAR Steppes Arborees	28	0.35	2.0	275	9614	54938
	SAAU Savanes Arbustives	1089	0.08	2.2	10891	81685	2379762
	SAAR Savanes Arborees	39	0.35	5.1	387	13543	198118
	SABQ Savanes Boisees						
	FC Forets Claires						
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves						
	AUT Autres	29	0.00	0.0	286		
	CULT Terres Cultivees	747	0.08	1.7	7470	59664	1246314
DIOURBEL	TSAU Steppes Arbustives						
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives						
	SAAR Savanes Arborees						
	SABQ Savanes Boisees	1	0.97	25.5	6	583	15304
	FC Forets Claires						
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves						
	AUT Autres	0	0.00	0.0	3	0	
	CULT Terres Cultivees	430	0.23	4.7	4298	97611	2022483
THIES	TSAU Steppes Arbustives	11	0.04	3.1	110	466	34177
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives	12	0.09	2.6	117	1023	30312
	SAAR Savanes Arborees	12	0.42	8.9	124	5249	110758
	SABQ Savanes Boisees	52	1.00	17.1	524	52443	896299
	FC Forets Claires						
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves	2	1.65	43.8	18	2973	78899
	AUT Autres	22	0.00	0.0	217		
	CULT Terres Cultivees	558	0.17	3.4	5581	97341	1892319

		Area 1000 Ha	Prod. m3/ha	Vol. m3/ha	Area (km2)	Prod Totale (m3/an)	Stock/Vol Totale (m3)
DAKAR	TSAU Steppes Arbustives	9	0.04	1.6	89	338	14230
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives	12	0.08	2.4	118	945	27742
	SAAR Savanes Arborees						
	SABQ Savanes Boisees	4	0.99	18.7	38	3759	71111
	FC Forets Claires						
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves						
	AUT Autres	6	0.00	0.0	58		
CULT Terres Cultivees	23	0.14	1.2	226	3272	26670	
FATICK							
TSAU Steppes Arbustives							
STAR Steppes Arborees							
SAAU Savanes Arbustives	24	0.43	4.4	240	10305	104915	
SAAR Savanes Arborees	32	0.91	10.3	323	29294	331557	
SABQ Savanes Boisees	56	1.33	26.3	559	74124	1468320	
FC Forets Claires							
FG Forets Galeries							
M Mangroves	87	2.53	47.9	867	219652	4151254	
AUT Autres	63	0.00	0.0	630			
CULT Terres Cultivees	536	0.25	3.6	5358	132418	1929885	
KAOLACK							
TSAU Steppes Arbustives							
STAR Steppes Arborees							
SAAU Savanes Arbustives	122	0.36	3.6	1217	43689	441251	
SAAR Savanes Arborees	217	0.86	10.3	2168	185377	2222354	
SABQ Savanes Boisees	286	1.15	29.7	2859	329113	8489559	
FC Forets Claires							
FG Forets Galeries							
M Mangroves	1	2.12	49.1	7	1483	34344	
AUT Autres	35	0.00	0.0	353			
CULT Terres Cultivees	884	0.12	2.0	8836	104442	1771000	
TAMBA							
TSAU Steppes Arbustives	121	0.12	2.5	1212	14049	308792	
STAR Steppes Arborees	170	0.33	3.3	1702	56180	561802	
SAAU Savanes Arbustives	88	0.27	2.8	880	23733	245779	
SAAR Savanes Arborees	378	0.98	10.1	3782	369729	3831394	
SABQ Savanes Boisees	4566	1.34	23.8	45655	6E+06	1.08E+08	
FC Forets Claires	140	1.50	72.0	1404	210579	10107792	
FG Forets Galeries	111	3.00	147.0	1113	333819	16357131	
M Mangroves							
AUT Autres	35	0.00	0.0	354			
CULT Terres Cultivees	261	0.40	3.5	2605	103459	917628	

