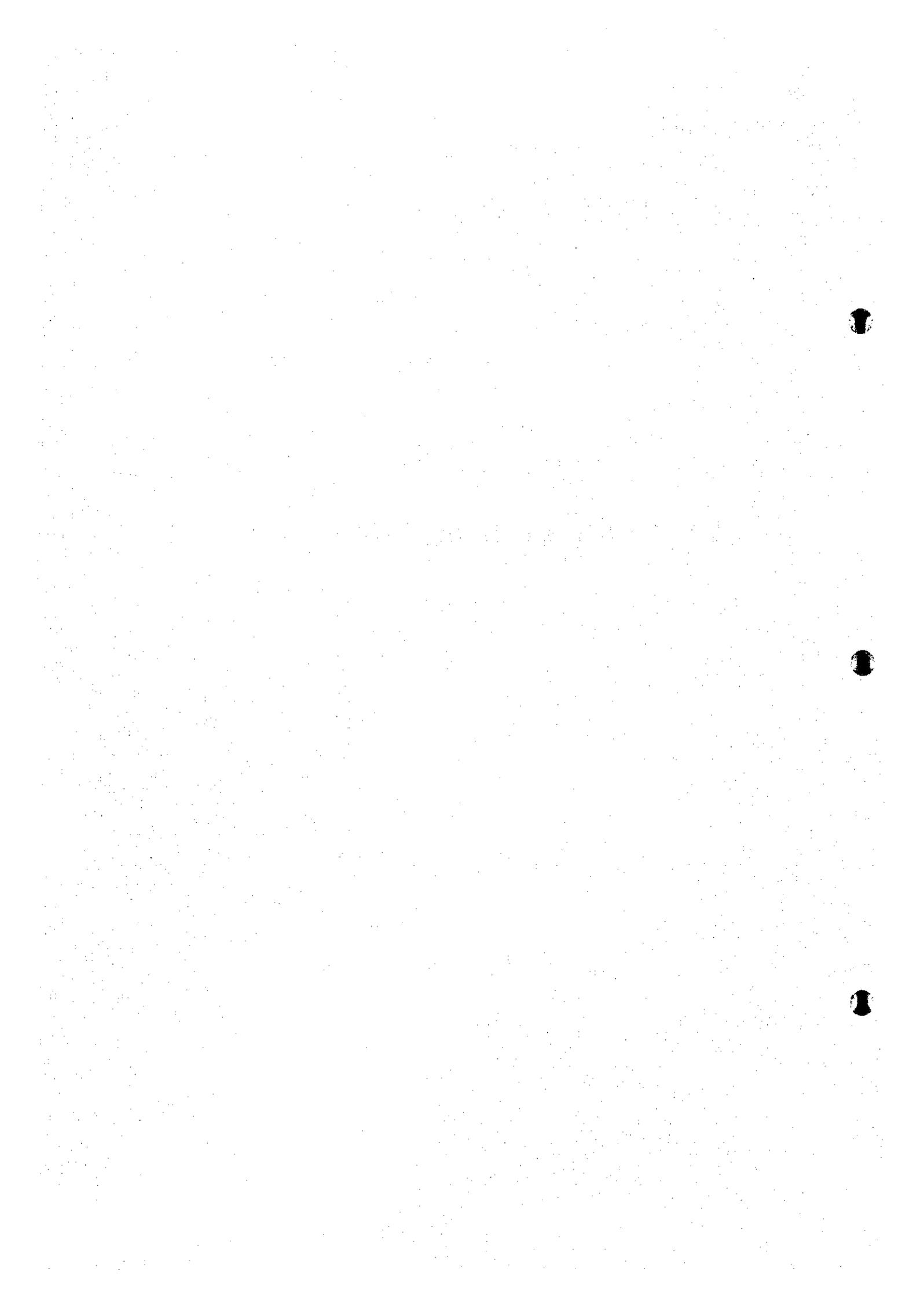


## C. Etude préliminaire de faisabilité



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

### 8.1 Sélection de l'objet de l'étude

Dans le chapitre 7, 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.

## 8.2 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.



## 9 Promotion du recyclage du fer

### 9.1 Situation actuelle du recyclage du fer

#### 9.1.1 Consommation et production du fer

Le tableau 9.1-1 indique les quantités de production, importation/exportation et de consommation locale de l'acier. La consommation indiquée ici est la soustraction de la quantité d'exportation à partir de la somme de la production locale et de l'importation. L'exportation inclut également l'importation indirecte des machines et automobiles, etc.

Tableau 9.1-1 Production, importation/exportation et consommation locales du fer  
(Unité : tonnes/an)

	1995	1996	1997
Production de fonte	156.000	145.000	160.000
Production d'acier	277.000	272.000	303.000
Importation d'acier	582.000	474.000	497.000
Importation indirecte de produits finis	130.000	120.000	137.000
Exportation de matériaux/produits d'acier	146.000	115.000	130.000
Consommation locale	783.000	698.000	751.000

Le tableau 9.1-2 représente la quantité des produits d'acier classée en fonction de leurs catégories. Les tuyaux d'irrigation et les conduits métalliques façonnés à partir des tôles laminées à froid n'apparaissent toutefois pas dans ce tableau du fait que ceux-ci ne concernent pas la production proprement dite.

Tableau 9.1-2 Quantité de produits d'acier (par catégorie)

	(Unité: tonnes/an)		
Année	1995	1996	1997
Ronds	213.200	213.800	236.100
Fils	19.100	22.700	22.000
Profilés	28.500	19.200	29.000
Fonte	10.000	12.000	12.000
Acier moule	4.000	4.200	4.200
Total	274.800	271.900	303.300

Le tableau 9.1-3 indique respectivement la quantité estimée de production locale de l'acier brut et d'importation des billettes qui ont servi de matériau des produits d'acier. La production à partir de l'acier brut local se maintient quasiment à un même niveau alors que la production à partir des billettes importées augmente brusquement ces dernières années. Cette allure d'augmentation se poursuivra vraisemblablement.

Tableau 9.1-3 Consommation d'acier brut local et de billettes importées

(Unité : tonnes/an)

Année	1995	1996	1997
Acier brut local	250.000	204.300	200.900
Billettes importées, autres	24.800	67.600	102.400
Total	274.800	271.900	303.300

Le tableau 9.1-4 indique la décomposition de consommation des produits ferreux. Le tableau 9.1-5 énumère entre autres la provenance des matériaux de construction qui sont très consommés, en précisant la quantité de production et d'importation/exportation des produits.

Tableau 9.1-4 Décomposition de consommation de produits ferreux

(Unité : tonnes/an)

Année	1995	1996	1997
Matériaux de construction (ronds profilés, etc.)	518.900	479.900	497.100
Tôles	155.900	112.200	133.400
Tuyaux	32.000	32.600	35.200
Fonte	14.000	16.200	16.200
Réglage entre importation et exportation indirecte	62.200	57.100	69.100
Total	781.000	698.000	751.000

Tableau 9.1-5 Provenance des matériaux de construction

(Unité : tonnes/an)

Année	1995	1996	1997
Acier brut local	239.900	193.200	188.700
Billettes importées	20.900	62.500	98.400
Produits importés	290.800	232.100	222.200
Produits exportés	32.700	7.900	12.200
Total	518.900	479.900	497.100

On peut constater les tendances suivantes de consommation des produits d'acier en Tunisie:

- La consommation totale n'a pas changé notablement durant la dernière décennie. Elle reste de l'ordre de 700.000 tonnes/an à part l'importation indirecte des machines et automobiles.
- La consommation de matériaux de construction est remarquable; elle occupe même 70% de la consommation totale. Cette tendance durera du fait de l'augmentation d'utilisation du béton armé en immeuble et de l'à-coup des travaux de construction. Selon l'estimation des intéressés du secteur de construction, l'aménagement de la base sociale du pays continuera même après l'an 2000.

### 9.1.2 Schéma d'écoulement du fer

La figure 9.1-1 et la figure 9.1-2 indiquent respectivement le bilan de fer dans le pays et le bilan de matières dans le complexe d'El Fouladh.

### 9.1.3 Secteur sidérurgique

Le secteur sidérurgique en Tunisie est constitué du complexe sidérurgique d'El Fouladh, des entreprises de laminage et des fonderies. Le tableau 9.1-6 indique les généralités du secteur.

Tableau 9.1-6 Sidérurgie de la Tunisie

Complexe sidérurgique	El Fouladh	étatique
Laminoirs	2 entreprises	privés
Fonderies	6 entreprises dont 2 grandes	privés

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).

Il y a actuellement deux entreprises de laminage qui produisent des fils et ronds à partir des billettes importées. La capacité de chaque entreprise de laminage est de 20.000 tonnes/an environ.

Les fonderies utilisent la ferraille de bonne qualité avec ajout d'environ 15% d'acier à partir des billettes importées.

### 9.1.4 Situation actuelle du marché du fer

La production locale d'acier est assurée exclusivement par le complexe d'El Fouladh. Cependant, comme il n'est pas capable de répondre à lui seul à tous les besoins du pays, le complexe lui-même importe des billettes à introduire à ses laminoirs à fils et ronds.

