

**Ministère de la Jeunesse de l'Environnement et de la Protection de la Nature
Direction de l'environnement et des Etablissements Classés**

**Projet SEN/97/G31 : Activités habilitantes pour les Changements
Climatiques phase II**

**TRANSFERT DE TECHNOLOGIES DANS
L'INDUSTRIE AU SENEGAL**

El Hadji Mbaye DIAGNE

I INTRODUCTION

Le transfert de technologies a été défini par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) dans le cadre de son rapport spécial sur les questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie comme étant un vaste ensemble de processus qui englobent les échanges de savoir-faire, de données d'expérience et de matériels pour l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à ces changements et ce, parmi différentes parties prenantes telles que les gouvernements, les entités du secteur privé, les organismes financiers, les organisations non gouvernementales et les établissements de recherche et d'enseignement.

Il n'existe pas au Sénégal de structure spécialisée chargée de favoriser les transferts de technologies en général et les technologies écologiquement rationnelles en particulier ; toutes les actions recensées dans ce domaine sont le fait d'initiatives isolées des entreprises industrielles.

Néanmoins, nous pensons que l'existence du Conseil Supérieur de l'Industrie, la redynamisation du bureau des économies d'énergies, la réforme du secteur de l'énergie, les actions de sensibilisation et les études menées dans le cadre de projets initiés par la Direction de l'Environnement et certaines organisations non-gouvernementales, la mise en œuvre des arrêtés d'application des dispositions prévues dans le Code de l'Environnement ainsi que le démarrage du Mécanisme de Développement Propre seront de nature à favoriser un réel processus de transfert de technologies dans le domaine des changements climatiques si toutes les parties impliquées assument leurs responsabilités dans un cadre institutionnel clairement défini.

II CONTEXTE

L'industrie sénégalaise est diversifiée et comprend les secteurs de l'industrie extractive, de l'agriculture et de la pêche, de l'industrie alimentaire, de l'industrie chimique, du textile, des matériaux de construction, de l'électricité et l'eau, de l'industrie mécanique et de l'industrie du bois et papier carton.

La majeure partie des industries datent de l'époque coloniale et les capitaux étaient détenus par des étrangers dont la principale préoccupation était de réaliser d'importants profits dans des délais courts en fabriquant des produits destinés soit au marché intérieur soit à approvisionner le marché du pays colonisateur par une transformation des ressources locales.

Les technologies mises en œuvre étaient très simples pour s'adapter à la compétence de la main d'œuvre locale et l'évolution des équipements répondait plutôt au besoin de suivi de la demande. Les investissements étaient très modestes

et les machines qui étaient souvent de seconde main, n'étaient pas renouvelées régulièrement.

C'est cette situation historique qui justifie en grande partie l'obsolescence de l'outil industriel au Sénégal.

C'est à la faveur des nationalisations au cours des années 70, que des orientations nouvelles ont été dégagées dans les grandes entreprises nationalisées pour moderniser certaines d'entre elles mais l'environnement protectionniste qui a accompagné le phénomène s'est traduit par une inefficacité dans leur gestion et une incapacité à mener à terme les programmes de renouvellement prévus.

La nouvelle politique industrielle initiée en 1984 lors de l'application des plans d'ajustements structurels a eu pour conséquence la baisse de la demande des produits fabriqués localement et par voie de conséquence une diminution importante des taux d'utilisation des capacités industrielles installées et l'effondrement de branches entières du tissu industriel.

C'est la dévaluation du franc CFA en 1994 qui a permis la survie de certaines entreprises qui ont bénéficiées de ses effets mécaniques et la relance de certains secteurs et permis une reprise des investissements dans l'industrie.

A l'heure actuelle, après toutes ces péripéties, une politique beaucoup plus cohérente se dégage en matière de politique industrielle. L'option de désengagement de l'état est clairement réaffirmée au niveau du Plan d'Orientation pour le Développement Economique et Social (PODES) et des plans et programmes sectoriels et l'UEMOA offre un cadre réglementaire et un marché beaucoup plus attrayant. Dans le cadre des privatisations des entreprises évoluant dans le secteur marchand, des critères techniques incluant des plans d'investissements constituent la base des transactions.

Aussi nous pensons que si un certain nombre de mesures sont prises par les différents partenaires, l'industrie sénégalaise pourra valablement s'inscrire dans le processus des transferts de technologies écologiquement rationnels de la CCNUCC et du protocole de Kyoto.

Au sein de l'industrie sénégalaise, le secteur de l'industrie alimentaire est numériquement le secteur d'activité le plus important avec 30% des entreprises recensées suivi de l'industrie chimique (20%), le secteur « Bois, papier et cartons » et celui de la mécanique viennent en troisième position (12% chacun), les autres secteurs totalisant individuellement moins de 10%.

Un classement fonction du chiffre d'affaires ou de la valeur ajoutée confirme le poids de l'industrie alimentaire (40% du CA) suivie de l'industrie chimique (28% du CA et 22% de la VA).

En prenant comme critère, celui des investissements mesurés par le montant de l'actif immobilisé, on retrouve en tête le secteur « Energie – Eau » suivi de l'industrie alimentaire, de l'industrie de la chimie des industries extractives, du

secteur du textile et enfin de ceux du « Bois –Papier et carton » et « Agriculture et Pêche ».

L'analyse des investissements d'un échantillon représentatif du secteur industriel entre 1992 et 1995 montre que ceux-ci sont relativement faibles et représente environ 6% du montant de l'actif brut immobilisé.

L'analyse du passif du bilan de l'échantillon des entreprises industrielles montre que l'endettement à long terme s'amenuise sensiblement traduisant le mode de financement des nouvelles immobilisations par recours aux fonds propres et en partie par des crédits à court terme.

Les inventaires effectués dans le cadre de la première communication nationale du Sénégal montrent que les émissions de gaz à effet de serre représentent environ 44% des émissions recensées.

Dans le cadre de la présente étude nous nous limiterons à l'analyse des activités de transfert de savoir-faire et d'équipements entre les pays développés et l'industrie sénégalaise pour en faire un état, détecter les limites et les freins et enfin voir quelles peuvent être les pistes de solutions aptes à permettre son évolution dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre prévu par le protocole de Kyoto.

Dans le milieu industriel, l'amélioration de la compétitivité des entreprises, l'assurance de la qualité et de la sécurité des produits et la protection de l'environnement constituent, à l'heure actuelle, la base de l'évolution technologique.

Celle-ci se manifeste dans trois domaines :

- nouveaux procédés de production,
- nouveaux équipements,
- organisation (gestion de la production, de la qualité et de l'environnement).

Dans une première phase, nous allons recenser les procédés mis en œuvre, les équipements en service et voir l'organisation technique de quelques entreprises du secteur industriel sénégalais.

Ensuite nous allons faire le point de la situation de ces trois facteurs par rapport aux technologies préservant l'environnement.

Enfin, les barrières aux transferts de technologies ainsi que les solutions identifiées seront passées en revue dans le contexte du Sénégal.

Il faut souligner que l'absence de données fiables n'a pas permis une analyse de l'ensemble des industries ciblées.

III PRESENTATION DES INDUSTRIES ET DES TECHNOLOGIES MISES EN ŒUVRE :

Nous analyserons les technologies utilisées par des entreprises parmi les plus grosses utilisatrices et consommatrices d'énergie afin de déterminer les caractéristiques de leur outil industriel, surtout sur le plan de l'efficacité énergétique

A) LA SOCIETE NATIONALE D'ELECTRICITE (SENELEC)

La Société Nationale d'Electricité du Sénégal est l'opérateur national de production du transport et de la distribution d'électricité au Sénégal. Elle gère le monopole de ce secteur depuis les années 1960 et présente les caractéristiques suivantes:

- Un parc de production exclusivement thermique: 340 MW de puissance installée et 50 MW de production indépendante en cycle combiné par la société américaine GTI.
- La production en 2000 est de 1103 GWh et la consommation en produits pétroliers est de plus de 300 000 tonnes
- Elle présente plus de 300 000 abonnés et la demande d'électricité a un taux de croissance de 5% par an.

La production est assurée en quasi-totalité par des centrales thermiques qui utilisent soit du fuel oil soit du diesel et du gaz naturel. Suivant le système de transport de l'électricité de la Senelec, on distingue les centrales interconnectés, les centrales régionales et les centres secondaires..

1) Les centrales du réseau interconnecté

a) La centrale de Bel Air

Elle présente deux centrales de production:

- La centrale Diesel CI a été mise en place en 1990 à l'emplacement des anciennes chaudières à charbon, elle est équipée de deux groupes diesel et dispose d'une puissance totale de 10 MW.
- La centrale à vapeur CII, la plus ancienne comprend quatre turboalternateurs de puissance nominale égale à 12 MW. La première unité a été mis en service en 1953, la seconde en 1955, la troisième en 1959 et la quatrième en 1961. Initialement conçu pour la production de base pour le réseau interconnecté, elle a été utilisée progressivement pour la production de relève et d'appoint, selon la mise en service des unités plus modernes et plus performantes de Cap de Biches. Sa consommation spécifique est de 400 g/kWh.

Une réhabilitation de la centrale de Bel Air a été menée pendant en 1997 pour améliorer la disponibilité des installations, réduire la pollution atmosphérique et la consommation spécifique. Et une turbine à gaz a été installée en 1999 avec une puissance de 37,5 pour accroître la capacité de production de cette centrale.

b) La centrale de Cap de Biches

Elle est située à 23 km de Dakar en bordure de l'océan atlantique et présente:

- La centrale C3 qui est la centrale la plus importante du système avec une puissance installée de 146 MW soit 50 % du réseau interconnecté. Elle est constituée de 3 groupes de vapeur d'une puissance nominale installée de 87,5 MW. Le premier groupe est fonctionnel depuis 1966, le deuxième depuis 1974 et le troisième depuis 1978. leur consommation spécifique est de 300 g/kWh. Cette centrale comprend 3 turbines à gaz d'une puissance nominale installée de 57 MW. Leur mise en service date respectivement de 1971, 1984 et de 1995.

Les trois groupes à vapeur de cette centrale sont alimentés par du fuel lourd et sont destinés essentiellement à la production de base et à la production intermédiaire. Les turbines de gaz servent à compléter la pointe et à suppléer aux groupes à vapeur.

- En 1990 et 1997 une centrale C4 a été mis en service avec 3 groupes diesel de 20 MW chacune. Elle sert à la production de base et présente une consommation spécifique de 210 g/kWh. Elle est la centrale la plus performante du parc de la Senelec.
- En 2000, la centrale C5 d'une puissance de 16MW a été mise en service.

Des investissements ont été aussi effectués sur la centrale C3, il s'agit :

- du renforcement de la capacité de production de la C3 par la mis en place d'une turbine de 22 MW en 1995 pour un coût de 6 milliards de FCFA;
- de la réhabilitation des chaudières en 1995 et 1999 pour un coût respectif de 5 milliards et 4.8 milliards.
- de l'installation d'un nouveau poste de déminéralisation de 15 tonnes/h pour un montant de 650 millions de FCFA.

c) la centrale de Kaolack – Fatick (Kahone)

Elle est située au centre ouest du Sénégal et constitue un véritable carrefour à partir duquel les axes vont être dirigés vers les autres régions. La puissance installée est de 15,308 MW, elle est composée de quatre groupes diesel semi rapide mis en service depuis 1982, 1987 et 1988. Elle est actuellement, la plus performante des centrales régionales.

- d) la centrale GTI de 50 MW est en cycle combiné de production indépendante. Le cycle simple est mis en service en 1999 et le cycle combiné, en 2000.
- e) la centrale de Saint Louis d'une puissance de 10,5 MW, elle comporte deux groupes diesel semi-rapides destinés à la production de base, installés depuis 1979. Pour faire face à demande croissante deux groupes mobiles diesel rapides ont été installés en 1987

2) les centrales régionales

- La centrale de Boutoute est équipée de trois groupes diesel semi-rapides pour une puissance de 9,6MW. Ces groupes sont mis en service depuis 1980 et 1985. Un groupe diesel a été aussi installé en 1999. Sa consommation spécifique est de 250 g/kWh et sa production mensuelle est de 1823 MWh;
- La centrale de Kolda est composée de cinq unités diesel pour une puissance installée de 1,4 MW. Elle présente une consommation spécifique est de 2272 g/kWh et sa production mensuelle est de 296 020 kWh ;
- La centrale de Tambacounda est constituée de quatre unités diesel pour une puissance installée de 4,2 MW. Ces groupes sont en service depuis 1984, 1985 et 1990;
- La centrale de Ourossogui comprend quatre unités diesel pour une puissance installée de 2080 kW. Ces groupes sont en services depuis 1988 et 1995.

3) les Centrales secondaires

Elles sont au nombre de vingt centres isolés de faible puissance totalisant une puissance d'environ 10 MW.

4) le Transport

Le réseau de transport d'énergie électrique est composé de :

- un réseau de haute tension qui alimente les grandes industries consommatrices d'énergie comme les Industries Chimique du Sénégal, la cimenterie (SOCOCIM) et l'aciérie SOSETRA; il utilise des lignes allant de 90kV à 225 KV suivant les sites d'installations ;
- un réseau Basse tension qui connaît une demande croissante, avec un taux d'accroissement annuel de 8,6% alimente les besoins domestiques;
- un réseau moyen tension qui est constitué de lignes de tension de 30 kV et 6,6 KV.

