

Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)

No. 35

Ministère de l'Industrie  
Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire  
République Tunisienne

# Etude du Recyclage des Déchets Industriels de la République Tunisienne

## Extrait du rapport de synthèse

Décembre 1998

**EX CORPORATION**

JICA LIBRARY



J 1147295 (8)

MPI

JR

98-181



**Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)**  
**Ministère de l'Industrie**  
**Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire**  
**République Tunisienne**

# **Etude du Recyclage des Déchets Industriels de la' République Tunisienne**

## **Extrait du rapport de synthèse**

**Décembre 1998**

**EX CORPORATION**



1147295 (8)

## Table des matières

1 Introduction .....	1
1.1 Arrière-plan de l'étude .....	1
1.2 Objectifs de l'étude .....	1
1.3 Politique de base de l'étude.....	1
1.4 Constitution et historique de l'étude.....	2
1.5 Rapports .....	4
1.6 Réalisation des séminaires .....	5
2 Situation de l'utilisation des ressources et bilan-matières macroscopique .....	6
2.1 Bilan-matières macroscopique .....	6
3 Situation de traitement des déchets .....	9
3.1 Quantité totale de génération.....	9
3.2 Génération/traitement des déchets urbains.....	9
3.3 Génération et traitement des déchets industriels.....	15
3.4 Situation actuelle du recyclage.....	23
3.5 Problèmes du traitement et du recyclage des déchets industriels.....	24
4 Etude sur le recyclage du phosphogypse.....	26
4.1 Génération et traitement du phosphogypse .....	26
4.2 Etude des moyens possibles d'utilisation du phosphogypse .....	27
4.3 Problèmes à résoudre pour la valorisation du phosphogypse.....	29
5 Examen de la possibilité du recyclage des matières préférentielles.....	32
5.1 Fer.....	32
5.2 Papier.....	35
5.3 Plastique .....	37
5.4 Aluminium .....	40
6 Objectif et domaine d'application de l'étude préliminaire de faisabilité .....	42
6.1 Situation actuelle et problèmes du recyclage en Tunisie.....	42
6.2 Principes de base du recyclage .....	43
6.3 Objets prioritaires de la promotion du recyclage en Tunisie.....	43
6.4 Sélection de l'objet de l'étude préliminaire de faisabilité.....	45
6.5 Objectifs de l'étude préliminaire de faisabilité.....	47
7 Promotion de recyclage du fer.....	48
7.1 Situation actuelle du recyclage du fer .....	48
7.2 Plan d'exploitation d'une usine de recyclage du fer (unité de four électrique).....	51
7.3 Plan d'aménagement des usines de traitement de ferraille (déchetage).....	64
8 Promotion de recyclage du papier .....	72
8.1 Situation actuelle de production et de recyclage du papier .....	72
8.2 Plan d'exploitation d'une usine de recyclage du papier .....	76
8.3 Plan d'aménagement du système de collecte des déchets de papier .....	83
8.4 Evaluation de la faisabilité du projet de recyclage des déchets de papier .....	86
9 Politiques et mesures de promotion du recyclage .....	93
9.1 Situation générale en Tunisie .....	93
9.2 Etat actuel du recyclage et ses problèmes .....	97
9.3 Politique pour le recyclage .....	109
9.4 Points essentiels de la politique du recyclage.....	121
10 Conclusion et propositions.....	124
10.1 Conclusion.....	124
10.2 Propositions.....	132



# 1 Introduction

## 1.1 Arrière-plan de l'étude

Le 8ème plan quinquennal de la Tunisie comporte les 5 principes suivants de développement:

- 1) Souci de la sauvegarde de l'environnement et la nature
- 2) Création de l'emploi et utilisation des ressources humaines
- 3) Encouragement du secteur agricole
- 4) Encouragement de l'exportation
- 5) Incitation aux investissements privés

Le recyclage des déchets industriels constitue également une branche importante du 8ème plan quinquennal. Le gouvernement tunisien vise à promouvoir le recyclage par prise de différentes mesures d'incitation telles que l'exonération des droits d'importation des installations de traitement des déchets industriels. Il y a toutefois des problèmes qui restent à être résolus (par exemple, maîtrise insuffisante des situations de génération et d'évacuation des déchets industriels. Compte tenu de cette situation, le gouvernement tunisien a adressé au Japon une requête de collaboration technique ayant pour objectif à court terme la promotion du recyclage des déchets industriels et pour objectif à long terme la mise en place d'un système viable de recyclage.

Suivant cette requête, l'Agence de Coopération Internationale (JICA) a détaché en Tunisie une mission d'identification du projet en août 1996 et une mission d'étude de base en novembre 1996 afin de tenir une discussion préliminaire visant à cerner l'objectif et la consistance de l'étude.

En juin 1997, fût détachée une mission d'étude préliminaire qui avait pour tâche d'arrêter définitivement la consistance de l'étude et de signer les termes de référence.

## 1.2 Objectifs de l'étude

Cette étude a pour but d'atteindre les suivants objectifs moyennant la promotion du recyclage des déchets industriels de la Tunisie:

- 1) Contribuer au développement de l'économie du pays grâce à l'exploitation optimale des ressources et à la réduction de l'importation des ressources et matériaux.
- 2) Contribuer à l'assainissement de l'environnement moyennant la réduction des déchets industriels par leur recyclage.
- 3) Contribuer au développement industriel du pays moyennant l'encouragement du recyclage en tant qu'activité économique.

## 1.3 Politique de base de l'étude

- 1) Collaboration étroite avec les intervenants tunisiens

La présente étude ne concerne pas uniquement la promotion du recyclage des déchets industriels proprement dit mais influera aussi sur la totalité de la politique industrielle de la Tunisie. Compte tenu de ceci, l'équipe d'étude reste en permanence en contact étroit avec les intervenants tunisiens.

- 2) Recommandations adéquates au sujet du rôle à jouer par le gouvernement et des mesures à prendre

Les recommandations portant sur les moyens d'incitation au recyclage à mettre en oeuvre devront bien tenir compte des rôles respectifs devant être joués par le Ministère de l'Industrie et le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire afin qu'elles s'adaptent bien au régime politique du pays.

### 3) Promotion du transfert de technologie

A l'occasion des études sur place, l'équipe d'étude assurera le maximum de transfert de technologie aux intervenants tunisiens en matière de méthodologie et pratique de l'étude. Dans le cadre de la présentation des directives de recyclage de chaque matière préférentielle à mettre en place dans l'avenir, l'équipe démontrera aussi des exemples concrets de recyclage au Japon et d'autres exemples de recyclage pratiqués dans les pays industrialisés.

## 1.4 Constitution et historique de l'étude

### (1) Equipe d'étude

Le consultant opérateur de la présente étude est "Ex Corporation S.A."

### (2) Intervenants tunisiens

Les intervenants tunisiens de l'équipe d'étude sont le Ministère de l'Industrie et le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire.

Le tableau 1.4-1 récapitule les différents organismes membre du comité de pilotage constitué du Ministère de la Coopération Internationale et de l'Investissement Extérieur ainsi que des centres techniques sous la tutelle des deux ministères concernés.

### (3) Consistance de l'étude

Cette étude consiste essentiellement en 3 étapes ci-après:

- 1) Elaboration de l'inventaire de génération/évacuation des déchets industriels
- 2) Sélection des matières préférentielles de recyclage, étude complémentaire et sélection des matières devant faire l'objet de l'étude préliminaire de faisabilité
- 3) Réalisation de l'étude préliminaire de faisabilité portant sur la construction et l'exploitation des usines de recyclage des matières précitées

A l'issue de la recherche, l'équipe a enfin opté pour le fer et le papier en tant que matières objets de l'étude préliminaire de faisabilité.

Parallèlement à l'étude précitée, l'équipe a recensé les situations de génération du phosphogypse, sa qualité et le procédé de fabrication de l'acide phosphorique responsable de la naissance du phosphogypse afin de rechercher la possibilité de recyclage de cette matière constituant un problème resté irrésolu du pays.

Le processus de l'étude menée par l'équipe d'étude est présenté au tableau 1.4-2.



Tableau 1.4-1 Organismes membres du comité de pilotage

Ministère de l'Industrie, et les organismes sous sa tutelle

Direction Générale de l'Industrie

Direction Générale des Mines

Institut National de Normalisation et de Propriété Industrielle (INNORPI)

Centre Technique des Industries Mécaniques et Electriques (CETIME)

Centre Technique de l'Emballage et du Conditionnement (PACKTEC)

Centre Technique de la Chimie (CTC)

Centre Technique des Matériaux de Construction, Cramique et Verre (CTMCCV)

Centre Technique du Textile (CETTEX)

Centre Technique de Bois et Ameublement

Centre National du Cuir et de la Chaussure (CNCC)

Agence de Promotion de l'Industrie (API)

Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement de Territoire, et les  
organismes sous sa tutelle

Direction du Contrôle des Déchets Industrielle

Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)

Centre International de Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)

Ministère des Affaires Etrangères

Ministère du Développement Economique

Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (UTICA)

Groupe Chimique Tunisien

Tableau 1.4-2 Processus de travail de l'équipe d'étude

Etape de travail	Période		Activités majeures
Préparatifs au Japon	08/10/ - 17/10/1997	(0,33 mois)	Rédaction du rapport de commencement
1ère mission en Tunisie	08/11 - 13/12/1997	(1,20 mois)	Etablissement de l'inventaire des déchets industriels
1ère tranche de travail au Japon	25/12/1997 - 13/01/1998	(0,67 mois)	Rédaction du rapport intermédiaire (1)
2ème mission en Tunisie	12/02 - 26/03/1998	(1,33 mois)	Sélection de matière préférentielle
2ème tranche de travail au Japon	12/05 - 31/05/1998	(0,67 mois)	Rédaction du rapport intermédiaire (2)
3ème mission en Tunisie	01/06 - 10/07/1998	(1,33 mois)	Etude préliminaire de faisabilité de recyclage
3ème tranche de travail au Japon	20/07 - 17/08/1998	(0,97 mois)	Rédaction du projet du rapport de synthèse
Présentation du projet de rapport	08/10 - 17/10/1998	(0,33 mois)	Présentation/discussion du projet du rapport de synthèse
Rédaction du rapport de synthèse	02/11 - 05/12/1998	(0,33 mois)	Rédaction/présentation du rapport de synthèse

## 1.5 Rapports

Les rapports ayant été rédigés et présentés aux contreparties tunisiennes sont les suivants:

Titre	Présentation	Rapport rédigé
Rapport de commencement	Novembre 1997	Début de la 1ère mission
Rapport d'avancement (1)	Décembre 1997	Fin de la 1ère mission
Rapport intermédiaire (1)	Février 1998	Début de la 2ème mission
Rapport d'avancement (2)	Mars 1998	Fin de la 2ème mission
Rapport intermédiaire (2)	Juin 1998	Début de la 3ème mission
Rapport d'avancement (3)	Juillet 1998	Fin de la 3ème mission
Projet du rapport de synthèse	Septembre 1998	Avant l'exposé sur le projet du rapport de synthèse
Rapport de synthèse	Décembre 1998	

## 1.6 Réalisation des séminaires

Les séminaires et séances de travail ayant été organisés au cours de l'étude sont les suivants. Les documents afférents ont été distribués aux participants.

Sujet du séminaire	Organisé le :
Recyclage des déchets industriels au Japon	02/12/1997
Recyclage du phosphogypse et de la boue contenant les métaux lourds	08/06/1998
Recyclage des métaux non-ferreux	22/06/1998
Bilan-matières et recyclage du papier et du fer	26/06/1998
Orientation de l'industrie de recyclage du papier et du fer	13/10/1998

## 2 Situation de l'utilisation des ressources et bilan-matières macroscopique

### 2.1 Bilan-matières macroscopique

L'équipe d'étude a établi un bilan-matières de l'ensemble du pays pour comprendre comment les matières premières sont utilisées, produites et consommées en Tunisie.

La production locale ainsi que les quantités d'importation et d'exportation des matières premières et des produits sont indiquées dans le tableau 2.1-1. Les chiffres comprennent l'énergie telle que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel (dont le volume est converti en tonne de pétrole). Le schéma macroscopique du flux des matières est montré à la figure 2.1-1 avec les représentations quantitatives.

Tableau 2.1-1 Exportation, importation et production locale des matières premières et des produits (1996)

	unité: mille tonnes	
	Matières premières	Produits
(1) Exportation	10.586	5.674
(2) Importation	10.664	4.729
(3) Production locale	29.512	20.652

Les matières premières utilisées dans le pays comprennent les produits locaux, les produits importés ainsi que les matériaux recyclés provenant d'une partie des déchets industriels. Ces matières premières sont soit exportées telles quelles, soit utilisées à la fabrication des produits. Dans ces étapes, une partie de ces matières premières devient déchets industriels et une autre partie est consommée comme énergie. Le tableau 2.1-2 explique cette relation.

Tableau 2.1-2 Relation entre les matières premières et les étapes de production (1996)

Etapes de production primaire		Etapes de production	
Importation de matière première	10.664	Exportation de matière première	10.586
Production locale de matière première	29.512	Façonnage en produits	20.652
Matière recyclée (Provenant des déchets industriels)	2.453	Déchets industriels (à rejeter)	7.355
		Déchets industriels (à recycler)	2.453
		Consommation d'énergie durant les étapes de production	1.583
	42.629		42.629

Ensuite, les produits importés ou fabriqués dans le pays sont exportés à l'étranger ou consommés dans le pays. Une partie de ces produits est à consommer en tant qu'énergie, comme le montre le tableau 2.1-3.

Tableau 2.1-3 Relation entre les étapes de production et celles de consommation (en 1996)  
Unité: mille tonnes

Étapes de production		Étapes de consommation	
Importation de produits	4.729	Exportation de produits	5.674
Production locale de produits	20.652	Consommation locale	14.947
		Consommation finale d'énergie	4.760
	25.381		25.381

La quantité de génération des déchets industriels est de 9.808.000 tonnes, dont 2.453.000 tonnes sont recyclées comme matières premières régénérées, et 7.355.000 tonnes sont rejetées définitivement. La figure 2.1-1 présente la partie recyclée et celle rejetée. Parmi les 7.355.000 tonnes de déchets mis en décharge, environ 5.145.000 tonnes sont estimées provenant du phosphogypse, et les 2.210.000 tonnes qui restent sont composées de divers déchets industriels.

Le volume total de déchets industriels correspond à celui estimé sur la base des résultats de l'enquête effectuée par l'équipe d'étude, cependant, l'estimation sur une partie des déchets mis en décharge peut être exagérée. Ceci est expliqué par le fait que les données sur le volume des boues évacuées dans les effluents incluent la part en eau. Il faut examiner avec précaution les chiffres concernant cette partie.

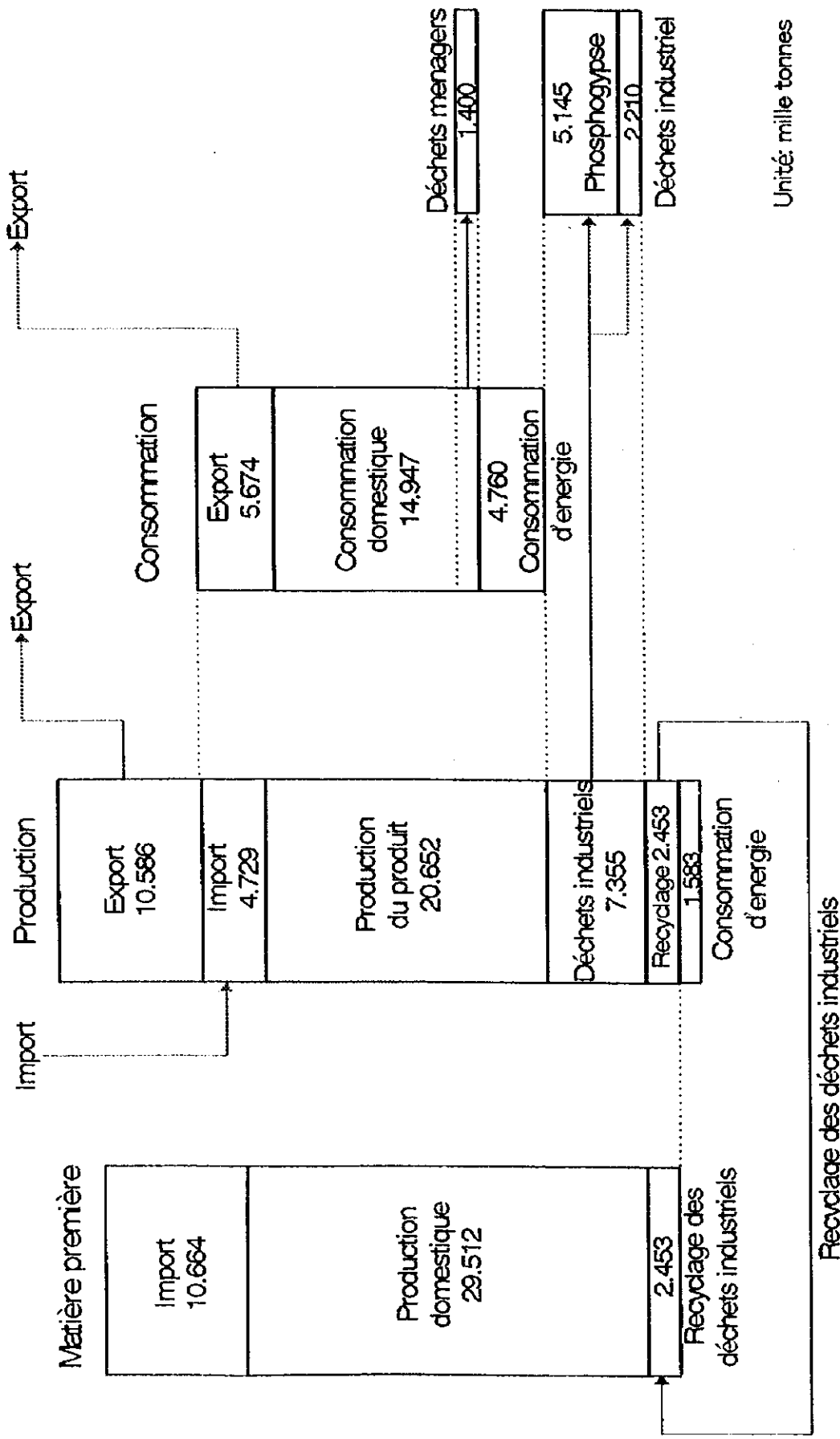


Figure 2.1-1 Bilan Matière in Tunisie

### 3 Situation de traitement des déchets

#### 3.1 Quantité totale de génération

##### 3.1.1 Classement des déchets

La présente étude porte essentiellement sur le recyclage des déchets industriels. Cependant, parmi les déchets recyclables, il y a non seulement les déchets industriels, mais aussi les déchets ménagers comme les papier, les cartons, les boîtes d'acier, etc. L'étude tiendra donc également compte des déchets ménagers recyclables.

Comme l'indique clairement le tableau 3.1-1, les déchets considérés dans le cadre de l'étude sont classés en gros en 5 catégories y compris les déchets spéciaux.