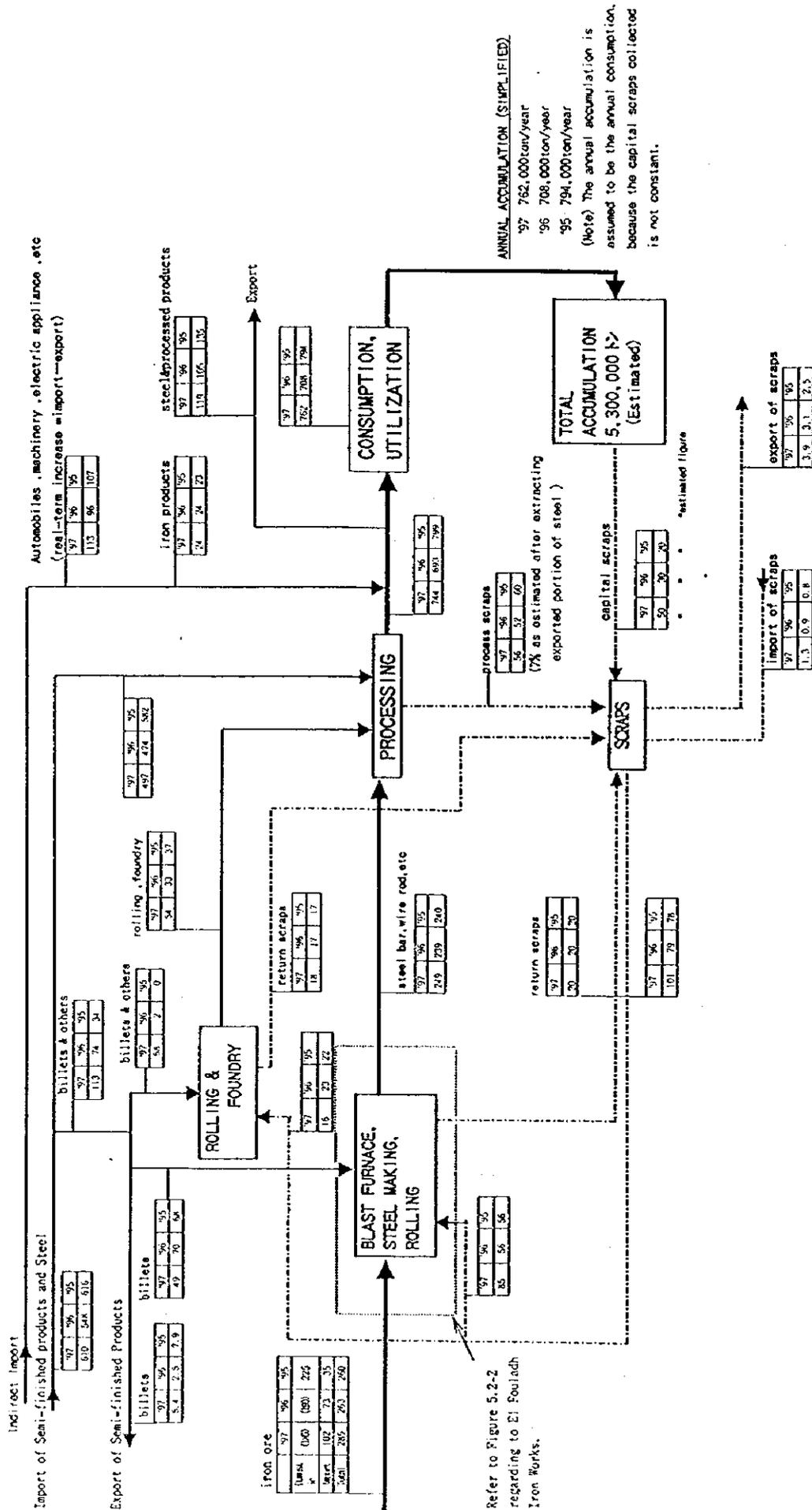
D'autre part, les entreprises de laminage privées produisent des ronds et des fils à partir des billettes qu'elles importent.

Etant donné que l'importation des billettes d'acier brut est taxée 48%, le prix de vente dans le marché local est de 500 à 580 DT/tonne. A titre indicatif, le prix de billettes hors droits de douane et TVA est de l'ordre de 270 DT/tonne.

Actuellement, le coût de production de l'acier brut étant très élevé chez El Fouladh, les droits d'importation des billettes sont également élevés dans le but de protéger l'industrie tunisienne. Par conséquent, les produits d'acier sont chers d'autant. D'autre part, les produits importés étant également soumis au droit d'importation, les produits locaux peuvent rester compétitifs actuellement dans le marché local. Mais, après la baisse des droits de douane conformément à la convention du partenariat avec l'Union Européenne, l'effort de baisse du prix de revient des produits locaux sera absolument nécessaire pour maintien de leur compétitivité.

Fig.9.1-1 : Material Balance of Iron and Steel in Tunisia

(Unit:1,000ton/year)





Les entreprises de laminage utilisant les billettes importées sont actuellement contraintes à s'approvisionner en billettes extrêmement chères du fait des droits de douane élevés, d'où le prix de revient de leurs produits est élevé aussi. Par contre, grâce au fait qu'ils peuvent vendre leurs produits au même prix que les produits d'El Fouladh, leur vente augmente progressivement. Dans la conjoncture actuelle, les besoins en matériaux de construction sont extrêmement importants ; ce qui encourage la vente des fils et rond dans le marché local. La concurrence dans le marché local se verra toutefois acharnée à cause de la baisse du prix de revient et du prix de vente des produits dans l'avenir par suite de la baisse des droits de douane jusqu'à leur démantèlement total.

#### **9.1.5 Situation actuelle des ferrailleurs**

Il y a actuellement les deux formes d'activités des ferrailleurs:

- (1) Ferrailleurs indépendants de petite taille
- (2) Collecte de la ferraille en fer/acier par les fonderies consommatrices elles-mêmes

Les petits ferrailleurs de la catégorie (1) se réunissent dans un camp du corps de métier dans la banlieue de Tunis. Ces petits ferrailleurs s'occupent du démontage et du tri des appareils électroménagers et automobiles rebutés ayant été collectés dans la ville. La ferraille récupérable est compactée à la presse et vendue à El Fouladh. La quantité traitée de ferraille est d'environ 90.000 tonnes/an au total. Leur productivité est basse car le travail est manuel et artisanal.

L'activité de la catégorie (2) est assurée par les fonderies elles-mêmes qui récupèrent la ferraille stockée chez les évacuateurs déterminés de déchets ferreux suivant les contrats. La quantité totale de la ferraille ainsi ramassée par les fonderies est d'environ 16.000 tonnes/an. Cette ferraille est totalement consommée par ces entreprises.

#### **9.1.6 Problèmes à résoudre en matière de recyclage du fer**

En Tunisie, le taux d'autosuffisance pour le fer est très faible ; environ 30%. L'accumulation totale en fer dans le pays est estimée à 5.300.000 tonnes environ, et la génération potentielle de déchets ferreux à 223.000 tonnes/an environ (1997).

Par contre, la capacité des fours de fusion appelés à valoriser ces déchets ferreux n'est que de l'ordre de 105.000 tonnes/an au total dans tout le secteur de sidérurgie/fonderie du pays. La quantité de ferraille excédentaire qui ne peut pas être valorisée dépasse 100.000 tonnes/an. Actuellement, il n'y a pas de moyen efficace pour la valoriser bien qu'elle soit une ressource locale potentielle.

Le problème à résoudre pour l'avenir est de recycler les déchets ferreux existants qui sont laissés sans être valorisés, et de subvenir aux besoins du pays en fer autant que possible. Pour cet objectif, il faut augmenter la capacité de production du four électrique. En même temps, il est nécessaire d'assurer la compétitivité pour faire face à la libéralisation du commerce internationale qui sera réalisée en 2008.

## 9.2 Plan d'exploitation d'une usine de four électrique pour le recyclage du fer

### 9.2.1 Faisabilité du projet d'usine de four électrique

La quantité totale de déchets ferreux générés dans le pays est estimée à 223 000 tonnes/an (en 1997). Le tableau 9.2-1 énumère les différentes provenances des déchets.

Tableau 9.2-1 Provenances de la ferraille

	(Unité : tonnes/an)
Déchets de production	65.000
Déchets de transformation	55.000
Déchets provenant des ouvrages usagés	103.000
<b>Total</b>	<b>223.000</b>

Une partie de cette quantité est prise en charge par le complexe d'El Fouladh et par les fonderies, comme l'indique le tableau 9.2-2 ci-après.

Tableau 9.2-2 Déchets fournis aux recycleurs

	(Unité : tonnes/an)
Déchets fournis au complexe d'El Fouladh	80.000
Déchets fournis aux fonderies	16.000
<b>Total</b>	<b>96.000</b>

Il est possible que le reste de 127.000 tonnes/an ne soit pris en charge par aucun recycleur. Cette quantité représente même 17% de la consommation locale de fer de 751.000 tonnes/an (1997). L'importation de billettes s'élève à 102.000 tonnes/an environ, ce qui correspond à peu près à la quantité de ferraille générée dans le pays.

La revalorisation de la ferraille permettra de conserver les ressources nationales et de restreindre l'importation. A l'état actuel, il n'y a aucun autre moyen local de prise en charge, et ces ressources ferreuses seront donc à laisser en état oxydé à abandon, ou bien seront destinées à l'exportation telles quelles. Cependant, pour que l'exportation de ferraille puisse être rentable, les lots d'exportation doivent être plus importants. Mais, du fait de la faible dimension de la génération qui n'est que de 127.000 tonnes/an, cette activité ne saurait être viable.

L'acier brut produit actuellement en Tunisie est cher et peu compétitif dans le marché mondial. Ainsi, à cause du prix élevé du matériau ferreux, les produits d'acier tunisiens ne peuvent pas avoir la compétitivité internationale.

Compte tenu de cette circonstance, l'équipe d'étude préconise la mise en place des installations sidérurgiques permettant la valorisation optimale de la ferraille, à savoir un four électrique. L'objectif du projet est d'assurer l'approvisionnement en fer sur le marché local à un prix moins élevé, ce qui permet de renforcer la compétitivité internationale des produits d'acier tunisiens. Cette nouvelle activité de recyclage contribuera aussi à la création de l'emploi dans le pays.

### 9.2.2 Objectifs, taille et nombre d'usines réalisables de four électrique

La Tunisie, comme la demande en fer est très forte, est un pays importateur des billettes d'acier brut. Afin de répondre à ces besoins du marché local, l'équipe d'étude préconise de promouvoir la production de billettes d'acier en tant que moyen efficace de valorisation des 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 127.000 tonnes/an et de la quantité de billettes importées de 102.000 tonnes/an. Ce plan suppose la mise en place d'un réseau de collecte de déchets ferreux desservant tout le pays et d'une seule usine de recyclage des déchets ainsi ramassés.

La viabilité de cette usine tient à la collecte appropriée de déchets ferreux qui sera décrite en détail dans le paragraphe 9.3 ci-après.

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

#### (1) Plan de commercialisation

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

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

Dans un deuxième temps, il faudra envisager l'exportation d'une certaine quantité de billettes et de barres d'acier que la Tunisie importe pour le moment.

Dans l'avenir, il y a lieu d'envisager la mise en place d'une unité intégrale de laminoir appelée à produire des barres d'acier dès le départ, mais, pour le moment, les billettes seront les produits majeurs de cette usine de recyclage du fer, elle ne produira ni de blooms ni de brames.