5) les Contraintes

Les performances de la Senelec souffrent des points négatifs que sont:

- Les retards d'investissements dans le domaine de la production face à une demande croissante (3,5%/an) sont sources de délestages fréquents ; en 2000, la Senelec a procédé à des délestages périodiques, soit 21MW de puissance non satisfaite avec des pointes pouvant aller jusqu'à 70MW;
- 50% des équipements sont constitués de vieux équipements (l'âge moyen des groupes tourne autour de 19 ans), et ceci est la cause de la dégradation actuelle de la qualité de service;
- le déficit de puissance du parc de production est notable et oblige les retardements dans le planning d'entretien du parc afin de faire face à la demande.;

- La maintenance des groupes est insatisfaisante, médiocre taux de disponibilité avec des effets sur les dépenses en combustibles et la qualité de service;
- Les besoins en financement pour accroître le niveau d'électrification sont importants

B) LA SOCIÉTÉ NATIONALE DE COMMERCIALISATION DES OLEAGINEUX DU SENEGAL (SONACOS)

La Société Nationale de Commercialisation des oléagineux du Sénégal est une entreprise capitale pour l'équilibre interne et externe du Sénégal. Premier facteur de stabilité sociale par les revenus qu'elle génère à l'intérieur du pays dans le cadre d'un circuit bien organisé, l'arachide est à la fois une culture de rente et une culture vivrière. Par les recettes d'exportation qu'elle apporte, l'arachide offre une contribution non négligeable à la balance commerciale du pays même si son importance a diminué. Le retrait brutal de l'Etat au milieu des années quatre vingt, suite aux programmes d'ajustement structurel, a entraîné quelques problèmes : diminution de la quantité et de la qualité des semences et d'engrais disponibles pour les paysans, obsolescence du matériel agricole, dégradation des sols, etc...

Le gouvernement en a tiré les conclusions qui s'imposent par la mise en place, depuis 1997, d'un programme de relance avec l'appui de l'Union Européenne par les ressources du STABEX notamment. Ces corrections importantes coïncident avec les décisions de l'Etat de se désengager du secteur marchand, y compris l'arachide.

C'est ainsi que l'état sénégalais, détenteur de 80% du capital de la société, recherche, dans le cadre de son option de privatisation du secteur marchand de notre économie, un repreneur stratégique ayant des références internationales sérieuses, une expérience technique éprouvée et des moyens financiers pour accompagner la relance de la filière de l'arachide et enfin faire réaliser au secteur son plein potentiel.

Créée en 1975, à la suite de la reprise des activités des usines dont les anciens propriétaires étaient des européens, la SONACOS est composée de cinq usines : l'une installée à Dakar (trituration de graines d'arachides, raffinage et conditionnement d'huiles alimentaires, savonnerie), une autre à Lyndiane (trituration de graines d'arachide), une troisième à Ziguinchor (trituration de graines d'arachide et de palmiste), une quatrième à Diourbel (raffinage et conditionnement d'huiles alimentaires, production de vinaigre, eau de javel, margarines et aliments pour bétail et volailles) et une cinquième à Louga (production d'arachide de bouche).

La SONACOS est l'une des industries ayant les plus grosses consommations d'énergies électrique et thermique du Sénégal.

Elle présente la particularité d'être productrice d'énergies thermique et électrique à partir de la biomasse et plus particulièrement à partir de ses sous produits constitués par la coque d'arachide et la coque de palmiste.

C'est ainsi qu'il existe au sein de chaque unité industrielle, une centrale thermo-électrique pour la satisfaction des besoins propres et la vente à l'opérateur local des excédents.

Dans le cadre de l'analyse des besoins en technologies efficaces et efficaces nous analyserons aussi bien la installations producteurs d'énergies que celles qui ont les plus fortes consommations.

1) **procédé de fabrication**

L'activité principale de la SONACOS est la production d'huiles brutes ,d'huiles raffinées et de tourteaux détoxiqués d'arachide.

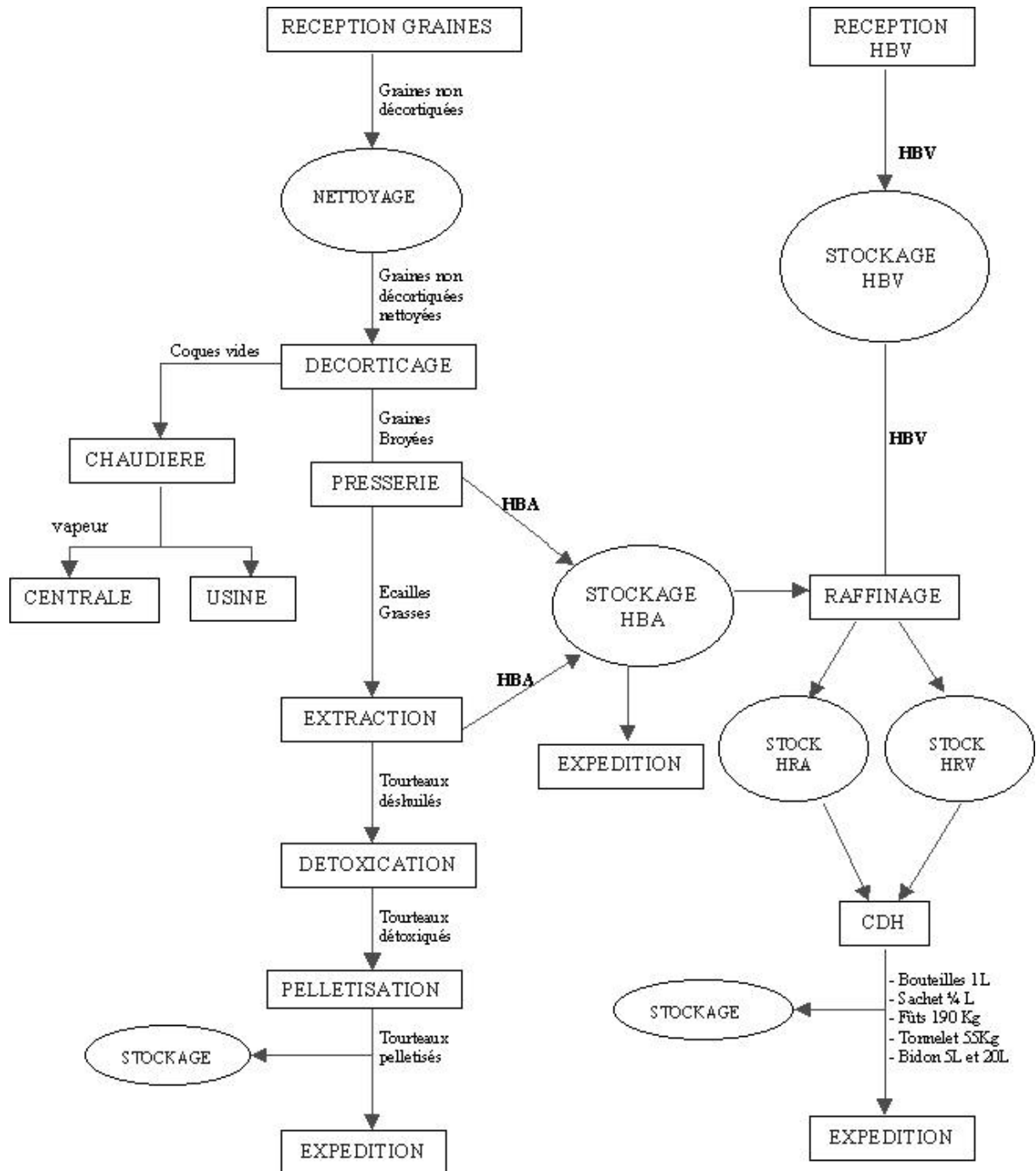


Schéma de production

2) Trituration des graines

a) Réception, stockage, nettoyage et décortilage des graines

Les graines d'arachide sont réceptionnées directement en silos ou en plein air au niveau de séccos. Cette pratique est dû au fait que l'ensemble de la récolte d'arachide doit être mis à la disposition des usines de novembre à mai pour une trituration annuelle ; les producteurs n'étant pas équipés pour le stockage correct des graines.

Ceci entraîne d'importants coûts de transfert par camions entre le stockage et les unités de transformation.

Une fois reçues en usine, les graines sont nettoyés grâce à des séparateurs et des épierreurs pneumatiques et densimétriques classiques dont l'efficacité technique et énergétique est conforme aux équipements utilisés de par le monde.

Les graines nettoyées sont décortiquées par des décortiqueurs classiques à tambours avec une séparation par tamis vibrant et aspiration des coques et les sons des coques d'arachide sont récupérés au niveau de repasseurs.

L'efficacité des repasseurs influent sur le rendement global du décortilage et améliore sensiblement la qualité de la combustion des coques au niveau des chaudières.

b) Presserie

Les amandes sont broyées par des broyeurs à cylindres cannelés avant de passer dans des chauffeoirs verticaux à étages, permettant un traitement thermique des graines broyées avec de la vapeur saturée. Les équipements utilisés sont de faible capacité unitaire par rapport au débit nominal des ateliers ce qui entraîne des surconsommations de vapeur et d'électricité.

Les amandes conditionnées sont pressées au niveau de presses classiques à vis afin de permettre la récupération de l'huile contenue dans les graines. Les ateliers de pression de la SONACOS sont équipés de batteries de presses de faible capacité unitaire entraînant d'importants coûts d'entretien et d'énergie.

L'huile obtenue à l'issue de la pression des graines est séparée des matières solides résiduelles par filtration.

c) Extraction par solvant

Le sous produit constitué par les écailles qui contiennent 10 à 15 % de matières grasses est envoyé à l'atelier d'extraction par solvant pour une récupération de l'huile résiduelle.

Les installations en place sont des extracteurs à percolation constitués de toiles filtrantes supportant les écailles sur lesquelles on déverse un solvant alimentaire (

hexane). L'huile dissoute dans l'hexane ayant permis son extraction est récupérée par distillation. Cette opération comprend une évaporation qui transforme l'hexane liquide en hexane gazeux afin de récupérer l'huile et une condensation qui ramène l'hexane gazeux à l'état liquide pour sa réutilisation au niveau de l'extracteur.

Pour améliorer l'efficacité du procédé, l'évaporation et la condensation se font avec de multiples effets.

L'huile d'extraction obtenue est stockée après élimination des mucilages.

Le tourteau sortant de l'extracteur contient environ 30% d'hexane qu'il faut récupérer au niveau d'un désolvantiseur par un chauffage à la vapeur et une distillation des gaz obtenus. Tous les étages de la distillation ainsi que l'extracteur sont maintenus en dépression par des éjecteurs d'air fonctionnant à la vapeur.

d) Détoxication – pelletisation

Le tourteau obtenu contient une toxine (aflatoxine) en des quantités très variables qui limitent son utilisation en alimentation animale.

Aussi, un atelier de détoxication , consistant en un broyage, une humidification et une injection d'ammoniac dans un réacteur dans des conditions maîtrisées, permet l'élimination de cette toxine. Ce procédé a été développé par la SONACOS et tous les paramètres critiques sont gérés par un automate programmable ; une unité de surveillance permettant la surveillance et la conduite à distance.

Une fois détoxiqué, le tourteau est granulé à l'aide de presses à cuber constituées d'une filière tournante annulaire dans laquelle deux galets compriment le produit à travers les trous.

Tous les transferts de produits entre les machines et les ateliers sont effectués à l'aide de transporteurs mécaniques (redlers, bandes, vis, élévateurs, etc...)

3) Raffinage et conditionnement des huiles

Le raffinage des huiles, réalisé suivant un procédé classique continu, consiste en une neutralisation chimique des acides gras, une décoloration et une désodorisation. La capacité de raffinage des usines de Diourbel et Dakar est de 200 000 tonnes d'huile par an.

Les caractéristiques de l'huile d'arachide en font l'une des meilleures huiles pour la friture et l'assaisonnement.

Les huiles raffinées sont conditionnées en fûts de 190 kgs, en bidons de 20 et 05 litres et en bouteilles en verre, polyéthylène et polychlorure de vinyle alimentaire. Les équipements en cours de modernisation permettent le lavage et le remplissage des fûts et des bouteilles verre ; les bouteilles en PE et PVC étant produites sur place par des extrudeuses – souffleuses classiques.

a) Raffinage des huiles

Les usines procèdent à un raffinage chimique des huiles d'arachide, de soja, ou de colza principalement. Les opérations consistent en une démulcination, une neutralisation des acides gras, une décoloration et une désodorisation.

Démulcination – Neutralisation – Lavage

L'huile brute est « conditionnée » avec de l'acide phosphorique avant de recevoir la solution neutralisante constituée par une solution de soude caustique . Le mélange d'huile est de soude passe dans un mélangeur rapide avant d'être envoyé vers une centrifugeuse destinée à séparer l'huile des pâtes de neutralisation.

L'huile neutre est ensuite lavée à l'eau chaude . Cette opération s'effectue en deux stades (premier et deuxième lavage) comprenant un mélange de l'huile et de l'eau suivi d'une séparation par centrifugation. L'huile neutre lavée est ensuite séchée dans une tour verticale maintenue sous vide.

Les équipements utilisés sont constitués de séparateurs centrifuges simples et auto nettoyants, de mélangeurs rapides, d'échangeurs à plaques offrant d'importantes surfaces d'échange et de divers types de pompes.

Décoloration

La section de décoloration des huiles est constituée d'une installation de décoloration DESMET de 7T/H composé d'un décolorateur, de deux filtres niagarra et d'une installation de préparation des terres .