Tableau 3.1-1 Classement des déchets

Classement	Nature des déchets inclus	Récupérateur
Déchets urbains	Déchets ménagers Ordures de balayage des routes Déchets provenant des jardins / plantes Déchets commerciaux (des établissements commerciaux, restaurants, hôtels) Déchets des bureaux	Municipalités ou leurs sous-traitants
Déchets industriels	Déchets provenant des usines Déchets commerciaux (provenant de grands magasins ou de grands hôtels) Déchets de grands bureaux	Evacuateurs ou leurs sous-traitants
Déchets de construction	Déchets provenant des travaux de construction (démolition des immeubles, etc.)	Evacuateurs ou leurs sous-traitants
Déchets agricoles	Matières fécales du bétail Déchets provenant de la culture	Evacuateurs
Déchets spéciaux	Déchets des hôpitaux	Selon les cas

#### 3.2 Génération/traitement des déchets urbains

##### 3.2.1 Quantité de génération des déchets urbains

La quantité de déchets ménagers générés dans toute la Tunisie en 1994 est estimée à 1,2 million de tonnes. Comme la population de cette année était de 8.785.400 personnes, la quantité de déchets générés par habitant est calculée à 374 g/jour. Cependant, comme l'indique le tableau 3.2-1, la quantité par jour-habitant dans les zones urbaines est beaucoup plus grande que la valeur moyenne de 374 g. Il faut donc considérer que la quantité de déchets générés par jour-habitant est très petite dans les zones rurales. Mais en considération de cette variation, et aussi d'après le fait que la quantité de déchets ménagers ne peut pas être négligeable en réalité, la quantité effective doit être plus importante que cette valeur.

Tableau 3.2-1 Quantité de génération par habitant de déchets ménagers

Zone	Quantité des déchets par habitant	Caractéristiques de la ville
Grand Tunis	0,5 kg / jour-habitant	Zone métropolitaine
Sousse	0,75 kg / jour-habitant	Ville industrielle au Sud de Tunis
Sfax	1,0 kg / jour-habitant	2ème ville en Tunisie
Carthage et Sidi Bou Said	1,5 à 2,5 kg / jour-habitant	Sites touristiques dans la banlieue nord de Tunis

Tableau 3.2-2 Composition des déchets ménagers

Composition	Taux (%)	Quantité totale (tonnes/an)	Quantité par habitant	
			(kg/an)	(g/jour)
Organique	53	689.000	78,42	210
Plastique	20	130.000	14,80	40
Papier et carton	8	104.000	11,84	30
Déchets de fibre	4	52.000	5,92	20
Déchets de métaux	2	26.000	2,96	10
Déchets de verre	1	13.000	1,48	4
Déchets toxique	1	13.000	1,48	4
Autres	22	286.000	32,55	90
Total	100	1.300.000	149,45	410

Source: PRONAGDES

### 3.2.2 Génération/traitement des déchets urbains de Grand Tunis

#### (1) Organisation de la gestion des déchets urbains de Tunis

##### a) Ville de Tunis

La municipalité de Tunis prend en charge la collecte, le transport et le rejet des déchets urbains générés dans toute l'agglomération de Tunis. L'organisation de la gestion des déchets exécutée par la municipalité de Tunis est indiquée à la figure 3.2-1. Les trois sous-directions dans la direction de la propreté s'occupent de la collecte et du transport des déchets de chacune des circonscriptions Nord, Centrale et Ouest de Tunis. Il y a en plus la sous-direction de logistique et d'étude.

Les tâches de chaque sous-direction sont les suivantes :

- Collecte et transport des déchets ménagers
- Collecte et transport des déchets verts
- Collecte et transport des déchets de chantier
- Nettoyage, collecte et transport des déchets de la voirie publique
- Nettoyage des caniveaux et désherbage des espaces publics comme parcs
- Nettoyage des cours d'eau
- Collecte des déchets encombrants et des cadavres d'animaux



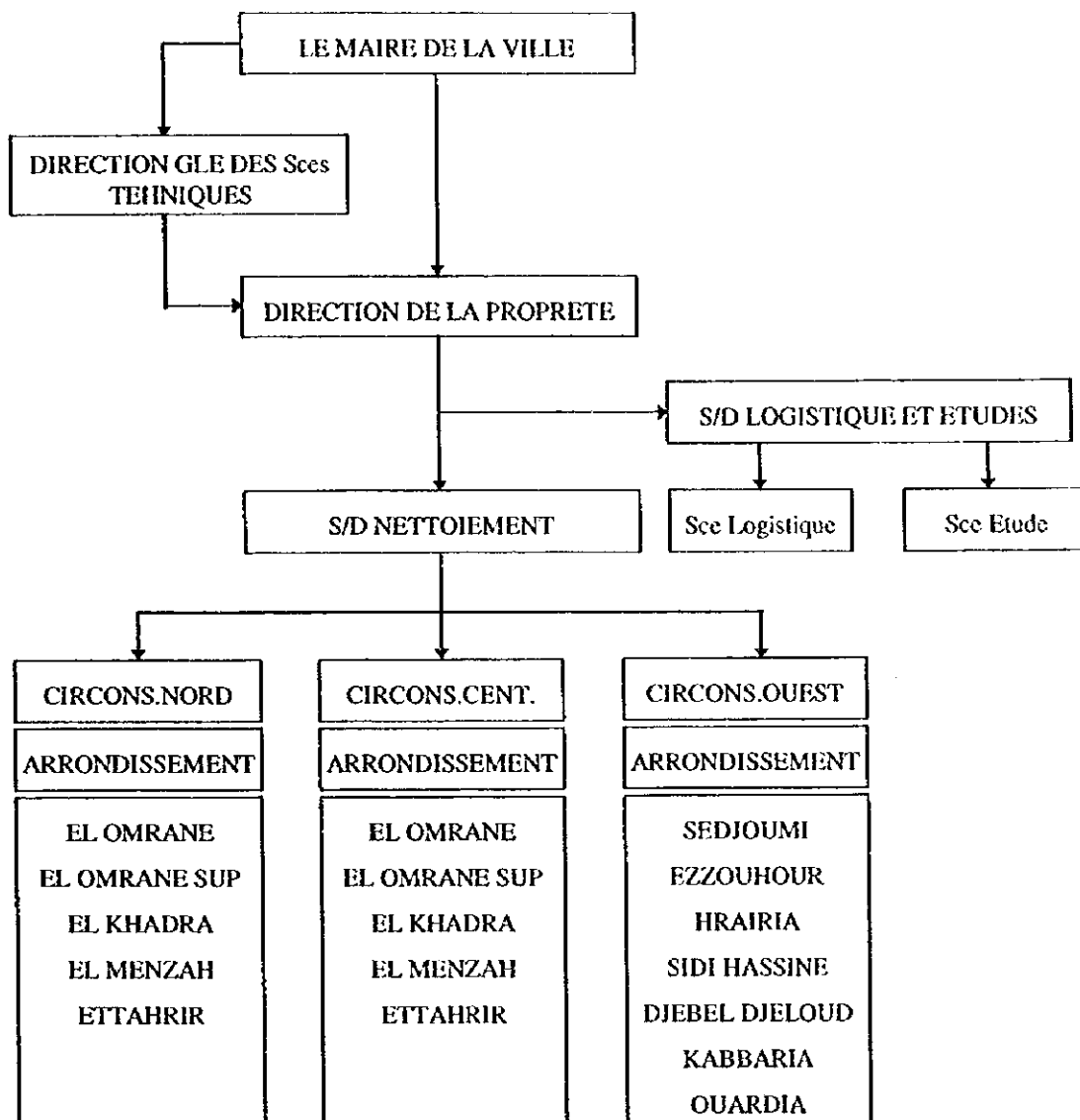


Figure 3.2-1 Organigramme de la Direction de la Propreté de Tunis

#### b) Agence Municipale de Traitement et de Valorisation des Déchets

L'Agence Municipale de Traitement et de Valorisation des Déchets (AMTVD) est une entreprise publique fondée en 1991 par la municipalité de Tunis. Elle a pour mission d'assurer la gestion de la décharge existante de Henchir Lihoudia située au sud de Tunis

Le site de la décharge finale de Henchir Lihoudia gérée par ladite agence reçoit 1.200 tonnes de déchets ménagers et industriels par jour. Avant la fondation de l'agence, ce site était un lieu de décharge illégale. L'AMTVD a amélioré cette situation en couvrant les déchets de la terre. L'agence perçoit une taxe de 4DT la tonne pour les déchets ménagers et 4 à 7 DT la tonne pour les déchets industriels.

Une nouvelle décharge publique capable de satisfaire aux standards est en cours de construction à Jabel Chekir et sera bientôt achevée. La gestion de cette décharge sera confiée à une entreprise privée sous la compétence de l'ANPE. Dès la mise en service

de cette nouvelle décharge, la décharge actuelle sera fermée et l'AMTVD terminera sa mission.

## (2) Etats actuels de la génération des déchets à Tunis

### a) Déchets ménagers

La quantité de déchets ménagers générés à Tunis est de 202.000 tonnes/an. La quantité par quartier est indiquée au tableau 3.2-3. En plus des déchets ménagers, il y a 131.000 m<sup>3</sup> de déblais et gravats des travaux.

Plus de 50% des déchets ménagers sont des ordures ménagères organiques. La teneur en verre est très faible, soit 0,4% seulement. Ceci est probablement dû au système de consignation bien répandu. Le pourcentage des déchets de plastique est de 12%; ce chiffre est appelé à s'accroître.

### b) Déchets de chantier

Les déchets de chantier issus des travaux publics de la ville de Tunis sont collectés par la municipalité elle-même. La quantité annuelle de ce type de déchets générés a été de 100.661 m<sup>3</sup> en 1996.

### c) Déchets de jardins/plantes et déchets provenant des espaces publics

La municipalité collecte également les déchets verts évacués des jardins des maisons individuelles. La quantité de déchets verts collectés a été de 55.000 m<sup>3</sup> en 1996.

La municipalité assure aussi le nettoyage des espaces publics tels que les parcs et les cimetières. La quantité de déchets verts provenant de désherbage des espaces publics a été de 7.000 m<sup>3</sup> en 1996 pour la superficie totale de 166 ha.

### d) Déchets commerciaux

La municipalité assure également la collecte des déchets des entreprises dans la ville en percevant la taxe de collecte de 3 DT la tonne, mais en même temps, en payant 4 DT la tonne à AMTVD pour la décharge. La municipalité prend en charge donc 1 DT la tonne de déchets. Naguère, elle collectait gratuitement les déchets des cafés et des petites boutiques du centre-ville, mais à partir du juillet 1997, elle impose systématiquement les frais de collecte à tous les établissements bénéficiaires.

Tableau 3.2-3 Etat de génération des déchets dans la ville de Tunis

Zone	Tunis ville	Tunis Nord	Tunis sud-ouest
Quartiers	Bab Bhar, Medina, Bab Souika et Sidi Bechir	Omrane, Omrane supérieur, Ettahrir, El Menzah et El Khadra	Djebel Jeloud, Ouardia, Sedjoumi, Ezzouhour, Hrairia et Sidi Hassine
Population	205.400	159.700	280.000
Génération totale/an (tonne)	73.730	52.520	74.750
Génération/personne/an (kg)	359	329	270
Génération/personne/jour (kg)	0,98	0,90	0,74
Proportion (%)	36,5	26,0	37,5

Source; Communication sur la Gestion des déchets dans la Ville de Tunis, Municipalité de Tunis, 1997

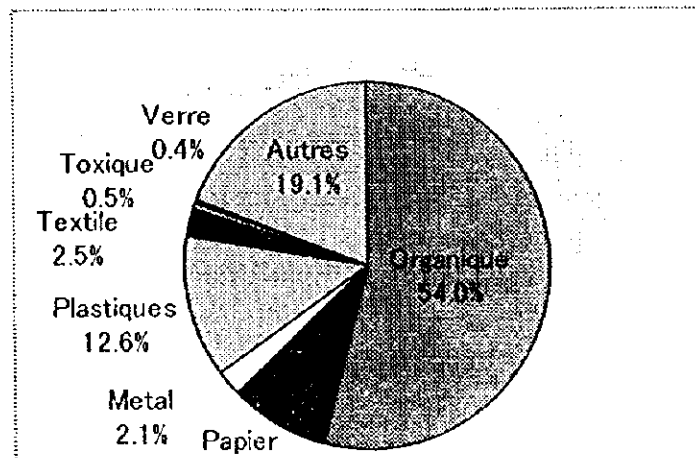


Figure 3.2-2 Composition des déchets ménagers

### (3) Etats actuels du traitement et du recyclage des déchets à Tunis

#### a) Enfouissement

A l'heure actuelle, la totalité des déchets ménagers collectés dans Tunis est enfouie soit dans la décharge de Henchir Lihoudia soit dans une autre décharge. La première reçoit 1.200 tonnes/jour y compris les déchets industriels et la deuxième 400 tonnes/jour.

#### b) Compostage

Une partie des déchets organiques est déposée dans l'unité de compostage de Henchir Lihoudia. Il s'agit d'une unité pilote gérée par l'Institut National de la Recherche Scientifique. Le compost produit est utilisé pour les études par les instituts et les écoles d'agronomie. Les déchets organiques destinés au compostage proviennent de la collecte sélective pratiquée au quartier d'El Khadra (Tunis) dans le cadre du projet de valorisation des déchets qui a été lancé en 1994. Grâce à la campagne faite auprès des habitants du quartier pour la collecte sélective, les résultats ont été satisfaisants au

Tableau 3.2.3. Etat de décomposition des déchets dans la ville de Tunis

Zone	Tunis ville	Tunis Nord	Tunis et l'ouest
Quartiers	Bab Bhar Medina Rab Souika et Sidi Bechu	Omrane Omrane Supérieure El Tahira El Menzali et El Khadra	Diplôme et l'ouest Oudina Sadjornia Lizzouhiana Htraia et Sidi Hassine
Population	205.400	159.700	280.000
Génération totale/an (tonnes)	73.730	52.520	71.450
Génération/personne/an (kg)	359	329	255
Génération/personne/jour (kg)	0,98	0,90	0,70
Proportion (%)	36,5	26,0	37,5

Source: Communication sur la Gestion des déchets dans la Ville de Tunis, Ministère de l'Environnement.

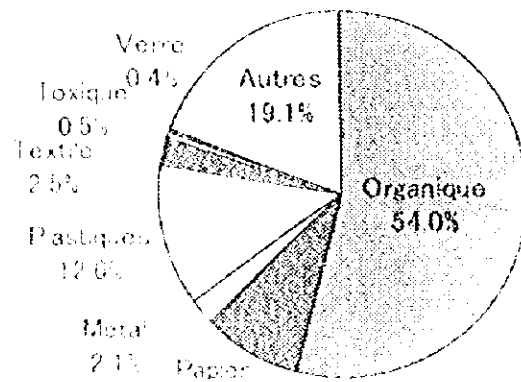


Figure 3.1.2. Composition des déchets municipaux

### (3) Etats actuels du traitement et du recyclage des déchets municipaux

#### a) Entassement

A l'heure actuelle, la totalité des déchets municipaux se déverse dans les décharges de Hancha El Khadra soit dans une zone d'environ 100 ha. Environ 1.200 tonnes-jour y compris les déchets industriels sont envoyés dans ces décharges.

#### b) Compostage

Une partie des déchets organiques est déposée dans l'unité de compostage de Hancha El Khadra. Il s'agit d'une unité pilote gérée par l'Institut National de la Recherche Scientifique. Le compost produit est utilisé pour les études par les centres de recherche d'agronomie. Les déchets organiques destinés au compostage proviennent de la collecte sélective pratiquée au quartier d'El Khadra l'ouest dans le cadre de projets de valorisation des déchets qui a été lancé en 1994. Grâce à la campagne de sensibilisation des habitants du quartier pour la collecte sélective, les résultats ont été satisfaisants.

début. Mais depuis quelques années, les activités ont eu tendance à perdre de leur dynamique à cause de la détérioration des équipements nécessaires comme les conteneurs. Après une interruption, les organismes concernés se sont réunis pour soumettre le projet à l'examen pour qu'il puisse être repris à partir de décembre 1997.

### c) Recyclage

Un projet de recyclage du papier a été effectué dans le quartier d'El Khadra précité. La municipalité de Tunis a mis en place une installation de tri des déchets dans ce quartier pour stocker et vendre les déchets de papier triés aux petits ramasseurs privés qui le transportent aux usines de recyclage de papier, mais la complexité des formalités requises faisait obstacle à la vente. La municipalité reprendra ce projet qui est actuellement inactif.

Un autre projet de recyclage du papier est en cours dans le centre-ville de Tunis dans le cadre du partenariat entre les villes de l'Europe et de l'Afrique du Nord. Le partenaire de Tunis est la ville de Turin (Italie) qui dispose d'une riche expérience en matière de collecte sélective des déchets. La ville de Tunis a été choisie comme partenaire du projet de recyclage du papier, car la Tunisie est un pays importateur de déchets de papier, de la Libye ou de l'Algérie, pour ses besoins en déchets comme matériau de papier régénéré. Ce projet a démarré en janvier 1997. De nombreuses boîtes de collecte du papier recyclable ont été déposées dans les bureaux de grande taille, les établissements publics et les établissements scolaires qui se trouvent dans le quartier faisant l'objet du projet ; 123 boîtes au quartier de Bab Bahr, 130 à Cité Charguia, 39 à El Menzah et 25 à Médina. La municipalité de Tunis a lancé une campagne de sensibilisation auprès des bureaux et aux écoles pris pour cible. Dans la phase I de ce projet, les pays de l'Union Européenne ont fourni des boîtes de collecte. Des conteneurs, des véhicules ramasseurs ainsi que des presses seront mis à disposition au cours de 1998 Dans le cadre de la phase II du projet. Les déchets de papier ainsi récupérés seront transportés à la papeterie Belvédère, la plus grande installation de recyclage du papier en Tunisie. Comme ce projet concerne les quartiers où les petits ramasseurs privés ne travaillent pas, il ne gênera pas leurs activités sur le marché des déchets de papier. Le prix de vente des déchets de papier collectés est estimé entre 20 et 100 DT/tonne.

### 3.3 Génération et traitement des déchets industriels

#### 3.3.1 Estimation du volume de génération des déchets industriels

L'équipe d'étude a effectué une enquête des 1.000 entreprises manufacturières sur leur génération des déchets industriels.

(1) Objectif de l'enquête

Cette enquête visait à obtenir les données de base pour évaluer le volume total des déchets industriels générés dans l'ensemble de la Tunisie.

(2) Période de l'enquête

Le questionnaire a été envoyé à chaque entreprise en décembre 1997 pour être récupéré avant la fin du mois de janvier 1998. L'équipe a continué la récupération complémentaire de l'enquête jusqu'au mois de mars 1998.

(3) Classement des données

Les données ainsi obtenues sont classées par secteur industriel pour calculer le volume de génération de chaque type des déchets industriels.

① Code de classement du secteur industriel

Pour classer les secteurs industriels, l'équipe a adopté le code NAP utilisé en Tunisie. Dans la liste des entreprises établie par l'API utilisée dans la présente étude, les secteurs sont classés selon le code API défini récemment et adopté uniquement par l'API pour le moment. Cependant, étant donné que les statistiques nationales comme celles de la production utilisent toujours le classement du code NAP, l'équipe a jugé convenable de l'adopter pour déduire la génération des déchets industriels. Par conséquent, l'équipe a établi le tableau de conversion entre le code NAP et le code API (voir Annexe #). Le tableau 3.3-1 présente l'aperçu du classement NAP.