		Area 1000 Ha	Prod. m3/ha	Vol. m3/ha	Area (km2)	Prod Totale (m3/an)	Stock/Vol Totale (m3)
KOLDA	TSAU Steppes Arbustives						
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives	21	0.20	2.0	212	4249	42486
	SAAR Savanes Arborees	22	1.10	10.2	217	23850	222241
	SABQ Savanes Boisees	1485	1.50	56.2	14846	2E+06	83490623
	FC Forets Claires	26	1.51	50.5	258	38943	1302700
	FG Forets Galeries	14	3.00	147.1	138	41433	2030217
	M Mangroves						
	AUT Autres	52	0.00	0.0	519		
	CULT Terres Cultivees	453	0.38	5.1	4526	171981	2317215
ZIGUINCHOR	TSAU Steppes Arbustives						
	STAR Steppes Arborees						
	SAAU Savanes Arbustives					0	
	SAAR Savanes Arborees						
	SABQ Savanes Boisees	192	1.58	73.6	1915	302212	14103720
	FC Forets Claires	91	2.33	65.6	911	212444	5973883
	FG Forets Galeries						
	M Mangroves	92	3.00	61.0	916	274698	5585526
	AUT Autres	107	0.00	0.0	1066		
	CULT Terres Cultivees	195	0.38	5.1	1946	73937	996209
Totale	TSAU Steppes Arbustives	2971	0.08	2.0	29712	231568	6068760
	STAR Steppes Arborees	198	0.33	3.1	1977	65794	616740
	SAAU Savanes Arbustives	3278	0.09	2.1	32780	294586	6979522
	SAAR Savanes Arborees	1113	0.68	8.1	11128	752917	9029466
	SABQ Savanes Boisees	6688	1.36	32.6	66881	9E+06	2.18E+08
	FC Forets Claires	257	1.80	67.6	2573	461966	17384375
	FG Forets Galeries	125	3.00	147.0	1251	375252	18387348
	M Mangroves	183	2.75	54.3	1825	501637	9906975
	AUT Autres	548	0.00	0.0	5479	0	0
	CULT Terres Cultivees	4102	0.21	3.2	41019	845291	13143048
				194625	1E+07	3E+08	

MONOTONES PERIODIQUES
ANNEE 1987



DUREE D'APPEL
(rapportée à la durée de la période)

ANNEXE 3.1: REVUE DES FACTEURS D'EMISSION DANS LE SECTEUR DES MENAGES

Type	Region	Source	Référence Originale	Unité	CO2	CO	CH4	HC	NOx	SOx(1)	TSP	N2O
BOIS												
Valeur par Défaut	Senegal	Estimation		g/kg	1420	100,0	9,0	7,5	0,8	0,5	10,00	0,06
Manille	Phil.	Smith, 1992		g/kg	1620	100,0	9,0	13,0				0,06
Manille (5% de cendre/TSP)	Phil.	Smith, 1992		g/kg	1560	99,0	8,0	12,0				0,06
Foyer à bois Générique	---	Ellegard, 1989		g/kg	1400	121,0		3,9	0,8	0,4	11,40	
Foyer à bois Tropical Générique	---	Smith, 1987		g/kg	1460	80,0		7,5	0,7	0,6	9,00	
Chula 1	India	Smith, 1987	Butcher, 1984	g/kg	1460	72-92					4,2-9,9	
Chula 2	India	Smith, 1987	Butcher, 1984	g/kg	1480	66-76					8,7-9,1	
3 pierres		Smith, 1987	Butcher, 1984	g/kg	1460	39-106					1,3-2,6	
Foyer métallique		Smith, 1987	Ahuja, 1987	g/kg	1560	13-22					2,9-15	
Tara ("Foyer amélioré")		Smith, 1987	Ahuja, 1987	g/kg	1540	23-37					1,1-2,5	
CPS ("Foyer amélioré")		Smith, 1987	Ahuja, 1987	g/kg	1490	48-67					1,8-3,8	
CPRI ("Foyer amélioré")		Smith, 1987	Butcher, 1984	g/kg	1420	86-113					0,3-8,3	
CHARBON												
Valeur par défaut	Senegal	Estimation		g/kg	2760	247,0	8,0	4,0		0,7	2,40	0,06
"Haïti"	Haïti	Ellegard, 1989	Islam, 1987	g/kg	2780	264,0				0,7	2,40	
Manille	Phil.	Smith, 1992		g/kg	2740	230,0	8,0	4,0				0,06
GPL												
Valeur par défaut	Senegal	Estimation		g/kg	2950	24,0	0,0	3,0	2,0	0,0	0,06	0,03
Manille	Phil.	Smith, 1992		g/kg	3110	24,0	0,0	3,0				0,03
Tous usages, Générique, Incontrôlé	---	USEPA, 1985		g/kg	2980	0,4	0,1	0,2	2,0	0,0	0,06	
KEROSENE												
Valeur par défaut	Senegal	Estimation		g/kg	3010	50,0	1,0	11,0	0,6	17,0	4,00	0,05
Manille	Phil.	Smith, 1992		g/kg	3030	38,0	1,0	11,0				0,05
Kerosette-type Stove		Smith, 1987	TERI, 1987	g/kg	2980	67,0					5,00	
Nutan		Smith, 1987	TERI, 1987	g/kg	3030	41,0					2,80	
Fourneau Générique		WHO, 1982		g/kg	3090	0,3		0,4	2,3	17,0	3,00	
Foyer radiant		Smith, 1987		g/kg	3090	4,5			0,6		0,02	
Foyer à convection		Smith, 1987	Lionel, 1985	g/kg	3090	0,0			0,1		0,02	
Foyer multiple		Smith, 1987	Lionel, 1985	g/kg	3090	0,1			0,1		0,02	
Autre biomasse				g/kg								
Foyer de noix de coco		Smith, 1987		g/kg	1220	110,0					35,00	
Bourse de vache												
Charbon Minéral												
Foyer à charbon Générique												
Bitume		USEPA, 1989		g/kg	2550	1050,0	0,0		5,2	14,6	10,80	
Anthracite		Ellegard, 1989	USEPA, 1985	g/kg	2630	48,5	4,0	15,8	2,9		0,70	
Maïalfa		Ellegard, 1989		g/kg	2830	138,0		5,8	0,9	13,3	2,00	
Maxaquene		Ellegard, 1989		g/kg	2580	80,0			6,0	12,2	2,00	
Fourneau indien		Ellegard, 1989		g/kg	2530	112,0		1,1	3,4	7,2	6,30	
GAZ NATUREL												
Cuisson Générique		Smith, 1987		g/m3	2520	120,0		10,0	2,0	10,0	1,20	
				g/m3	1850	9,8		0,2	0,4		0,02	