#### (2) Echelle de l'usine

Le projet d'usine de recyclage du fer est à diviser en deux tranches - la première décennie après la mise en service de l'usine et la deuxième tranche qui la suit. La capacité respective de production de chaque tranche sera comme suit:

Première tranche	: 10 premières années de service	100.000 tonnes/an
Seconde tranche	: à partir de la 11ème année	200.000 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 la flexibilité d'exploitation et du coût de construction relativement faible.

Le four électrique est un four d'affinage de l'acier utilisant l'électricité comme source de chaleur. Il y a deux types de four électrique: four à arc de raffinage par oxydation et four à induction à H.F. utilisant le courant de Foucauld pour apport de chaleur de résistance.

Les fours à induction sont normalement de petite contenance d'environ 1 tonne, et utilisés pour le raffinage des aciers spéciaux de haute qualité. Les conditions devant être prises en compte pour le choix du four seront:

- a) Bonne manoeuvrabilité pouvant être exploitée par peu d'opérateurs
- b) Les coulées doivent se faire en petits lots mais avec une excellente répétabilité d'opération
- c) Le coût global des installations y compris les auxiliaires doit être bas.
- d) Haut rendement d'énergie et faible prix de revient
- e) Facilité d'entretien du réfractaire
- f) Possibilité de tirer le maximum d'avantage de la taille d'équipement.

Le four de fusion pouvant répondre à ces critères serait le four à arc qui a été adopté mondialement en 1950 et qui restait sans cesse sophistiqué à ce jour. La figure 9.2-1 (schéma de fonctionnement) représente le procédé de recyclage des déchets ferreux utilisé dans une usine équipée d'un four à arc.

#### (4) Plan d'équipement

Nous décrivons ci-après la constitution de la première tranche du plan d'équipement (premier investissement).

##### a) Four électrique

Le four électrique a pour objectif de viser à la fois à une haute productivité et à une baisse du prix de revient. Il doit également satisfaire aux critères de sécurité et de protection de l'environnement. Le tableau 9.2-3 indique les spécifications du four électrique.

Tableau 9.2-3 Spécifications du four électrique

a) Four électrique	1	four à arc, 20 tonnes/charge, alternatif Heures nettes de service : 7.000hrs Durée entre coulées : 70 minutes Diamètre : 3,3m Capacité de transformateur : 14 MVA
b) Alimentation électrique	1	Appareillage HT (33KV, transformateur)
c) Appareillage électrique	1	Appareillage BT, armoire électrique
d) Système de régulation	1	Automate programmable (PLC) Système de régulation d'électrode Régulation et surveillance (VDU) Système de communication Tableau, pupitre et boîtier de commande, UPS
e) Auxiliaires	1	Brûleur oxy-gaz, système d'injection de carbone, système de mesure de température et d'échantillonnage, système de refroidissement du four électrique

b) Coulée continue

La machine de coulée continue est appelée à répondre aux besoins en production de 200.000 tonnes/an de la 2ème tranche du premier investissement.

La ligne de coulée continue à mettre en place doit satisfaire à l'opérabilité et à la facilité de travail et de contrôle de qualité. Le tableau ci-après donne les principales spécifications de la ligne de coulée continue.

Tableau 9.2-4 Spécifications de coulée continue

① Coulée continue	1	4 filières Dimensions de billette : 100mm-130mm Longueur de billette : 6m
② Appareillage électrique	1	Appareillage BT, armoire électrique
③ Système de régulation	1	Automate programmable (PLC) Système de régulation d'électrode Régulation et surveillance (VDU) Tableau, pupitre et boîtier de commande, UPS
④ Auxiliaires	1	Table à rouleaux de décharge, table à rouleaux de refroidissement, système de refroidissement, systèmes d'air comprimé, oxygène, gaz combustible, azote

c) Installations de manutention des matériaux

Il s'agit des installations assurant la réception, le stockage et le débit des matières secondaires (ferro-alliages, chaux, additifs). Le tableau ci-après donne les principales spécifications de ces installations.

Tableau 9.2-5 Spécifications du installations de manutention des matériaux

① Réservoirs	Chaux vive	1	100 m <sup>3</sup>
	Fe-Mn	1	20 m <sup>3</sup>
	Si-Mn	1	20 m <sup>3</sup>
	Fe-Si	1	20 m <sup>3</sup>
	Réserve	1	20 m <sup>3</sup>
② Système de réception	Trémie souterraine	1	
	Transporteur à godet	1	Courroie
	Transporteur navette	1	Courroie
③ Système d'alimentation	Système de dosage	1	
	Transporteur à godet	1	Courroie
	Transporteur navette	1	Courroie
	Doseur d'additifs du four électrique	1	
	Doseur d'additifs de poche	1	
④ Electricité	Armoire électrique	1	
⑤ Système de régulation	Automate programmable (PLC)	1	

d) Equipement de manutention de fonte liquide

Il s'agit des installations assurant le transfert de la fonte liquide du four électrique à la ligne de coulée continue.

Tableau 9.2-6 Spécifications du Equipement de manutention de fonte liquide

① Poche	5	Il y a une aire de préchauffage et de séchage de poche.
② Autres		Prévoir une aire de démontage et de garnissage de poche.

e) Installations du parc à ferraille

Il s'agit des installations de transfert de la ferraille au four électrique.

Tableau 9.2-7 Spécifications des installations du parc à ferraille

① Godet à déchets	3	
② Chariot à déchets	1	
③ Système transporteur	1	
④ Système de dosage	1	à presseducteur
⑤ Electricité	1	Armoire électrique
⑥ Système de régulation	1	Automate programmable (PLC) , Pupitre/tableau de commande

f) Manutention

Tableau 9.2-8 Spécifications de manutention

① Pont du parc à ferraille	1	15 tonnes	Benne électro-magnétique
② Pont de chargement à godet	1	25/10/3 tonnes	
③ Pont de la machine de coulée	1	40/10 tonnes	
④ Pont à billettes	1	10/5 tonnes	
⑤ Pont d'entretien	1	3 tonnes	

g) Dépoussiérage

Tableau 9.2-9 Spécifications du dépoussiérage

① Filtre à manche	1	Nombre de manches : 1.152 Longueur de manche : 5.800m Diamètre de manche : 160m Poussière restante : 10mg/Nm <sup>3</sup>
② Extracteur	2	425.000Nm <sup>3</sup> /Hr × 450kw
③ Manutention de poussière	1	Silo à poussière (30m <sup>3</sup> ) , transporteurs
④ Alimentation	1	Armoire électrique
⑤ Système de régulation	1	Plaque d'automate programmable (PLC)

h) Système d'air comprimé

Tableau 9.2-10 Spécifications du système d'air comprimé

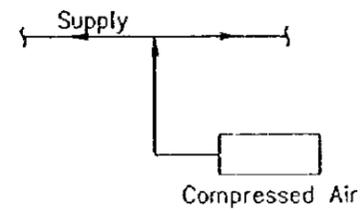
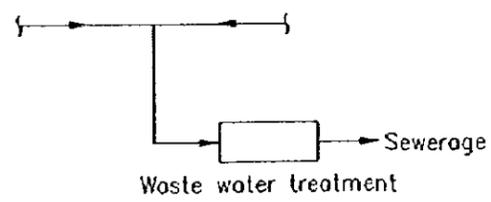
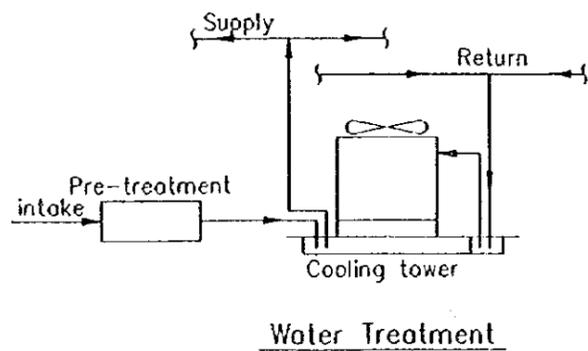
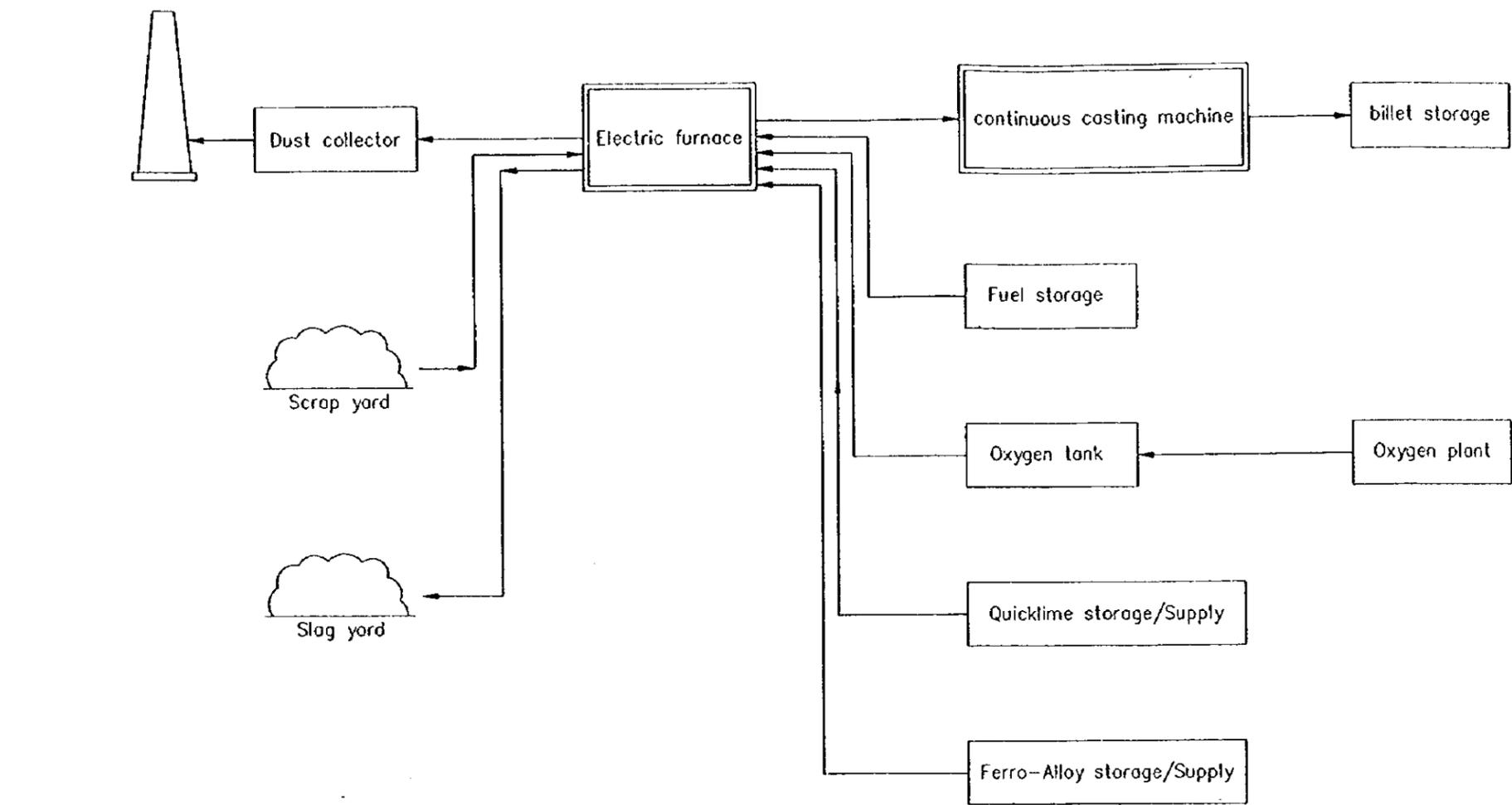
Compresseur	3	Consommation		
		Moyenne :	EAF	15 Nm <sup>3</sup> /Hr
			CCM	110 Nm <sup>3</sup> /Hr
		Pointe :	EAF	20 Nm <sup>3</sup> /Hr
			CCM	800 Nm <sup>3</sup> /Hr
			DCO	1.800 Nm <sup>3</sup> /Hr
Séparateur d'huile	1			
Sécheur	1			
Réservoir à air	1			