② Code de classement des déchets industriels

Comme un classement officiel des déchets industriels n'était pas encore défini en Tunisie lors de la présente étude, l'équipe a adopté le classement japonais des déchets industriels. Suite à la publication officielle du classement tunisien des déchets industriels en avril 1998, l'équipe a examiné la possibilité d'appliquer ce classement à la présente étude. Mais, étant donné que les articles des deux classements ne correspondent pas entre eux, l'équipe ne l'a pas adopté à cause de la difficulté de conversion simple. Le tableau 3.3-2 présente le classement des déchets industriels.

(4) Méthode d'évaluation de la génération totale des déchets industriels

Le volume total de déchets industriels du pays a été évalué à partir des volumes de déchets calculés par les secteurs NAP et par classement du déchet industriel, sur la base de la proportion de la production des entreprises qui ont répondu au questionnaire par rapport à la production totale du pays de chaque secteur industriel. A savoir, l'estimation présentée par la formule suivante a été effectuée par chaque secteur industriel et pour chaque catégorie de déchet industriel.

Quantité de déchets industriels générés = Quantité de déchets industriels obtenue par l'enquête  $\times$  (Production totale de l'ensemble du pays / Production totale des entreprises qui ont répondu au questionnaire)

La présente enquête a été effectuée à la fin de l'année 1997. Comme les statistiques sur la production de l'année 1997 n'étaient pas encore publiées, l'équipe l'a estimée par ses propres soins à partir de la production des années 1995 et 1996 ainsi que de l'indice de production des années 1996 et 1997. Cette estimation est détaillée dans l'Annexe ##.

#### (5) Résultats de l'estimation

Le tableau 3.3-3 présente les catégories des déchets industriels générés ainsi évalués, en ordre décroissant. Bien que la quantité estimée du phosphogypse soit le chiffre obtenu lors des visites d'usines, et non pas de l'enquête, il figure quand même dans le tableau à titre comparatif.

Tableau 3.3-1 Code NAP de classement des secteurs industriels

Code NAP	Catégorie
12	Industrie laitière
13	Transformation des grains
14	Fabrication d'huile et d'autres corps gras
15	Conserverie
16	Industrie du sucre, de la confiserie et de la chocolaterie
17	Industries agricoles et alimentaires diverses
18	Fabrication de boissons
19	Industrie du tabac
21	Extraction et façonnage de produits de carrière
22	Fabrication de ciment et d'ouvrages en ciment
23	Industrie de céramique
24	Industrie du verre
31	Sidérurgie, métallurgie des non ferreux, fonderie
32	Travail des métaux
33	Fabrication de machines et équipements agricoles et industriels
34	Fabrication d'automobiles et de cycles
35	Construction et réparation d'autres matériels de transport
36	Fabrication de matériels électriques
37	Fabrication de matériels électroniques
38	Fabrication d'équipements ménagers
42	Industries chimiques de base (sauf fabrication d'engrais)
43	Parachimie
44	Industrie pharmaceutique
45	Industrie du caoutchouc et du pneumatique
51	Filature, tissage, finissage
52	Fabrication de tapis
53	Bonneterie
54	Fabrication de vêtements
55	Industries du cuir et de la chaussure
61	Industrie du bois
62	Industrie du papier, de l'imprimerie et de l'édition
63	Fabrication de produits en matière plastique
64	Industries diverses

Tableau 3.3-2 Code de classement des déchets industriels

Catégorie	Sous-catégorie
01 Cendre	011 Résidu de combustibles et résidu solide de combustion
02 Boue	021 Boue inorganique
	022 Boue organique
	023 Boue mixte organique/inorganique
03 Huile usée	031 Huile minérale ou animales/végétales usée
	032 Solvants chlorés
04 Effluent acide	040 Acides résiduaire organiques/inorganiques et autres effluents acides etc.
05 Effluent alcalin	050 Effluents alcalins
06 Déchets de plastique	061 Matières thermoplastiques, pvc, plastique thermo-durcissable, matériaux composés (sauf pneus usagés)
	062 Pneus usagés (déchets de caoutchouc synthétique)
07 Déchets de papier	070 Déchets de papier
08 Déchets de bois	080 Déchets de bois
09 Déchets de fibres	090 Déchets de fibres naturels
10 Résidus végétaux et animaux	100 Résidus végétaux et animaux
11 Déchets de gomme	110 Déchets de caoutchouc naturel
12 Déchets de métaux	121 Déchets ferreux
	122 Déchets non-ferreux
13 Déchets de verre et de céramique	131 Déchets de verre
	132 Déchets de céramique
14 Scories et laitier	141 Sable de moulage
	142 Scories et laitiers
	143 Autres scories
15 Débris de construction	150 Débris de construction
18 Poussières	180 Poussières



Tableau 3.3-3 Estimation de la quantité de déchets industriels générés en Tunisie  
(par catégorie de déchet industriel et en ordre décroissant)

Code	Catégorie	Tonnes/an	Proportion(%)
	Phosphogypse	6.000.000	(Note)
180	Poussière	1.117.446	24,1
22	Boue organique	784.677	16,9
132	Déchets de céramique	731.151	15,8
100	Résidus végétaux et animaux	482.667	10,4
23	Boue mixte organique/inorganique	314.798	6,8
40	Effluent acide	179.200	3,9
121	Déchets de métaux	160.953	3,5
142	Scories et laitiers	155.403	3,4
21	Boue inorganique	150.628	3,2
61	Déchets de plastique	128.665	2,8
50	Effluent alcalin	125.052	2,7
90	Déchets de fibres	78.508	1,7
80	Déchets de bois	68.877	1,5
181	Autres poussières	43.715	0,9
31	Huile usée	25.637	0,6
131	Déchets de verre	23.831	0,5
143	Autres scories	20.214	0,4
122	Déchets non ferreux	19.230	0,4
70	Déchets de papier	15.354	0,3
150	Débris de construction	7.517	0,2
141	Sable de moulage usé	4.643	0,1
11	Cendre	2.935	0,1
110	Déchets de gomme	1.366	<0,05
62	Pneus usagés	459	<0,05
32	Solvants chlorés	62	<0,05
	<b>Total</b>	<b>4.642.989</b>	<b>100,0</b>

Note : Les données sur la quantité du phosphogypse proviennent des interviews à l'usine, et non pas de l'évaluation à partir des résultats de l'enquête. Le phosphogypse est donc exclu du total.

Tableau 3.3-4 Estimation de la quantité de déchets industriels  
(par classement de NAP et en ordre décroissant)

Code	Classement de NAP	tonnes/an	(%)
22	Fabrication de ciment et d'ouvrages en ciment	1.330.347	28,65
55	Industries du cuir et de la chaussure	752.636	16,21
23	Industrie de céramique	622.953	13,42
31	Sidéurgie, métallurgie des non ferreux, fonderie	604.389	13,02
16	Industrie du sucre, de la confiserie et de la chocolaterie	322.457	6,95
21	Extraction et façonnage de produits de carrière	167.031	3,6
17	Industries agricoles et alimentaires diverses	134.008	2,89
54	Fabrication de vêtements	125.483	2,7
18	Fabrication de boissons	125.191	2,7
15	Conserverie	89.333	1,92
36	Fabrication de matériels électriques	66.933	1,44
61	Industrie du bois	59.034	1,27
51	Filature, tissage, finissage	58.579	1,26
62	Industrie du papier, de l'imprimerie et de l'édition	34.925	0,75
42	Industries chimiques de base (sauf fabrication d'engrais)	26.114	0,56
12	Industrie laitière	23.049	0,5
24	Industries de verre	21.988	0,47
32	Travail des métaux	17.131	0,37
14	Fabrication d'huile et d'autres corps gras	13.887	0,3
34	Fabrication d'automobiles et de cycles	13.274	0,29
35	Construction et réparation d'autres matériels de transport	11.089	0,24
63	Fabrication de produits en matière plastique	7.306	0,16
53	Bonneterie	4.635	0,1
37	Fabrication de matériel électronique	3.542	0,08
64	Industries diverses	3.074	0,07
45	Industries du caoutchouc et du pneumatique	1.920	0,04
13	Transformation des grains	1.734	0,04
43	Parachimie	751	0,02
19	Industries du tabac	51	<0,02
44	Industrie pharmaceutique	24	<0,02
33	Fabrication de machines/équipements agricoles et industriels	12	<0,02
38	Fabrication d'équipements ménagers	5	<0,02
Total		4.642.883	100,0

### 3.3.2 Situation actuelle du recyclage, du traitement et du rejet des déchets industriels

L'enquête portait également sur les méthodes de traitement, de rejet et de recyclage des déchets générés. Il y a deux méthodes de recyclage ; le recyclage interne par le générateur des déchets qui consiste à les réutiliser en tant que matière première, et la vente aux entreprises de recyclage. Les tableaux 3.3-5 et 3.3-6 présentent respectivement le volume de déchets recyclés par leurs propres générateurs et le volume de déchets vendus aux entreprises de recyclage, calculés selon les résultats de l'enquête. Dans ces tableaux, les résultats sont présentés en ordre décroissant de la proportion des déchets recyclés ou vendus. Le volume de déchets recyclés par les générateurs s'élève à 377.441 tonnes/an (1997), soit environ 42,2 % de la quantité totale de déchets industriels qui est évaluée à 894.134 tonnes/an d'après les résultats de l'enquête. La proportion des déchets vendus aux recycleurs est de 10,4 %. Le reste qui représente 47,4 % de l'ensemble des déchets générés est, soit mis en décharge après des traitements intermédiaires, soit évacué dans les égouts ou à l'extérieur à l'état mélangé dans les effluents, soit stocké sur le site de l'usine, ou soit mis en décharge sans traitement.

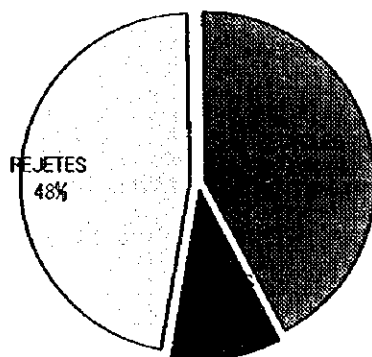


Figure 3.3-1 Recyclage et rejet des déchets industriels

Les quantités des principaux déchets industriels ainsi que l'état de leur recyclage et de leur mise en décharge sont résumés ci-dessous, sur la base des résultats de l'estimation des volumes de déchets industriels générés et recyclés, et aussi des visites des usines par l'équipe d'étude.

Tableau 3.3-5 Volume des déchets recyclés dans les entreprises répondant à l'enquête

Catégorie	Quantité de recyclage au sein de l'usine génératrice (tonnes/an)	Quantité totale des déchets générés aux usines répondant à l'enquête (tonnes/an)	Taux de recyclage (%)
180 Poussière	260.602	263.418	98,9
132 Déchets de céramique	62.100	81.844	75,9
131 Déchets de verre	1.500	2.035	73,7
121 Déchets ferreux	41.300	59.995	68,8
061 Déchets de plastique	8.734	14.039	62,2
122 Déchets non ferreux	460	2.065	22,3
080 Déchets de bois	590	6.253	9,4
023 Boue organique	1.500	39.852	3,8
090 Déchets de fibres	30	988	3,0
021 Boue inorganique	600	31.536	1,9
040 Effluent acide	16	77.306	0,01
023 Boue mixte organique/ inorganique	9	75.066	0,01
100 Résidus végétaux et animaux	1	107.731	0,005
Total	377.441	894.134	42,2

### 3.3.2 Situation actuelle du recyclage, du traitement et du rejet des déchets industriels

Le chapitre précédent traitait sur les méthodes de traitement, de rejet et de recyclage des déchets générés. Il y a deux méthodes de recyclage : le recyclage interne par la réutilisation des déchets qui consiste à les réutiliser en tant que matière première, et la vente aux entreprises de recyclage. Les tableaux 3.3.5 et 3.3.6 présentent respectivement le volume de déchets recyclés par leurs propres générateurs et le volume de déchets vendus aux entreprises de recyclage, calculés selon les résultats de l'enquête. Dans ces tableaux, les résultats sont présentés en ordre décroissant de la proportion des déchets recyclés au total. Le volume de déchets recyclés par les générateurs s'élève à 37 043 tonnes/an (1997), soit environ 4,2 % de la quantité totale de déchets industriels qui est évalué à 896 134 tonnes/an d'après les résultats de l'enquête. La proportion des déchets vendus aux recycleurs est de 10,4 %. Le reste qui représente 43,3 % de l'ensemble des déchets générés est, soit mis en décharge après des traitements mécaniques, soit évacué dans les égouts ou à l'extérieur à l'état mélangé dans les effluents, soit stocké sur le site de l'usine, ou soit mis en décharge sans traitement.

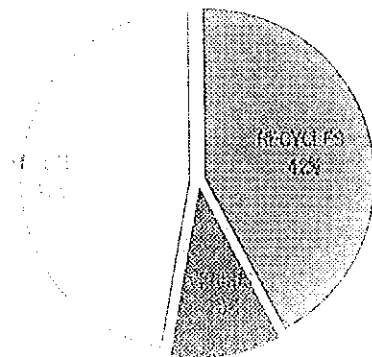


Figure 3.3.7 Recyclage et rejet de déchets industriels

Les données relatives au recyclage des déchets industriels sont indiquées dans le tableau 3.3.5 et de même les données relatives au rejet des déchets industriels sont indiquées dans le tableau 3.3.6. Les données relatives au traitement des déchets industriels sont indiquées dans le tableau 3.3.7.

Tableau 3.3-6 Quantité des déchets vendus aux recycleurs par les entreprises répondant à l'enquête

Catégorie	Qté vendue aux recycleurs (tonnes/an)	Qté totale produite par les entreprises répondant à enquête (tonnes/an)	Taux de vente (%)
031 Huile usée	3.273	4.511	72,6
090 Déchets de fibres	570	988	57,7
100 Résidus végétaux et animaux	58.147	107.731	54,0
122 Déchets non ferreux	729	2.065	35,3
070 Déchets de papier	879	2.828	31,1
150 Débris de construction	310	1.262	24,6
142 Scories et laitiers	16.040	68.040	23,6
080 Déchets de bois	1.056	6.253	16,9
121 Déchets ferreux	8.494	59.995	14,2
131 Déchets de verre	140	2.035	6,9
132 Déchets de céramique	2.400	81.844	2,9
011 Cendre	23	794	2,9
143 Autres scories	200	8.818	2,3
110 Déchets de caoutchouc	7	379	1,8
061 Déchets de plastique	217	14.039	1,5
062 Pneus usagés	1	87	1,1
021 Boue inorganique	280	31.536	0,9
181 Autres poussières	8	17.640	0,05
180 Poussière	18	263.418	0,01
023 Boue mixte organique/inorganique	1,2	75.066	0,002
050 Effluent alcalin	0,4	25.622	0,002
040 Effluent acide	0,2	77.306	0,0003
	92.795	894.134	10,4

### 3.4 Situation actuelle du recyclage

Le tableau 3.4-1 montre l'origine et le mode de recyclage des déchets recyclés en dehors de l'unité génératrice par type de déchet. Ces déchets comprennent non seulement ceux d'origine industrielle mais aussi ceux d'origine ménagère.

En matière de déchets de papier, calcin de verre, ferraille, aluminium, plastique ainsi que résidus d'huile d'olive et huiles usagées comme l'huile moteur ou l'huile machine hydraulique, le recyclage est effectué chacun dans les unités de recyclage spécialisées. La plupart des matériaux à recycler sont d'origine tunisienne, mais les recycleurs des déchets de papier et de la ferraille importent une partie de leurs matériaux. Par exemple, les déchets de papier sont importés de l'Algérie et de la Libye.

Tableau 3.4-1 Articles actuellement recyclés

Articles	Division	Méthode de recyclage
Huile usée (huile moteur et huile machine)	Déchets industriels	Régénérée en tant que lubrifiant à la SOTULUB, conformément à la loi relative à la récupération d'huile usée
Poussière	Déchets industriels	Réutilisées comme matériau de ciment
Déchets de céramique	Déchets industriels	Recyclés au sein de l'usine génératrice en tant que matière brute
Bouteilles en verre	Déchets ménagers	Récupérées et réutilisées à l'aide du système de consignation
Calcin de verre	Déchets industriels	Transformé en bouteille
Déchets ferreux	Déchets industriels	Refondues et formées en barre dans l'usine sidérurgique, ou réutilisées dans les fonderies comme matières premières
Aluminium	Déchets industriels (Pièce d'automobile)	Régénéré au lingot d'aluminium
Batteries plomb	Déchets industriels (Pièce d'automobile)	Régénéré en matières des batteries plomb
Déchets de plastique	Déchets industriels	Régénérés en sacs poubelle noirs ou en bâches de plastique à usage agricole
Déchets de papier	Déchets ménagers, déchets industriels	Régénérés en papier ou en produits papetiers dans les papeteries
Déchets organiques (Déchets de cuisine)	Déchets ménagers	Compostage d'essai dans une unité-pilote
Grignon (résidu d'olive)	Déchets industriels	Réutilisés en tant que matériau de savon

### 3.5 Problèmes du traitement et du recyclage des déchets industriels

#### (1) Nécessité de la définition légale des déchets industriels

Les déchets industriels ne sont pas définis clairement dans la loi relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination. L'examen de la pertinence de distinguer les déchets ménagers et les déchets industriels en Tunisie comme au Japon est certes un autre problème, il faut au moins déterminer les catégories et les générateurs des déchets industriels ainsi que leur responsabilité pour le traitement.

Le classement des déchets industriels a été défini en mars 1998. Les déchets sont classés selon le procédé de production, mais pas suivant leur nature. En vue du recyclage et du traitement approprié, il faut définir les propriétés des déchets industriels suivant le risque, la toxicité et la méthode appropriée de traitement par type de déchet. Ce genre de classement est indispensable pour examiner les techniques de traitement.

#### (2) Problème de la collecte des déchets

Les déchets industriels sont collectés par des entreprises privées pour être mis dans les décharges publiques. La plupart de ces entreprises ne disposent ni des connaissances ni des technologies requises. Cela est dû à l'absence de réglementations et de normes en matière de collecte et de transport des déchets industriels qui doivent éveiller la conscience des entrepreneurs des déchets pour qu'ils aient les connaissances spécialisées nécessaires. Faute de système d'inscription ou d'autorisation des entreprises de collecte des déchets, les autorités compétentes ne sont pas capable de connaître leur réalité, d'où l'impossibilité de déterminer les entreprises pour leur administrer les mesures qui s'imposent.

Les déchets urbains ne sont pas collectés sélectivement, mais toutes catégories mélangées. Comme tous les déchets urbains sont enfouis sans incinération, il n'est pas nécessaire de séparer les matières combustibles à incinérer avec celles non-combustibles à enfouir. Ainsi, la collecte sélective n'est pas obligatoire du point de vue de traitement. Cependant, pour développer ultérieurement le recyclage, il est souhaitable d'aménager, dès maintenant, le système pour faciliter la collecte sélective dans le futur. Parallèlement, il faut préparer les installations de recyclage en encourageant l'industrie de recyclage.

#### (3) Problème des méthodes de traitement

Comme la loi ne définit pas nettement la portée de la responsabilité des collectivités locales pour le traitement des déchets, il n'existe pas de critères communs pour distinguer les déchets acceptables ou non-acceptables dans les décharges publiques, ce qui soulève un autre problème. Par conséquent, les décharges publiques doivent accepter tous genre des déchets urbains et industriels. Les décharges publiques n'ont pas nécessairement l'intention d'exclure les déchets industriels, mais, à supposer que les entreprises génératrices des déchets aient la responsabilité du traitement, même en cas de la prise en charge par les décharges publiques, il faudra leur exiger un taux de la redevance de mise en décharge qui est plus élevé que les 4 DT/tonne actuellement en vigueur. Il faut donc considérer séparément, la fourniture de services publics aux citoyens, et l'assistance du secteur public envers les entreprises qui sont responsables de leurs déchets industriels.