Désodorisation

La désodorisation des huiles est réalisée par des appareils semi-continus DESMET très compact, facile à conduire et fournissant des huiles d'excellente qualité avec un bon bilan énergétique, inférieur toutefois à celui de certains appareils continus. Les débits varient de 150 à 300 tonnes par jour.

Les besoins en vapeur sont fournis soit par les chaudières fonctionnant avec des coques d'arachides, soit avec des générateurs auxiliaires livrés avec les désodorisateurs.

Les huiles désodorisées atteignant des températures supérieures à 200°C, permettent le réchauffage des huiles entrantes, générant ainsi d'importantes économies d'énergie thermiques.

Les opérations de décoloration et de désodorisation des huiles sont effectuées sous un vide poussé obtenu par des éjecteurs d'air fonctionnant à la vapeur.

b) Conditionnement des huiles

Les huiles raffinées d'arachide, de colza ou de soja sont conditionnées dans des fûts de 190 kgs, des bidons de 20 ou 05 litres en PE , des bouteilles de 01 litre en PVC ou PE et des bouteilles de 01 litre en verre.

Production de bouteilles

Les bouteilles de 01 litre en PVC et en PE sont produits dans les usines de la SONACOS. Les équipements utilisés sont constitués d'extrudeuse-souffleuses. Un projet de production de bouteilles en PET est à l'étude pour remplacer ces deux types de conditionnement.

Conditionnement

Les fûts utilisés pour le conditionnement des huiles constituent les plus importantes ventes sur le marché local. Ces fûts sont réutilisables et d'importants équipements de lavage, peinture, de remplissage et de manutention sont installés dans les usines.

Une unité moderne de lavage et de remplissage des bouteilles en verre a été mis en route et devrait limiter la production de fûts et améliorer sensiblement le rendement énergétique de cette activité.

Cette unité d'une capacité de 15000 bouteilles par heure permet une réutilisation des bouteilles et participera à la réduction des déchets de matières plastiques.

4) Savonnerie

Certains sous produits du raffinage des huiles son utilisés pour la production de savon de ménage dans des installations classiques de saponification. Cette unité de production de savons de ménage d'une capacité de 02 tonnes par heure est constituée de deux crutchers, d'un atomiseur et d'une boudineuse.

5) Autres activités

La fabrication des autres produits est le fruit de la volonté de la direction de l'entreprise de diversifier ses activités afin d'atténuer la dépendance exclusive de l'arachide dont les productions sont erratiques depuis quelques années. Les produits les plus importants sont le vinaigre d'alcool, l'eau de javel, les margarines ainsi les aliments de bétail et de volaille.

Toutes ces installations sont consommatrices d'énergies électrique et thermique.

D'une manière générale, il faut noter qu'il n'y a pas eu d'importantes évolutions au niveau de l'industrie de trituration des graines oléagineuses et de raffinage des huiles végétales alimentaires.

Certains nouveaux procédés ont été développés mais la plupart d'entre eux concernent des graines oléagineuses autres que l'arachide. Les principales améliorations concernent les capacités nominales des machines, leur consommation spécifiques en énergie et leur fiabilité.

6) production d' énergies

Dans les quatre usines procédant à la trituration des graines d'arachide, les énergies électrique et thermique sont produites principalement à partir des coques d'arachide ; les excédents en électricité étant vendus à la SENELEC.

La vapeur nécessaire au procédé de fabrication et celle utilisée pour la production d'électricité sont produites par des chaudières utilisant les coques d'arachide comme combustible. Cette coque d'arachide dont le PCI est de 4200 kcal/kg est brûlée dans des chaudières à tubes d'écran munies d'économiseurs et de surchauffeurs. Toute la régulation est gérée par des automates programmables et une unité de supervision permet la conduite à distance.

L'eau d'alimentation des chaudières est produite à partir d'installations de déminéralisation d'eau brute ou de distillateurs d'eau à simple ou multiples effets entraînant d'importante consommation de produits chimiques et d'énergie thermique.

La vapeur produite au niveau des chaudières alimente des turbines à vapeur auxquelles sont attelées des alternateurs pour la production d'électricité. Certaines turbines utilisées sont à soutirage de vapeur permettant ainsi la co-génération d'électricité et de vapeur pour les besoins des différents procédés de fabrication.

La puissance installée dans chaque unité industrielle varie entre 05 MW et 10MW. La connexion au réseau de la SENELEC et la mise en service de groupes électrogènes permettent d'assurer le secours.

Les procédés de production d'électricité et de vapeur mises en œuvre répondent aux techniques actuellement en vigueur mais la technologies des équipements et leur âge ne permettent pas d'atteindre une efficacité satisfaisante.

Un des points faibles des installations actuellement utilisées est lié à leur vétusté et à leur fiabilité. En effet, il est constaté un taux de rendement global de la production inférieur à 50%, entraînant ainsi d'importantes surconsommations énergétiques. Ce taux de rendement global des installations est dû à l'ancienneté des machines et à une maîtrise insuffisante des processus mis en œuvre.

C) SOCOCIM

La cimenterie SOCOCIM industries est située dans la ville de Rufisque au sud est de Dakar. Elle est la seule cimenterie de L'Afrique de l'ouest, sa capacité nominale est de 1200 000 T de ciment et la production en 1995 est de l'ordre de 750 000 T.

Les productions sont uniquement vendues sur le territoire national. Des demandes importantes en provenance du Mali et de la Guinée en 1995 n'ont pu être honorées en raison d'une production insuffisante;

Pour l'année 1997, avec une production de 650 000 t de ciment, le prix de vente était de 37 000 FCFA par tonne, soit 70\$ US par tonne contre 45 \$ US à 50\$ US par tonne sur le marché international.

Le coût élevé des comptes combustibles et électricité expliquent en partie le coût élevé de production du ciment.

D'importants investissements ont été réalisés et ont permis de doubler la capacité de production entraînant une baisse significative des coûts de production.

1) Procédé de fabrication

Les constituants du ciment sont:

- le clinker, roche de synthèse fabriquée dans le "four à ciment" ;
- les produits laitiers de haut fourneau (cendres volantes, filler calcaire ...);
- le gypse, régulateur de prise.

La fabrication du calcaire comporte:

- la préparation du mélange (homogénéisation et broyage) à partir de 80% de calcaire et de 20% d'argile ;
- le traitement thermique dans un four où la matière crue circule à contre-courant des gaz chauds pour atteindre progressivement une température de 1450 °C, sous l'effet d'une flamme pouvant atteindre 2000°C.

La transformation en clinker s'effectue ainsi:

- Jusqu'à 550 °C: séchage du mélange cru et déshydratation de l'argile
- de 50°C à 900°C, préchauffage et décarbonatation (décomposition du calcaire en chaux) ;
- de 900 °C à 1300°C , formation d'une partie de composés cristallins comme l'aluminate et le ferro-aluminate, le silicate bi-calciq;ue;
- de 1300 °C à 1450 °C , formation du silicate tricalciq;ue, constituant majoritaire du clinker et principal responsable des propriétés hydrauliques du ciment.

Ce seuil impératif de température de 1450 °C doit être atteint par la matière lors du processus de clinkerisation. A la fin de la cuisson, le clinker est brusquement refroidi puis finement broyé, mélangé au gypse (3% à 5%) et ou à d'autres constituants.

Le procédé utilisé pour la fabrication de clinker est la méthode par voie sèche. Dans ce procédé la décarbonation est pratiquement terminée à l'entrée du four. L'usine Sococim exploite deux carrières de calcaire et pour les ajouts complémentaires à la carrière, elle s'approvisionne en latérites pour les apports en oxydes de fer et d'alumine.

Le four voie sèche a une capacité de production de 2 300T de clinker par jour. Ce four a été construit depuis 1982.

Un analyseur en continu installé sur la ligne de fabrication du cru permet d'ajuster l'approvisionnement des constituants que sont: les oxydes de fer, la silice, l'alumine et le carbonate de calcium.

La fabrication de la farine est assurée par des concasseurs à marteaux d'un débit de 600 tonnes/h et 200 tonnes/h et deux broyeurs sécheurs fonctionnant avec les gaz du four.

Le broyeur vertical à galets de PFEIFFER présente un débit de 96 tonnes/h tandis que le broyeur horizontal à boulets a une capacité de 100 tonnes/h.

La ligne comprend:

- le four rotatif ONADA de 56 m de longueur, tournant à une vitesse de 3,5 tonnes/mm;
- le précalcinateur à quatre étages à cyclones ;
- le système d'alimentation en farine;
- l'alimentation en combustible à la tuyère du four et au précalcinateur ;
- le refroidisseur à clinker.

2) Traitement des gaz

Les gaz de combustion passent à travers le four à contre courant de la matière et remontent les quatre étages des cyclones du préchauffeur matière. Les gaz sont ensuite dirigés vers les deux lignes de préparation de la farine (broyeur sécheur).

En sortie du broyeur (PFEIFFER), les gaz sont filtrés pour un électro-filtre de marque ELEX. Ce filtre a été mis en service en 1970. Sa technologie et son état garantissent un rejet en poussière de l'ordre de 200 à 250 mg/Nm³ sur gaz bruts. Après les travaux réalisés en 1995 avec le remplacement des électrodes, le niveau de rejet devrait être voisin de 50 mg/Nm³ sur gaz bruts.

En sortie de la seconde ligne, les gaz sont filtrés par un électrofiltre de marque PEABODY. Les rejets sont de l'ordre de 50 mg/Nm³ sur gaz bruts. Chaque filtre est relié à une cheminée indépendante. Les gaz récupérés dans le refroidisseur à clinker sont orientés en partie dans la boîte à fumée du préchauffeur et en partie dans le broyeur PFEIFFER.

3) L'énergie

a. le fioul

La cimenterie utilise un seul combustible, un fioul numéro 2 livré à température ambiante dont la qualité dépend de son origine :

- du raffinage par la SAR avec un pouvoir calorifique (Pci) inférieur de 9600 Kcal/kg ;
- du fioul importé avec un Pci de 10 000 Kcal/Kg.

La teneur en soufre est comprise entre 2 et 2,5 %, ce fioul est stocké dans deux (2) réservoirs de 450 m³. En période hivernale, les stockages sont maintenus à la température de 17°C à l'aide d'un circuit de réchauffage à la vapeur produite par une chaudière.

Le fioul est réchauffé à 100°C avant l'injection en tuyère et au précalcinateur.

Sa consommation est de l'ordre de 85 kg de fioul/tonne de clinker produit, soit une consommation thermique de 850 thermies / tonne de clinker.

La répartition de l'apport « énergétique » entre précalcinateur et la tuyère est :

- 60 % de l'énergie est introduite au précalcinateur ;
- 40 % de l'énergie est introduite à la tuyère.

b) L'électricité

L'approvisionnement en électricité est assuré par la SENELEC. Dans le contexte industriel de la cimenterie, cet approvisionnement pose un problème important, celui de sa fiabilité (délestage). L'usine dispose d'un groupe de secours afin de faire tourner le four lors des arrêts de la SENELEC.

c) Maintenance et fonctionnement général

L'usine a un programme de production basé sur 310 jours de fonctionnement. Deux arrêts annuels d'une vingtaine de jours sont programmés pour la réalisation des travaux de maintenance.

D) LA SOCIÉTÉ AFRICAINE DE RAFFINAGE (SAR)