i) Générateur d'oxygène

Tableau 9.2-11 Spécifications du Générateur d'oxygène

① Compresseur d'air	1		
② Système de pré-refroidissement d'air	1		
③ Tamis moléculaire	1		
④ Cycle de séparation d'air	1		
⑤ Compresseur d'oxygène	2		à piston
⑥ Réservoir à air	1	Consom- mation	EAF 600Nm <sup>3</sup> /Hr
		Moyenne	CCM 10Nm <sup>3</sup> /Hr
		Pointe	EAF 970Nm <sup>3</sup> /Hr CCM 74Nm <sup>3</sup> /Hr
⑦ Réservoir à oxygène liquide	1		
⑧ Evaporateur d'oxygène liquide	1		
⑨ Compresseur d'azote	1		à piston
		Consom- mation	EAF
		Moyenne	15Nm <sup>3</sup> /Hr,
		Pointe :	EAF 30Nm <sup>3</sup> /Hr





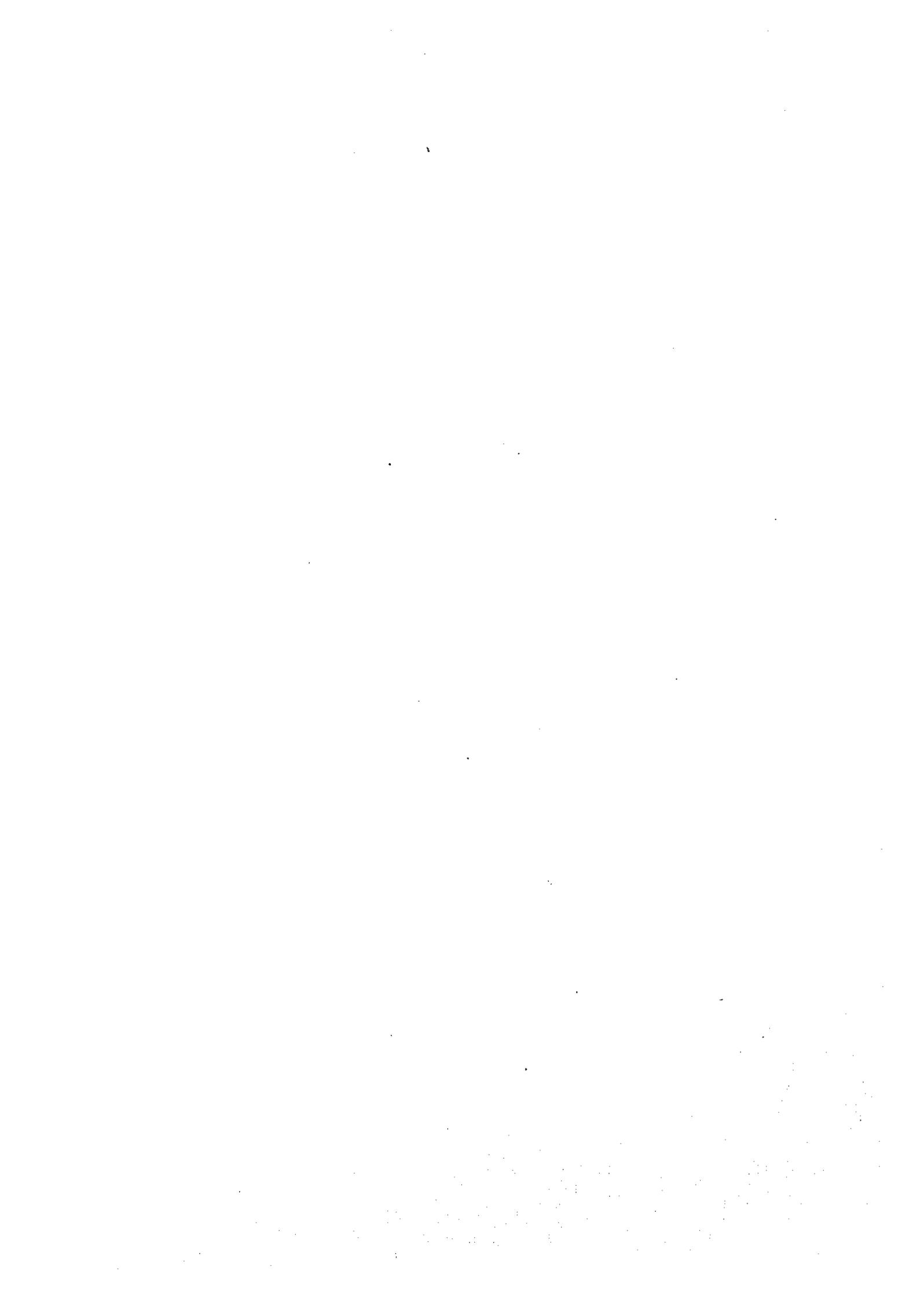
INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT  
 STEEL-MAKING PLANT  
 BLOCK FLOW DIAGRAM

DATE: 25 - AUG. - 1998 SCALE: NONE





Faint, illegible text or markings at the bottom left corner of the page.



j) Station de traitement d'eau

Tableau 9.2-12 Spécifications de station de traitement d'eau

①	Tour de refroidissement	2	
②	Echangeur de chaleur à plaque	1	
③	Filtre à sable	1	vertical, sous pression
④	Soufflante de lavage à contre-courant	1	
⑤	Doseur d'additif	1	
⑥	Armoire électrique, tableau de commande	1	(1 de chaque)
⑦	Réservoir d'eau de secours	1	
⑧	Epaississeur de boue	1	

k) Postes d'arrivée/transformation

Tableau 9.2-13 Spécifications de postes d'arrivée/transformation

①	Appareillage HT	1	Transformateur, disjoncteur, isolateurs de traversée, etc.
②	Circuit de protection et commande	1 série	
③	Transformateur METAL	1 série	
④	Autres équipements nécessaires	1 série	

(5) Plan d'approvisionnement en matières premières

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

a) Approvisionnement en ferraille

Dans la première tranche (1ère décennie) du plan d'équipement, l'approvisionnement en ferraille se fera essentiellement dans le marché local et en cas de manque, ils seront importés des pays maghrébins. Dans la 2ème tranche (à partir de la 11ème année), on envisagera d'importer la ferraille du marché européen en tenant compte des avantages géographiques afin de procéder à la mise en vigueur de la production pour exporter une partie des produits.

b) Matières secondaires, électrodes en carbone, réfractaires

Les matières premières et consommables - chaux vive (CaO), les réfractaires, etc. seront approvisionnés dans le marché local. Les ferro-alliages (Fe-Si, Si-Mn...), électrodes, etc. seront importés.

c) Consommation et prix de ferraille et de matières secondaires

Tableau 9.2-14 Plan d'approvisionnement en matières premières

		Mise au mille Kg/tonne- billette	Prix Unitaire US\$/Kg	Prix US\$/tonne -billette
<b>a) Matières premières</b>				
— Consommation au démarrage	Déchets locaux	1.176	0,066	77,616
— Consommation au bout de 10 ans	Déchets locaux	1.176	0,066	77,616
	Déchets importés	1.176	0,125	147,000
<b>b) Matières secondaires</b>				
	Chaux vive	35,0	0,105	3,68
	Ferro-alliages	8,0	0,770	6,16
	Electrode en carbone	4,5	2,3	10,35
	Réfractaire	25,0	0,85	21,25

(6) Plan d'utilités

Le plan d'utilités (électricité, combustible, eau, oxygène, azote, air comprimé, etc.) est comme suit. Les eaux résiduaires seront rejetées dans le collecteur des égouts de l'ONAS après un prétraitement simplifié.

a) Electricité

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'amenée seront à payer de part le barème de STEG.

Les tensions industrielles du réseau en Tunisie sont comme suit:

Tableau 9.2-15 Les tensions industrielles du réseau

Electricité	Tension (V)	Puissance (KVA)
Moyenne tension industrielle	30.000	2.000 ~ 5.000
Haute tension industrielle	90.000	5.000 ou plus

b) Combustibles

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.

Le système d'alimentation en combustible en Tunisie est le suivant:

Tableau 9.2-16 Combustibles

Energie	Débit (thermie/heure)	Pression alimentation (bar)
BP	50~8.000	4
MP	1.000~20.000	20
HP	20.000~500.000	76

c) Les eaux

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.