#### (4) Nécessité de développer les entreprises de collecte des déchets

La loi ne précise pas les obligations et le cahier des charges des entreprises spécialisées dans la collecte et le transport des déchets industriels. A l'état actuel, les entreprises de collecte s'occupent de la récupération et du transport des déchets industriels ainsi que de la mise en décharge. Quant aux décharges, les critères techniques d'exploitation sont stipulés dans la loi et le décret concernés. Cependant, faute d'environnement favorable pour l'exploitation, une décharge privée n'existe pas encore. Comme les décharges publiques prennent en charge les déchets à un tarif modéré de 4 DT/tonne, les décharges privées ne peuvent pas s'assurer leur rentabilité. Suivant le principe de la responsabilité des entreprises génératrices pour le traitement de leurs déchets industriels, et afin de développer des décharges privées, il faut que l'Etat prenne des mesures incitatives comme l'interdiction de mise aux décharges publiques des déchets industriels ou l'augmentation des tarifs appliqués de mise en décharge.

#### (5) Nécessité du traitement approprié des effluents

Faute de séparation convenable des boues, il y a des cas où les matières solides sont évacuées avec les effluents. Normalement, les matières solides doivent être séparées comme boues pour être traitées convenablement en tant que déchets industriels. Par conséquent, il faut encourager le développement du traitement des effluents industriels. Les eaux usées ne peuvent être déversées dans le réseau public d'assainissement de l'ONAS qu'après avoir subies un traitement conforme aux normes. Lors de l'exploitation d'une nouvelle usine, le branchement au réseau de l'ONAS est autorisé uniquement après l'accord des autorités compétentes sur la qualité des effluents. Les projets peuvent être approuvés après une étude d'impact sur l'environnement qui est obligatoire au moment du démarrage de l'usine. Quant aux usines qui existent depuis avant la publication de la norme, le principe est d'aménager leurs équipements de traitement des effluents pour pouvoir satisfaire à la norme, mais en réalité, il y a des cas où l'ONAS admet des exceptions en incitant les entreprises en question à innover leurs équipements. Ce n'est donc pas toutes les usines qui sont soumises à la norme. Il est souhaitable que le problème de telles exceptions soit résolu progressivement.

#### (6) L'abandon des déchets industriels

Il y a des déchets industriels qui sont empilés sans soin sur le site de l'usine. L'entreprise l'appelle "stockage" mais le dépôt n'est pas couvert et le sol n'est pas revêtu, ce qui fait que des matières nocives exsudent de l'amas de déchets industriels et risquent de polluer le sol et la nappe phréatique. Dans une usine, il y avait un "stockage temporaire" de ferraille qui attendait le recyclage ; mais cette ferraille laissée sans abris était fortement rouillée et la qualité en tant que matériau recyclable était visiblement détériorée.

Il faut, en matière de stockage des déchets, aménager un système de contrôle en élaborant des critères normatifs afin que les déchets ne soient plus laissés à l'abandon et qu'ils ne causent pas la pollution environnementale.

## 4 Etude sur le recyclage du phosphogypse

### 4.1 Génération et traitement du phosphogypse

La Tunisie exportait au départ uniquement les minerais de phosphate, mais dès les années 50, elle a entamé la production locale de l'acide phosphorique à partir duquel sont fabriqués les produits tels que le superphosphate et le supertriphosphate. Ces produits de phosphate sont exportés pour la plupart. Le tableau 4.1-1 montre l'évolution de la production des dérivés de l'acide phosphorique, et le tableau 4.1-2 montre l'évolution de leur exportation par type de produit.

Tableau 4.1-1 Production de dérivés de l'acide phosphorique (unité : 1.000 tonnes)

Type	1992	1993	1994	1995	1996
Acide phosphorique 54%	861	858	973	1018	1064
ASP: Acide superphosphorique 72%	34	12	-	-	-
TSP: Superphosphate triple (granulé)	786	642	820	780	785
DAP: Diammonium phosphaté	694	751	746	831	926
DCP: Phosphate Bi-Calcique	66	74	80	72	86
NA: Nitrate d'Ammonium (agricole)	206	167	103	171	169
NP: Nitrate d'Ammonium (poreux)	14	16	10	21	16
STPP: Triphosphate de soude	43,9	35,7	40,8	55,6	64,3
Engrais granulés (G27+G18)	35,3	26,5	27,5	23,0	34,7
Engrais composés (PK+NPK)	18,7	5,5	17,6	24,0	16,7
Super 16%	21,3	13,9	20,3	16,2	19,0
Engrais composés	2,4	3,9	3,8	3,6	3,3
<b>Total</b>	<b>2781,7</b>	<b>2605,5</b>	<b>2842,0</b>	<b>3015,4</b>	<b>3184,0</b>

Source : Les Industries Chimiques en Tunisie (juillet 1997), Agence de Promotion de l'Industrie, Ministère de l'Industrie

Tableau 4.1-2 Exportation de dérivés de l'acide phosphorique (unité : 1.000 tonnes)

Type	1992	1993	1994	1995	1996
Acide phosphorique 54%	506	492	610	633	635
ASP: Acide superphosphorique 72%	37	6	-	-	-
TSP: Superphosphate triple (granulé)	783	624	767	746	690
DAP: Diammonium phosphaté	657	717	698	750	840
DCP: Phosphate Bi-Calcique	54	68	68	62	74
NA: Nitrate d'Ammonium (agricole)	83	35	14	65	19
NP: Nitrate d'Ammonium (poreux)	7	4	4	8	4
STPP: Triphosphate de soude	34,8	33,7	40,5	47,6	56,5
Engrais granulés (G27+G18)	31,8	27,2	30,2	29,1	29,0
Engrais composés (PK+NPK)	16,3	7,6	13,2	26,9	17,7
Super 16%	19,3	17,5	17,0	16,9	15,0
Engrais composés	2,8	3,7	3,8	3,8	3,4
<b>Total</b>	<b>2232,0</b>	<b>2035,7</b>	<b>2265,7</b>	<b>2388,3</b>	<b>2383,6</b>

Source : Les Industries Chimiques en Tunisie (juillet 1997), Agence de Promotion de l'Industrie, Ministère de l'Industrie

Ces produits en acide phosphorique sont exportés principalement vers la France, l'Italie, l'Angleterre, l'Espagne, l'Inde, Cuba, la Chine, la Libye et la Turquie.

La majorité de ces produits sont fabriqués par utilisation de l'acide phosphorique fabriqué à partir du minerai de phosphate. Cet acide phosphorique étant issu du procédé SIAPÉ utilisant l'acide sulfurique en voie humide, une grande quantité de phosphogypse est générée en tant que produit secondaire. La fabrication de l'acide phosphorique est assurée exclusivement par le Groupe Chimique Tunisien. Le tableau 4.1-3 montre la capacité de production de chaque unité du Groupe Chimique ainsi que la quantité du phosphogypse généré à chaque unité.

Le phosphogypse issu du procédé est mis en décharge actuellement sans possibilité de valorisation. Le tableau 4.1-4 montre les situations de rejet du phosphogypse. Les piles (dites « Tabia » en Tunisie) et formant des trapèzes de phosphogypse sont rejetées à la terre et laissées dans des dépôts à ciel ouvert.

La quantité de phosphogypse mis en décharge est très importante, soit 23.750 tonnes par jour. En plus, ce rejet continue déjà depuis quelques dizaines d'années. La couleur du phosphogypse est noirâtre à cause peut-être des substances organiques qu'il contient. Ces décharges extérieures font craindre le risque de contamination des alentours à cause des matières nocives. Le rejet à la mer cause non moins de problèmes de pollution de l'environnement.

Tableau 4.1-3 Capacité de production de chaque unité du Groupe Chimique et quantité de génération du phosphogypse

Unité	SFAX	SKHIRA	GABES	M'DILA	Total
Production de l'acide phosphorique	360 t/j	110 t/j	2.210 t/j	500 t/j	4.170 t/j
		2.550 t/j	310 t/j		
			400 t/j		
			350 t/j		
Phosphogypse	2.000 t/j	5.000 t/j	14.000 t/j	2.750 t/j	23.750 t/j

Source: Groupe Chimique

Tableau 4.1-4 Situations de rejet du phosphogypse

Unité	Méthode de traitement	Transport	Lieu de décharge
SFAX	Coulis (gypse 30%, eau 70%)	Canalisation	Tabia
SKHIRA	Cake de filtre	Courroie	Tabia
GABES	Coulis (gypse 30%, eau de mer 70%)	Canalisation	Mer

Source: Groupe Chimique

## 4.2 Etude des moyens possibles d'utilisation du phosphogypse

Comme modalités de valorisation du phosphogypse, les utilisations suivantes sont envisageables:

- 1) Utilisation en tant que régulateur de prise de ciment
- 2) Valorisation en matériaux de construction
- 3) Fabrication de ciment et de soufre
- 4) Fabrication de ciment spécial

La faisabilité de chaque méthode est examinée ci-dessous.

### (1) Régulateur de prise de ciment

D'une manière générale, une quantité de gypse correspondante à environ 5% de celle de ciment est utilisée comme régulateur de prise. Le gypse utilisé à cette fin est normalement le gypse naturel. Comme la teneur en acide phosphorique retarde considérablement le temps de la prise du ciment, son élimination ou inoffensivisation est indispensable si l'on envisage d'utiliser le phosphogypse.

La teneur admissible en  $P_2O_5$  soluble dans l'eau doit, de préférence, être d'au plus égale à 0,2% pour le gypse destiné au ciment. Le phosphogypse généré par le procédé au dihydrate contenant de 0,8 à 1,2% de teneur en acide phosphorique en général, n'est pas utilisable tel quel, mais demande une amélioration de la qualité comme présentée plus haut par adjonction du lait de chaux. Dans le cas où la teneur en acide phosphorique est élevée, l'amélioration de la qualité est techniquement faisable, mais ceci nécessite un coût très élevé à cause de la consommation d'une grande quantité du lait de chaux.

Comme le phosphogypse généré en Tunisie contient beaucoup d'acide phosphorique résiduaire, soit de l'ordre de 3%, le coût d'amélioration de sa qualité doit être très élevé même si c'est applicable du point de vue technique. Pour pouvoir efficacement améliorer la qualité du phosphogypse tout en restreignant le coût du traitement, il y a lieu d'envisager une amélioration du procédé de fabrication lui-même de manière à réduire la teneur en acide phosphorique résiduaire. Il est fort possible d'utiliser le phosphogypse généré par un procédé ainsi amélioré au ciment après un traitement d'amélioration de la qualité du phosphogypse.

En ce qui concerne la couleur, le phosphogypse est utilisable en le mélangeant dans le ciment artificiel, du fait que la couleur du ciment lui-même est noirâtre dès l'origine.

La production totale de ciment en Tunisie est de 5 à 6 millions de tonnes par an. Comme le taux de mélange du gypse est de 5% du ciment, la quantité du gypse à consommer dans les cimenteries doit donc être de 200 à 300 mille tonnes. Mais la Tunisie est un pays riche en gypse naturel, et son prix (livré à l'usine) n'est pas élevé, soit 10 DT/tonne. Pour que le phosphogypse soit compétitif vis-à-vis du gypse naturel, il faut restreindre le coût d'amélioration de sa qualité.

### (2) Matériaux de construction

Pour pouvoir utiliser le phosphogypse en matériaux de construction, la teneur en acide phosphorique et la grosseur des cristaux posent des problèmes importants. Pour l'utilisation du phosphogypse en tant que plaques de gypse par exemple, la résistance, l'adhésivité avec le papier, le temps de prise, etc. doivent être améliorés.

Comme la teneur en acide phosphorique résiduaire baisse le pH du phosphogypse et réduit l'adhésivité sur le papier de parement, et aussi retarde le temps de prise du gypse, il faut neutraliser le phosphogypse en utilisant du lait de chaux, etc.

La forme et le diamètre des cristaux du gypse exerce une influence importante sur la résistance. Normalement, les cristaux colonnaires ayant la grosseur de 100 à 200  $\mu$  est souhaitables. Dans le cas du phosphogypse généré actuellement en Tunisie, leurs cristaux sont trop fins, ce qui ne permet pas d'assurer la résistance suffisante. De ce fait, afin d'utiliser le phosphogypse en matériaux de construction, il faut procéder à l'amélioration de sa qualité. Mais, malgré la possibilité technique de l'amélioration de

qualité, les débouchés du phosphogypse ne s'élargiront pas notablement puisque la consommation de gypse en tant que matériau de construction est très limitée en Tunisie.

### (3) Fabrication de ciment et d'acide sulfurique

La Tunisie importe du soufre pour fabriquer l'acide sulfurique nécessaire à la fabrication de l'acide phosphorique. Le procédé Müller-Kühne consiste à produire l'acide sulfurique et le ciment par thermolyse du phosphogypse. Grâce à cette méthode, on peut envisager la valorisation du phosphogypse tout en diminuant l'importation de soufre.

Cependant, du fait que le soufre peut s'obtenir sous forme de dérivés de la désulfuration du gaz naturel et du fuel lourd, le prix du soufre sur le marché mondial est très bas. Pour cette raison, il n'y a pas de nécessité absolue d'investir pour l'innovation du procédé de fabrication du ciment et de l'acide sulfurique. Il y a, par ailleurs, les problèmes techniques suivants qui entravent cet investissement.

- ① Baisse de la résistance du ciment par l'acide phosphorique
- ② Détérioration de la qualité de ciment causé par la teneur en soufre résiduaire par suite d'une désulfuration insuffisante de phosphogypse anhydrique
- ③ Baisse de la performance du catalyseur de fabrication de l'acide sulfurique par les fluorures contenus dans les gaz émanant du phosphogypse

### (4) Production de ciment spécial

Il est à noter que, comme ciment spécial utilisant le gypse, il y a le ciment à prise accélérée. Ce type de ciment est muni d'une haute résistance initiale grâce à la formation d'ettringite par l'aluminat de calcium spécial et l'anhydrite.

Une cimenterie tunisienne, Les Ciments Artificiels Tunisiens (CAT), en collaboration technique avec la marque brevetée Ultimax, produit un type de ciment à prise rapide. Mais ce ciment est destiné principalement aux travaux d'urgence. A cause de son coût de production élevé, ce type de ciment ne peut pas remplacer le ciment artificiel ordinaire qui est produit en une grande échelle.

Même la société CAT a produit, en 1995, uniquement 1.000 tonnes de ce type de ciment dont la totalité était destinée à l'exportation, et ne l'a jamais commercialisé sur le marché tunisien.

## 4.3 Problèmes à résoudre pour la valorisation du phosphogypse

Dans les unités de fabrication de l'acide phosphorique en Tunisie, une quantité énorme de phosphogypse est générée et empilée comme tabia pour être laissée à abandon, ou rejetée dans la mer. Sa valorisation est nécessaire du point de vue environnementale.

Il faut envisager ce problème des deux approches ; la valorisation du phosphogypse qui ne cesse générer tous les jours des unités de fabrication, et le traitement du phosphogypse déjà accumulé sous forme de tabia.

## (1) Problème de valorisation du phosphogypse nouvellement généré

Le moyen le plus possible de la valorisation serait de l'utiliser comme régulateur de prise de ciment. La quantité annuelle de gypse demandé est de 200 à 300 milles tonnes ce qui représente à peu près 5% de sa génération, mais, cette solution peut être la plus réaliste du phosphogypse. Comme la grosseur et la forme de ses cristaux ainsi que sa couleur ne sont pas des problème graves qui empêche son utilisation au ciment, la valorisation du phosphogypse en tant que régulateur de prise de ciment est faisable.

Toutefois, la teneur en acide phosphorique ( $P_2O_5$ ) du phosphogypse généré actuellement est de 3% ce qui est quand même importante, et les grains de cristaux sont très petits, d'où le phosphogypse tel qu'il est n'est pas immédiatement utilisable au ciment.

Pour améliorer la qualité de ce phosphogypse pour le destiner au ciment, il faudra une grande quantité du chaux. Comme ceci nécessite un coût élevé, le phosphogypse ne pourrait être compétitif vis-à-vis du gypse naturel

Le procédé SIAPE est une méthode simple et appropriée à la fabrication de l'acide phosphorique à un coût modéré. Cependant, la teneur en acide phosphorique résiduaire est importante, étant donné que ce n'est pas un procédé qui tient compte de la récupération du phosphogypse généré. La valorisation du phosphogypse suppose donc, en premier lieu, l'amélioration du procédé de fabrication de l'acide phosphorique .

Un procédé amélioré de l'acide phosphorique permettra de favoriser la formation de gros cristaux ( $150\mu$  en moyenne), ce qui augmente le rendement de la filtration et du lavage, pour améliorer le taux de récupération de l'acide phosphorique, et en même temps, pour obtenir du phosphogypse ayant un taux moins élevé en acide phosphorique. Comme cette amélioration peut apporter deux avantages, elle doit être un moyen efficace du point de vue économique aussi.

Afin de former des grains de cristaux ayant un plus grand diamètre, la méthode la plus pratique est de mettre plusieurs cuves de réaction pour perfectionner la réaction en mettant plus de temps, pour que les cristaux originaux puissent circuler.

En ce qui concerne la teneur en acide phosphorique, quand elle est réduite jusqu'à 1%, le phosphogypse pourra être utilisé, après avoir subi un traitement de neutralisation mentionné plus haut, en tant que régulateur de prise de ciment.

Grâce à l'amélioration du procédé de fabrication de l'acide phosphorique, au Japon, le phosphogypse généré chaque jour est réutilisable tel quel à divers fins.

## (2) Traitement du phosphogypse accumulé sous forme de tabia

Par ailleurs, il y a une autre modalité d'amélioration de la qualité de phosphogypse pratiquée en Corée ou aux Philippines. Le phosphogypse généré est stocké pendant une longue période (5 à 10 ans) sur le site comme le cas des tabias. En subissant un lavage à l'eau pluviale, la teneur en acide phosphorique baisse, et les grains du phosphogypse sont recristallisés. Par suite de ce stockage, le phosphogypse ayant de gros cristaux contenant moins d'acide phosphorique est réutilisé, soit directement, soit après un traitement d'amélioration de la qualité. Lors du stockage, il est nécessaire de prendre des mesures contre la pollution des nappes souterraines causée par les effluents, en recouvrant la terre des plaques en caoutchoucs par exemple.

En Tunisie aussi, le phosphogypse empilé en tabia, ayant été exposé à la pluie, doit avoir subi plus ou moins le lavage et l'élimination de l'acide phosphorique ainsi que la

recristallisation des grains, et doit avoir une qualité supérieure à celle du phosphogypse nouvellement généré.

Toutefois, le rendement de cette méthode de lavage dépend de la précipitations de la région ainsi que des caractéristiques originales du phosphogypse empilé (teneur en acide phosphorique, la grosseur et la forme des cristaux). Compte tenu de ces conditions, le phosphogypse généré en Tunisie actuellement demandera une très longue période pour obtenir des effets de cette méthode.

Les problèmes à résoudre pour la valorisation du phosphogypse sont mentionnés ci-après par modalité de réutilisation.