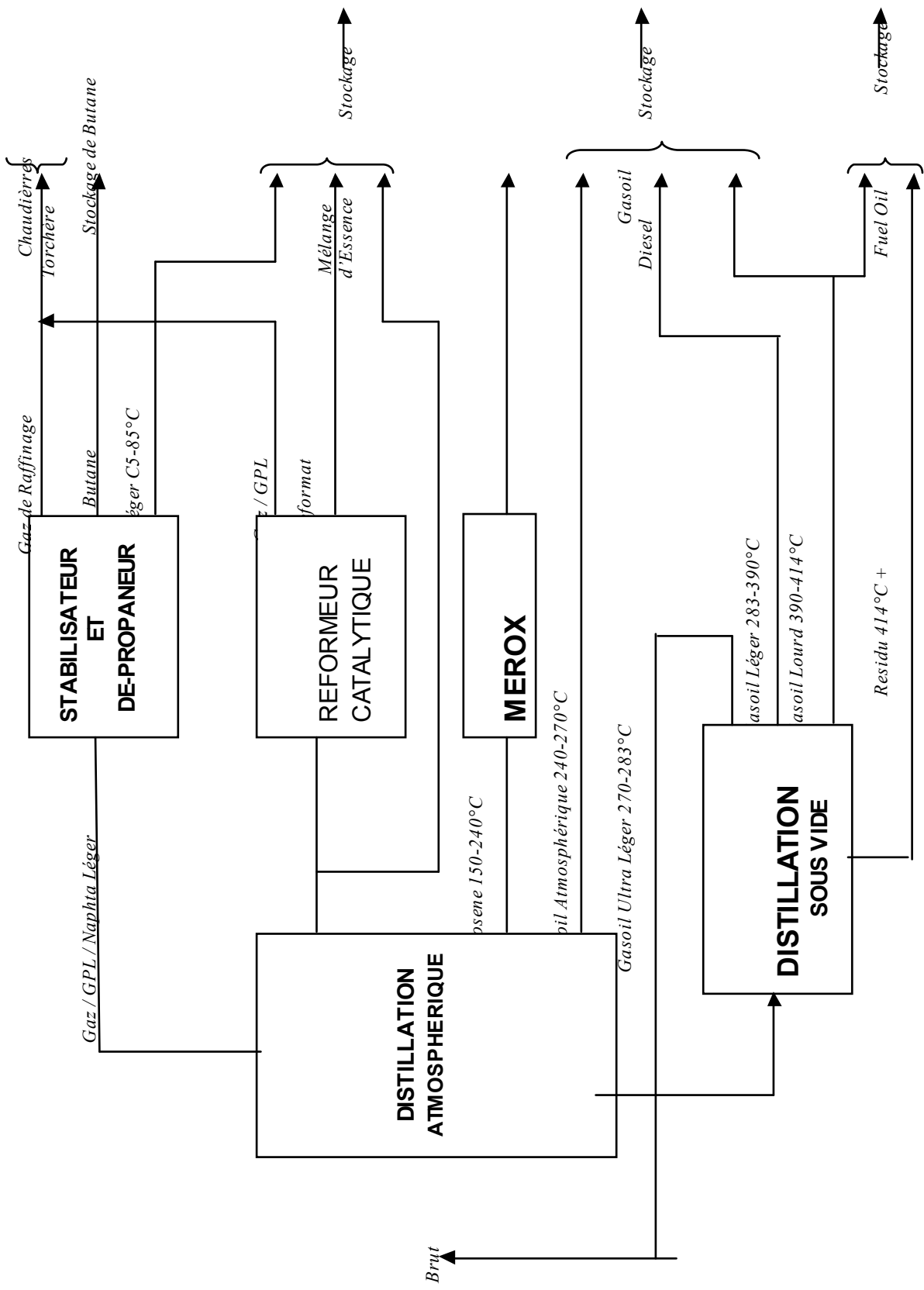
Le Sénégal consomme environ un million de tonnes de produits pétroliers par an, dont 37% fuel lourd, 29% gasoil, 20% kérosène, 7% essences et 7% GPL. Environ 300 000 tonnes de produits pétroliers sont exportés vers les pays voisins et sous formes de soutages maritimes. L'approvisionnement du pays en produits pétroliers est assuré par trois catégories d'opérateurs.

- une raffinerie;
- un réseau de sociétés commerciales de distribution;
- des prestataires de services d'entrepôt et de transport.

Il s'agit essentiellement d'opérateurs privés, les acteurs de ce secteur ont de nombreuses caractéristiques de monopole, du fait de l'existence de cartels d'opérateurs sur les différents créneaux.

Dès 1963, un régime particulier installé par l'Etat permettait à la SAR de monopoliser toutes les importations de pétrole brut et de produits raffinés.

a) Schéma de production



La séparation du pétrole brut en plusieurs fractions pétrolières est fonction des utilisations énergétiques. A partir du pétrole nigérian , la SAR produit des produits blancs que sont:

- le gaz butane,
- l'essence ordinaire et super,
- le Kérosène,
- le gasoil et le Diesel,
- et des produits noirs que sont les fiouls , combustibles lourds utilisés par la société nationale d'électricité SENELEC et la cimenterie SOCOCIM .

Elle présente :

- Une unité de distillation de type atmosphérique et sous vide : Cette unité présente une colonne de distillation où s'effectue la séparation des produits pétroliers vaporisés. Le Pétrole brut est chauffé dans un four à 350 °C. La séparation des produits pétroliers est de type physique. En fonction de leur point d'ébullition et de leur poids moléculaire, les produits blancs vont s'étager le long de la colonne de distillation. Le fioul lourd résiduel, sous forme liquide se retrouvera au fond de la colonne. Les produits blancs (essence léger et lourd, GPL, naphta, fuel gaz, kérosène, gasoil et diesel) seront recueillis à travers des tuyaux après liquéfaction pour être ensuite stockés. Auparavant, les mélanges essences et gaz sont purifiés à travers une colonne de distillation pour obtenir le gaz butane; le fuel gaz résiduel (propane et éthane) est stocké dans des ballons réservoirs et serviront à alimenter les fours . Des torchères serviront à réduire les pressions dans les ballons et à sécuriser la raffinerie.

Les résidus de fioul lourd sont mis dans une colonne de distillation pour une séparation sous vide en diminuant la pression atmosphérique pour élever les produits légers comme le gasoil et le diesel ; le fioul résiduel étant le combustible de la Senelec.

- Une unité de reforming catalytique: Le Naphta est mis dans le réformeur catalytique en présence d'un catalyseur à 450 - 550 °C, à une pression de 25 bars, pour produire des réformats, des hydrocarbures à octane élevé. Ces réformats mélangés avec l'essence léger suivant des proportions bien définis donneront l'essence ordinaire ou super. Pour relever l'octane de ces combustibles, il est joint au réformat du plomb (0,3g/l).
- Une unité Meros: Elle permet l'oxydation des mercaptans (hydrocarbures sulfurés) afin de limiter la présence de soufre dans le kérosène pour éviter la corrosion des réservoirs d'avions. Ce procédé est fonction des caractéristiques du pétrole brut, et transforme les mercaptans en hydrocarbures disulfurique moins corrosifs.

Ainsi le pétrole et ses dérivés notamment le kérosène sont régulièrement analysés pour vérifier leurs caractéristiques et leur teneur en soufre. La valeur d'un pétrole est liée à sa teneur en hydrocarbures légers.

Avec du Pétrole Brut type Nigérian light, le rendement au niveau de la SAR est le suivant pour une consommation de 130 tonnes par heure de brut et une consommation de 2% de combustibles :

- butane: 1,3%
- essence: 16%
- kérosène: 16%
- gazoil/diesel: 36%
- fuel oil: 25%

Tandis qu'avec le pétrole brut type Mandji, le fuel oil représente 50% des produits finis.

La SAR répond à ces propres besoins en énergies avec les utilités suivantes:

- deux groupes électrogènes de 1,8 KVA
- trois groupes électrogènes de 0,8 KVA

Les groupes de 1,8 et de 0,8 KVA suffisent pour faire marcher l'industrie. Les autres groupes servent de groupes secours.

- un système de récupération de la chaleur (échangeurs de chaleur), ainsi le fioul des fours est chauffé préalablement;
- la vapeur (obtenue à partir des chaudières diesel et gaz de raffinerie) sert à récupérer les hydrocarbures légers dans la colonne de distillation ;
- une unité de contrôle dont la commande est assurée par des équipements pneumatiques (transmetteurs et régulateurs, détections de pression et de niveaux). Un SNCC (système HW) est en place pour la récupération de butane, des liaisons de polytubes assurent la transmission des signaux locaux pneumatiques vers la salle de contrôle . Les commandes des moteurs sont locales.
- un pipeline de 5 Km 600 m, avec un diamètre de 24 pouces;

b. Caractéristiques de la SAR

Comparée à la base de données Coopers & Lybrand, (C&L, 1996) pour une configuration de raffineries de "types non complexes", les caractéristiques de la SAR sont:

- l'équivalent employé permanent (EEP) est de 230 contre 227;
- Le brut traité est de 1,1 par la SAR pour 2.7 millions tonnes/an;
- Le rapport imports/brut total (KT/KT) est de 60% pour la SAR contre 78%, la Sar importe d'importantes quantités de produits finis comparativement à d'autres raffineries « non complexes »;
- La Sar, Raffinerie Hydroskimming, possède un terminal portuaire et a une complexité (Nelson) comparable à celle de la base de données (2,7) contre 2,8, sachant que la meilleure catégorie de raffinerie a une complexité de 4,1;
- La vétusté moyenne de l'équipement est de 29 ans pour la SAR contre 24 ans, en effet le distillateur atmosphérique de la Sar date de 1963, le distillateur

à vide de 1983, des réparations majeures sont effectuées au niveau du distillateur atmosphérique et du réformeur;

- La SAR a une complexité semblable à celle des raffineries de la base de données mais, elle est plus petite que la moyenne et présente une économie d'échelle défavorable qui contribue au nombre élevée de EEP par Mill/an de production;
- La technologie informatique est moyennement utilisée comparable à celles des données C & L, elle n'a pas de spécialité et le taux de croissance est faible (inférieur à 3%/an), l'objectif global de la SAR étant d'équilibrer la production d'essences avec les ventes.
- Les coûts de production par baril brut sont plus élevés que la moyenne de la catégorie de la base de données.

c) Les limites de la SAR

La SAR a une production de 1,2 millions de tonnes dont le principal est pour le marché interne du Sénégal et 110 000 tonnes pour les pays voisins comme le Mali, la Gambie et la Guinée Bissau. Un taux annuel de croissance de 2% est prévu pour le marché interne avec un déplacement pour les produits moyens et légers au détriment du fuel lourd. Le marché externe connaît plutôt une stagnation liée aux contraintes logistiques que sont l'insuffisance du réseau routier vers le Mali, la vétusté de la voie ferrée, la faiblesse du parc wagons citernes, l'absence de moyens de transport par mer.

Les installations datent de:

- 1963, démarrage de la distillation atmosphérique d'une capacité de 0,6 millions de tonnes/an et du réformeur catalytique de 11,6 m³/heure ;
- 1975/1979, modifications de distillation, modification du train de préchauffage du brut et de la colonne, installation d'un dessaleur (installation d'une distillation atmosphérique d'une capacité de 0,9 millions de tonnes/an et du réformeur catalytique de 14 m³/heure);
- 1983, installation d'une distillation sous vide pour améliorer le rendement en gasoil et de l'unité de Mérox pour le traitement du carboréacteur (distillation atmosphérique d'une capacité de 1,4 millions de tonnes/an et du réformeur catalytique de 19 m³/heure).

E) LES INDUSTRIES CHIMIQUES DU SENEGAL (ICS)

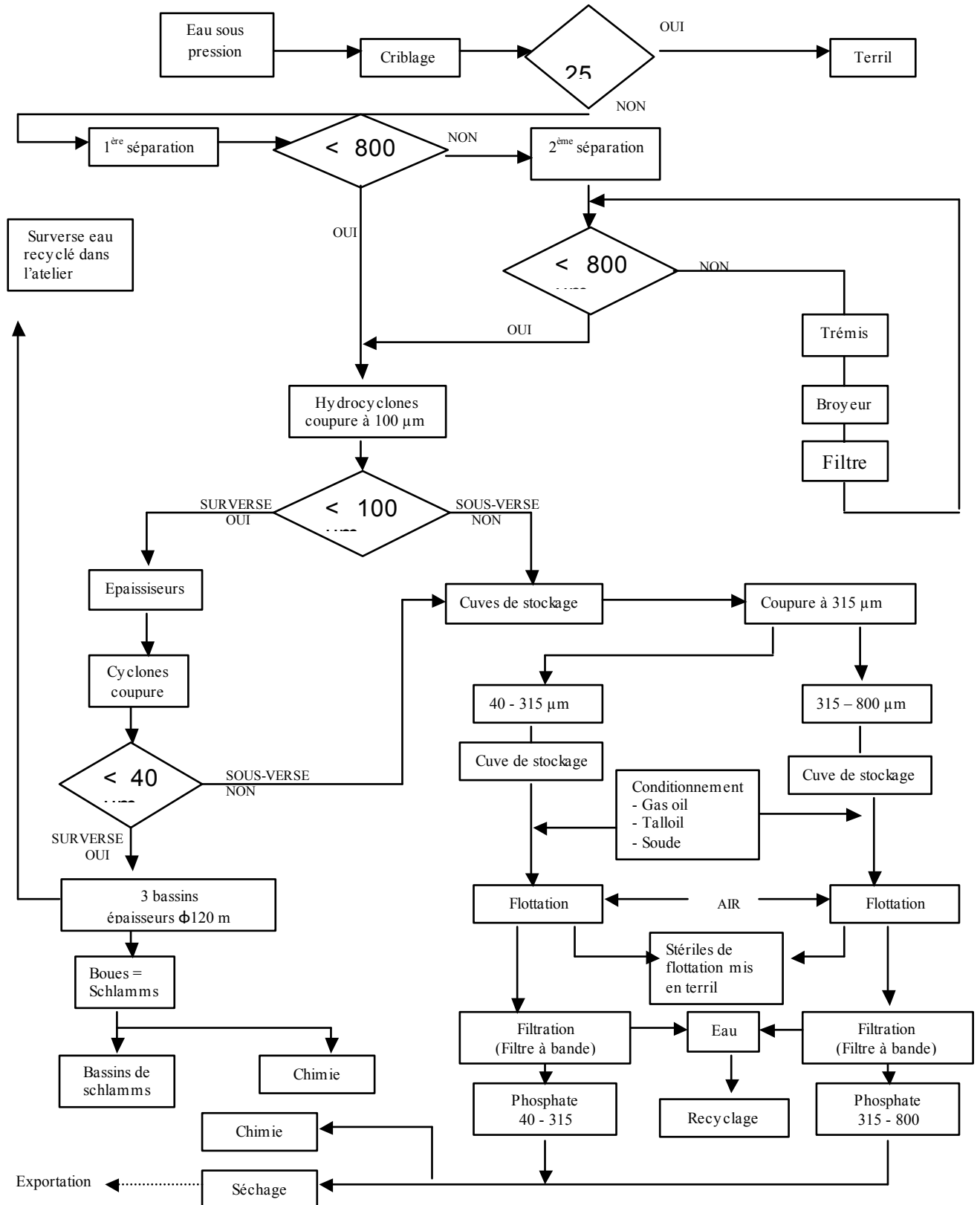
Les Industries Chimiques du Sénégal qui ont absorbé la Compagnie des Phosphates de Taïba en 1996, exploitent actuellement le panneau de Keur Mor Fall qui fait partie du gisement de Taïba, situé à environ 100km au nord-nord-est de Dakar.