Tableau 9.2-17 Qualité d'eau

Paramètres	Unité	Qualité d'eau
pH		7.8~8.5
Conductivité	µS/cm	3787~3807
Dureté totale	mg/l	2900~2948
Sodium (Na)	mg/l	760~780
Potassium (K)	mg/l	7.2~7.4
Calcium (Ca)	mg/l	224~232
Chlore (Cl)	mg/l	1136~1207
Racine d'acide sulfurique (SO <sub>4</sub> )	mg/l	661~685

d) Oxygène et azote

L'oxygène et l'azote seront produits à partir de l'air par le générateur d'oxygène/azote à basse température installé dans l'usine.

e) Air comprimé

L'air de régulation pneumatique des instruments et de manoeuvre des vannes et l'air de service seront fournis par le compresseur d'air à prévoir dans l'usine.

f) Eaux résiduaires

Les eaux résiduaires seront neutralisées et décantées préalablement à leur rejet dans le collecteur des égouts ONAS.

g) Consommation et prix d'utilités

Tableau 9.2-18 Consommation et prix d'utilités

	Mise au mille unité/tonne- billette	Prix unitaire US\$/unité	Prix US\$/tonne- billette
Electricité	691,2 kWh	0,041 /kWh	28,339
Combustible	7,86 Nm <sup>3</sup>	0,117	0,920
Eau industrielle	2,8 m <sup>3</sup>	0,658 / m <sup>3</sup>	1,84
Oxygène, azote, air comprimé	à estimer selon l'électricité		
Eaux usées	2,24 m <sup>3</sup>	0,835 / m <sup>3</sup>	1,87
<b>Total</b>			<b>32,969</b>

(7) Plan d'implantation d'usine

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 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 des tranches 1 et 2, une superficie de 35.000 m<sup>2</sup> est prévue pour le terrain de l'usine dont l'aperçu de la disposition est montré dans la figure 9.2-2 "PLAN D'IMPLANTATION" ci-jointe.

b) Travaux de génie civil et de massif

Comme travaux de génie civil, des travaux de zone verte seront effectués, avec des plantes jardinières et du gazon, dans 20% de la superficie totale.

En outre, une superficie de 20.000 m<sup>2</sup> sera asphaltée ou gravillonnée dans le but de l'utiliser comme routes internes ou aire de stockage des déchets ferreux. Des mesures seront prises contre l'eau de pluie en creusant des fossés au bord des routes asphaltées. Le terrain aura une clôture de sécurité tout autour.

Des travaux de battage des pieux sont nécessaires pour le massif de la machinerie ainsi que toute la fondation des bâtiments de la partie usine. Il faudrait environ 550 pieux de Ø 300mm × L 10.000mm

c) Travaux de construction

La superficie couverte entamée dès la première tranche (premier investissement), ainsi que les grandes lignes de la spécification, sont montrées dans le tableau suivant.

Tableau 9.2-19 Travaux de construction

Locaux	Dimensions (m)	Aire (m <sup>2</sup> )	Étage	Spécifications
Bâtiment principal	38(18)×100	3.200	1	Charpente métallique
Bâtiment du parc à ferraille	31×50	1.550	1	Charpente métallique
Centrale d'air/O <sub>2</sub>	20×20	400	1	Béton armé + briques
Atelier et magasin	20×30	600	1	Béton armé + briques
Abri de collecteur de poussière	10×50	500	1	Charpente métallique
Administration-1	12×45	540	1	Béton armé + briques
Administration-2	20×35	700	1	Béton armé + briques
Poste de garde (2 bâtiments)	5×10	100	1	Béton armé + briques

d) Installation des équipements, de la machinerie, et la tuyauterie, travaux électriques et leur essai

La machinerie, les équipements, les appareils électriques, etc. seront installés sur place selon le programme des équipements. Ensuite, les travaux électriques et l'installation de la tuyauterie seront effectués en conformité avec les plans détaillés.

Les durées des travaux doivent être suffisamment coordonnées entre la construction des bâtiments et l'installation de la machinerie, pour raccourcir le délai de livraison. Il faut en même temps procéder au plus tôt à la mise en place d'un pont d'usage permanent afin de s'en servir au montage des machines et équipements.

Après la terminaison des travaux d'installation de la machinerie, de la tuyauterie et des fils électriques, l'inspection doit être effectuée comme prévu. Quand l'inspection est terminée avec des résultats satisfaisants, c'est ce que l'on appelle "Achèvement Mécanique" qui permet l'essai

L'essai sera exécuté par les conducteurs de l'usine, en présence d'un superviseur de l'entrepreneur. Tout ce qui est nécessaire pour l'essai comme ferraille, matières secondaires, utilités, etc. est à la charge du client à titre gratuit. Comme ces frais ne sont pas inclus dans l'investissement d'équipement, il est à budgétiser à part.

e) Durée des travaux de construction

Le délai de construction est de 24 mois après l'entrée en vigueur du contrat.

Le programme de construction est détaillé dans la figure 9.2-3 "planning du projet" ci-jointe.

**(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 ferraille, ponts/grues, collecteur de poussières, station d'air comprimé, générateur d'oxygène, station de traitement d'eau, équipements des postes d'arrivée et de transformation, achat des matières, montage sur site des équipements, travaux de tuyauterie/câblage
- ③ Travaux de génie civil et fondation
- ④ Construction d'atelier, parc à ferraille, magasins, bâtiment administratif, salle d'opérateur, etc.
- ⑤ Frais des travaux d'aménage 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**

L'estimation des coûts a été faite suivant les critères ci-après:

- ① Les coûts seront tous présentés en US\$. Les cours de change utilisés ont été les suivants:  
1 US\$ = 120 yens, 1 US\$ = 1,14 DT  
1 US\$ = 1,4947 SFr
- ② L'entrée en vigueur du contrat de construction de l'usine est prévue pour le janvier 2000 et l'achèvement des travaux pour le mois de février 2001.
- ③ Les droits d'importation des machines et matériaux/matériels, etc. nécessaires à la construction de l'usine de régénération du fer seront exonérés de part les mesures fiscales incitatives.
- ④ Le montant de la deuxième tranche de l'investissement pour l'équipement sera estimé sur la base des coûts actuels. Il y a lieu d'actualiser ce chiffre en cas de hausse importante des prix.

**c) Montant d'investissement pour l'équipement**

Le montant d'investissement pour l'équipement sera comme l'indique le tableau ci-après. Les chiffres indiqués comprennent 18% de TVA sauf pour l'acquisition du terrain qui est exempté de TVA.



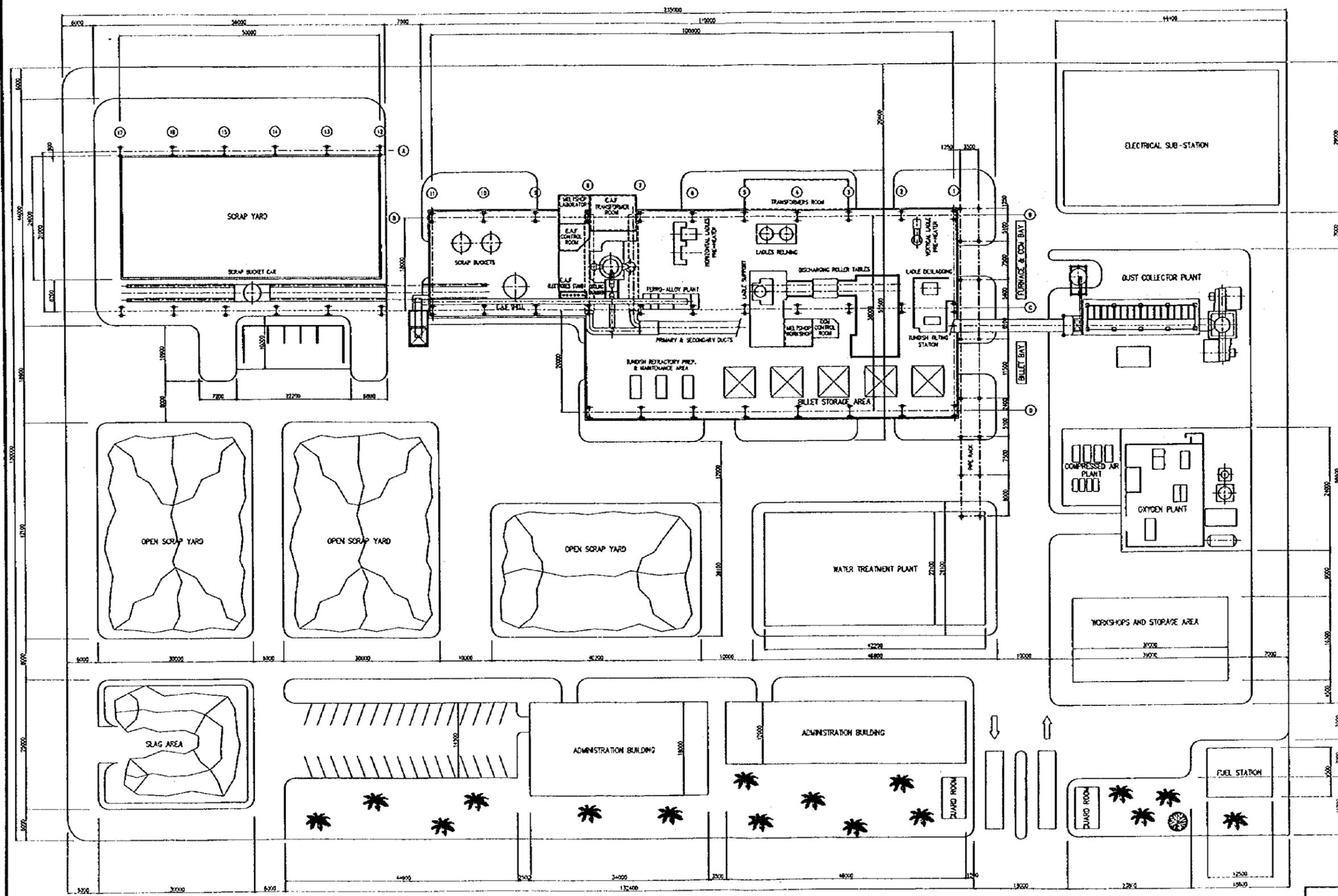


Fig. 9.2-2 PLAN D'IMPLANTATION

INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT  
 STEEL-MAKING PLANT  
 PLOT PLAN  
 DATE: 25 - AUG - 1988 SCALE: 1/250



D

D

D





D

D

D



Tableau 9.2-20 Montant d'investissement pour l'équipement à la première tranche

	Unité : US\$		
	Off shore Portion(US\$)	On Shore Portion(US\$)	Total (US\$)
Acquisition du terrain	0	1.610.000	1.610.000
Génie civil et bâtiment	0	4.880.000	4.880.000
Machinerie et équipement	22.390.000	0	22.390.000
Frets et assurance	1.880.000	0	1.880.000
Droits d'importation	940.000	0	940.000
Travaux de construction	0	9.090.000	9.090.000
Frais d'engineering	4.950.000	0	4.950.000
Frais de supervision	990.000	0	990.000
Véhicules et autres	1.100.000	0	1.100.000
Divers	100.000	150.000	250.000
<b>Total</b>	<b>32.350.000</b>	<b>15.730.000</b>	<b>48.080.000</b>

La deuxième tranche d'investissement sera prévue pour 10 ans après le démarrage de l'usine et consiste à augmenter la capacité de production de 100.000 tonnes/an à 200.000 tonnes/an. Le montant estimé de l'investissement sera comme l'indique le tableau ci-après. Les chiffres indiqués comprennent 18% de TVA.