#### ① Régulateur de prise de ciment

Actuellement en Tunisie, le gypse naturel est utilisé comme régulateur de prise de ciment. Le pays est riche en gypse naturel, et son prix unitaire livré à l'usine est d'environ 10 DT/tonne. Par contre, pour une unité de fabrication de l'acide phosphorique d'une capacité de 300.000 tonne/an, le coût nécessaire pour améliorer la qualité du phosphogypse doit atteindre 20 DT/tonne en général. Le coût doit varier selon les coûts d'énergie et les coût des matières premières, mais en tout cas, l'utilisation du phosphogypse de qualité améliorée ne pourra pas être compétitive vis-à-vis du gypse naturel sur le plan commercial.

Au cas où on aurait à mettre un accent particulier sur la sauvegarde de l'environnement, il faut, non pas partir de la base commerciale, mais mettre en œuvre certaines mesures administratives dans le cadre de la politique environnementale. En l'occurrence, il faut envisager par exemple la consommation de la totalité du phosphogypse en Tunisie, et l'exportation de la totalité du gypse naturel.

#### ② Matériaux de construction

Les matériaux de construction en gypse est largement utilisés dans les pays étrangers y compris le Japon, mais la consommation est peu en Tunisie. Comme le pays est riche en argile, les briques rouges d'argile sont généralement utilisées, non seulement dans des maisons particulières, mais aussi dans des immeubles de grande taille pour les sols, les murs et les cloisons. D'après cette situation, les domaines d'application des produits en gypse seront très limités.

De toute manière, le phosphogypse ne pourrait pas être compétitive vis-à-vis du gypse naturel, même dans le domaine de matériaux de construction. La modalité de valorisation du phosphogypse la plus appropriée sera donc l'utilisation comme régulateur de prise de ciment.

## 5 Examen de la possibilité du recyclage des matières préférentielles

### 5.1 Fer

#### 5.1.1 Demande en produits intermédiaires ainsi qu'en produits finis et consommation des ressources

##### (1) Demande et offre en produits intermédiaires et en produits finis

L'évolution de la production locale et de la consommation d'acier brut, de la production locale de produits en acier et de la récupération des déchets ferreux est présenté dans la figure 5.1-1.

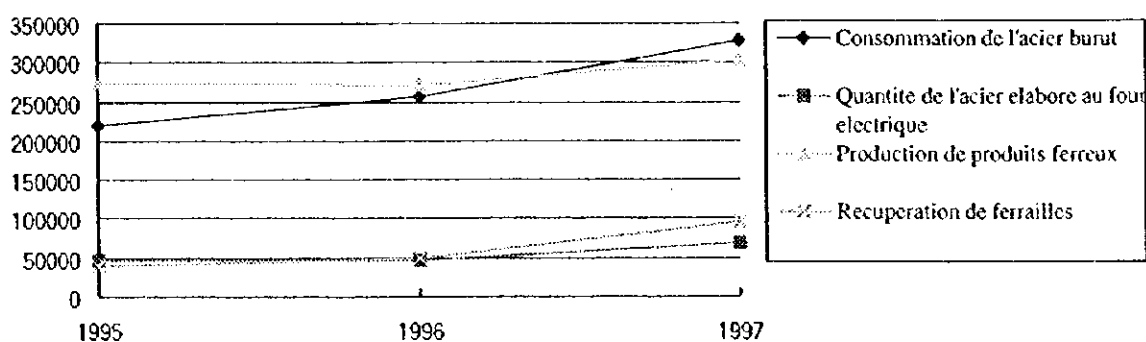


Figure 5.1-1 Tendances de fourniture de l'acier brut, de produits ferreux, et de ferraille (tonnes/an)

La dernière décennie n'a pas connu de fluctuations importantes dans la production de l'acier brut et des produits ferreux, mais la tendance de ces 3 années montre que la consommation locale de l'acier brut augmente. Ceci est dû à l'augmentation de la production de l'acier brut en conséquence de l'agrandissement de la capacité du four électrique du complexe d'El Fouladh en 1997.

Par ailleurs, l'évolution de la demande et de l'offre des 3 dernières années indique ce qui suit :

- La production de l'acier brut s'accroît en même temps que le volume de produits semi-finis importés.
- La consommation de ferraille a largement augmenté en conséquence de l'agrandissement du four électrique.

##### (2) Génération potentielle de ferraille

La quantité potentielle de ferraille générée est estimée à 226.000 tonnes / an au total.



Tableau 5.1-1 Quantité potentielle de ferraille générée (estimation)

Catégorie	Source, raison d'estimation	tonnes/an
Déchets de production	Usine sidérurgique	48.000
	fonderie	17.000
Déchets de transformation	7% de quantité traitée de l'acier	55.000
Déchets des ouvrages usagés	2% de l'accumulation totale	103.000
<b>Total</b>		<b>223.000</b>

### 5.1.2 Perspective de la capacité des équipements des recycleurs et des utilisateurs finals

#### (1) Capacité des équipements des récupérateurs

La capacité de 14.000 tonnes/an ne représente qu'une faible partie de la quantité potentielle de génération des déchets des ouvrages usagés. Actuellement, la récupération des déchets des ouvrages usagés est effectuée principalement à Grand Tunis, mais il est souhaitable d'aménager, à l'avenir, un système de récupération dans le sud-est du pays comprenant la ville de Sfax par exemple.

#### (2) Capacité des équipements des recycleurs

La capacité actuelle des équipements des recycleurs qui sont l'usine sidérurgique et les fonderies, est largement inférieure à la quantité potentielle de ferraille générée de 222.600 tonnes/an. Un renforcement d'environ 118.000 tonnes / an de la capacité des équipements est attendu.

Tableau 5.1-2 Capacité des équipements des recycleurs

	tonnes/an
Usine sidérurgique	85.000
Fonderies	20.000
<b>Total</b>	<b>105.000</b>

### 5.1.3 Examen de la perspective de l'insuffisance en capacité des équipements

Comme susmentionné, la capacité des équipements des récupérateurs et des recycleurs n'est pas suffisante pour la quantité potentielle de ferraille. Autrement dit, cette capacité insuffisante peut être le facteur qui empêche la valorisation, et freine la génération. En fait, l'agrandissement du four électrique du complexe d'El Fouladh a entraîné l'augmentation en quantité de consommation et de récupération de la ferraille. Les équipements et leur capacité qui manquent pour un recyclage suffisant sont comme suit :

Type d'équipement	Four électrique et équipement de coulée continue annexe
Manque de capacité	11.000 tonnes / an de prise en charge de ferraille
(capacité à compléter)	95.000 tonnes / an de production d'acier brut

#### 5.1.4 Dimension prévue du recyclage

La dimension du recyclage de fer est prévue, à partir de ce qui a été mentionné dans les sections précédentes, comme suit :

(1) Prise en charge de ferraille	110.000 tonnes / an
(2) Production d'acier brut	95.000 tonnes / an
(3) Principaux équipements d'aciérie	Four électrique au courant alternatif : 30 tonnes/lot, coulée continue, installation électrique, séparateur d'oxygène, installation de matériaux secondaires, bâtiments d'usine

L'équipe ne précise pas les sites de construction de ces installations, étant donné que le projet n'est encore qu'en phase d'étude préliminaire de faisabilité. Mais il faut, tout de même, que le site de ces installations satisfasse les conditions suivantes en tenant compte par exemple du besoin en utilités.

- a. L'approvisionnement de la ferraille est facile (le site est proche du lieu de consommation des produits ferreux).
- b. L'alimentation en électricité est aisée.
- c. Le site est proche du port commercial, et dispose si possible d'un quai.

L'équipe a inclus la proximité du port commercial dans les conditions en prévoyant d'importer ponctuellement la ferraille au cas où la quantité de ferraille locale est insuffisante.

## 5.2 Papier

### 5.2.1 Estimation de la demande en produits intermédiaires et en produits finis et de la consommation des ressources

La figure 5.2-1 montre l'évolution de la production locale et la consommation de pâte, de la production locale des produits papetiers y compris les cartons, ainsi que de la quantité de déchets de papier récupérés.

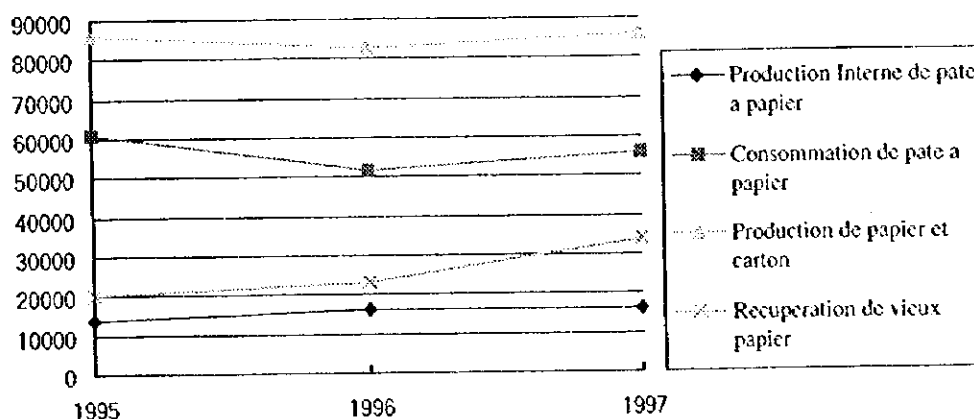


Figure 5.2-1 Tendence de demande et offre de pâte à papier, de papier, et de carton

Les taux de récupération et de valorisation des déchets de papier en 1997 sont comme suit :

Taux de récupération = 19 % = Volume de déchets de papier récupérés dans le pays (34.000 tonnes) / Consommation de papier et de cartons (178.500 tonnes)

Taux de valorisation de déchets de papier = 46 % = Volume de déchets de papier recyclés dans le pays (39.800 tonnes) / Production de papiers et de cartons (86.000 tonnes)

Taux d'autosuffisance pour le papier = 24 % = (Pâte fabriquée en Tunisie + Volume de déchets de papier récupérés dans le pays  $\times 0,8$ ) / (Consommation de papier et de cartons) =  $(16.000 + 34.000 \times 0,8) / 178.500$

D'après ce taux de récupération de 19 %, il faut dire que le recyclage du papier n'est pas encore suffisamment développé.

### 5.2.2 Perspective de la capacité des équipements des récupérateurs et des recycleurs

La récupération des déchets de papier est assurée actuellement par les récupérateurs de faible taille de Tunis et de Sfax, ainsi que par les recycleurs eux-mêmes. Les

recycleurs viennent d'établir enfin un système de récupération par la mise en place des presses.

### **5.2.3 Prévision de manque de capacité des équipements**

Pour réaliser la production future de pâte régénérée de 80.000 tonnes/an, la pâte régénérée de 30.000 tonnes/an pour les cartons peuvent être produite avec les équipements existants, mais il faut créer une nouvelle usine pour produire encore 50.000 tonnes/an de pâte régénérée qui reste.

Par ailleurs, la capacité actuelle de tissage, à part celle des cartons ondulés et d'autres cartons, est d'environ 80.000 tonnes/an avec un taux de fonctionnement d'environ 80%. Par conséquent, la capacité de tissage à ajouter sera de 20.000 tonnes/an environ.

### **5.2.4 Dimension prévue du projet de recyclage**

Pour la production de 80.000 tonnes/an de pâte régénérée, en plus des équipements existants, il faut construire une nouvelle fabrique d'une capacité de 50.000 tonnes/an.. Par ailleurs, il faut agrandir la capacité actuelle de tissage pour ajouter encore 30.000 tonnes/an de capacité.

### 5.3 Plastique

#### 5.3.1 Estimation des demandes en matières intermédiaires et en produits finis et de la consommation en ressources

La figure 5.3-1 montre l'évolution de l'importation et de l'exportation des résines plastiques et des produits en plastique, et de la consommation en produits en plastique. La figure 5.3-2 indique la consommation des résines plastiques importées par type.

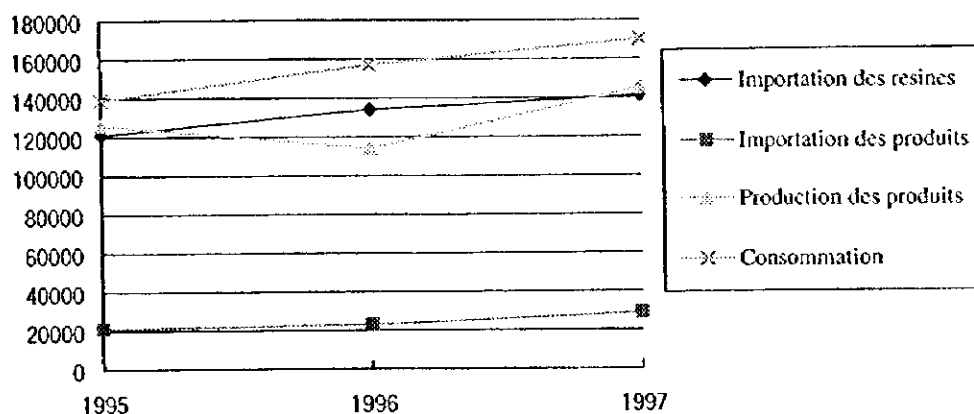


Figure 5.3-1 Importation et consommation des résines et des produits

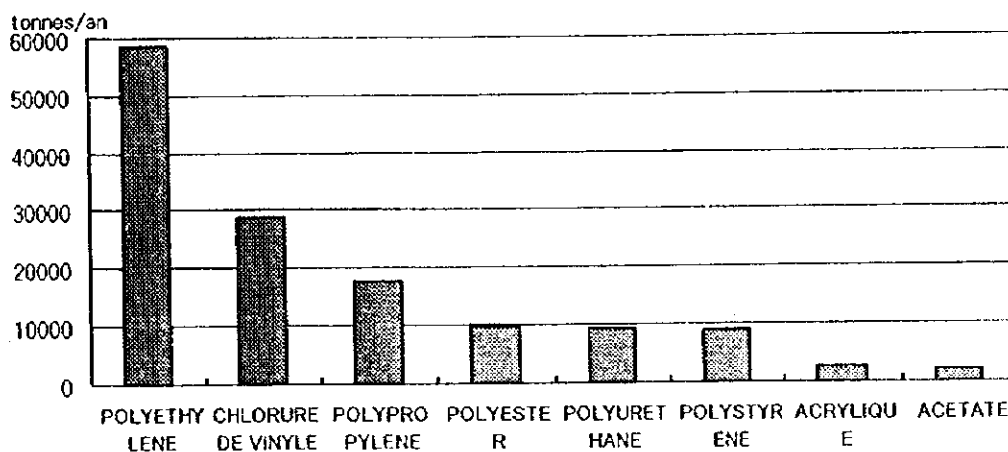


Figure 5.3-2 Importation de résines par type

Les résines plastiques ne sont pas produites en Tunisie, et elles sont entièrement importées. C'est-à-dire, le plastique est importé en totalité soit sous forme de résines plastiques soit sous forme de produits.

Comme déchets de plastique générés dans les déchets ménagers, il y a des sachets et des emballages tels que les films d'emballage en polyéthylène ou en chlorure de vinyle ainsi que des bouteilles d'eau minérale en polyéthylène téréphtalate (PET), etc. Les bouteilles en PET pour la boisson mises en circulation en Tunisie sont fabriquées dans

le pays par quelques fabricants de boisson et de bouteilles en PET. La quantité de résine de polyéthylène téréphtalate importée est de 1.970 tonnes (1997), ce qui correspond à 3,4 % de la totalité de résine de polyéthylène et à 1,4 % de la quantité totale des résines.

### 5.3.2 Prévision de la capacité d'équipements des récupérateurs et des recycleurs

A l'heure actuelle, les matières plastiques sont recyclées seulement par les usines génératrices eux-mêmes. Cependant, les déchets de plastique une fois mis à l'extérieur des usines génératrices, soit comme déchets industriels et soit comme déchets ménagers, sont rarement recyclés. Il n'existe aucune entreprise spécialisée en collecte, et seules les usines de régénération-transformation qui utilisent les déchets de plastique comme matière première font la collecte pour leur compte. Autrement dit, il n'existe pas d'entreprises de recyclage qui assurent la collecte et la valorisation des déchets de plastique.

### 5.3.3 Examen de la prévision du manque de capacité d'équipements

De fait qu'en Tunisie il n'existe pas suffisamment d'entreprises de recyclage et de régénération des matières plastiques, la collecte et la réutilisation des déchets plastiques en tant que déchets industriels ne sont effectuées que très peu.

Le fait que la technique de réutilisation du plastique ne s'est pas encore établie, à savoir, la technique d'utilisation des matières recyclées et le marché auquel les produits fabriqués en utilisant les matières recyclées sont débouchés ne se sont pas établis, constitue un obstacle qui empêche la collecte des déchets plastiques.

### 5.3.4 Taille du projet de recyclage

La quantité actuelle des déchets de plastique mis en décharge est de l'ordre de 180.000 tonnes/an, dont les origines sont récapitulées dans le tableau suivant. Une quantité de 78.000 tonnes environ sur 128.000 tonnes de déchets industriels est recyclée.

Tableau 5.3-1 Quantité de déchets en plastique générés et traités

	Quantité de génération (tonne/an)	Quantité de traitement (tonne/an)	Sources
Déchets ménagers	130.000	130.000	1994, PRONAGDES
Déchets industriels	128.000	50.000	1997, Estimation de la mission d'étude

Note : La quantité de génération est celle des déchets générés, et la quantité de traitement et celle des déchets traités dans les décharges à remblayer.

Concernant les déchets ménagers, il faudra aménager des usines de valorisation des déchets de plastique pour promouvoir le recyclage des emballages en plastiques. Actuellement, le projet ECO-LEF prévoit une quantité de collecte de 23.400 tonnes/an

dans l'immédiat. Les déchets faisant l'objet du projet sont des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET), en polyéthylènes autres que le PET et en chlorure de vinyle. Parmi eux, la quantité de bouteilles en PET sera de l'ordre de 2.000 tonnes/an au maximum d'après la quantité de la matière première importée. Le reste, soit 21.000 tonnes/an environ, sera constitué de celles en polyéthylènes autres que le PET et celles en chlorure de vinyle.

Le projet ECO-LEF prévoit, comme modalité de recyclage, la régénération en tant que matières plastiques à partir des déchets de plastique récupérés. La capacité des équipements de 25.000 tonnes/an serait raisonnable pour le moment.

### 5.3.5 Evaluation de la rentabilité

Le recyclage de matières plastiques nécessite une séparation rigoureuse des différentes matières notamment le polyéthylène téréphtalate, le polyéthylène, etc.

La qualité du plastique recyclé est en fonction du degré de séparation à ce stade. C'est-à-dire, la qualité du plastique étant l'élément déterminant de son prix, la réussite du projet de recyclage du plastique dépend du degré de séparation des composantes.

Toutefois, il est très difficile de séparer scrupuleusement les différentes matières plastiques. Le plastique recyclé contiendra donc des différentes matières, ce qui aura pour conséquence inévitable que le prix et la qualité sont inférieurs à ceux de nouvelles résines. Pour le succès du projet de recyclage du plastique, il faut savoir aux quels usages ce plastique recyclé dont le prix et la qualité sont inférieurs doit être affecté, et il reste donc à développer ses usages.