L'usine d'acide phosphorique se situe à Darou Khoudos, aux abords de la mine. Une partie de l'acide phosphorique fabriqué est utilisée pour la fabrication d'engrais granulés à Mbaou, situé à environ 18 km à l'Est de Dakar, mais l'essentiel est exporté sans transformation, principalement vers l'Inde.

L'exploitation minière du phosphate qui constitue l'une des principales activités industrielles du Sénégal, a commencé dans les années 60 avec l'ouverture d'exploitation du panneau de N'domor Diop. Dans les années 80, un nouveau panneau (Keur Mor Fall) a été ouvert et son exploitation durera jusqu'en 2002-2003. A peu près à cette date devrait commencer l'exploitation du dernier panneau de Tobène.

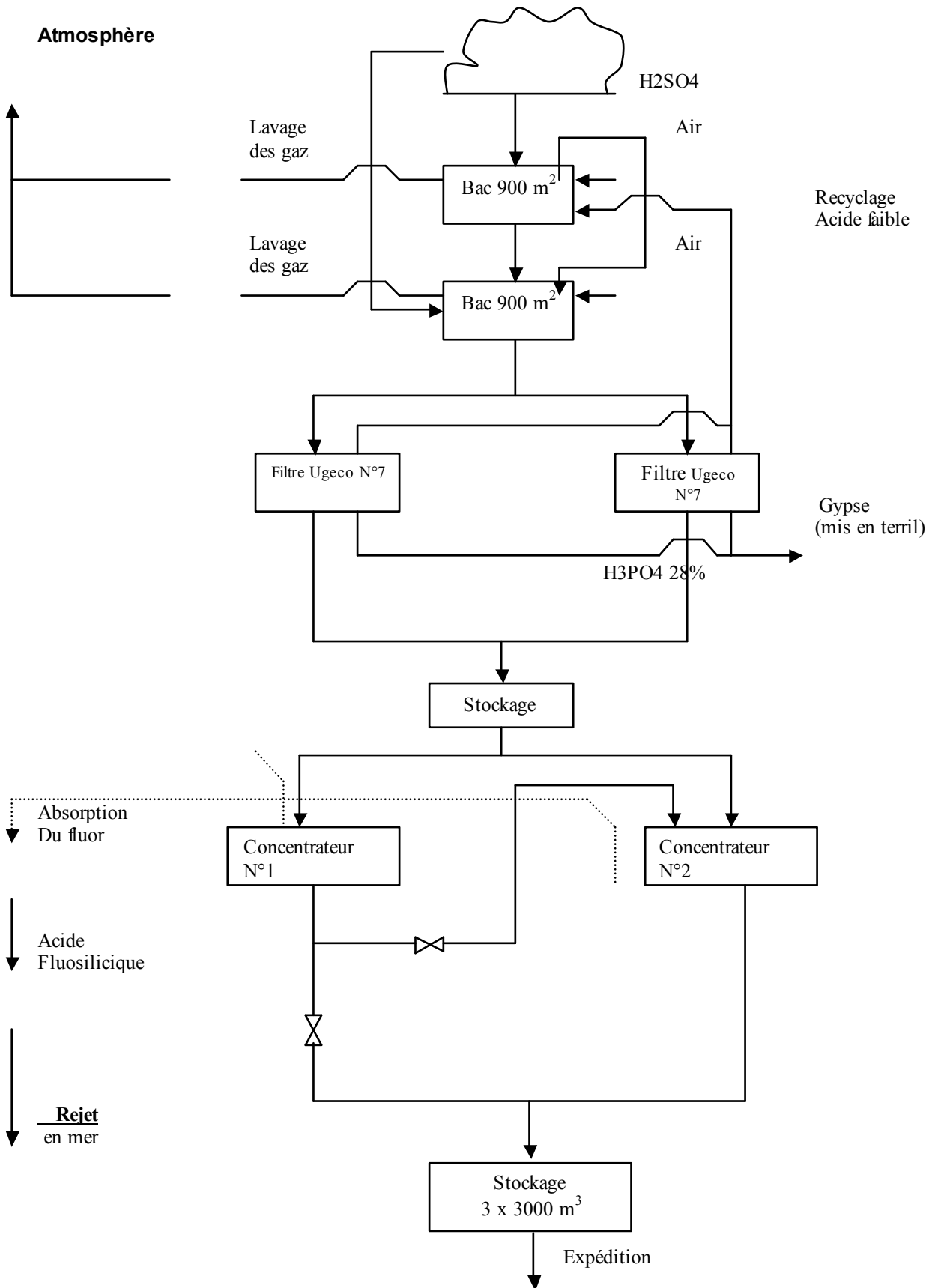
a) Schémas de production

SYNOPTIQUE SIMPLIFIE DU TRAITEMENT D'ENRICHISSEMENT DU MINERAL

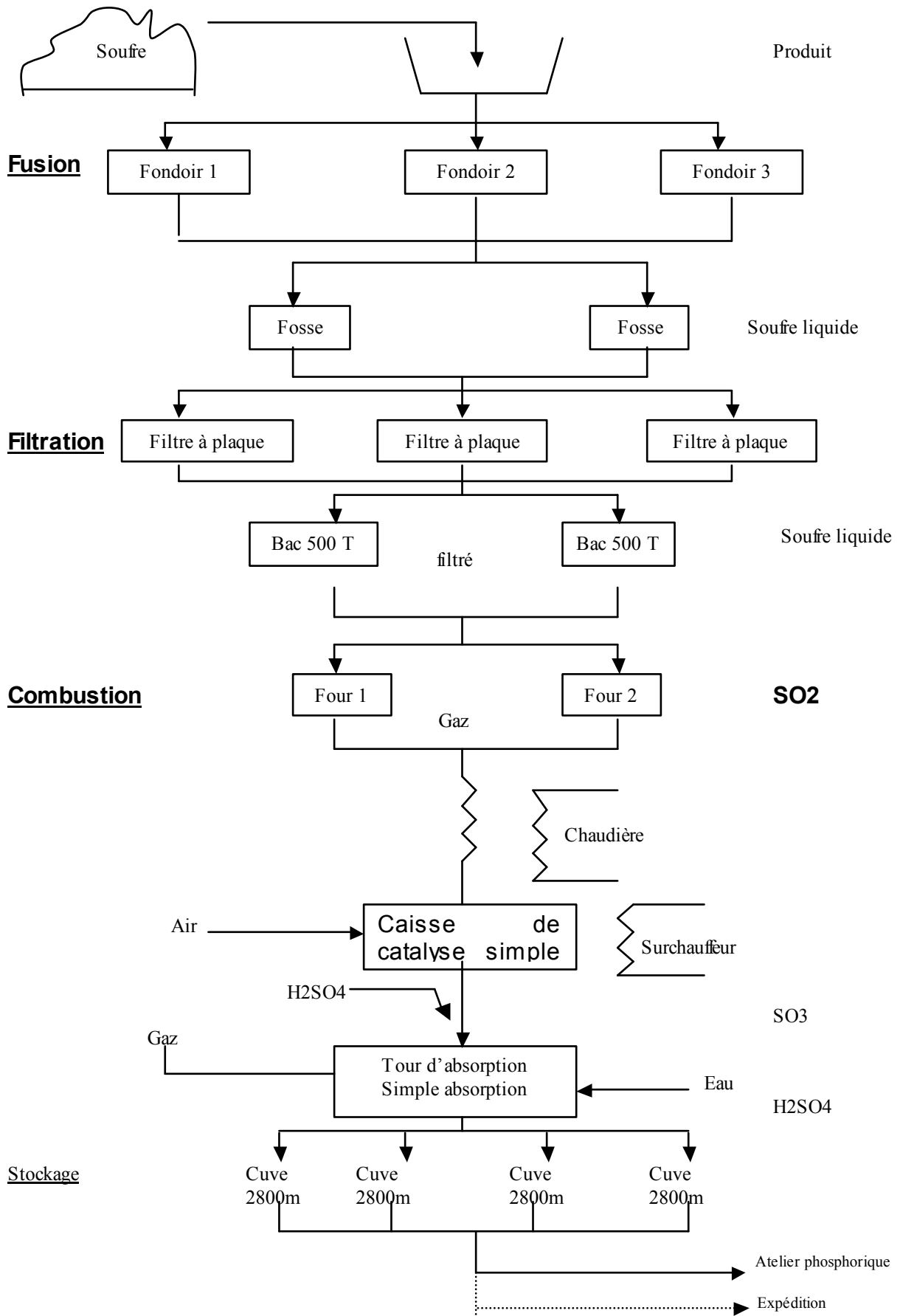


SYNOPTIQUE SIMPLIFIE : ATELIER PHOSPHORIQUE

Phosphate



SYNOPTIQUE SIMPLIFIE : ATELIER SULFURIQUE



b) Le Gisement de Taïba

Le gisement de Taïba est constitué de trois panneaux miniers dont le premier (N'domor Diop) a été exploité de 1960 à 1980. Le second panneau (Keur Mor Fall) est actuellement en exploitation et le troisième (Tobène) devrait être exploité à partir de 2002-2003.

c. Panneau de Keur Mor Fall

Le panneau de Keur Mor Fall est actuellement en exploitation. A ce jour, les réserves restantes du panneau couvrent une surface estimée de 3 788 000 m² et comprendraient un maximum de 9 293 600 T de phosphate marchand. Le principe d'exploitation peut être décomposé en trois phases que sont le décapage, l'exploitation et le recouvrement. Parallèlement à l'exploitation, la mine possède une installation de préparation du minerai qui consiste en un criblage, puis un lavage consistant en un broyage, une séparation, une flottation et une filtration du minerai de phosphate.

Le décapage des sables et des grès de couverture se fait d'abord par 2 excavatrices à godets tournants appelées roues pelles et d'un extracteur mobile à sable (EMS). Les matériaux de couverture sont ainsi transportés par un système comprenant actuellement 4 convoyeurs successifs vers une zone de dépôt qui se situe en bordure du gisement.

Une fois le décapage réalisé, l'exploitation est assurée par des « drag-lines » qui travaillent par passe de 20 à 40 m. Elles récupèrent le minerai pour le charger dans 9 dumpers de 100 T, en rotation permanente (14 à 15 dumpers par heure), qui vont le décharger au point de pré traitement (débouillage). Comme la nappe souterraine est dans le phosphate elle est rabattue à l'aide d'un système de 3 pompes flygt de 300 m³/h chacune, au niveau de l'exploitation.

Le minerai extrait est riche en rognon de silex de taille parfois importante. Il est donc criblé à 25 mm pour séparer les plus gros rognons qui sont lavés dans un débouilleur avant d'être déposés dans un terril. Ce terril comprend donc les silex et le phosphate induré de diamètre supérieur à 25 mm.

Le minerai ainsi débarrassé des gros silex est transporté hydrauliquement jusqu'à l'usine de traitement ou des broyeurs couplés en circuit fermé à des cribles le ramènent à une dimension inférieure à 800 µ. Les particules inférieures à 40 µ, essentiellement constituées d'argile, sont ensuite séparées par hydrocyclonage. Ces particules constituent les schlamms qui, après passage dans trois décanteurs à fond raclé de 120 m de diamètre, sont pompés vers des bassins de décantation constitués par les dépressions laissées par la première étape de couverture.

A la sortie des décanteurs raclés, ces schlamms ont une teneur d'environ de 120 g/l de MS (matière sèche). L'eau des décanteurs et des bassins de schlamms est récupérée pour être réutilisée en process. Une partie des schlamms est récupérée pour être traitée à l'usine de Darou. La totalité des schlamms ne peut pas être traitée du fait des contraintes de production (la qualité du produit fini ne permet pas d'introduire des proportions importantes de schlamms dans le procédé.) Le procédé

de préparation, incluant une coupure intermédiaire à 315 μ , permet d'avoir du phosphate de deux classes de granulométrie : une classe de 40 à 315 μ et une classe de 315 à 800 μ .

Après l'élimination des schlamms, le minerai est flotté sur deux chaînes distinctes correspondant chacune à une classe de granulométrie, pour séparer les minéraux phosphatés des impuretés siliceuses. Cette flottation est assurée en ajoutant du talloil, de la soude à 30 % et du gas-oil pour rendre hydrophobe les particules de phosphate, et en injectant de l'air surpressé dans les bacs de flottation. Le résidu de flottation (stériles), correspondant à une pulpe à 20 % de MES (Matières en Suspensions), est pompé et mis en terril.