Figure. 9.2-21 Montant d'investissement pour l'équipement à la deuxième tranche

	Partie Off shore (US\$)	Partie On Shore (US\$)	Total (US\$)
Acquisition du terrain	0	0	0
Génie civil et bâtiment	0	970.000	970.000
Machinerie et équipement	10.100.000	0	10.100.000
Frets et assurance	850.000	0	850.000
Droits d'importation	430.000	0	430.000
Travaux de construction	0	4.020.000	4.020.000
Frais d'engineering	1.480.000	0	1.480.000
Frais de supervision	0	0	0
Véhicules et autres	550.000	0	550.000
Divers	0	0	0
<b>Total</b>	<b>13.410.000</b>	<b>4.990.000</b>	<b>18.400.000</b>

d) Frais d'entretien annuel

Frais d'entretien annuel 5 US\$ / tonne - billettes

(9) Organigramme/personnel

L'usine de recyclage du fer sera constituée du four électrique de fusion de la ferraille et de la machine de coulée continue; le métal fondu à plus de 1.600°C dans le four électrique sera introduit dans le moule de coulée continue de billettes de dimensions déterminées, après réglage de sa composition chimique.

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 four électrique et la coulée continue doivent tous les deux être entretenus périodiquement pour la réfection du réfractaire, les réparations électriques et mécaniques et pour le remplacement des éléments avariés par la chaleur.

En considération des caractéristiques précitées de l'usine de recyclage du fer, l'organigramme et le personnel seront comme suit:

a) Organigramme

Voir organigramme Figure 9.2-4 ci-joint.

b) Personnel

Le personnel des divisions administration et de production est respectivement comme suit:

	Personnes
Directeur général	1
Secrétaire	2
Personnel/comptabilité	8
Vente	2
Directeur d'usine	1
Contrôle de qualité	8
Sécurité	10
Magasin/achat	6
Département EAF	
	Manutention 24
	EAF 32
Département CCM	
	CCM 32
Maintenance / Utilités	
Agents d'entretien, mécanicien, électricien et réfractaire	44
<b>Total</b>	<b>170</b>

Lors de la mise en vigueur de la productivité au début de la 2ème tranche du plan d'équipement, il y aura un accroissement de 5 personnes de l'administration et 40 personnes de la production.

La formation du personnel de production se fera pendant 2 mois. Le stage des 1,5 premiers mois sera fait en utilisant les équipements en cours de mise en place. Le 0,5 mois de stage qui reste se fera au cours de la marche d'essai durant la période de mise en route. Le superviseur sera lui-même l'instructeur de cette formation.

ORGANIZATION FOR STEEL-MAKING PLANT

August 25 '98

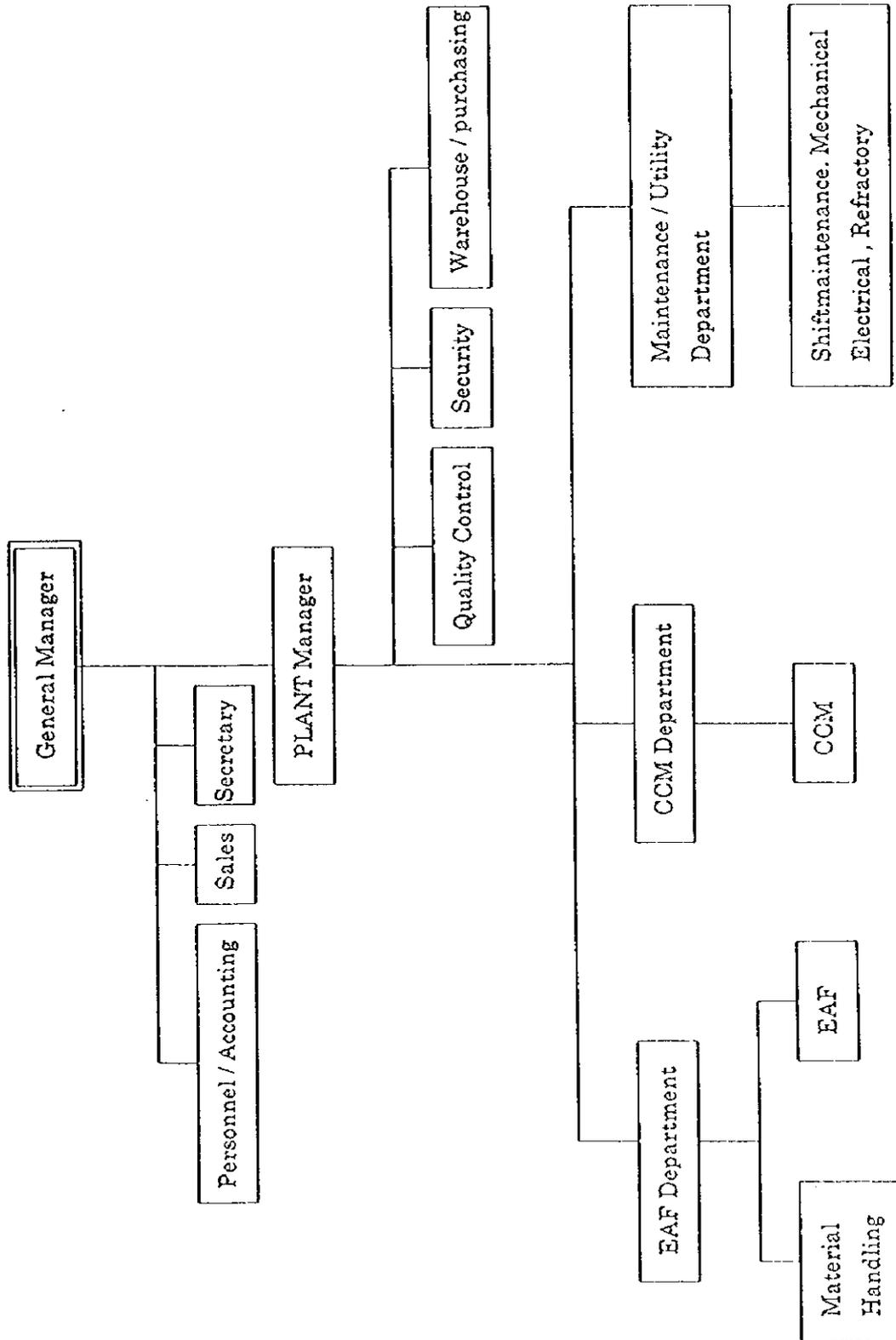


Fig. 9.2-4 Organigramme

### 9.3 Plan d'aménagement des usines de déchetage de déchets ferreux

#### 9.3.1 Agrandissement du marché des déchets ferreux

La quantité de déchets ferreux générés en 1997 a été de 223.000 tonnes/an. Les déchets de production générés au sein de l'entreprise sidérurgique et des fonderies ont été recyclés par leurs générateurs eux-mêmes. Les chutes de transformation des produits ferreux provenant des laminoirs à fils ou à ronds ont eux aussi été recyclés dans les fonderies.

Comme troisième catégorie des déchets ferreux, il y a des déchets de chantier, de démolitions et des ouvrages usagés tels que les automobiles, les appareils électroménagers et la machinerie. Contrairement aux déchets de production et aux chutes de transformation, cette catégorie de déchets générés en ville circule sur le marché sans contrat de transaction, soit transmis aux ferrailleurs soit ramassés par eux-mêmes.

L'accumulation du fer en Tunisie est estimée à 5.300.000 ~ 7.000.000 tonnes. Du fait de la tendance actuelle de l'utilisation de ronds à béton pour la construction, l'accumulation du fer dans le pays va augmenter considérablement. Comme la totalité de ce fer accumulé changera d'un jour à l'autre en déchets ferreux après un certain temps, la quantité de déchets des ouvrages usagés augmentera d'autant. L'accroissement du parc automobile du pays qui est en hausse rapide ces dernières années causera également la génération des déchets ferreux après la durée de vie de ces véhicules.

Alors que la 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.

Tableau 9.3-1 Quantités des déchets ferreux par provenances (1997)

	(Unité: tonnes/an)
Déchets de production	65.000
Chutes de transformation	55.000
Déchets provenant des ouvrages usagés	103.000
Total	223.000

#### 9.3.2 Etude sur le système de collecte des déchets ferreux

Les déchets de production et les déchets (chutes) de transformation sont convenablement recyclés sur la filière existante. Par contre, les déchets des ouvrages usagés ne circulent ni suffisamment ni stablement sur le réseau de collecte. Pour pouvoir absorber efficacement les déchets ferreux générés en ville, les ferrailleurs doivent être équipés de déchiqueteuses, trieuses électromagnétiques et presses à compacter. Ces installations sont indispensables pour le triage des déchets ferreux et non-ferreux.

Les boîtes de conserve et les canettes de boisson contenues dans les déchets ménagers constituent également les déchets ferreux importants à recycler. Leur tri sera le plus efficace lorsque qu'il est assuré à la source même de leur génération. Il appartient à la collectivité locale d'assurer la collecte et le tri de tels déchets avec une participation active des habitants. Etant donné que la réussite ou non de la collecte sélective des déchets tient largement au bénéfice de vente des déchets collectés, il est recommandé de

concéder ce travail à un collecteur privé ayant généralement moins de contraintes que la collectivité locale.

### 9.3.3 Mise en place des usines de déchiquetage de déchets ferreux

La ferraille provenant des ouvrages usagés garde toujours des impuretés. Pour valoriser cette catégorie de ferraille en four électrique, il faut éliminer les impuretés qui font diminuer la rentabilité ainsi que les métaux non ferreux comme le cuivre qui influencent le produit. Actuellement en Tunisie, pour le démontage des ouvrages usagés et l'élimination des impuretés, les ferrailleurs font le travail manuel. Comme cette méthode n'est pas efficace, il faudra introduire l'équipement de déchiqueteuse qui peut écraser la ferraille mécaniquement et éliminer les impuretés.