## 5.4 Aluminium

### 5.4.1 Estimation de consommation des ressources

#### (1) Demande et offre en produits intermédiaires et en produits finis

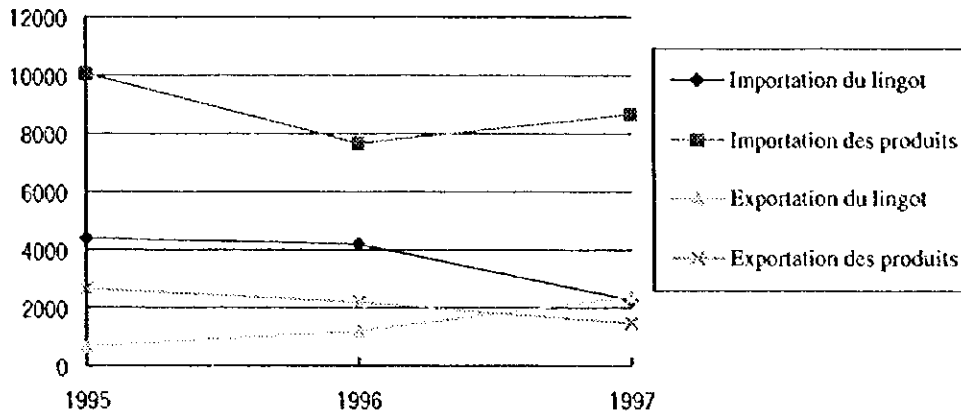


Figure 5.4-1 Importation et exportation du aluminium

Il y a trois entreprises de régénération de lingots d'aluminium à partir de 1.500 tonnes/an de déchets récupérés.

#### (2) (2) Quantité potentielle de déchets d'aluminium générés

Le volume total d'aluminium fourni aux fabricants secondaires s'élève à environ 10.750 tonnes qui consistent en 3.300 tonnes de lingots importés, 5.100 tonnes de produits semi-finis importés, 1.300 tonnes de lingots recyclés, et en 1.100 tonnes de déchets à recycler. La quantité d'aluminium qui parvient aux fabricants des produits finis sera de 9.050 tonnes, en tenant compte qu'environ 600 tonnes de déchets générés par les fabricants secondaires sont recyclés et que 1.100 tonnes sont exportées sous forme de lingots. Environ 450 tonnes sont des déchets qui sont récupérés et recyclés, et 2.300 tonnes sont exportées sous forme de produits finis ou de produits semi-finis. Les produits distribués sur le marché local sont estimés au total à 9.800 tonnes, soit l'addition de 6.300 tonnes provenant de fabricants tertiaires (finals) et de 3.500 tonnes de produits importés. La quantité de déchets récupérés dans le pays s'élève à environ 2.500 tonnes ; 900 tonnes sont exportées, et 1.600 tonnes passent aux fabricants de lingots recyclés. De toute façon, étant donné que l'accumulation des produits en aluminium n'est pas encore importante dans le pays, le taux de récupération de déchets se situe actuellement à un niveau satisfaisant.



#### 5.4.2 Possibilité du recyclage

En 1997, à peu près 1.500 tonnes de lingots, 900 tonnes de déchets, soit ensemble 2.400 tonnes d'aluminium ont été exportées. Ce volume dépasse quelque peu celui du lingots importés qui s'élève à 2.300 tonnes. Il faudra examiner s'il vaut mieux de les accumuler dans le pays en tant que ressources, ou de les exporter en leur ajoutant plus de valeur.

Il sera certes difficile d'effectuer des mesures d'amélioration et de promotion qui entraînent des investissements en biens d'équipement à l'heure actuelle où la taille du marché d'aluminium est encore faible, mais la régénération de lingots par des récupérateurs grossistes artisanales avec des petits fours est l'origine de pertes de métaux et cause des problèmes au niveau de la qualité des produits. Il serait donc nécessaire, dans le futur, de regrouper les fabricants de lingot recyclé pour qu'ils obtiennent une taille d'un certain niveau.

A l'heure actuelle les déchets générés dans les ateliers de transformation secondaire et tertiaire de l'aluminium sont déjà très bien recyclés. Quant aux déchets provenant des ouvrages usagés, les entreprises de régénération du métal et de collecte des déchets sont en activités bien que leur taille soit petite du fait que le marché des produits en aluminium n'est pas encore développé. Le recyclage s'est donc ancré comme affaire rentable. Il est à noter toutefois que les performances et la taille des équipements ainsi que le traitement et le déchargement des crasses qui se génèrent au cours des procédés de régénération du métal restent à améliorer. En effet, pour le futur du recyclage du métal qui devrait se développer parallèlement avec le marché en expansion, il y a lieu d'étudier comment aborder ces problèmes.

## **6 Objectif et domaine d'application de l'étude préliminaire de faisabilité**

### **6.1 Situation actuelle et problèmes du recyclage en Tunisie**

D'après les réalités de la génération et du traitement des déchets en Tunisie examinées par l'équipe d'étude, il y a des matières qui ne sont pas efficacement valorisées, soit rejetées, soit laissées en dépôts, bien qu'elles soient des matières suffisamment utilisables comme ressources.

Parmi les déchets industriels, les matières très bien recyclées sont les déchets de papier provenant des usines papetières, les déchets des métaux non ferreux comme l'aluminium, le cuivre, le zinc et le plomb, la poussière des cimenteries, les déchets ferreux (chutes de transformation), les déchets de verre, l'huile usagée et les déchets de plastique provenant des usines transformatrices de plastique.

Ce qui n'est pas valorisé du tout, bien qu'il soit possible de le réutiliser techniquement, est le phosphogypse. Comme la quantité du phosphogypse mis en décharge atteint 6 millions de tonnes par an, les terrils sont imposants dans le paysage. Le gypse est une matière utile. Mais le recyclage économique du phosphogypse serait impossible parce que le pays est riche en gypse naturel de bonne qualité et que la demande en gypse n'est pas forte.

Les déchets industriels relativement remarquables sont les déchets ferreux provenant des ouvrages usagés. Ils sont générés soit par des usines pour être laissés à l'abandon à l'intérieur du site, soit par la consommation quotidienne de la population. Selon le bilan-matières prévu dans la présente étude, la quantité des déchets ferreux provenant des activités urbaines est estimée à 100.000 tonnes ou même plus.

En ce qui concerne les déchets urbains, la quantité s'élève à 1.400.000 tonnes par an, et la plupart sont mise en décharge. Parmi ces 1,4 millions de tonnes de déchets urbains, il y a 180.000 tonnes de déchets de papier, 140.000 tonnes de déchets de plastique et environ 30.000 tonnes de déchets des métaux (fer, aluminium, etc.) ainsi que les matières organiques qui sont valorisables en compost. Mais le projet de compostage reste encore au banc d'essai.

Le fer, le papier, le plastique et l'aluminium qui sont des produits de grande valeur et de forte quantité, ne sont pas suffisamment recyclés.

## **6.2 Principes de base du recyclage**

Le recyclage doit se fonder, comme les autres activités industrielles, sur le système du marché car les principes du marché sont les plus efficaces pour une distribution rationnelle des ressources. La promotion du recyclage en utilisant le système du marché peut également exercer un effet important sur l'économie nationale.

Mais le recyclage exigé pour une raison environnementale concernant le traitement des déchets est souvent le recyclage qui ne peut pas être économiquement efficace. Dans ce cas, se posent de grands problèmes difficiles à résoudre pour bien déterminer les personnes ou la partie qui prennent charge les frais du recyclage. C'est pour cela que, depuis quelques années dans le monde entier, le recyclage obligatoire est introduit par l'intervention publique comme le système de reprise des déchets d'emballage prévu par un décret en Tunisie qui impose la responsabilité de la collecte des emballages utilisés aux producteurs ou aux commercialisateurs des emballages.

Le principe de base du recyclage est donc, tout d'abord, de rechercher le recyclage sur la voie du marché, et d'imposer ensuite le recyclage obligatoire par l'intervention publique, lorsque les problèmes de l'environnement sont graves et que la promotion du recyclage ne peut pas réussir sur la plan économique.

## **6.3 Objets prioritaires de la promotion du recyclage en Tunisie**

Du point de vue de l'économie nationale et de la préservation des ressources, l'encouragement de l'industrie du recyclage doit avoir la priorité pour la promotion du recyclage en Tunisie. Cette priorité, qui n'est pas nécessaire dans les pays ayant l'industrie du recyclage bien développée, doit être accordée à cause de la réalité en Tunisie où l'industrie du recyclage n'est pas encore suffisamment développée.

L'industrie de recyclage se constitue par trois étapes, c'est-à-dire la collecte, la revalorisation et la recommercialisation. Pour que l'industrialisation soit réalisable dans chaque étape, il faut deux conditions requises ; la valeur sur le marché comme ressources valorisables, et l'échelle du marché qui assure la rentabilité. Dans les circonstances actuelles, les matières pouvant satisfaire à ces conditions sont le papier, le fer, les métaux non ferreux comme l'aluminium ou le plomb, le plastique, les huiles et les pneus. Parmi eux, compte tenu de l'augmentation de taux de recyclage et de la possibilité de recommercialisation,

les matières les plus prometteuses sont le papier, le fer, l'aluminium et le plastique.

La dimension du marché des produits recyclés est pour le moment estimée à 40 millions de DT environ, et l'état actuel des choses nous permet de supposer qu'il y aurait même 70 million de DT comme potentialité. Les matières qui font les plus grands effets économiques sont le papier et le fer. Les effets économiques de la revalorisation des ressources sont montrés dans le tableau 6.3-1.

Non seulement ces domaines contribuent à la création d'emplois, mais aussi cela améliore la balance courante des paiements de la Tunisie qui est un pays importateur des ressources. A propos de l'emploi, le recyclage de papier surtout offre une grande occasion grâce à l'engagement des entreprises privées dans la collecte.

Tableau 6.3-1 Estimation sur les effets économiques du recyclage

	Quantité actuelle du recyclage (mille T /an)	Quantité potentielle du recyclage (mille T /an)	Chiffre d'affaire (million DT)
Papier	35,0	70	23,8
Fer	96,0	130	35,1
Aluminium	2,5	4	6,0
Plastique	3,0	6	3,0
Total	136,5	210	67,9

- 1) Papier: La quantité actuelle de déchets recyclés est estimée sur la base des résultats réels de recyclage. La quantité potentielle est mise par un objectif de taux de 40 % de la consommation totale en papier. L'envergure est supposée au prix unitaire de pâte recyclé de 340 DT la tonne.
- 2) Fer: Les quantités actuelle et potentielle sont estimées sur la base de nos études. Le prix hypothétique à 270 DT la tonne au niveau de semi-produit d'acier.
- 3) Aluminium: Au niveau de lingots. La quantité actuelle est estimée selon les activités des fabricants existants et leurs résultats d'exportation. La quantité potentielle comprend les boîtes d'aluminium récupérables dans l'avenir. Le prix hypothétique à 1500 DT la tonne au niveau de lingots régénérés.
- 4) Plastique: Supposé au niveau de grain de plastique. La quantité actuelle est estimée selon les résultats des entreprises. La quantité potentielle comprend les bouteilles en PET supposé que le taux de récupération soit de 50 % dans le système de reprise des emballages. Le prix unitaire de matière recyclée est supposé au niveau de 60 % du prix de matière vierge.
- 5) L'envergure des ramasseurs (collecteurs) et des recycleurs des ressources n'est pas comprise dans l'envergure mentionnée ci-dessus.

#### 6.4 Sélection de l'objet de l'étude préliminaire de faisabilité

L'équipe d'étude a sélectionné les matières préférentielles à recycler, en l'occurrence : le fer, le papier, le plastique et l'aluminium, en estimant les capacités des installations de recyclage en Tunisie desdites matières compte tenu du manque éventuel de ces capacités ainsi que l'envergure possible de l'affaire de recyclage, enfin pour effectuer une étude préliminaire de faisabilité des projets de recyclage.

Dès la sélection des 4 matières précitées, l'équipe d'étude a fourni aux contreparties tunisiennes au comité de pilotage une explication des démarches ayant été suivies pour aboutir à cette conclusion et a discuté avec eux pour mieux cerner les matières à retenir définitivement comme objet de l'étude. La discussion s'est appuyée sur le concours de deux volets : la promotion industrielle et la protection de l'environnement.

Suite à cette discussion, le fer a été choisi en premier lieu comme objet de l'étude préliminaire de faisabilité du projet de recyclage.

Il y a 3 raisons qui ont présidé à ce choix :

- ① La sidérurgie est le secteur-clé de l'industrie du pays. La mise en vigueur de ce secteur doit avoir un effet économique incitatif très important.
- ② Il faut améliorer le déséquilibre du bilan du fer qui provient du fait que, d'une part les déchets ferreux existants dans le pays ne sont pas valorisés efficacement, et que d'autre part la Tunisie est un pays importateur des billettes d'acier.
- ③ Les prix des produits ferreux sont actuellement maintenus à un niveau élevé à cause des droits de douane. Mais ceci ne sera plus le cas après le démantèlement douanier et la libéralisation du marché tunisien réalisés graduellement jusqu'à l'an 2008 de par l'accord d'association et de libre-échange (convention du partenariat) avec l'Union Européenne. Par conséquent, il sera nécessaire jusqu'alors de réconforter le secteur sidérurgique.

Actuellement en Tunisie, il existe un seul complexe sidérurgique qui est l'entreprise étatique El Fouladh, mais l'équipe a envisagé d'étudier également la possibilité de créer une entreprise privée dans ce secteur.

En deuxième lieu, pour les raisons mentionnées ci-dessous, il a été proposé d'inclure également le papier dans l'étude préliminaire de faisabilité.

- ① La consommation de papier se multiplie rapidement depuis quelques années. Vu la tendance mondiale, cette augmentation ne cessera pas et la génération de déchets de papier augmentera d'autant dans un proche avenir.
- ② Les papeteries de régénération de pâtes existantes en Tunisie ne sont pas équipées de ligne de désencrage. Les déchets de papier sont donc transformés en cartons. Mais, la capacité de ces papeteries ne pourra pas répondre aux besoins futurs.
- ③ Après la consommation aux bureaux ou aux ménages, le papier est rejeté comme déchets. Il y a lieu de mettre en place un système de collecte et de valorisation des déchets de papier du point de vue d'un meilleur traitement des déchets urbains.

Comme les déchets de papier suivent un autre mode d'évacuation que le fer, les activités de collecte des déchets de papier devront être réconfortées en prenant en considération la possibilité d'un soutien public. C'est dans cette optique que l'équipe a choisi le papier en tant que matière préférentielle à traiter dans le cadre de l'étude préliminaire de faisabilité.

L'aluminium n'a pas été retenu, étant donné que sa quantité mise en circulation dans le marché est faible et qu'il est déjà assez bien recyclé en Tunisie, d'où une entreprise à nouvellement créer dans le secteur de collecte/recyclage de l'aluminium ne trouverait probablement pas de débouché.

Les déchets de plastique constituent un problème dont la solution est impérative en Tunisie. Le décret fixant les conditions et les modalités de reprise et de gestion des sacs d'emballages et des emballages utilisés étant en vigueur depuis le début de cette année, les différentes mesures de recyclage sont prises essentiellement par l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement qui est sous la tutelle du Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire. La réussite du recyclage des déchets de plastique ménagers suppose cependant de nombreux facteurs non directement liés à l'économie du marché, tels: la mise en place d'un réseau de collecte, la collaboration massive des habitants, l'aménagement du système de tri, etc. Sur ces points, la mobilisation des moyens administratifs et publics sont indispensables. De ce fait, les déchets de plastique n'ont pas fait l'objet de la présente étude de faisabilité.

## 6.5 Objectifs de l'étude préliminaire de faisabilité

La présente étude a suivi les démarches ci-après afin d'apprécier la faisabilité de recyclage du fer et du papier en Tunisie :

- ① Recueil des informations relatives à la possibilité d'approvisionnement en matériaux et à l'estimation des coûts
- ② Détermination du type et de l'envergure appropriés de recyclage tenant compte des données ci-dessus
- ③ Simulation des conditions de construction, des coûts de construction et d'exploitation de l'unité de recyclage supposée.
- ④ Examen des conditions de financement pour les coûts de construction et l'exploitation de l'usine ainsi que des mesures incitatives concernées
- ⑤ Evaluation du flux monétaire et estimation de l'année de récupération du fonds investi
- ⑥ Estimation et appréciation de la rentabilité de l'affaire
- ⑦ Evaluation globale de la faisabilité du projet

Cette étude envisage un recyclage viable dans l'économie du marché et pouvant se baser sur un investissement privé.

D'autre part, l'étude préliminaire de faisabilité a aussi considéré le recyclage du point de vue de la protection de l'environnement, c'est-à-dire qu'elle considère que le recyclage des déchets joue certains rôles significatifs pour la valorisation des ressources et la réduction des déchets. La valorisation des ressources locales contribuera directement à la réduction de l'importation, donc à l'amélioration du bilan commercial. De ce fait, la présente étude de faisabilité considère globalement les aspects environnemental et économique du recyclage.

## **7 Promotion de recyclage du fer**

### **7.1 Situation actuelle du recyclage du fer**

#### **7.1.1 Situation actuelle de production et de recyclage du fer**

##### **(1) Production et consommation du fer**

La consommation du produit du fer en Tunisie est de 750.000 tonnes par an (1997) dont 500.000 tonnes (67%) sont destinées aux matériels de construction. La quantité consommée est stable depuis quelques années. La production locale du produit du fer est de 300.000 tonnes par an (1997) dont 78% sont des ronds. La capacité de production de l'acier brut qui est la matière première est de 250.000 tonnes par an, mais à cause du tarissement des ressources locales en fer, elle est en train de diminuer.

D'autre part, les laminoirs privés commencent à produire des ronds à partir des billettes qu'ils importent car le prix des billettes fabriquées en Tunisie est très élevé.

##### **(2) Bilan de matières du fer et situation de génération de la ferraille**

La consommation du fer est de 700.000~800.000 tonnes par an, et cette quantité est accumulée dans le pays. La quantité des déchets ferreux générés dans les entreprises est de 92.000 tonnes au total dont 20.000 tonnes sont des déchets ferreux des usines sidérurgiques, 16.000 tonnes des laminoirs privés et des fonderies, 56.000 tonnes des usines de transformation comme chutes et au moins 106.000 tonnes sont des déchets provenant de la démolition des ouvrages. Il y a également 25.000 tonnes/an de déchets ferreux des déchets urbains dans déchets provenant de la démolition des ouvrages. Figure 7.1-1 indiquent le bilan de matières du fer dans le pays.

##### **(3) Industrie sidérurgique**

Le industrie sidérurgique en Tunisie est constitué du complexe d'El Fouladh, des 2 entreprises privé de laminage et des 6 fonderies. Le complexe d'El Fouladh a été fondé en 1960 et reste à ce jour l'unique usine sidérurgique du pays et la seule entreprise sidérurgique étatique sous la tutelle du Ministère de l'Industrie. Il est équipé du haut fourneau, du convertisseur, du four électrique et de la coulée continue pour produire des ronds, fils et éléments de charpente. La production annuelle est d'environ 250 000 tonnes (1997).