Abréviations des Emissions : CO2-N = Dioxide de Carbone biogénique net (combustible fossile); CO2-B=CO2 Biomasse énergie

CO = Monoxide de Carbone, HC = Total Hydrocarbures Non métalliques, CH4 = Méthane, PB = Particules, NOx = Oxydes d'azote, TSP = Particules, SOx = Oxydes de soufre

(1) Les émissions de SOx dépendent du contenu en soufre du combustible local utilisé.

ANNEXE 3.2: REVUE DES FACTEURS D'EMISSION DANS LE SECTEUR TRANSPORT

Type AUTOMOBILES	Source	Référence Originale	Unité	CO2	CO	HC	CHA	NOx	SOx	ISP	Pb	N2O	Contenu Soufre
Senegal - Estimation à partir de l'Inde, les Pays-Bas, IPCC													
Essence				2660	263	38,5	1,38	32,4	0,39	0,50	0,243	0,04	0,08%
Voiture-Inde	Bose et al, 1992	IIP	g/kg (1)		354	53		23,1	0,78		0,243		0,08%
Jeep-Inde	Bose et al, 1992		g/kg (1)		367	54		24,0	0,78		0,243		0,08%
voiture- USA - sans contrôle	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		323	50,3	1,38	17,0				0,04	
Car-US - Pot catalytique triple effet	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		50	10,5	0,32	7,9				0,30	
Voiture-Pays Bas: 1985 Fleet, 1.4-2 l engine	EEC, 1988		g/kg (2)		171	24		41,7		1,01			
USA Moyenne, 27 mpg, sans contrôle	OECD, 1986		g/kg	2470	380	30		48,5	1,24	0,32			
1965 USA Em. stand., Emissions en 90, avec plomb	USEPA, 1985		g/kg	2160	582	75		169,0		0,96	0,027		
1975 USA Em. stand., Emissions en 90, sans plomb	USEPA, 1985		g/kg	2680	251	33		13,5		0,16	0,004		
1985 USA Em. stand., Emissions en 90, sans plomb	USEPA, 1985		g/kg	2920	97	12		8,3		0,27	0,004		
1990 USA Em. stand., Emissions en 90, sans plomb	USEPA, 1985		g/kg	3050	13	7		4,6		0,30	0,004		
Diesel													
Senegal - Estimation à partir de l'Inde, les Pays-Bas, IPCC													
Jeep-Diesel				3140	12	8	0,06	11	7,13	4,98		0,08	0,75%
Voiture - USA - Contrôle avancé	Bose et al, 1992	EPA, 1989	g/kg (1)		3	1		5,1	7,13	0,17		0,08	
Voiture - USA -sans contrôle	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		11	3,6	0,12	8,0				0,08	
Voiture-Pays Bas: 1985 Fleet, 1.4-2 l engine	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		6	3,1	0,06	6,1				0,08	
CYCLOMOTEUR/AUTRE	EEC, 1988		g/kg (2)		22	15		15,9		9,78			
Essence													
2 Roues - Inde	Bose et al, 1992		g/kg (1)		519	324		n/a	0,82		0,254		0,08%
Cyclomoteur-USA; sans contrôle	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		405	111,0	5,60	3,2				0,04	
Autobus													
Inde	Bose et al, 1992		g/kg (1)		22	8		40,9	7,13	0,17			0,75%
VEHICULES LEGERES DE SERVICE (VLS)													
Essence													
VLS - USA - sans contrôle	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		303	58,1	1,18	17,9				0,04	
VLS - USA - pot catalytique triple effet avancé	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		58	9,4	0,50	8,4				0,30	
Camions Poids Lourds (CPL)													
Diesel													
CPL - USA -sans contrôle	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		22	7,6	0,26	42,9				0,08	
CPL- USA - Contrôle Avancé	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		22	4,1	0,19	16,3				0,08	
BATEAUX													
Essence													
Moteur horsbord	EPA, 1985		g/kg	2240	534	178		1,1	1,04				0,00043
Diesel													
Estimation				3120	11	2,7	0,23	35	7,82	2,07		0,08	
Bateaux	IPCC, 1991	EPA, 1989	g/kg		21	4,9	0,23	67,5				0,08	
Navires commerciaux à vapeur	EPA, 1985		g/kg		3140	1		3,3	7,82	2,07			