Du fait que la ferraille est une marchandise influencée par le cours du marché mondial, son prix ne peut pas être fixé à un niveau trop élevé. Pour assurer la rentabilité d'une usine de déchiquetage disposant des équipements assez coûteux, il faut que l'usine ait une taille importante de 30.000 ~ 5.000 tonnes/an au moins. Il serait donc suffisant de prévoir deux ou trois usines de déchiquetage dans tout le territoire.

L'emplacement de ces usines sera, de préférence, à proximité des agglomérations qui sont les sources de déchets ferreux des ouvrages usagés.

### 9.3.4 Plan d'équipement d'une usine de déchiquetage

Les conditions de base du plan d'équipement sont les suivantes:

Quantités annuelles	sur la base de matières :	50.000 tonnes
	sur la base de produits :	35.000 tonnes
Heures ouvrables	8 h / jour	
Jours ouvrables annuels	300 jours	

#### (1) Système de traitement et recyclage

De nombreuses technologies pour la transformation des déchets en matières appropriées à l'aciérie sont déjà mises au point, ainsi que les différents systèmes de recyclage visant à trier les déchets ferreux et non-ferreux, à éliminer les impuretés comme les plastiques et à régler les longueurs des déchets à recommercialiser.

On envisage ici un système de recyclage constitué principalement d'une déchiqueteuse et d'un système de tri, ayant pour objet les déchets provenant des ouvrages usagés. Les détails sont indiqués dans la figure 9.3-1 "Schéma d'écoulement mécanique".

#### (2) Constitution des équipements

Les principaux équipements nécessaires sont les suivants :

Tableau 9.3-2 Constitution des équipements pour le recyclage des déchets ferreux

Chargeur de déchets	1	Rayon max. : 15m, autoportant
Pré-déchiqueteuse	1	
Poste-déchiqueteuse	1	Capacité : 11,5~24 tonnes / h (en charge) Bouche de chargement : 1.680w×700h mm Moteur : 560 kW
Rouleau alimentateur	1	Moteur : 7,5 kW×2
Unité hydraulique	1	Pompe HP : 140 kg/cm <sup>2</sup> ×15 kW Réservoir d'huile, tuyauterie
Séparateur électromagnétique N° 1	1	Tambour magnétique excitateur 3,7kW
Séparateur électromagnétique N° 2	1	Tambour magnétique excitateur 3,7kW
Transporteur vibrant N° 1	1	Autoportant 3,7kW×2
Transporteur vibrant N° 2	1	Autoportant 2,2kW×2
Transporteur d'alimentation	6	Transporteurs des déchets non-ferreux n° 1 et 2, transporteur de poussière, transporteur des ferromagnétiques n° 1 et 2, alimentateur à tablier
Collecteur de poussière	1	450 m <sup>3</sup> /min×55 kW

(3) Programme d'approvisionnement

Les matières premières pour l'usine de déchetage seront des déchets ferreux des ouvrages usagés qui pourront être fournis par les ferrailleurs tunisiens à un bas prix. Ces déchets seront valorisés en matériaux appropriés à l'utilisation dans les aciéries.

La ferraille traitée dans cette usine sera essentiellement à fournir aux aciéries dans le pays. La qualité de cette ferraille sera comparable à la qualité internationale; elle sera donc éventuellement exportable.

L'estimation de la rentabilité du projet se fera en considérant que le prix des déchets produits par cette usine sera de 80% du prix international.

Tableau 9.3-3 Prix des déchets ferreux

	Prix	Remarques
Déchets ferreux (matière)	25 US\$/tonne	Transport pris en charge par le fournisseur
Ferraille traitée (Produits)	90 US\$/tonne	Transport pris en charge par le producteur

(4) Consommation et prix des utilités

Les utilités nécessaires sont les suivantes:

Tableau 9.3-4 Consommation et prix des utilités

	Mise au mille unité/tonne – produit	Prix unitaire US\$/unité	Prix US\$/tonne - produit
Electricité	55 kWh	0,062 /kWh	1,410
Eau industrielle	0,1 m <sup>3</sup>	0,658 / m <sup>3</sup>	0,065
Eaux usées	0,1 m <sup>3</sup>	0,835 / m <sup>3</sup>	0,084
Total			3,559

(5) Coûts de consommables et de réparation

a) Consommables

Les coûts des consommables diffèrent selon la nature des déchets à traiter. Le tableau ci-après donne les coûts moyens.

Tableau 9.3-5 Coûts de consommables

Marteau de déchiqueteuse, revêtement, lame, etc.	7,65 US\$/tonne-produit
Courroie de transporteur, ressort, huile hydraulique, etc.	0,96 US\$/tonne-produit
Total	8,61 US\$/tonne-produit

b) Frais d'entretien annuel

Les frais d'entretien annuel de la totalité de l'usine seront de 3% pour les machines et équipements, les travaux de construction, le parc des matériels roulants, etc., et 1% pour le génie civil et le bâtiment.

3.80 US\$/tonne-produit

(6) Plan d'implantation d'une usine de recyclage de déchets

a) Conditions d'implantation et 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 et proche d'une route principale.
- ② L'usine doit être située à proximité d'un port pour faciliter l'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. Pour la disposition détaillée des différentes unités de l'usine, voir la figure 9.3-2 "Plan d'implantation" ci-jointe.

b) Travaux de génie civil et de massif

Comme travaux de génie civil, une superficie de 8.000 m<sup>2</sup> sera asphaltée ou gravillonnée dans le but de l'utiliser comme routes internes ou aire de stockage des

déchets et produits. Des mesures seront prises contre l'eau de pluie en creusant des fossés au bord des routes asphaltées. Le terrain aura une clôture de sécurité tout autour.

Des travaux de battage des pieux sont nécessaires pour le massif de la machinerie ainsi que toute la fondation des bâtiments de la partie usine. Il faudrait environ 100 pieux de Ø 300mm × L 10.000mm.

c) Travaux de construction

L'usine aura une salle de commande, une salle électrique, un atelier avec protections aphonique et anti-poussière, un bâtiment administratif et un poste de garde.

La superficie et les grandes lignes de la spécification des bâtiments sont montrées dans le tableau suivant.

Tableau 9.3-6 La superficie et les grandes lignes de la spécification des bâtiments

Désignation	Dimension (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Etage	Spécification
Atelier	21(9) × 25 10 × 20	545	1 F	Charpente métallique
Bâtiment administratif	10 × 20	200	∕	Béton armé + brique
Poste de garde	5 × 5	25	∕	Béton armé + brique

d) Installation des équipements, de la machinerie, et la tuyauterie et travaux électriques ainsi que leur essai

La machinerie, les équipements, les appareils électriques, etc. seront installés sur place selon le programme des équipements. Ensuite, les travaux électriques et l'installation de la tuyauterie seront effectués en conformité avec les plans détaillés

Après l'achèvement des travaux d'installation de la machinerie, de la tuyauterie et des fils électriques, l'inspection doit être effectuée comme prévu. Quand l'inspection est terminée avec des résultats satisfaisants, c'est ce que l'on appelle "Achèvement Mécanique" qui permet l'essai.

L'essai sera exécuté par les conducteurs de l'usine, en présence d'un superviseur de l'entrepreneur. Tout ce qui est nécessaire pour l'essai comme ferraille, matières secondaires, utilités, etc. est à la charge du client à titre gratuit. Comme ces frais ne sont pas inclus dans l'investissement d'équipement, il est à budgétiser à part.

e) Durée des travaux de construction

Le délai de construction est de 14 mois après l'entrée en vigueur du contrat.

(7) 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 Déchiqueteuse, séparateur électromagnétique, collecteur de poussière, ponts/grues, équipements des postes d'arrivée et de transformation, achat des matières, montage sur site des équipements, travaux de tuyauterie/câblage
- ③ Travaux de génie civil et fondation
- ④ Construction d'atelier, bâtiment administratif, poste de garde, etc.
- ⑤ Frais des travaux d'aménage 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

L'estimation des coûts a été faite suivant les critères ci-après:

Les coûts seront tous présentés en US\$. Les cours de change utilisés ont été les suivants:

1 US\$ = 120 yens, 1 US\$ = 1.14 DT

1 US\$ = 1.4947 SFr

L'entrée en vigueur du contrat de construction de l'usine est prévue pour le mois de janvier 2000 et l'achèvement des travaux pour le mois de février 2001. Les droits d'importation des machines et matériaux/matériels, etc. nécessaires à la construction de l'usine seront exonérés par les mesures fiscales incitatives.

c) Montant d'investissement pour l'équipement

Le montant d'investissement pour l'équipement sera comme l'indique le tableau ci-après. Les chiffres indiqués comprennent 18% de TVA sauf pour l'acquisition du terrain qui est exempté de TVA.