# Material Balance of Iron and Steel in Tunisia

(Unit: 1,000 ton/year)

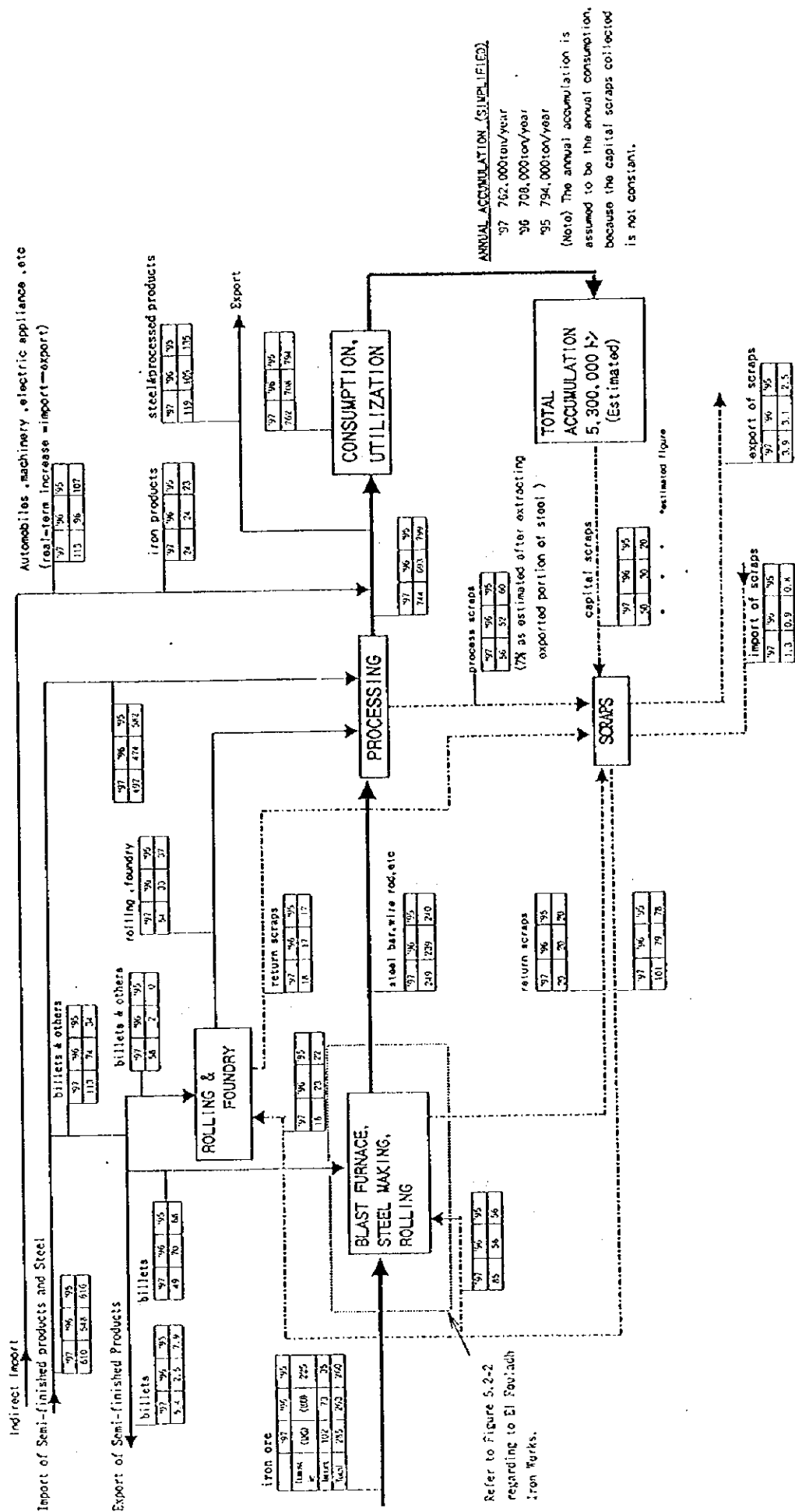


Figure 7.1-1 Bilan matière de fer en Tunisie

Il y a actuellement 2 entreprises de laminage qui produisent respectivement des fils et ronds à partir des billettes importées. Leur capacité de laminage est respectivement de 20 000 tonnes/an à peu près.

Les fonderies utilisent des ferrailles de bonne qualité avec ajout d'environ 15% de billettes importées.

(4) Situation actuelle du marché du fer

La production locale de l'acier est assurée exclusivement par El Fouladh. Il ne peut répondre à lui seul à tous les besoins du pays.

D'autre part, les laminoirs privés produisent des ronds, etc. à partir des billettes qu'ils importent. Etant donné que l'importation des billettes d'acier brut est taxée 36 %, le prix de vente dans le marché local est de 500 à 580 DT/tonne. Le coût de production de l'acier brut étant très élevé chez El Fouladh, mais leur vente augmente progressivement dans la pays.

(5) Génération de la ferraille et sa valorisation

La quantité totale de génération de déchets ferreux est estimée à 223 000 tonnes/an (en 1997). Le tableau 7.1-1 énumère les différentes provenances des déchets.

Tableau 7.1-1 Provenances des ferrailles

	(Unité : tonnes/an)
Déchets générés dans les entreprises	64,600
Chutes de transformation	56,000
Déchets provenant de la démolition des ouvrages	106,000
<b>Total</b>	<b>226,600</b>

Dont les quantités acceptées par El Fouladh et les fonderies sont comme l'indique le tableau 7.1-2 ci-après.

Tableau 7.1-2 Déchets fournis aux consommateurs

	(Unité : tonnes/an)
Déchets fournis au complexe sidérurgique	80,000
Déchets fournis aux fonderies	16,000
<b>Total</b>	<b>96,000</b>

Par conséquent, 120 600 tonnes/an de ferrailles peuvent ne pas être acceptées par des consommateurs appropriés et donc non exploités. Cette quantité représente même 17% de la consommation locale de 751 000 tonnes/an (1997).

L'importation de billettes est d'environ 105 200 tonnes/an ce qui correspond à peu près à la quantité de génération de ferrailles dans le pays.

### **7.1.2 Problèmes à résoudre pour le recyclage du fer**

Le taux d'autarcie en fer en Tunisie est très faible; environ 30%. La naissance potentiel de déchets ferreux dans tout le pays est estimée actuellement à environ 226 600 tonnes/an. (1997)

Par contre, la capacité totale des fours de fusion appelés à consommer ces déchets ferreux n'est que de l'ordre de 105 000 tonnes/an dans tout le secteur sidérurgie/fonderie du pays, la ferraille dont la quantité dépasse 100.000 tonnes/an, bien qu'elle soit une ressource locale précieuse, n'est pas valorisée efficacement.

Le problème à résoudre désormais est de recycler les déchets ferreux qui ne sont pas suffisamment valorisés pour le moment et de suffire aux besoins du pays du fer autant que possible. Pour cela, il faut augmenter la capacité de production du four électrique. Et en même temps, il est nécessaire d'avoir la compétitivité pour faire face à la libéralisation du commerce international de l'an 2008.

## **7.2 Plan d'exploitation d'une usine de recyclage du fer (unité de four électrique)**

### **7.2.1 Envergure et nombre d'usine de four électrique**

La Tunisie importe actuellement des billettes d'acier brut du fait des besoins importants en matériaux ferreux. Afin de répondre à ces besoins du marché local, nous préconisons de promouvoir la production de billettes d'acier en tant que moyen efficace de récupération de déchets ferreux. L'usine à mettre en place a cette fin aura une capacité de production de 100 000 tonnes/an en considération de la quantité du stock superflu de déchets ferreux de 130 6000 tonnes/an et de la quantité d'importation de billettes de 105 200 tonnes/an. Compte tenu du rendement de production, il faudrait prévenir une seule usine avec cette envergure.

## 7.2.2 Plan d'équipement d'usine de four électrique

### (1) Plan de commercialisation

Les barres rondes sont les plus demandées dans le marché d'où l'importation des billettes d'acier brut (matière constitutive de ronds) ainsi que des produits de ronds augmente.

Dans un premier temps, les produits de l'usine de recyclage servent à remplacer les billettes importées; elles seront fournies aux différents laminoirs dans le pays en tant que matériaux constitutifs des barres rondes.

### (2) Envergure d'usine

100 000 tonnes/an

### (3) Procédé de fabrication

Les déchets ferreux doivent être fondus pour leur recyclage. Le four de fusion à utiliser à cette fin sera un four électrique ou four réverbère. Le four électrique est plus utilisé en raison de flexibilité d'exploitation et de coût de construction relativement faible.

Les déchets ferreux doivent être fondus pour leur recyclage. Le four de fusion à utiliser à cette fin sera un four électrique ou four réverbère. Le four électrique est plus utilisé en raison de flexibilité d'exploitation et de coût de construction relativement faible. Le four de fusion adopté sera le four électrique à arc. La figure 7.2-1 "Block flow diagram" présente la procédé de fabrication.

### (4) Plan d'équipement

Four électrique : Un four à arc, 20 tonnes/charge, alternatif curent.

Le coulée continue, l'installations de manutention des matériaux, l'équipement de manutention de fonte liquide, l'installation du parc à ferrailles, la manutention, le dépoussiérage, le système d'air comprimé, le générateur d'oxygène, la station de traitement d'eau , le postes d'arrivée/transformation seront également approvisionnés.

### (5) Plan d'approvisionnement en matières premières

Les matières nécessaires dans l'usine de recyclage du fer sont les ferrailles et les matières secondaires - chaux vive (CaO), ferro-alliages (Fe-Si, Si-Mn...), électrodes, briques réfractaires, etc. seront approvisionnés.



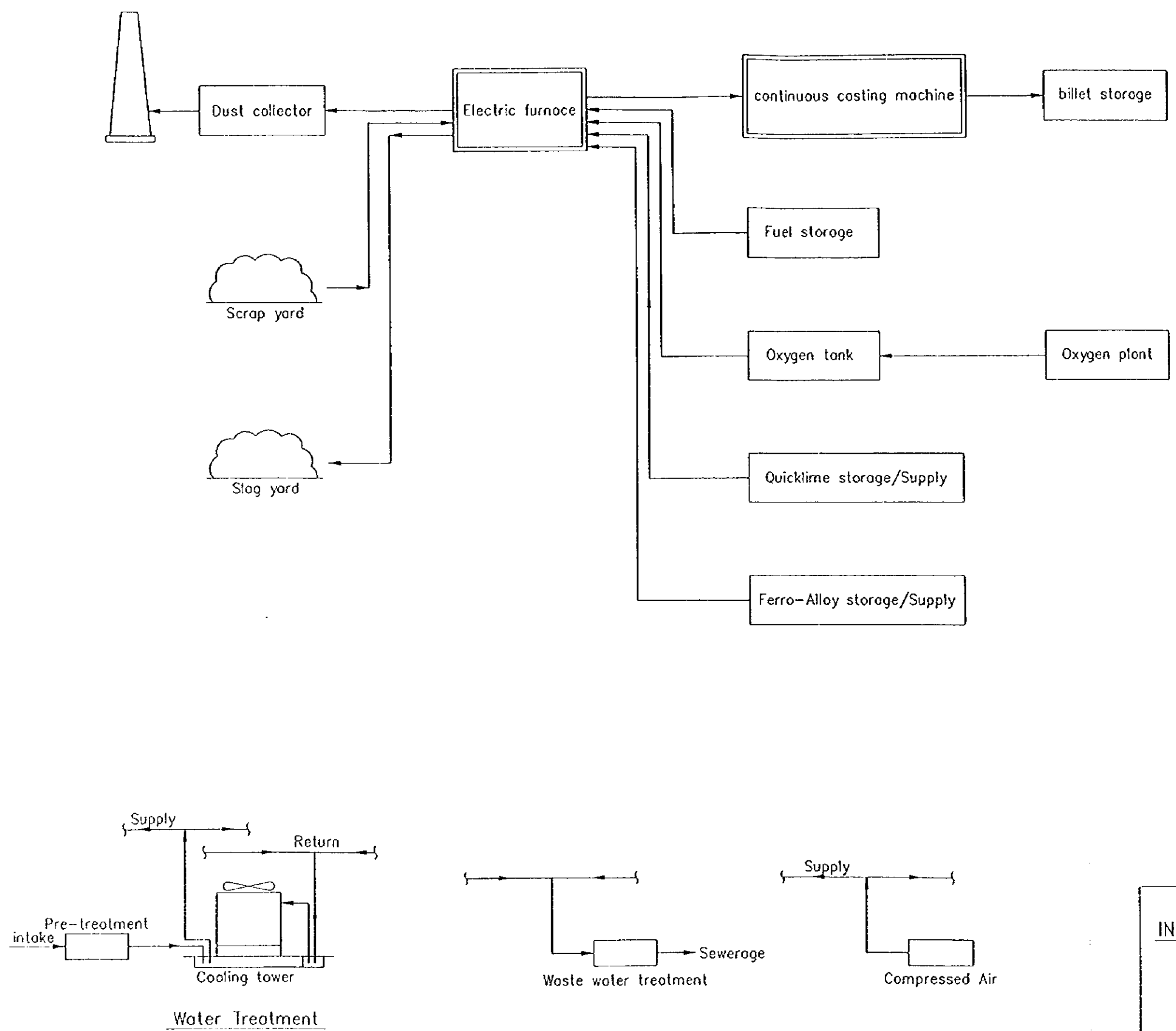


Figure 7.2-1 Block flow diagram

**INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT**  
**STEEL-MAKING PLANT**  
**BLOCK FLOW DIAGRAM**

DATE: 25 - AUG. - 1998      SCALE: NONE









(6) Plan d'utilités

L'électricité sera achetée au réseau STEG. L'électricité reçue à 90 000V sera transformée à une tension demandée dans l'usine. Les frais des travaux d'aménage seront à payer de part le barème de STEG.

Le combustible sera fourni sous forme de gaz naturel moyenne pression (20 bars) par la STEG de même que pour l'électricité. Les frais des travaux d'adduction de gaz seront à payer de part le barème de STEG.

Les eaux seront amenées des canaux d'irrigation ou des conduites des eaux agricoles à partir du Barrage de Bir Mcherga qui est du ressort du Ministère de l'Agriculture. Cette eau étant de haute dureté, elle devra être adoucie par prétraitement, puis, introduite dans le circuit fermé.

L'oxygène, l'azote et l'air comprimé seront également approvisionnés.

(7) Plan d'implantation d'usine de four électrique

L'emplacement de l'usine n'est pas déterminé pour le moment, mais il faut quand même satisfaire les conditions suivantes.

- ① L'usine doit être située, compte tenu du circuit de distribution, au bord d'une route d'une taille suffisante qui est proche d'une route principale
- ② L'usine doit être située à proximité d'un port compte tenu de la nécessité future d'importation/exportation des matières et produits.
- ③ L'usine doit se situer à proximité d'une centrale électrique car c'est une industrie qui consomme une grande quantité d'électricité.
- ④ L'usine doit être située à la portée d'un canal principal d'irrigation, compte tenu des circonstances difficiles des ressources en eaux en Tunisie.
- ⑤ Le site de l'usine est à situer de préférence dans un emplacement où l'approvisionnement en déchets ferreux et en chaux vive sera facile, mais ceci n'est pas une condition impérative.

En considération d'extension future, une superficie de 35.000 m<sup>2</sup> est prévue pour le terrain de l'usine. Les autres travaux nécessaires comme travaux de génie civil et de massif, travaux de construction, installation des équipements/machinerie et de la tuyauterie, travaux électriques et leur essai seront effectués. Le délai de construction est de 24 mois après l'entrée en vigueur du contrat.

(8) Montant d'investissement pour l'équipement

a) Domaine d'investissement pour l'équipement

Le présent projet consiste en ce qui suit:

- ① Acquisition du terrain
- ② Four électrique, train de coulée continue, installations de manutention des matières, équipement de manutention du liquide, installations du parc à ferrailles, ponts/grues, collecteur de poussières, station d'air comprimé, générateur d'oxygène, station de traitement d'eau, équipements des postes de arrivée/transformation, achat des matières, montage sur site des équipement, travaux de tuyauterie/câblage
- ③ Travaux de génie civil et fondation
- ④ Construction d'atelier, parc à ferrailles, magasins, bâtiment administratif, salle d'opérateur, etc.
- ⑤ Frais des travaux d'aménée d'utilités (électricité, eau) et assainissement
- ⑥ Formation des opérateurs du Maître de l'Ouvrage (sur site, préalablement à la marche d'essai)
- ⑦ Supervision de montage des équipements et machines, supervision de l'exploitation
- ⑧ Achat des véhicules et matériels

b) Critères d'estimation des coûts

Acquisition du terrain	1 610 000 US\$
Travaux de génie civil et de massif	4 880 000 US\$
Installation de la machinerie et des équipements	22 390 000 US\$
Travaux de construction	9 090 000 US\$
Frais d'engineering	4 950 000 US\$
Autres frais	5 160 000 US\$
Total	48 080 000 US\$

(Importation 32 350 000 US\$ et domestique 15 730 000 US\$)

(9) Organigramme/personnel

L'exploitation de l'usine doit de préférence être continue en 3 postes (4 équipes) pour assurer l'économie des calories, la gestion et l'entretien des équipements, le contrôle de qualité des produits et la gestion de production. Le nombre du personnel est de 170 personnes au total y compris 14 personnes des divisions administration, 8 personnes pour le contrôle de qualité, 6 personnes pour la

sécurité, 6 personnes pour l'approvisionnement, 88 personnes pour la manœuvre et 44 personnes pour la maintenance et les utilités.

### 7.2.3 Evaluation de la faisabilité du projet d'exploitation de l'unité de four électrique

#### (1) Conditions de base

Le présent projet prévoit l'exploitation d'une unité de four électrique dont la capacité est de 100.000 tonnes par an. Pour l'évaluation de la faisabilité, deux autres cas sont également étudiés; une unité agrandie à une capacité de 200.000 tonnes par an et une unité de petite capacité de 70.000 tonnes par an.

Pour le calcul du flux monétaire, les conditions suivantes sont posées :

Taux de fonds propre	15%
Intérêts d'emprunts à long terme	Intérêt fixe de 8,5 % par an
Intérêt d'emprunts à court terme	9,0% par an
Amortissement	à montant fixe, échéance 15 ans
Impôt sur les bénéfices des sociétés	10% du bénéfice
TVA	18% de la livraison
Coûts des matières (ferrailles)	\$US77 par tonne de ferrailles
Prix de billettes	\$US290 par tonne de billettes

La faisabilité du présent projet est examinée à supposer que la libéralisation du commerce international soit bien avancée. Le prix de vente des billettes sont donc fixé au niveau compétitif dans le marché global. Egalement, le prix d'achat de ferraille est supposé au niveau du prix de ferraille importée qui est plus cher que le prix de ferraille A utilisée en ce moment (75 DT/tonne = 66 US\$). Cela signifie que la faisabilité du projet a été étudiée sous des conditions très sévères.

Dans cette étude, les coûts comme frais de main-d'œuvre, matières auxiliaires ou utilités sont calculés tout en se fondant sur la réalité en Tunisie.

(2) Analyse éco-financière

a) Fixation des cas et le flux monétaire

Les cas suivants sont définis pour calculer les flux de liquidités sur la base desquels la faisabilité du projet est analysée.

Plan A (cas de 100.000 tonnes)

Cas 1 Cas de base

Coûts des matières (ferrailles) est 77 US\$. Prix de billettes est 390 US\$.

Taux de fonctionnement à 100 %, sans mesures préférentielles.

Cas 2 Exonération de la TVA et de l'impôt sur les bénéfices des sociétés pendant 5 ans

Cas où en vertu du code d'incitations, la TVA de 18 % à l'exception de la portion taxable sur les frais de production et l'impôt sur les bénéfices des sociétés de 10 % sont exonérés pendant 5 ans.

Cas 3 Cas de base avec un taux de fonctionnement de 85 %

Cas où le taux de fonctionnement moyen est réduit à 85 %.

Cas 4 2ème cas avec un taux de fonctionnement de 85 %

Cas où le taux de fonctionnement est de 85 % avec les mesures d'exonération des taxes et impôts.