(1) Converti de g/l en utilisant une densité de 0,74 kg/l pour l'essence, 0,87kg/l pour le diesel.

(2) Converti de g/km, avec l'hypothèse de 25 mpg ou 9.4 litres/100 km.

**ANNEXE 3.3: COEFFICIENTS D'EMISSION UTILISES POUR LES EQUIPEMENTS
DE TRANSFORMATION AU SENEGAL**

CATEGORIES des Sources de la Base de Données	UNITES	CO2-N	CO2-B	CO	HC	CH4	PB	NOx	PL	SOx
Pertes de Distr. de combustible										
Produits pétroliers	g/l	N/A	N/A	N/A	714	9.18	N/A	N/A	N/A	N/A
Gaz naturel	g/l					0.572				
Production de charbon de bois										
Meules/Générique,Em.n.c	g/kg2	N/A	N/D	170	193	193	N/D	12.0	217	N/D
Prod. d'élect/comburstible intrant										
Moteurs Diesel/Générique	g/l	2170	N/A	12.2	3.85	3.85	N/D	56.2	4.01	3.74
Turbine à Fioul/Générique, A.C.E.	g/l	2730	N/A	1.85	0.572	0.572	N/D	8.12	0.599	16.8(3)
Turbine à Gaz/Générique,A.C.E.	g/l	1.85	N/A	1.8E-3	2.0E-4	2.0E-4		6.6E-3	2.2E-4	9.6E-6
Tur.Fioul résiduel/Générique	g/l	2910	N/A	0.599	9.11E-2	9.11E-2	5.03E-4	8.03	1.56(3)	19.1(3)
Tur.Vap. Bagasse/Générique	g/kg	N/A	740	1.0	1.0	1.0	N/D	0.6	8.0	N/D
Raffinerie										
Standard/Générique	g/kg(5)	152	N/A	0.172	0.92	0.92	N/D	0.72	N/D	0.84
Production de Gaz Naturel										
Gaz Naturel/Onshore	g/l	0.107		6.1E-5	1.9E-5	1.9E-5	N/D	2.7E-3	6.1E-5	4.6E-2
Production de Pétrole Brut										
Pétrole brut/Onshore	g/kg(4)	25.6		0.019	0.40	0.40	N/D	0.71	0.13	0.52

N/A = Non Applicable ; N/D=Non Disponible.

Sauf indication contraire, toutes les émissions sont exprimées par unité de combustible intrant.

Abbreviations des Emissions : CO2-N = Dioxide de Carbone biogénique net(combustible fossile); CO2-B=CO2 Biomasse énergie
CO =Monoxide de Carbone, HC = Total Hydrocarbures Non métalliques, CH4 = Méthane,PB = Plomb, NOx = Oxydes d'azote, TSP = Particules, SOx = Oxydes de soufre

Abréviation catégorie de source: A .C.E.=Absence de contrôle des émissions

- (1) émissions en grammes par volume perdu
- (2) émissions en grammes par kilogramme de charbon produit
- (3) Basé sur un contenu en soufre de 1.0% S par unité de poids.
- (4) émissions en grammes par quantité (pétrole ou gaz) produite
- (5)émissions en gramme par kg entré en raffinerie

**ANNEXE 3.4 : COEFFICIENTS D'EMISSION UTILISES POUR LES EQUIPEMENTS
DANS L'INDUSTRIE, LES MENAGES ET LES SERVICES AU SENEGAL**