En sortie de flottation, le minerai est filtré sur 2 filtres à bandes (1 pour chacune des classes de granulométrie). Un troisième filtre à bande peut être utilisé en secours ou pendant les périodes de maintenance d'un des deux premiers filtres. La partie destinée à l'atelier d'acide phosphorique est envoyée telle quelle, avec une humidité d'environ 20 %, par convoyeur à bande vers l'usine de Darou située à quelques centaines de mètres. Le restant, destiné à l'exportation, est séché dans deux fours rotatifs et transporté par voie ferrée au port de Dakar.

d. Panneau de Tobène

A l'heure actuelle, aucune activité industrielle d'exploitation minière n'est conduite par les ICS sur le panneau de Tobène. A ce jour, selon la dernière étude géologique effectuée par les ICS en 1996, les réserves du panneau de Tobène couvrent une surface de 29 870 000 m² et correspondraient à 63 847 000 T de phosphate marchand pour une ressource géologique de 76 967 000 T de phosphate marchand. La teneur moyenne de la réserve exploitable serait de 32,18 % de P₂O₅ pour une teneur moyenne de la ressource géologique de 28,09 % de P₂O₅.

e. Usine de Darou

L'usine de Darou reçoit des installations minières le phosphate et une partie des schlamms et les transforme en acide phosphorique qui est ensuite expédié par voie ferroviaire à Mbao pour être stocké et granulé en engrais ou expédié directement par bateau. Pour transformer le phosphate en acide phosphorique, les ICS utilisent de l'acide sulfurique qui est également fabriqué sur place à partir de soufre importé principalement du Canada et de la France.

Les principales étapes de la fabrication peuvent être distinguées en deux grands ateliers : l'atelier de fabrication d'acide sulfurique et l'atelier de fabrication d'acide phosphorique.

1) L'atelier d'acide sulfurique et ses utilités

L'atelier de fabrication d'acide sulfurique d'une capacité de 2 600 T/J d'H₂SO₄ en simple absorption comprend les sections suivantes :

- Stockage-fusion-filtration du soufre

- Combustion du soufre

La combustion du soufre s'effectue dans deux fours à soufre en parallèle. La température des fours est maintenue à 1100°C environ correspondant à une teneur en SO₂ de 12% . A la sortie de chaque four les gaz sont refroidis dans une chaudière puis mélangés dans un mélangeur avant d'entrer dans la caisse de catalyse.

- Conversion

Le SO₂ contenu dans les gaz sortant des chaudières est converti en SO₃ dans une caisse de catalyse de 14 m de diamètre. La conversion s'effectue en quatre temps sur un catalyseur MONSANTO d'oxyde de Vanadium. A la sortie du premier temps, les gaz sont refroidis dans deux surchauffeurs. Une injection d'air à la sortie du 2^{ème} et du 3^{ème} temps permet de refroidir les gaz et d'obtenir la température souhaitée. Un économiseur installé à la sortie de la caisse de conversion permet de refroidir les gaz avant leur entrée dans la tour d'absorption.

- Séchage de l'air

L'air de combustion et de dilution, fourni par une turbosoufflante est séché à l'acide sulfurique 95 % dans une tour briquetée garnie de selles et arrosée à contre-courant. Des nids d'abeilles en grès supportés par une voûte et deux matelas dévésiculeurs épurent l'air avant l'entrée des fours. L'acide de la tour est refroidi par un échangeur de chaleur MONSANTO alimenté par une pompe verticale KESTNER.

- Absorption SO₃

L'absorption de SO₃ contenu dans les gaz sortant de l'économiseur s'effectue dans une tour briquetée par de l'acide sulfurique 98,5 %. La température de l'acide de la tour est maintenue constante à 100°C grâce à deux échangeurs de chaleur MONSANTO alimentés chacun par une pompe verticale KESTNER. Les vésicules d'acide dans les gaz à la sortie de la tour d'absorption sont retenues par les nids d'abeille et les panneaux dévésiculeurs. Les gaz sont ensuite rejetés à l'atmosphère par l'intermédiaire d'une cheminée.

- Stockage

L'acide sulfurique produit est stocké dans quatre bacs de 2 800 m³ chacun pour l'alimentation des cuves d'attaque de l'atelier phosphorique.

- Les utilités comprennent :

- une centrale électrique avec 2 turboalternateurs alimentés par de la vapeur HP surchauffée à 40 bars et à 425°C (1 turboalternateur principal de 13MW (TAP) et 1 turboalternateur secondaire de 9 MW (TAS)),
- une chaudière auxiliaire à fuel de 50 t/h de vapeur à 40 bars (bientôt 2),
- une installation de préparation d'eau déminéralisée de 30 m³/h (bientôt une 2^{ème} ligne),
- un bac de stockage d'eau brute,
- un réfrigérant atmosphérique pour l'eau de refroidissement,
- un aérocondenseur de vapeur,
- l'alimentation en eau de l'usine,
- la production d'air comprimé.

2) L'atelier d'acide phosphorique et ses utilités

L'atelier phosphorique d'une capacité de 1 015 T/J est basé sur un procédé au dihydrate avec une décharge sèche du gypse et comprend les sections suivantes :

- Réception et alimentation en phosphate

- Réaction

Le procédé Diplo de Rhône-Poulenc est utilisé pour la fabrication de l'acide 30 %. Deux réacteurs de 900 m³ chacun fonctionnent en série, 60 à 70 % des matières premières (phosphate et acide sulfurique) sont introduits dans la première cuve et le complément dans la deuxième cuve. Le refroidissement des cuves d'attaque s'effectue à l'air. Chaque cuve d'attaque est équipée d'un système d'assainissement permettant le lavage des gaz dans une tour avant le rejet à l'atmosphère par l'intermédiaire d'une cheminée.

- Filtration

La bouillie sortant de la deuxième cuve d'attaque est reprise par deux pompes vers deux filtres UCEGO opérant en parallèle. L'acide produit à une concentration de 28 % environ est envoyé vers le stockage.

- Stockage

L'acide sortant des filtres est envoyé vers un désaturateur puis décanté et stocké dans un bac d'alimentation de la concentration. L'acide 52-53 % de P₂O₅ à la sortie de la concentration est stocké dans des piscines avant expédition.

- Concentration

La concentration de l'acide 28 % P₂O₅ à 52-53 % s'effectue en série ou en parallèle à l'aide de deux lignes de concentration identiques.

- Réfrigération

La boucle de réfrigération est constituée d'un bassin d'eau chaude, d'un bassin d'eau froide et de 7 cellules aéro-réfrigérantes.

- Evacuation du gypse

Le gypse sortant des deux filtres à décharge sèche est mis en terril, à l'aide de transporteurs et d'un stacker.

- Expédition de l'acide concentré

L'acide concentré est expédié à la plate-forme de Mbaou située à 18 km de Dakar par les trains de la SEFICS.

3) Evolution de la capacité de l'usine

Au démarrage des installations en 1984 la capacité des installations était de 1 900 t/j d'H₂SO₄ pour l'atelier sulfurique et 720 t/j de P₂O₅ pour l'atelier phosphorique. Le dégoulotage effectué en 1990 a permis de porter la capacité de l'acide sulfurique à 2 600 t/j et celle de l'atelier phosphorique à 1 015 t/j avec les principales modifications suivantes :

- addition d'un 2^{ème} four-chaudière,
- addition d'un 2^{ème} surchauffeur,

- augmentation du nombre de panneaux dévésiculeurs de la tour d'absorption,
- modification du dôme de la tour de séchage,
- addition d'une 2^{ème} cuve d'attaque,
- transformation d'un filtre UCEGO de clarification en filtre à gypse.

Les projets suivants sont en cours de réalisation :

- dégoulottage de l'atelier sulfurique à 3 000 t/j d'H₂SO₄ avec mise en place d'un deuxième économiseur, d'un troisième échangeur de refroidissement de l'acide et remplacement de l'air de refroidissement de la quatrième masse par le recyclage des gaz de la cheminée,
- mis en place d'une troisième ligne de concentration de capacité évaporatoire identique à celle des lignes existantes avec un échangeur tubulaire en graphie,
- production de 9 MW pour la mine à partir du TAS avec mise en place d'une chaudière à fuel de 50 t/h et d'une deuxième ligne de déminéralisation.

4) Stockage et Sea Line de Mbao

La plateforme de Mbao comprend l'atelier de granulation, l'atelier de préparation d'engrais, le stockage d'engrais, le sea-line de déchargement d'ammoniaque, un poste de dépotage des wagons-citernes d'acide phosphorique en provenance de Darou, une unité de stockage d'acide phosphorique et un sea-line permettant le chargement des bateaux en acide phosphorique.

6) Atelier de granulation :

L'atelier de granulation est constitué d'un réacteur qui permet la préparation de la bouillie constituée par un mélange d'acide sulfurique, d'ammoniac et d'acide phosphorique ; ce mélange est envoyé dans un granulater dans lequel la formulation des différents types d'engrais est effectuée et la transformation en grains réalisée. L'engrais produit est séché grâce à un sécheur tubulaire rotatif alimenté par les gaz d'un four de combustion fonctionnant au fuel lourd.

7) Poste de dépotage et stockage :

Le poste de dépotage des wagons permet le déchargement simultané de six wagons et est équipé de 2 pompes de 250 m³/h chacune dont une reste en secours, et de 6 branches de tuyauterie. La pompe utilisée déverse l'acide phosphorique dans les bassins de stockage. Les bassins de stockage sont au nombre de 5 et ont une capacité de 6 500 m³ chacun. Ces bassins sont en béton recouvert d'une membrane étanche. L'acide phosphorique stocké produit un précipité de gypse qui forme des boues. Ces boues, dont la quantité annuelle produite est d'environ 1 % de la production d'acide phosphorique, sont pompées régulièrement en fond de bassin vide et stockées aux abords des bassins, à même le sol. Ces boues sont mélangées avec du phosphate (1/3 de boues de gypse et 2/3 de phosphate) pour la fabrication du double superphosphate (DSP) dont une partie est vendue et une partie recyclée dans l'atelier de granulation.

Le sea-line est un pipeline de 2 km de long et de diamètre 10 » (254mm). Il est équipé d'un retour vers les bassins et est alimenté par 2 pompes de transfert de 350 T/h unitaire soit 700 T/h de débit de chargement. En fin de chargement et afin de

vider la tuyauterie, il y a une pousse à l'eau. Cette eau est récupérée dans une fosse de 360 m³ pour être réutilisée lors de la pousse suivante. Lorsque l'eau de pousse est saturée, elle est recyclée dans l'atelier d'engrais.

IV BESOINS EN TECHNOLOGIES EFFICIENTES ET EFFICACES

IV – 1 SENELEC

Dans le cadre des orientations définies par les autorités sénégalaises, les perspectives suivantes ont été dégagées au niveau de la SENELEC :

- L'hydroélectricité : le projet Energie sous régional du Barrage de Manantali (Mauritanie-Sénégal et Mali) est à son terme et ce sont 66 MW qui vont participer à la production nationale dès 2003, sur les 200 MW produit ;
- L'installation d'une centrale indépendante de 100 MW à TOBENE (Thiès) ;
- L'extension de la centrale C4 du Cap des Biches avec des groupes de 2x30 MW et une mise en service en 2002 ;
- Etudes en cours du projet Energie du barrage de l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Gambie (OMVG), projet sous régional (Sénégal-Gambie et Guinée Conakry), le potentiel est aux environ de 80 MW ;
- Des projets d'interconnexion sont prévus au niveau régional sous l'initiative des organisations régionales comme l'UEMOA et la CEDEAO ;
- Les énergie renouvelables comme le solaire et l'éolien sont à renforcer avec le développement de l'électrification rurale.

Avec la nouvelle politique d'électrification définie et mis en œuvre depuis 1998, le gouvernement décide de privatiser l'électricité à l'échelle décentralisée et a crée une nouvelle agence sénégalaise d'électrification rurale (ASER). Des opérateurs privés pourront investir dans l'électrification notamment en milieu rural. Cette politique énergétique prévoit :

- d'attirer les investissements privés en vue de procéder à la maintenance , au renouvellement et à l'extension des outils de production ;
- d'assurer une disponibilité de l'électricité à des prix compétitifs ;
- d'accélérer l'accès des populations à l'électricité (75% de la population n'ont pas accès à l'électricité contre une moyenne mondiale de 40%);
- de privatiser la société nationale d'électricité, et de mettre terme au monopole de la Senelec pour la production d'électricité en favorisant l'installation de producteurs privés ;
- de rendre opérationnel l'agence de régulation du secteur de l'électricité.

Comme nous avons pu le noter, les installations de la SENELEC sont vétustes et la plupart d'entre elles datent de plus de trente ans justifiant ainsi leur faible performances. Aussi, en plus des options retenues dans le cadre de la nouvelle politique énergétique, il est urgent de remplacer les équipements actuels de la SENELEC par des machines de nouvelle génération ayant des performances beaucoup plus importantes sur plan de l'efficacité énergétique et de la préservation de l'environnement.

IV - 2 SONACOS

L'évolution technologique dans le secteur des oléagineux étant relativement faible, les besoins, dans le cadre des transferts de technologies demeurent relativement modestes au niveau des procédés de production. La pelletisation des écailles avant l'extraction chimique de l'huile résiduelle permet d'accroître la capacité des installations d'extraction par solvant et d'augmenter le taux d'épuisement des tourteaux.

Au niveau du raffinage des huiles, les nouvelles installations privilégient le raffinage physique qui offre plusieurs avantages comme un coût d'investissement réduit et moins de problèmes environnementaux liés aux déchets liquides et solides des installations classiques.

Les nouvelles unités de conditionnement utilisent la bouteilles de verre pour les huiles haut de gamme et le PET pour les autres emballages avec des installations permettant l'injection et le soufflage des bouteilles.

Mais la vétusté de certaines installations, la non adaptation des capacités nominales entre les différents ateliers, la non maîtrise de certains processus et la non prise en compte actuellement de la dimension environnementale dans la mise en œuvre des différentes opérations, permettent d'envisager la réalisation d'actions aptes à accroître les performances et la fiabilité des usines.

Aussi, la plupart des besoins en transfert de technologies se situent au niveau de l'amélioration des équipements et du renforcement de capacités technique et organisationnelle des agents opérationnels.