Cas 5 2ème cas avec des ferrailles importées.

Cas où il est censé d'utiliser de ferrailles importées au lieu de ferrailles tunisiennes, ce qui aura pour conséquence une augmentation de coût d'approvisionnement en matières de 15 % (\$US90 par tonne). Les conditions sont les mêmes que celles du cas de base.

Plan B (cas de 200.000 tonnes)

Case6 Cas où la capacité de production est de 200.000 tonnes.

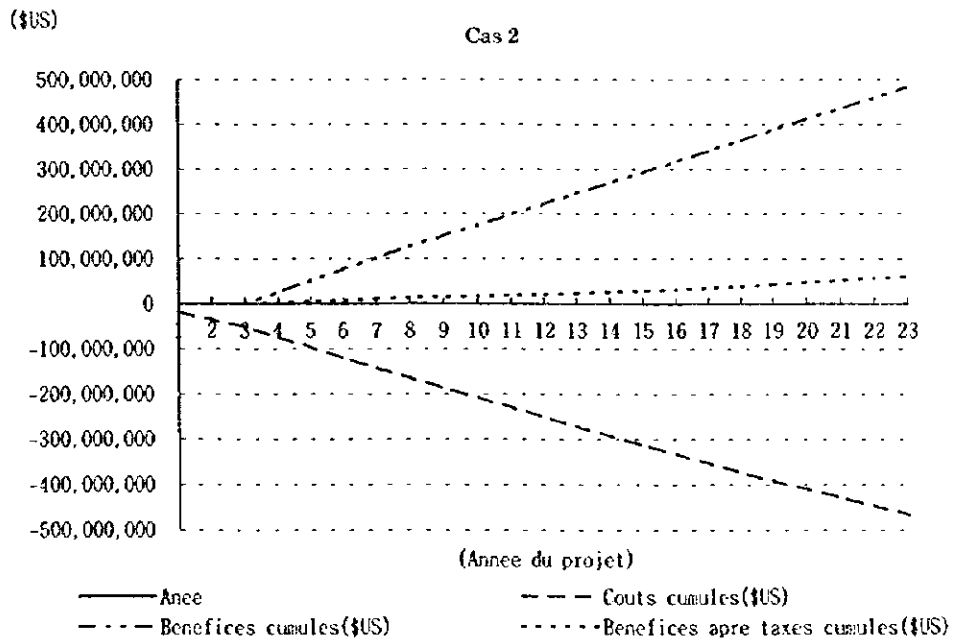
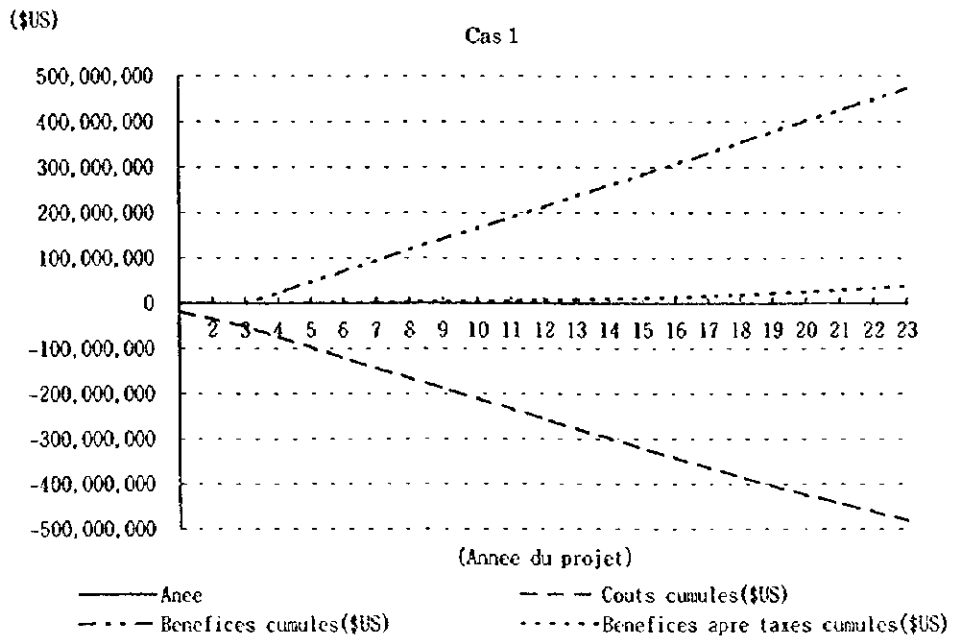
Les conditions du cas sont les mêmes que celles du cas 1. Cas où 50 % de ferrailles est censé importé.

Plan C (cas de 70.000 tonnes)

Cas 7 Cas où la capacité de production est de 70.000 tonnes.

Le cas où la capacité de production est déterminée à 70.000 tonnes dans les mêmes conditions que celles du cas de base.

Figures ci-après indiquait Cas 1 et Cas 2.



## b) Evaluation de rentabilité

Les résultats de l'analyse éco-financière de chaque cas sont montrés dans le tableau ci-après. D'après cette analyse, la rentabilité du Cas 1 (le cas de base) est très dure. Comme montré clairement dans Cas 2, il faut au moins des mesures incitatives en matière de la taxe à la valeur ajoutée et de l'impôt sur les sociétés. Quand le rendement diminue, la rentabilité devient très faible. Quant au projet de recyclage de la ferraille importée, il est impossible de tenir sa rentabilité à cause de l'augmentation du prix d'achat de la ferraille.

Au point de vue de rentabilité du projet, les résultats de Cas6 montrent clairement qu'une unité de grande envergure est préférable. Mais il est quand même impossible de démarrer le projet avec cette capacité dès le début. L'unité de four électrique est une affaire dont le mérite d'envergure est très efficace. Comme montrent les résultats de Cas7, l'affaire ne peut pas être rentable avec une petite envergure de 70.000 tonnes/an.

Tout cela montre que, pour faire réussir un projet de four électrique, il faut une envergure de 100.000 tonnes/an de capacité ainsi que des mesures incitatives fiscales.

Tableau 7.2-3 Résultats de l'analyse éco-financière

	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6	Cas 7
Coût de construction par tonne (million \$US /tonnes)	480	480	480	480	480	332	564
Coût de production par tonne de billettes (\$US/tonnes)	215	207	232	215	232	204	227
Année du tournant en excédent	1ère année	1ère année	10ème année	1ère année	1ère année	1ère année	1ère année
IRR	7,36%	9,05%	5,39%	6,80%	5,67%	11,34%	3,83%
ROE	25,89%	35,09%	17,64%	29,10%	23,83%	37,67%	25,89%
Années de récupération des capitaux	18 ans	13 ans	Plus de 20 ans	18 ans	Plus de 20 ans	11 ans	Plus de 20 ans

## 7.2.4 Evaluation de la faisabilité du projet de recyclage du fer

### (1) Evaluation de la rentabilité du projet

Il est évident que le recyclage de ferrailles au moyen de fours électriques est une affaire difficile et très risquée dans les situations actuelles où la capacité de production des installations de l'acier brut du monde entier est en excédent. A

l'heure actuelle l'industrie d'aciérie de la Tunisie peut subsister grâce au droit de douane élevé, mais après que le pays aura passé au régime de libre-échange en 2008 conformément à l'accord de partenariat avec l'UE, le pays devra acquérir une compétitivité pouvant résister au tel régime.

Dans le cadre de la présente étude de faisabilité préliminaire, la rentabilité du projet est analysée en supposant que le pays soit passé au régime de libre-échange. Les différentes conditions de coûts tiennent suffisamment compte de la situation actuelle de la Tunisie. De même, non seulement les coûts de construction des installations mais également les coûts d'approvisionnement en matières brutes et les coûts de commercialisation du produit (billettes) tiennent compte des prix du marché global. Les conditions relatives aux coûts sont posées de la manière très réaliste. Il est à noter toutefois dans le cadre de l'analyse la Tunisie est censée avoir le système institutionnel et la compétence technologique permettant de réaliser la productivité que les pays développés ont pu réaliser. Dans les entreprises nationales de la Tunisie la production annuelle par employé de l'acier brut est de 100 tonnes (on ne peut pas comparer à priori du fait de procédés de laminage), tandis que celle du projet est de 400 tonnes.

Il faut avouer que le taux de rendement interne au cas où le projet serait mis en exécution en supposant que cette productivité élevée puisse être atteinte reste très faible, comme le montre le résultat de calcul du Cas 1 de 7,36 %. Ceci s'explique par le fait que les prix du marché global reflètent les coûts de production relativement faibles étant donné que la plupart des installations existantes ont des grandes capacités de production d'une part, et sont déjà amorties d'autre part. Dans de telles situations de prix de marché, les coûts de production au moyen d'un nouveau four électrique financé en grande partie par les emprunts présentent impérativement un désavantage. Il est donc évident que le lancement d'une nouvelle entreprise en construisant un nouveau four électrique dans ce marché de l'acier brut est très risqué.

Il est vrai que les situations sont très difficiles, mais il faut dire que si le projet peut atteindre une productivité suffisante et un taux de fonctionnement élevé, il peut être rentable. L'essentiel serait donc d'apporter les appuis politiques jusqu'à ce que le projet puisse être compétitif dans le marché global. Par exemple, si le projet peut bénéficier de l'exonération de l'impôt sur les bénéfices des sociétés et de la TVA en tant qu'entreprise de recyclage définie par la



nouvelle loi d'investissement (code d'incitation), le projet pourrait être suffisamment rentable. Dans le présent cas, le projet est analysé en supposant que la TVA et l'impôt sur les bénéfices des sociétés soient exonérés pendant les 5 premières années. Si cette période d'exonération peut être prolongée de quelques années, la rentabilité pourra être améliorée davantage.

Il est évident que le projet de four électrique dépend considérablement de la taille quant à l'investissement en bien et équipement. Afin d'assurer la rentabilité du projet, il faut que les installations aient une capacité de production annuelle d'au moins 100.000 tonnes. Avec une capacité de production inférieure à celle-ci, il sera très difficile d'assurer la rentabilité du projet.

## (2) Possibilités sous l'aspect de l'exploitation du projet

Il est bien entendu que la capacité d'alimentation en eau, d'alimentation électrique et d'autres utilités varient d'un point à l'autre, mais pour le projet ces utilités peuvent être fournies suffisamment. De même l'approvisionnement en matières brutes ni l'acquisition du terrain de site ne posent aucun problème. Par conséquent, le projet est suffisamment faisable sous l'aspect l'exploitation de l'usine.

Quant à la productivité, elle pourra être réalisée avec les efforts de l'entreprise. Pour les entreprises privées qui investissent, le seul moyen pour rentabiliser leur investissement est de réaliser la productivité, à la différence des entreprises nationales. Autrement dit, tant que l'entreprise ne peut pas maintenir une productivité élevée, elle ne peut pas subsister. Par conséquent, l'entreprise mettra tout en œuvre pour atteindre une productivité élevée. Les résultats de développement que les entreprises privées ont obtenus en ces dernières années montre que les entreprises privées tunisiennes sont en mesure d'atteindre telle productivité élevée.

## (3) Possibilité d'exportation de ferrailles et introduction du four électrique

Il est possible d'envisager d'exporter les ferrailles telles qu'elles sont au lieu de les transformer en billettes dans le four électrique. Le prix de vente des produits de presse de ferrailles en Tunisie est de 75 DT/tonne = 65 \$US/tonne. Ces

produits de presse étant bas de gamme sur le marché international, ils seront cotés à environ 80 \$US sur la base de CAF sans le droit de douane selon les cours actuels. Le prix d'exportation FOB de ces produits de la Tunisie à l'étranger calculé en déduisant de ce prix coté le coût de transport sera de l'ordre de 55 à 60 \$US/tonne, ce qui correspond à 60 à 70 DT/tonne. Il ressort de là qu'il est plus avantageux de les vendre sur le marché domestique et l'exportation n'est pas très intéressante.

Afin de pouvoir réaliser le bénéfice avec l'exportation, il faut améliorer la productivité des ferrailleurs. A cet effet, ils devront être équipés des équipements notamment les machines de découpage, les presses, etc. En particulier, des problèmes de la qualité pourront se poser si des impuretés dans les ferrailles ne sont pas éliminées suffisamment. Concernant ces travaux d'élimination des impuretés, il sera difficile d'améliorer la productivité, car tant que des équipements de déchiquetage ne sont pas introduits, ils doivent être effectués manuellement. La possibilité de l'exportation avec l'introduction d'équipements de déchiquetage est décrite à l'article 7.5.

Si un four électrique de haute productivité peut être mis en place, les ferrailles pourront être vendues à un prix supérieur à leur prix d'importation les frais de transport et la prime d'assurance non compris.

#### (4) Evaluation sociale

Ce projet de recyclage du fer suppose qu'on puisse atteindre une productivité pouvant être compétitive sur le marché global. Pour que cette condition puisse être remplie, les entreprises tunisiennes de four électrique doivent fournir les efforts pour améliorer leur productivité. Les brillantes activités du secteur privé de la Tunisie en ces dernières années montrent qu'il serait possible d'améliorer la productivité. A cet effet, il sera toutefois nécessaire d'introduire les techniques de la maîtrise d'exploitation des installations.

Si le projet peut se développer avec telle productivité élevée, ceci pourrait être un stimulant efficace pour les autres entreprises nationales.

Si le projet peut produire des billettes qui ne coûtent pas cher, ceci permettra d'améliorer la compétitivité des produits ferreux de la Tunisie. De plus, si les

produits ferreux sont offerts à des prix intéressants, les consommateurs qui les utilisent pourront affecter les fonds disponibles qui en découlent à l'achat d'autres produits de consommation.

En outre, l'industrie de fours électriques pourra stimuler les activités de ferrailleurs et de collecte des déchets ferreux, créant ainsi les nouveaux emplois, et sur le plan de l'économie nationale, elle pourra contribuer à l'amélioration des revenus du peuple tunisien. En effet, elle pourra apporter une valeur ajoutée de 12 millions de \$US et créer environ 1300 emplois. A en ajouter que la réduction de la quantité de billettes importés permettra d'économiser 25 millions de \$US de dépenses en devises.

Tableau 7.2-4 Effets économiques du projet de four électrique

	Projet de four électrique	Grossistes de ferrailles	Sociétés de collecte de déchets ferreux	Total
Chiffre d'affaire (10 <sup>3</sup> \$US)	25.000	9.059	3.529	37.588
Valeur ajoutée (10 <sup>3</sup> \$US)	6.250	4.076	2.118	12.444
Emplois (personnes)	313	466	508	1.287

### 7.3 Plan d'aménagement des usines de traitement de ferraille (déchetage)

#### 7.3.1 Nécessité des unités de déchetage et objets à examiner

##### (1) Accroissement des déchets du fer provenant des appareils rebutés

Les déchets de charpentes provenant de la démolition des ouvrages et les voitures, appareils électroménagers et machineries rebutés sont soit transmis aux ferrailleurs soit ramassés par eux-mêmes. Contrairement aux déchets recyclés chez les entreprises génératrices et les chutes de transformation, cette 3ème catégorie de déchets circulent dans le marché sans contrat de transaction.

La quantité du stock potentiel du fer en Tunisie est estimée à 5 300 000 - 7 000 000 tonnes. Du fait de l'utilisation d'une grande quantité de ronds à béton pour la construction aujourd'hui, le potentiel du fer dans le pays va augmenter considérablement. Tout le volume de ce stock potentiel changera un jour à l'autre en déchets ferreux après un certain temps. La quantité de déchets de démolition des ouvrages augmentera donc d'autant.

Alors que la quantité de génération de déchets ferreux augmente, la capacité d'absorption des ferrailleurs n'augmente pas tellement d'où une forte motivation pour les entreprises désireuses de se lancer dans ce secteur.

#### (2) Nécessité du traitement des déchets du fer provenant des appareils rebutés

La ferraille provenant des appareils rebutés sont toujours avec des matières impures. Pour utiliser cette ferraille provenant des appareils rebutés au four électrique, il faut éliminer les impuretés qui diminuent la rentabilité et les métaux non ferreux qui exercent des influences sur la qualité du produit (le cuivre, par exemple). Actuellement en Tunisie, les ferrailleurs font le travail manuel de démontage des appareils rebutés et d'élimination des impuretés. Comme cette manière n'est pas efficace, il vaut mieux introduire l'équipement de déchiqueteuse qui peut écraser la ferraille mécaniquement et éliminer les impuretés.

#### (3) Disposition des unités de déchiquetage

Comme la ferraille est une marchandise ayant un cours du marché international, elle ne peut pas se vendre à un prix trop élevé. Pour assurer la rentabilité d'une unité de déchiquetage qui est un équipement assez coûteux, il est nécessaire d'avoir une envergure importante de 30.000~50.000 tonnes au moins. Il serait donc suffisant de prévoir 2~3 unités de déchiquetage dans toute la Tunisie.

L'emplacement de ces unités sera, de préférence, à proximité des agglomérations qui sont les ressources des déchets ferreux provenant de démolition et des déchets des articles ménagers et automobiles.

#### (4) Objets à examiner

Le projet prévoit l'aménagement d'une usine de déchiquetage des déchets ferreux qui a une capacité de traitement de 50.000 tonnes par an, sans préciser l'emplacement exact.

### 7.3.2 Plan d'équipement

#### (1) Capacité visée de traitement

Les quantités annuelles prévues sont de 50.000 tonnes/an sur la base de matières dont 70% sont des appareils rebutés (35.000 tonnes/an sur la base de produits).

(2) Système de traitement et recyclage

De nombreuses technologies de transformation des déchets en matières utilisables en aciérie sont déjà mises au point, ainsi que les différents systèmes de recyclage visant à trier les déchets non-ferreux, à mettre en longueur les déchets et à éliminer les impuretés plastiques à partir des déchets.

On envisage ici un système de recyclage constitué principalement d'une déchiqueteuse et d'un système de tri des décombres provenant de démolition et des déchets des articles ménagers et automobiles. Pour détails, voir Fig.7.3-1 "Schéma d'écoulement mécanique".

(3) Constitution d'équipement

La constitution d'équipement est essentiellement comme suit:

Chargeur de déchets, pré-déchiqueteuse, poste déchiqueteuse, rouleau alimentateur, unité hydraulique, réservoir d'huile, tuyauterie, séparateur électromagnétique, transporteur vibrant, transporteur d'alimentation, collecteur de poussière

(4) Programme d'approvisionnement et de commercialisation

Les matières premières à consommer dans l'usine de recyclage des déchets ferreux seront des décombres d'ouvrages et matériels rebutés qui sont fournis par les ferrailleurs tunisiens. Les produits de cette usine seront essentiellement à fournir aux aciéries tunisiennes. Les prix des déchets ferreux sont prévus comme suit :

Déchets ferreux comme matière première 25 US\$

Déchets ferreux produite par cette usine 90 US\$

Transport pris en charge par fournisseur

(5) Plan d'implantation d'une usine de recyclage de déchets ferreux

a) Conditions d'implantation et la superficie du terrain de l'usine

L'emplacement de l'usine n'est pas déterminé pour le moment, mais il faut quand même satisfaire les conditions suivantes

- ① L'usine doit être située, compte tenu du circuit de distribution, au bord d'une route d'une taille suffisante qui est proche d'une route principale.
- ② L'usine doit être située à proximité d'un port pour la facilité d'exportation future.
- ③ L'usine doit être située à proximité d'une centrale électrique.

Une superficie de 10 000 m<sup>2</sup> est prévue pour le terrain de l'usine.