<u>CATEGORIES des Sources</u> <u>de la Base de Données</u>	<u>Unités</u>	<u>CO2-N</u>	<u>CO2-B</u>	<u>CO</u>	<u>HC</u>	<u>CH4</u>	<u>PB</u>	<u>NOx</u>	<u>TSP</u>	<u>SOx</u>
Industries										
Equip. Std/Chaudière-bois/Petite(non utilisé)	g/kg	N/A	1590	2.0	0.7	N/D	N/D	0.34	4.4	7.5E-2
Equip. Std/Chaudière-fioul ordinaire/Générique	g/l	2730	N/A	0.599	2.4E-2	7.7E-3	N/D	2.4	0.24	17.3(1)
Equip. Std/Chaudière-fioul résiduel/6 fiouls	g/l	2910	N/A	0.599	3.35E-2	N/D	5.03E-4	6.59	1.44(1)	19.1(1)
Commerces/Services/Autres										
Equip. Std/GPL/Générique	g/l	1610	N/A	0.234	5.99E-2	N/D	N/D	0.899	0.222	10.4(2)
Equip. Std/Moteur-Diesel/Générique	g/l	2710	N/A	12.2	3.85	0.447	N/D	56.2	4.01	3.74
Equip. Std/Moteur-Essence/Générique	g/l	1530	N/A	472	17.7	N/D	N/D	12.2	0.775	0.636
Equip. Std/Chaudière fioul résiduel/6 fiouls	g/l	2910	N/A	0.599	0.135	N/D	5.03E-4	6.59	1.44	19.1(2)
Transports Non Routiers										
Air/Jets/autres	g/l	2490	N/A	4.41	N/D	7.35E-2	N/D	10.6	N/D	N/D
Rail/Fret-Diesel	g/l	2720	N/A	7.90	18.0	N/D	N/D	42.0	3.0	6.8(1)

N/A = Non Applicable ; N/D=Non Disponible.

Sauf indication contraire, toutes les émissions sont exprimées par unité de combustible intrant.

Abréviations des Emissions : CO2-N = Dioxide de Carbone biogénique net(combustible fossile); CO2-B=CO2 Biomasse énergie

CO =Monoxide de Carbone, HC = Total Hydrocarbures Non métalliques, CH4 = Méthane,PB = Plomb, NOx = Oxydes d'azote, TSP = Particules, SOx = Oxydes de soufre

(1) Basé sur un contenu en soufre de 1.0% par unité de poids.

(2) Basé sur un contenu en soufre de 0,00044% par unité de poids.

ANNEXE 4.2.

Area:	SENEGAL												
Year:	2005												
Demand scenario:	T1 - TR. URB & EQ AM												
Transformation scenario:	H1 - Hydro; Manantali												
Energy Units:	THOUSAND TONNES OIL EQ												
	PETROLE BRUT	ESSENCE	KEROSENE	DIESEL & GAZOLE	FILOUL	GPL	GAZ NATUREL	ELECTRI-CITE	VAPEUR VEGETAUX	DECHETS BOIS DE FEU DE BOIS	TOURBE/ CHARBON	HYDRO	TOTAL
INDIGENOUS	2.60								44.42	149.66	858.24	88.67	1143.60
EXPORTS		-50.70		-75.97	-261.79								-388.46
IMPORTS	1034.77	96.25	62.13										1193.14
TOTAL SUPPLY	1037.37	-50.70	96.25	-75.97	-261.79	62.13			44.42	149.66	858.24	88.67	1948.28
PROD TOURBE													
BIOGAZ													
PROD PETROLE BRUT													
PROD GAZ NATUREL													
PERTES T&D GAZ NA						10.00							
RAFFINERIE	-1037.37	164.00	147.00	300.01	379.01			90.87					-37.35
CENTRALES SENELEC				-9.36	-0.42			-5.15					-7.58
AUTOCONS. IND EN.								-11.74					-5.15
PERTES T&D ELEC													-11.74
CENTRALES AUTOPRO				-6.04	-15.53			13.80					-201.85
CARBONIZATION									-44.42	-149.66	-157.66		-111.62
FINAL CONSUMPTION	113.30	243.25	208.64	101.28	72.13	87.77			700.59	46.04			1573.00
INDUSTRIES			30.56	101.28				37.28					169.12
IND. EXTRACTIVES			19.49	28.48				12.30					60.27
CIMENTERIE			0.67	48.36				5.59					54.62
CHIMIE (ICS....)			1.28	14.24				6.87					22.39
SUCRE (CSS)								3.49					3.49
HUILERIES								3.13					3.13
INDUSTRIES PECHE								1.09					1.09
INDUSTRIE TEXTIL								1.51					1.51
EAU (SOMEES)								3.30					3.30
AUTRES	21.28			9.12	10.20								19.32
PECHE				52.54									73.82
ARTISANALE													
INDUSTRIELLE													
TOTAL PECHE	21.28			52.54									73.82
TRANSPORTS	92.02	225.67		125.54									443.24
ROUTIER	90.76			117.68									208.44
FERROVIAIRE				7.86									7.86
AERIEN	1.26	225.67											226.93
MARITIME													
MENAGES		17.58						22.67					858.14
DAKAR						71.27			700.59	46.04			31.53
AUTRES VILLES						28.88			0.12	2.53			54.91
AUTRES CONSOM						33.84			0.95	20.13			40.25
ZONE RURALE		17.58				8.55		22.67	699.52	23.38			731.45
AUTRES						0.86		27.83					28.68
GRANDS HOTELS						0.58		1.49					2.07
AUTRES						0.28		26.34					26.61