IV – 2 1 Huilerie

Les opérations de transfert des graines des seccos vers l'unité de traitement devraient être automatisées par l'utilisation de transporteurs mécaniques en lieu et place des camions actuellement utilisés.

Dans certaines unités, les ateliers de décorticage sont équipés de décortiqueuses à simple tête alors que la technologie actuelle offre des décortiqueuses à double tête permettant de réaliser des économies d'énergie électrique de 35%.

Au niveau de la pression des graines, les presses à vis en place, datent de plus de cinquante ans. Le procédé de collecte de l'huile par pression est toujours le même, mais les équipements actuellement sur le marché ont des capacités unitaires quatre à cinq fois plus importantes et permettent d'obtenir des performances largement supérieures en terme de consommations énergétiques.

L'extrusion des écailles à la sortie des presses de la trituration permet une baisse de la teneur en matière grasse des farines et d'accroître la capacité des extracteurs.

Des presses à pelletiser les tourteaux d'arachides de plus grande capacité permettrait des économies substantielles d'énergies thermique et électrique.

IV – 2 2 Raffinage et conditionnement des huiles

Au niveau du raffinage des huiles, le raffinage physique est de plus en plus utilisé pour les nouvelles installations parce que nécessitant des investissements moindres, générant peu de problèmes environnementaux (les effluents liquides sont inexistant) et ayant de bons résultats sur la plupart des huiles fluides non oxydées.

Pour les installations actuelles de la SONACOS qui sont relativement récentes, très peu de besoins en technologies sont nécessaires mais il demeure indispensable d'installer au niveau de chaque usine, une station de traitement des effluents en fonction de la qualité de ceux-ci.

IV – 2 3 Production d'énergies

Les équipements de production d'eau d'alimentation des chaudières, les générateurs de vapeur, les turbo-alternateurs ainsi que les groupes électrogènes de la SONACOS datent de plus de deux décennies. Les automatismes chargés de gérer et de piloter les différentes opérations sont d'une technologie dépassée et n'offrent plus la fiabilité requise.

Aussi nous pensons que d'importantes possibilités d'acquisition de procédés et d'équipements sont offertes au niveau de la production d'énergies thermique et électrique.

IV - 3 SOCOCIM

La SOCOCIM s'est équipée dès 1983 de machines pour la production par voie sèche qui est l'une des technologies les plus récentes dans ce domaine et l'une des plus performantes sur le plan de l'efficacité énergétique. Par ailleurs, elle a réalisé une modernisation de ses fours il y a quelques années et a enfin doublé sa capacité l'année dernière par l'acquisition d'équipements modernes.

Le potentiel d'économies d'énergie par un changement de procédés ou par l'acquisition d'équipements plus performants est quasi nul.

La mise en place d'outils performants de gestion de la production et de système de filtre à efficacité optimale demeurent les gisements à explorer.

IV - 4 SAR

IV – 4 1 Les différentes options technologiques de modernisation

A l'origine, la SAR avait été conçue pour traiter du brut gabonais Mandji (un brut moyen) dont les caractéristiques permettaient d'obtenir une gamme de produits convenables avec un procédé relativement simple (distillation et réformage) correspondant à l'équipement de la société. Avec l'évolution du marché sénégalais dans le sens d'une augmentation de la consommation de produits blancs, la SAR s'est mise à traiter du brut nigérian (bonny light) et du Mandji. Au cours des prochaines années, la simple modification des types de bruts traités ne suffira plus

pour adapter la structure de la production de la SAR à celle du marché, sensiblement changée par un déplacement accéléré de la demande vers les produits blancs.

Pour obtenir une production mieux adaptée et de plus grande valeur ajoutée, il va falloir moderniser la raffinerie par une mise à niveau technologique.

Ainsi, la modernisation de la raffinerie se pose depuis une dizaine d'années et cette nécessité avait motivé l'octroi de supplément de 2,3 US \$ /baril sur tous les produits pétroliers vendus au Sénégal, y compris l'importation.

Peu d'investissements ont été jusqu'à nos jours menés. Seuls, le réseau incendie a été réhabilité et les installations de réception et de transport ont été aménagées, ceci pour un coût de 3 milliards de FCFA.

La modernisation de l'instrumentation de mesure et de la salle de commande est aussi en cours pour un montant de 3 milliards FCFA.

Les options de modernisation sont basées sur l'évaluation des possibilités des installations existantes et de leurs limites technologiques. Les solutions proposées sont:

- l'installation d'un viscoréducteur pour le résidu de l'unité de distillation sous vide existante, ce qui permet de réserver à la vente la totalité des distillats obtenus, au lieu de consacrer une partie à l'ajustement de la viscosité du fuel oil;
- l'installation d'un ensemble viscoréducteur + craqueur thermique, traitant le résidu de l'unité de distillation sous vide existante, ce qui permet, en plus, d'augmenter la proportion de gasoil obtenu;
- l'installation d'une unité d'hydrocraquage modéré, traitant le distillat d'une nouvelle unité de distillation sous vide qui augmente encore plus la proportion de distillats moyens produits et, surtout, permet d'améliorer la qualité des produits finis, pour les ramener au niveau exigé par les spécifications en vigueur au plan international;
- l'augmentation de la capacité de distillations à 1,5 millions tonnes par an, en ajoutant une colonne "préflash" à l'installation existante de distillation atmosphérique et sous vide, dont la capacité actuelle est de 1, 2 million t/an.

IV – 4 2 Analyse des options

- le cas de référence considère le fonctionnement amélioré de la raffinerie avec les structures technologiques de base inchangées et qui ne demande aucun investissements supplémentaires, en dehors de ceux déjà engagés pour l'instrumentation et la salle de contrôle. L'analyse économique, dans les hypothèses retenues, montre que la raffinerie peut survivre sans la subvention de 2,3 US\$ /bl, mais elle est incapable de réaliser des bénéfices pour se moderniser.
- l'option 2: l'addition d'un viscoréducteur, permet d'utiliser une plus grande proportion de brut gabonais Mandji, qui est moins cher que le brut léger

nigérien Bonny Light. L'investissement nécessaire est de 10 milliards FCFA. La rentabilité obtenue est médiocre: 9% ;

- Une option 2bis additionnant aussi le pré flash pour une augmentation de la capacité totale de traitement à 1,5 millions de tonnes /an demanderait des investissements de 14 milliards FCFA, mais permettrait d'arriver à une rentabilité acceptable de 16%;
- L'option 3: l'addition d'un ensemble viscoréducteur + craqueur thermique, permet d'augmenter encore plus la proportion de brut Mandji et de rapprocher davantage la structure de la production de celle du marché de référence. L'investissement est de 14 milliards pour la capacité de production actuelle ou de 19 milliards pour la capacité ramenée à 1,5 millions t/an par l'installation du préflash en supplément. La rentabilité est légèrement supérieure au cas précédent: 10 % et respectivement 18% pour les deux variantes de capacité totale de traitement.
- L'option 4: l'installation d'un hydrocraqueur avec les unités annexes nécessaires, constitue une modification sensible de la structure et des conditions d'exploitation de la raffinerie, qui pourra ainsi traiter uniquement du brut Mandji et couvrir en totalité les besoins de son marché de référence. L'investissement nécessaire, y compris l'augmentation de la capacité s'élève à 66 milliards FCFA. La rentabilité est pratiquement nulle dans ce cas en raison des investissements importants qui seraient nécessaires.
- L'option 5, dérivée de l'option 3, en considérant la consommation de naphta demandée par la centrale électrique GTI à cycle combiné, en cours d'installation, a été aussi étudiée. L'investissement est de près de 24 milliards francs CFA incluant l'augmentation de la capacité de traitement de 1,5 millions t/an. La rentabilité obtenue est de 31 % avec des hypothèses autres que celles utilisées précédemment.

La meilleure solution serait d'installer l'ensemble viscoréducteur + craqueur thermique. Cette recommandation a été approuvée par les actionnaires de la raffinerie et est soumise à un bureau d'ingénierie.

Parmi les travaux nécessaires on compte:

- la remise à niveau de la distillation et le reformage catalytique ;
- la construction d'un pré flash pour augmenter la capacité totale de traitement de 1,5 million tonnes/an ;
- la construction d'une unité de visbreaking (la viscoréduction), procédé de conversion des résidus atmosphérique et sous vide. Elle vise à abaisser par craquage thermique la viscosité des résidus et de réduire d'autant la production des fuels lourds. La proportion des produits blancs (gaz, essences, kérosène, gasoil) augmente dans la gamme des produits commerciaux par la raffinerie, améliorant ainsi ses performances au plan économique.

Dans l'unité préflash le brut est séparé des coupes légères (gaz, essence et naphta) le but de l'opération est de réduire les risques d'engorgement de la colonne de distillation atmosphérique et ainsi, d'augmenter sa capacité à 1 500 000 t/an. L'élément principal de cette unité est la colonne de préflash. Elle est équipée de

plateaux qui assurent la séparation des légers du brut qui se trouve ainsi stabilisé. L'alimentation de la colonne en brut est effectuée par l'intermédiaire d'une pompe à travers un four qui fixe la température.

La visbreaking est dimensionnée pour traiter 400 000 tonnes/an. Les coupes suivantes sont produites :

- du gaz envoyé directement au collecteur de fuel gaz;
- une coupe essence alimentant la colonne de stabilisation qui produit de l'essence stabilisée et des gaz de pétrole liquéfiés;
- une coupe de kérosène,
- une coupe de gasoil lourd,
- du résidu sous vide, base des fuels 380 CST et 180 CST.

La production d'essence sans plomb est à développer grâce à l'utilisation d'autres procédés tel la distillation par alkylation ou par cracking catalytique, ce qui nécessite des investissements très coûteux.

IV- 4 3 Modernisation de la salle de contrôle

Les installations à faire:

- la construction d'une nouvelle salle de contrôle blindée, située à une distance suffisante des unités de traitement, permettant d'être à l'abri de tout incident grave dans les dites unités ;
- le remplacement des instruments pneumatiques obsolètes par des instruments électroniques;
- la mise en œuvre d'un système numérique de commande contrôle et de dispositifs à haute fiabilité de traitement des sécurités ;
- le système proposé est conforme à la réglementation Elf.. La conduite centralisée est assurée par un équipement redondant d'un constructeur agréé.

Le traitement des sécurités est assuré par un API tri - redondant. Le contrôle de la salle de commande en salle de contrôle sera remplacé par un système numérique de conduite centralisé redondant, associé à un API tri - redondant. L'instrumentation locale passe en version électronique.

IV – 4 4 Modernisation des infrastructures

- Une modernisation des infrastructures portuaires est aussi nécessaire, car seul les navires de petite taille (100 000 tonnes de brut) peuvent être reçus du fait des contraintes liées au tirant d'eau (maximum 10 mètres).
- La modernisation du transport ferroviaire est aussi à réaliser pour augmenter l'exportation des produits finis de la raffinerie vers les pays de la sous région comme le Mali.

Avec une politique d'investissements et d'approche active du marché des soutes, l'avitaillement des navires en haute mer, le marché d'exploitation de la SAR pourra atteindre les 500 000 tonnes/an à l'horizon 2005.

IV - 5 ICS

Les industries chimiques du Sénégal dont la principale source d'énergie est le thermique, ont des installations récentes et le doublement récent de capacité (2000), précédé d'une étude d'impact environnementale, a été réalisée avec des équipements performants ; aussi cette industrie ne recèle pas de sources d'économies d'énergies importantes ou de besoins significatifs en technologies écologiquement rationnelles.

L'analyse des différents procédés utilisés dans les industries sélectionnées fait apparaître, en dehors de la SAR où certaines options technologiques majeures sont nécessaires, l'absence de disparités importantes entre les procédés utilisés pour les activités considérées et ceux en vigueur dans les pays industrialisés. Seules les capacités nominales des différents équipements composant ces unités industrielles doivent dans certains cas être redimensionnées afin d'en assurer une cohérence interne et répondre au besoin du marché.

En effet, comme nous avons pu le constater dans le cas des ICS et la SOCOCIM pour le doublement de leur capacité de production et de la SONACOS ainsi que la SENELEC pour les augmentations successives de leur capacité de production, les installations des industries visitées ont été réalisées de manière modulaire pour répondre à un marché en expansion. Ceci n'a pas pu se faire sans entraîner des surconsommations significatives en matière d'énergies.

Par contre il est nécessaire de renouveler une grande partie des équipements des sociétés comme la SONACOS, la SENELEC et dans une moindre mesure la SOCOCIM afin d'avoir des machines plus performantes et plus fiables.

Mais les améliorations les plus importantes qui pourraient être apportées se situent au niveau de certaines technologies spécifiques dans le domaine de la maîtrise de l'énergie.

D'une manière générale, au niveau des besoins en technologies efficaces et efficaces, nous pouvons retenir :

- **Installation de traitement des effluents industriels :**

Le Sénégal vient de se doter d'un code de l'environnement qui comprend un certain nombre d'exigences auxquelles les différents opérateurs doivent se conformer. Les décrets d'application de cette loi font références à des normes qui ont définies la conditions d'acceptation des rejets industriels. Aussi est-il nécessaire pour la plupart des industries sénégalaises d'acquérir des installations de traitement de leurs eaux usées pour respecter les dispositions prévues ; les collectivités locales n'étant pas outillées pour le traitement des effluents industriels.