Annexe 4.3 : Emissions de GES (divers scénarios)
Impacts liés à l'énergie au Sénégal
(Milliers de Tonnes par an)

Cas de Référence	1988	1990	1995	2000	2005
CO2: Combustibles Fossiles	2435	2652	3108	3357	3721
CO2: Biogénique (Biomasse)	878	937	1104	1302	1538
MONOXIDE de CARBONE (CO)	217	230	266	310	360
HYDROCARBONS (NMHC)	53	57	66	78	92
METHANE (CH4)	22	23	26	30	35
PLOMB (Pb)	0,017	0,018	0,021	0,024	0,028
OXIDES D'AZOTE (NOx)	15	16	18	27	35
DIOXIDE D'AZOTE (N2O)	0,094	0,099	0,114	0,130	0,150
OXIDES SULFUREUX (SOx)	16	18	20	17	14
PARTICULES (TSP)	57	60	70	82	96

Scenario A: Butanisation

CO2: Combustibles Fossiles	2435	2671	3187	3516	3875
CO2: Biogénique (Biomasse)	878	892	910	900	515
MONOXIDE de CARBONE (CO)	217	225	247	269	257
HYDROCARBONS (NMHC)	53	55	56	58	40
METHANE (CH4)	22	23	23	24	20
PLOMB (Pb)	0,017	0,018	0,021	0,024	0,028
OXIDES D'AZOTE (NOx)	15	15	18	26	32
DIOXIDE D'AZOTE (N2O)	0,094	0,099	0,111	0,125	0,134
OXIDES SULFUREUX (SOx)	16	18	20	17	13
PARTICULES (TSP)	57	58	60	60	39

Scenario B: Utilisation efficace de la Biomasse + Scenario A

CO2: Combustibles Fossiles	2435	2671	3187	3516	3875
CO2: Biogénique (Biomasse)	878	886	886	854	485
MONOXIDE de CARBONE (CO)	217	225	245	266	255
HYDROCARBONS (NMHC)	53	55	55	56	39
METHANE (CH4)	22	23	23	24	20
PLOMB (Pb)	0,017	0,018	0,021	0,024	0,028
OXIDES D'AZOTE (NOx)	15	15	18	26	32
DIOXIDE D'AZOTE (N2O)	0,094	0,098	0,111	0,124	0,134
OXIDES SULFUREUX (SOx)	16	18	20	17	13
PARTICULES (TSP)	57	57	58	57	37

Scenario C: Efficacité améliorée dans tous les secteurs de la Demande + Scenario A

CO2: Combustibles Fossiles	2435	2623	2974	3126	3282
CO2: Biogénique (Biomasse)	878	886	886	854	485
MONOXIDE de CARBONE (CO)	217	225	243	260	244
HYDROCARBONS (NMHC)	53	54	55	54	36
METHANE (CH4)	22	23	23	24	20
PLOMB (Pb)	0,017	0,018	0,020	0,021	0,021
OXIDES D'AZOTE (NOx)	15	15	17	24	29
DIOXIDE D'AZOTE (N2O)	0,094	0,098	0,110	0,122	0,129
OXIDES SULFUREUX (SOx)	16	18	1	15	11
PARTICULES (TSP)	57	57	58	58	37

Scenario D: Hydroelectricité + Scenario C

CO2: Combustibles Fossiles	2435	2623	2974	2339	2576
CO2: Biogénique (Biomasse)	878	886	886	854	485
MONOXIDE de CARBONE (CO)	217	225	243	258	241
HYDROCARBONS (NMHC)	53	55	55	54	35
METHANE (CH4)	22	23	23	24	20
PLOMB (Pb)	0,017	0,018	0,020	0,021	0,021
OXIDES D'AZOTE (NOx)	15	15	17	15	16
DIOXIDE D'AZOTE (N2O)	0,094	0,098	0,110	0,122	0,129
OXIDES SULFUREUX (SOx)	16	18	18	8	9
PARTICULES (TSP)	57	57	58	56	35

Annexe 4.4.

1988 Estimation des émissions par secteurs au Sénégal

Offre/Transformation	CO2		CO2: Net Biogenic (3) (1000 T)	HC (1000 T)	CH4 (1000 T)	Pb (2) (T)	NOx (1000 T)	N2O (1) (T)	SOx (2) (1000 T)	ISP (1000 T)	Potentiel de Réchauffement 100 Year Integration		
	Fossil Fuel (1000 T)	CO (1000 T)									1992 IPCC (1000 T Ceq)	1990 IPCC (1000 T Ceq)	1990 IPCC (1000 T Ceq)
Production de pétrole brut	0										0	0	0
Production de gaz naturel	1		699	36	9		0		0		1	1	1
Production de charbon de bois							2			40	824	1374	1374
Pertes T&D Gaz naturel				1	1						10	30	30
Raffinerie	111		0	1	0		1		1		112	120	120
Electricité (SENELEC + Autoproducteurs)													
Diesels	57		0	0			1		0	0	57	58	58
Turbines à gaz (distillats)	49		0	0			0		0	0	49	49	49
Turbines à gaz (gaz naturel)	15		0				0				15	15	15
Turbines à vapeur (Fuel Oil)	740		0	0		0	2		10	1	740	741	741
Bagasse			0	0			0			3	1	5	5
TOTAL Offre/TRANSFORMATION	973	32	699	38	10	0	6	11	11	44	1833	2394	2394
Secteurs Demande													
Industrie	313		0			0	1		3	0	314	314	314
Pêches	164		8	3	0		1	3	0	0	178	221	221
Transport	878		20	3	0	16	5	10	1	1	914	982	982
Ménages	105		179	9	12		1	81	1	12	462	1126	1126
Autres	2								0		2	2	2
TOTAL DEMANDE	1462	185	179	16	12	16	8	94	5	13	2088	2645	2645
TOTAL SYSTEME	2435	217	878	53	22	17	15	94	16	57	3921	5039	5039

Aucune donnée n'a été introduite dans les cases vides (non fiabilité ou catégorie inappropriée); le zéro indique des valeurs inférieures à 0,5.

(1) les estimations de N2O ont été incluses seulement récemment pour les ménages après des mesures (Smith et al., 1992), et sont ainsi utiles seulement pour les émissions de plomb et des SOx seront directement proportionnelles à leur présence dans les sources d'énergie utilisées au Sénégal.

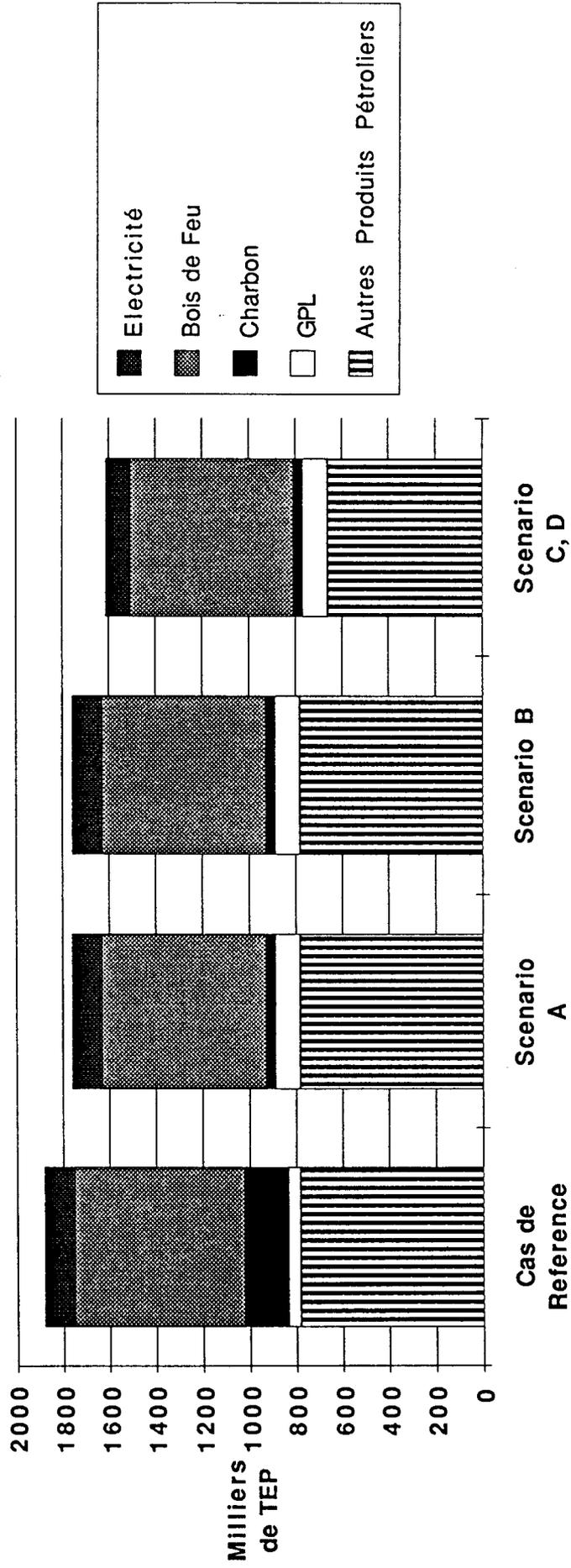
(2) Les émissions de plomb et des SOx seront directement proportionnelles à leur présence dans les sources d'énergie utilisées au Sénégal.