▪ **Production d'eau d'alimentation des chaudières :**

Plusieurs technologies sont actuellement utilisées pour la production d'eau d'alimentation des chaudières à vapeur (déminéralisation, distillation, osmose inverse, etc ...) ;

En fonction des caractéristiques de l'eau requises, il est nécessaire de sélectionner la technologie la plus adaptée en tenant compte des consommations énergétiques (électricité, vapeur, purges de déconcentration, etc...) ;

▪ **Automatisation de certaines installations :**

Lors de l'implantation de ces unités, beaucoup de techniciens recommandaient le choix de technologies simples compte tenu de l'environnement du pays. Or, les résultats enregistrés dans certaines installations montrent que la maîtrise de la conduite d'unités de grande capacité passe nécessairement par un pilotage par automate programmable et une supervision centralisée; la fiabilité des composants ayant été démontrée et la maintenance pouvant être réalisée par les techniciens locaux.

Par exemple, il a été constaté que toutes les industries concernées par l'étude avaient des chaudières ou des fours pour la satisfaction des besoins en énergie thermique.

Or, il est apparu qu'une importante partie des pertes énergétiques était due à la non maîtrise du processus de production (pertes de vapeur, mauvaise combustion, purges de déconcentration trop importantes, fiabilité du fonctionnement, etc...).

L'automatisation poussée de ces installations permet une plus grande maîtrise de leur fonctionnement.

▪ **Production d'électricité et de vapeur en co-génération :**

Certaines des industries visitées satisfont leur besoins en énergies thermique et calorifique par une production de vapeur par des chaudières classiques et une production d'électricité par des groupes électrogènes ou la connexion au réseau de la SENELEC.

La production simultanée de vapeur pour des besoins de chauffage et d'électricité présente deux principaux avantages :

- réduction des coûts énergétiques suite à l'amélioration des rendements énergétiques de la conversion du fait de la récupération de la vapeur après production d'électricité ;
- amélioration de la fiabilité de la fourniture énergétique en limitant ou en éliminant le recours au réseau.

Néanmoins, les besoins en énergies thermiques pour différents secteurs d'activités étant très variables dans le temps, le dimensionnement du groupe de co-génération (chaudière et turbine) déterminera le niveau des économies à réaliser.

▪ **Amélioration de la qualité du réseau énergétique interne**

Dans certaines industries visitées, le réseau interne de distribution de vapeur et d'électricité génère d'importantes pertes non maîtrisées.

La revue de la conception du réseau et des équipements qui le compose accompagné de la mise en place d'une structure chargée du suivi, équipé d'instruments de mesure adaptés, permettrait de réaliser d'importantes économies.

▪ **Diverses mesures d'économie d'énergies :**

D'une manière générale, diverses mesures d'économie d'énergies peuvent être mises en œuvre aussi bien dans les grosses industries que dans les petites et les micro-industries. Parmi celles-ci, nous pouvons noter :

- Chauffage : choix adapté du type de chaudières, suivi du fonctionnement, vérification des rendements, amélioration de l'isolation, suivi de la qualité du traitement de l'eau, etc ;
- Turbines à vapeur ou à gaz : suivi du fonctionnement et des rendements, amélioration de la régulation ;
- Fours et séchoirs : système de régulation adapté, choix des brûleurs, analyse énergétique, etc ;
- Electricité et moteurs électriques : batteries de condensateurs, choix des types et des caractéristiques des moteurs, suppression des pertes en ligne, etc ;
- Isolation thermique : remplacement des matériaux inadéquats ;
- Réseaux de vapeur et de condensation : remplacement des appareils désuets, récupération de la chaleur des condensats, amélioration de l'isolation thermique ;
- Eclairage : installation d'appareils plus efficaces, contrôle et modification si nécessaire des conditions d'utilisation .

V IMPACTS DES TECHNOLOGIES RETENUES

Entre 1986 et 1990, le Programme d'Économies d'Énergie dans l'Industrie (PEEI) du programme ESMAP de la banque mondiale au Sénégal a permis la réalisation d'audits énergétiques dans des industries évoluant dans plusieurs secteurs d'activités et comprenant aussi bien des industries moyennes que de petites industries. Il ressort de cette étude que les gisements d'économies d'énergies représentent environ 17% de l'énergie consommée par ces industries.

En l'absence d'une réactualisation détaillée de l'ensemble des actions et technologies proposées, nous pouvons en souligner quelques unes particulièrement au niveau de la SONACOS et de la SENELEC qui entraînent des économies sensibles d'énergies et par voie de conséquence d'émissions de CO₂.

En effet au niveau de la SONACOS, pour la seule usine de Dakar, les investissements nécessaires pour l'amélioration de l'efficacité énergétique permettrait une réduction annuelle de 91870 T de CO₂ pour un coût global de 5 294 000 000 F CFA soit un coût unitaire de 6,40 dollars par tonne de CO₂ préservée, en considérant une durée de vie de 15 ans des équipements.

Concernant la centrale thermo – électrique C3 du Cap des Biches de la Sénélec, la réduction annuelle de CO₂ est de 19 635 T pour un investissement de 2 500 000 000 F CFA équivalent à un coût de la tonne de CO₂ préservée de 10,60 dollars pour une durée de vie de 20 ans des équipements prévus.

VI BARRIERES AU TRANSFERT DE TECHNOLOGIES

A) Barrières institutionnelles et administratives

- la complexité des procédures administratives;
- le besoin d'une amélioration du cadre juridique et judiciaire de l'activité économique ;
- l'inadaptation du système d'assistance-conseil notamment en direction des PME/PMI : la SONEPI et la SODIDA devrait pouvoir, une fois dotées de l'expertise nécessaire, assurer efficacement cette mission;
- l'incitation fiscale insuffisante pour stimuler les investissements en technologies propres;
- l'organisme de régulation du secteur de l'énergie, bien qu'existant, n'est pas encore opérationnel;
- le monopole de la distribution par un opérateur local : cette option dans l'actuel schéma de réforme du secteur de l'énergie peut, à notre avis constituer un écueil pour l'amélioration des performances globales du secteur de l'énergie.

B) Contraintes techniques

Les principaux obstacles techniques à un transfert efficace de technologies efficientes sont les suivants:

- le manque de compétitivité des coûts des facteurs de production par rapport à d'autres pays concurrentiels notamment en ce qui concerne l'eau, l'électricité, les transports, le coût de la main d'œuvre,
- l'insuffisance des capacités techniques et de gestion des entreprises et de la main d'œuvre qualifiée,
- La complexité liée à la mise en œuvre et à la maintenance de certaines technologies,
- L'inexistence d'une banque de données sur les nouvelles technologies, leur coût, les avantages qu'ils apportent ainsi que leur mode de mise en œuvre : Ceci est surtout valable pour les petites et micro-entreprises,

- La maîtrise insuffisante des nouvelles techniques, méthodes et outils de gestion des unités industrielles telles que le management de la qualité, la maintenance productive, la maintenance conditionnelle, la maîtrise statistique des processus, etc...

C) Contraintes financières

La principale contrainte est l'insuffisance des instruments financiers adaptés aux besoins des différents opérateurs économiques .

Nous avons pu constater que dans le cadre du programme d'économie d'énergies financé par la Banque Mondiale que seulement 15% des projets identifiés étaient réalisés alors que leur rentabilité était élevée et le temps de retour sur investissement était relativement faible (inférieur à deux ans). Les projets réalisés étaient ceux qui étaient les moins chers, de faible complexité et dont la rentabilité est grande et la plupart de ceux-ci étaient réalisés sur fonds propres des industries.

Ces résultats suggèrent la mise en place d'un instrument financier pour soutenir les entreprises dans la mise en œuvre de leur programme d'économie d'énergies. Les missions de financement des actions de formation et de renforcement des capacités organisationnelles, techniques et managériales des petites et moyennes entreprises et industries qui étaient dévolues à la fondation du secteur privé sont actuellement confiées à l'Agence de la Promotion des Investissements et des Grands Travaux (APIX). Il faudra prendre un certain nombre de dispositions pratiques afin de permettre la réalisation de ces actions par des procédures simplifiées.

Par ailleurs d'autres facteurs liés au fonctionnement de l'entreprise viennent en diminuer la productivité et donc la compétitivité, comme le retard technologique, la vétusté des équipements, la difficulté d'approvisionnement en intrants et la faible qualité ou l'insuffisance des matières premières locales.

Ces contraintes constituent un frein à l'essor du secteur privé en décourageant la modernisation des bases de production et l'afflux de l'investissement privé extérieur dont le rôle dans le transfert des technologies est indéniable.

VII SOLUTIONS STRATEGIQUES PROPOSEES

Les défis de l'économie sénégalaise et de son tissu industriel est sans conteste celui de sa compétitivité. Longtemps resté à l'abri de la concurrence internationale du fait de multiples situations protectionnistes, le Sénégal a connu de sérieux problèmes de compétitivité, comme en témoigne l'ampleur de la dévaluation en 1994.

La compétitivité de l'économie sénégalaise passe par sa capacité à stabiliser son cadre macroéconomique, à libéraliser et à déréglementer les activités économiques. Actuellement, le Sénégal participe au processus d'intégration régionale de l'union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA).

Ainsi l'économie sénégalaise qui rivalise avec les autres pays de l'UEMOA avec la mise en place de la zone de libre échange entre les pays de l'union entrée en

vigueur depuis janvier 2000, aura à faire face au défi de la compétitivité, ce qui nécessitera d'importants investissements.

La stratégie pour faire du secteur privé sénégalais, le moteur de l'économie nationale repose sur :

- le renforcement des bases à long terme du développement (infrastructures physiques, ressources naturelles, système juridique et judiciaire, financement),
- l'amélioration de l'efficacité des interventions de l'Etat (environnement propice à l'investissement privé, libéralisation du commerce et renforcement de la concurrence, adaptation de la législation du travail et de la politique fiscale),
- la mise en œuvre effective du code de l'environnement et de ses décrets d'applications,
- le renforcement des capacités du secteur privé y compris l'analyse du dispositif d'appui. Ce renforcement de capacités doit revêtir plusieurs formes :
 - Formation des intervenants locaux dans les techniques d'audit énergétique. En effet peu d'entreprises ont acquis l'expertise nécessaire pour mener des audits en milieu industriel ;
 - Mise en place de structures internes au sein des industries chargées de la mise en œuvre et du suivi de l'impact direct des mesures d'économies d'énergie ;
 - Formation des agents opérationnels au management de la qualité ;
 - Formation des agents opérationnels aux nouvelles méthodes de gestion de la maintenance ;
 - Formation des agents opérationnels au management de l'environnement ;
 - Favoriser le développement de l'expertise des cabinets nationaux dans les domaines de la maîtrise de l'énergie, la qualité et l'environnement.

CONCLUSIONS :

L'étude concernait les cinq industries les plus grosses consommatrices ou productrices d'énergie au Sénégal mais il faut reconnaître que l'environnement industriel est constitué principalement de petites ou micro industries ayant des caractéristiques souvent très différentes de celles-ci.

Il demeure indéniable qu'il y a un réel besoin en transfert de technologies écologiquement rationnel au profit de l'industrie sénégalaise comme dans tous les pays en développement.

Bien que l'objectif premier d'une industrie soit de réaliser des performances de gestion en vue d'assurer sa pérennité et que les technologies écologiquement rationnelles permettent dans la plupart des cas de générer des économies substantielles dans nos pays où le coût des facteurs de production est très élevé,

nous pensons que la mise en œuvre d'un mécanisme efficace de transfert de technologies doit répondre à un certain nombre d'impératifs :

- Le Conseil Supérieur de l'Industrie pourra jouer un rôle primordial dans la définition et le pilotage du processus de développement industriel du Sénégal. Pour ce faire, il est d'abord important de redéfinir les grappes industrielles, d'identifier les priorités conformément aux orientations stratégiques du plan d'orientation économique et social, de regrouper les besoins en termes de développement des capacités et d'agir au niveau des organisations professionnelles pour la satisfaction de ces besoins.
- L'agence de maîtrise de l'énergie doit être opérationnelle dans les meilleurs délais et une politique incitative en la matière doit être mise en œuvre;
- La mise en place d'un système de financement approprié des technologies écologiquement rationnelles, particulièrement pour les petites et moyennes industries ;
- La mise en application des arrêtés fixant les normes applicables en matière de protection de l'environnement après la récente promulgation du code de l'environnement ;
- La réelle implication des organisations professionnelles qui, organisées en branches d'activités, peuvent jouer un rôle au niveau de la sensibilisation, de la formation, de l'assistance technique et abriter une base de données régulièrement mise à jour dans le domaine des technologies écologiquement rationnelles surtout en faveur des petites et micro entreprises industrielles qui souffrent d'un manque criard de ressources financières et de compétences techniques de haut niveau.

Références bibliographiques

- **Methodological and technological issues in technology transfer** (a special report of IPCC working group III 2000);
- **Document de présentation journées de réflexion sur le secteur de l'énergie** (Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique) ;
- **Projet GF/2200 96-15 Evaluation des coûts des gaz à effet de serre au Sénégal** ;
- **Programme cadre II – Développement du secteur privé et promotion de l'emploi : L'industrie sénégalaise de 1992 à 1995** (Patrick MATHIEU Conseils)
- **Recent trends in oilseed processing** (Jean DENISE – Oléagineux Corps gras Lipides- Sept / Oct 98) ;
- **Rapport final – Etude d'impact et de danger ICS** (DAMES AND MOORE – 25 mars 1998) ;