Le Sénégal importe ou achète des produits pétroliers à contenu de soufre très variable (les fiouls lourds contiennent entre 1% et 3.3% de 1986 à 1991),

Aussi les hypothèses standards sur le contenu en soufre sont en annexes

(3) toutes les émissions de CO2 relatives au charbon de bois sont rapportées au secteur production, alors que la ligne Ménage récapitule toutes les émissions dues au bois de feu.

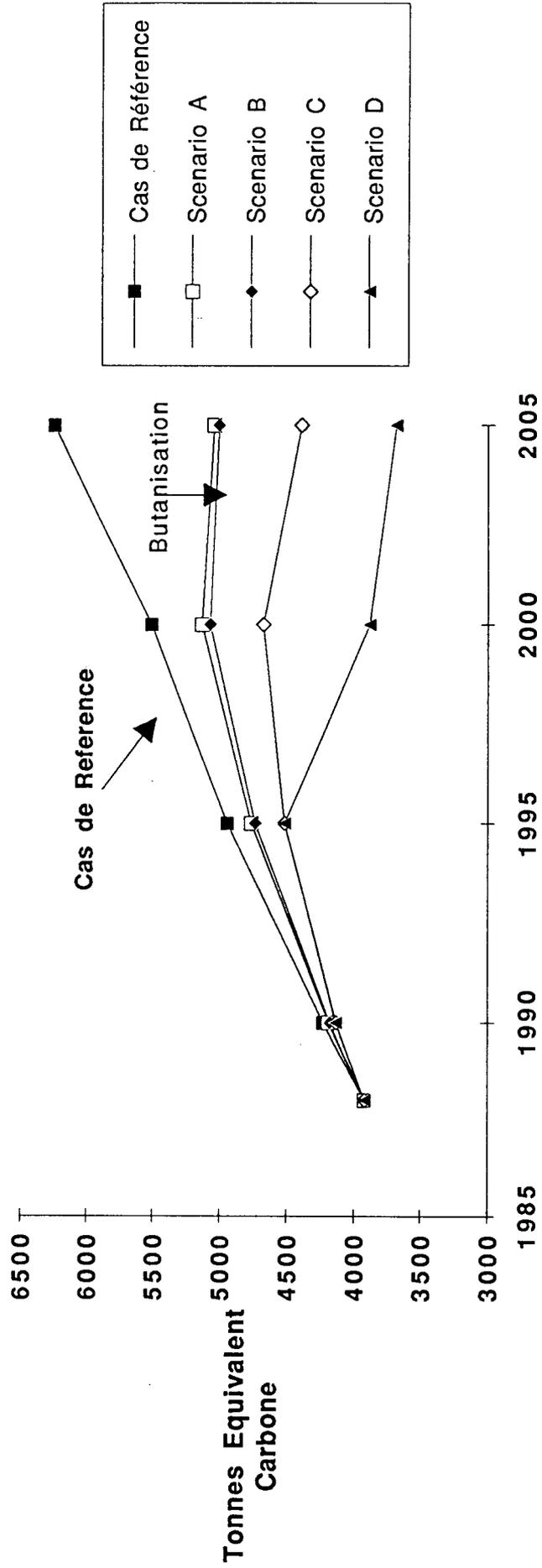
Consommation d'Energie Finale, 2005 Comparaison des Scenarios



- A : Butanisation (transition inter-combustibles)
- B : A + Efficacité transformation et utilisation de la biomasse
- C : B + Efficacité améliorée tous secteurs
- D : C + Hydro-électricité OMVS

Annexe 4.5.

Potentiel de réchauffement Global
 coeff. IPCC 1992 Integration sur 100 ans
 Senegal Scenarios préliminaires



- A : Butanisation (transition inter-combustibles)
- B : A + Efficacité transformation et utilisation de la biomasse
- C : B + Efficacité améliorée tous secteurs
- D : C + Hydro-électricité OMVS