Tableau 9.3-7 Montant d'investissement pour l'équipement

	Unité: US\$		
	Off shore Portion(US\$)	On Shore Portion(US\$)	Total (US\$)
Acquisition du terrain	0	461.000	461.000
Génie civil et bâtiment	0	796.000	796.000
Machinerie et équipement	3.912.000	0	3.912.000
Frets et assurance	578.000	0	578.000
Droits d'importation	200.000	0	200.000
Travaux de construction	0	838.000	838.000
Frais d'engineering	516.000	0	516.000
Frais de supervision	169.000	0	169.000
Véhicules et autres	413.000	0	413.000
Divers	26.000	55.000	81.000
<b>Total</b>	<b>5.814.000</b>	<b>2.150.000</b>	<b>7.964.000</b>

(8) Personnel de l'usine de recyclage du fer

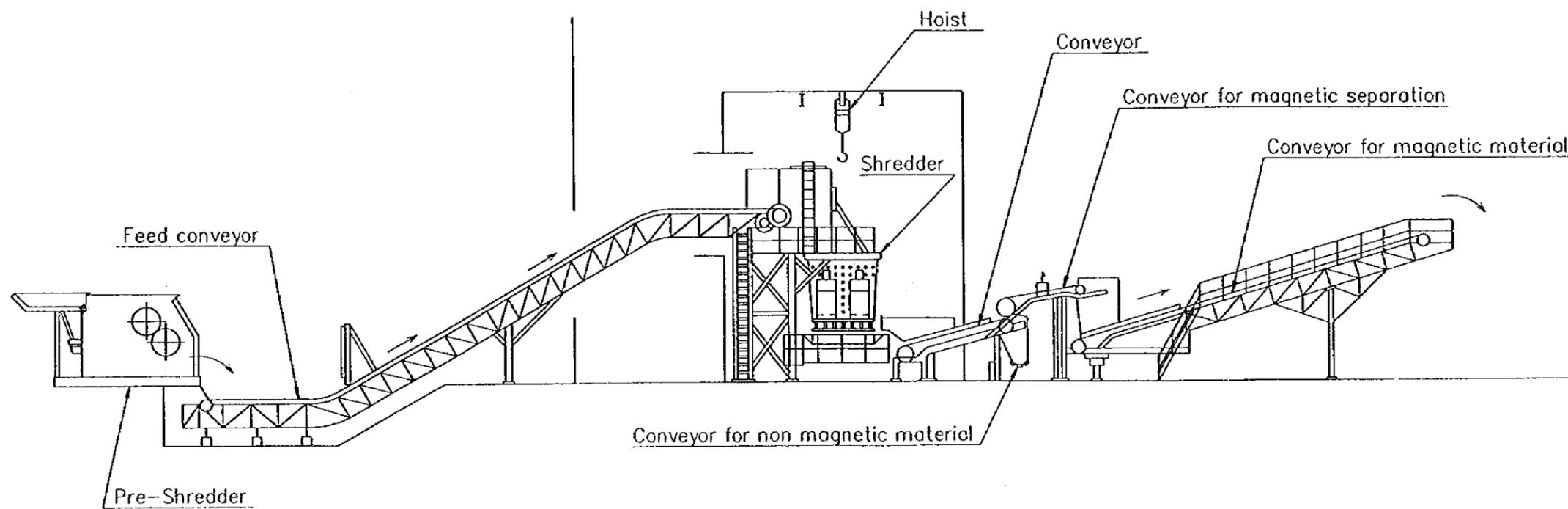
L'usine ne fonctionnera qu'avec un seul poste de jour . Le programme du personnel sera comme suit:

Tableau 9.3-8 Personnel de l'usine de recyclage du fer

	Personne s
Directeur général	1
Secrétaire/Personnel/Comptabilité/Vente	3
Opérateur on Site	3
Opérateur off Site	3
Maintenance/Utilités/Sécurité	2
<b>Total</b>	<b>12</b>

La formation du personnel de production se fera pendant 0,5 mois en utilisant les équipements en cours de mise en place. Le superviseur sera lui-même l'instructeur de cette formation.





9.3-1 Schéma d'écoulement mécanique

INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT  
 SCRAP RECYCLING PLANT  
 MECHANICAL FLOW DIAGRAM

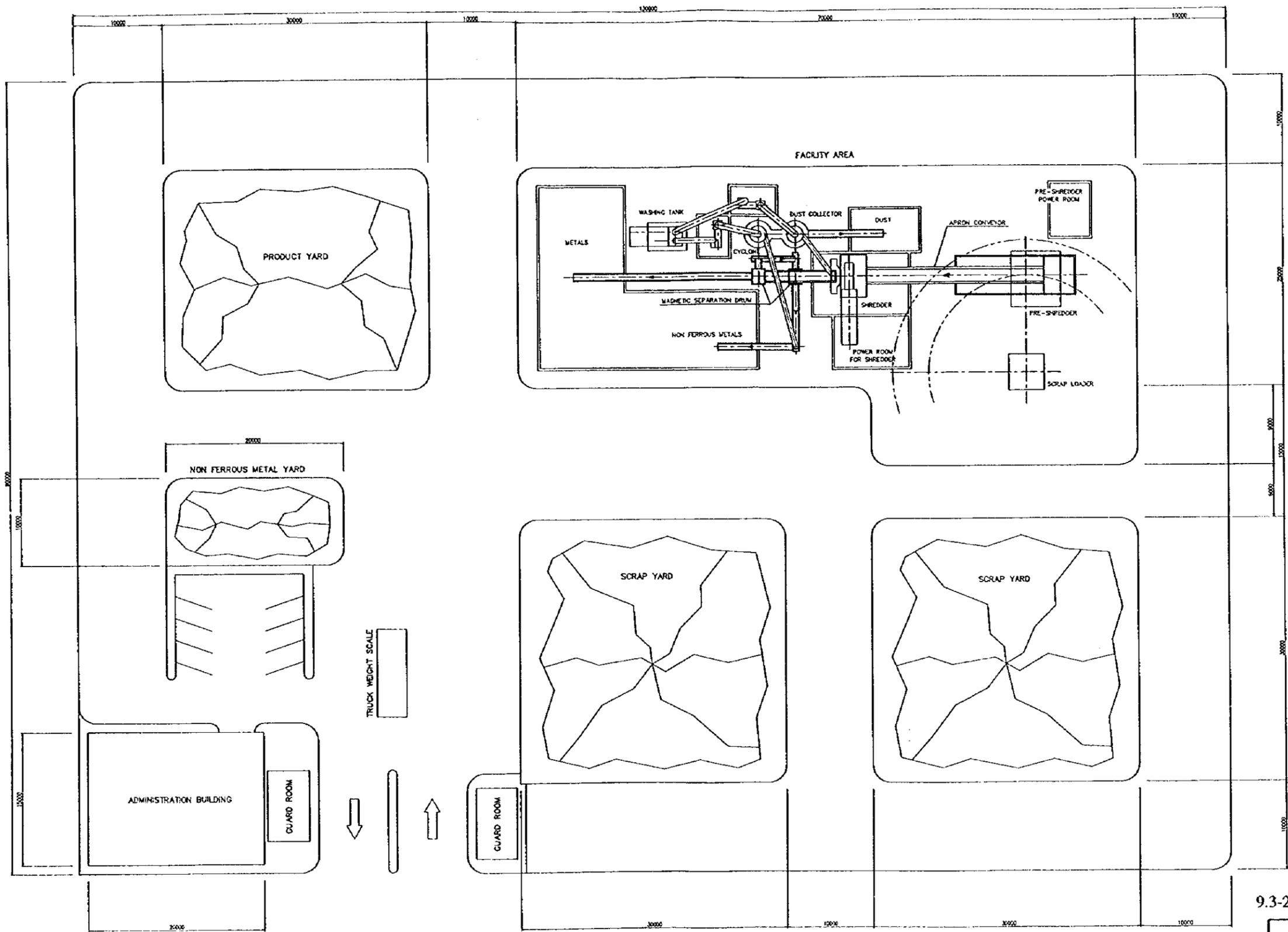
DATE: 25 - AUG. - 1998 SCALE: NONE



D

D

D



9.3-2 Plan d'implantation

INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT  
 SCRAP RECYCLING PLANT  
 PLOT PLAN

DATE: 25 - AUG - 1998 SCALE: 1/162



D

D

D



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

L'examen de faisabilité est fait principalement pour un projet d'exploitation d'une usine de four électrique ayant une capacité de 100.000 tonnes/an. A titre de comparaison, la faisabilité des autres cas est également étudiée ; un cas d'une capacité agrandi à 200.000 tonnes/an et un autre cas d'une petite capacité de 70.000 tonnes/an.

### 9.4.1 Conditions de base

#### (1) Méthode d'évaluation

Le projet de recyclage du fer se compose des différentes étapes allant de l'introduction des déchets du fer jusqu'aux procédés de production des billettes après leur fusion dans un four électrique.

La faisabilité du projet sera évaluée au moyen des indices notamment ceux du taux de rendement interne, du nombre d'années de récupération du capital, du retour sur l'investissement (ROI = return on investment), etc. Les résultats de calcul du bilan, du flux de liquidités, etc., qui sont nécessaires à l'analyse varient largement en fonction des paramètres déterminés au préalable.

Il va de soi que ces paramètres déterminés doivent être réalistes et pertinents. Dans le cadre de la présente analyse les paramètres sont déterminés sur la base des données et informations réelles obtenues en Tunisie au stade de l'étude de faisabilité préliminaire. Cependant, en réalité, les affaires sont remplies d'incertitudes et dans la plupart des cas elles ne peuvent pas se développer de la manière idéale. Par conséquent, il importe de tenir compte de tous les risques qui pourraient survenir au cas où les affaires ne pourraient pas se développer de la manière idéale. Il importe aussi de tenir compte des incitations économiques du gouvernement pour éviter les risques du projet.

La présente étude préliminaire de faisabilité traitera en premier lieu d'un cas où le projet se déroule dans les conditions normales sans tenir compte d'aucune conjoncture particulière. Ensuite, en partant de cette hypothèse de base, plusieurs variantes seront étudiées successivement.

#### (2) Conditions générales de base

Le flux de liquidités est déterminé dans les conditions générales ci-dessous énumérées.

- a. Le flux de liquidités durera pendant 20 ans à compter de l'année de la mise en service de l'usine durant ladite période tous les prix unitaires se maintiendront au niveau actuel.
- b. L'année fiscale du flux de liquidités s'étend de janvier à décembre.
- c. La mise en service se fera 3 ans après la fondation de l'entreprise. Il n'y aura donc pas de production ni chiffre d'affaire avant cette période.
- d. En considération du passif éventuel pouvant survenir durant la période de construction, on retient un fonds de prévoyance correspondant à 5% de l'estimation des :
  - Frais d'équipement
  - Frais de construction
  - Frais d'aménagement de l'infrastructure (pour la tranche à prendre en charge par l'entreprise elle-même, uniquement)
- e. L'impôt sur les bénéfices des sociétés et la TVA sont estimés comme suit. Toutefois, les mesures incitatives seront déterminées à part comme cas spécial.

Impôt sur les bénéfices des sociétés : 10%  
 (reconnu comme industrie contribuant à la protection de l'environnement)  
 TVA : 18% (du montant des produits livrés)

- f. La monnaie utilisée dans le flux de liquidités est \$US.  
 Toutefois, le cours de change par rapport au DT sera :  
 \$US 1,00=1,14 DT
- g. La durée d'évaluation du retour sur l'investissement (ROI = return on investment) et du taux de rendement des capitaux propres (ROE = return on equity) sera de 23 ans après la création de l'entreprise (c'est-à-dire de 2000 à 2023).

(3) Capacité de production de billettes

Comme cas de base, la capacité de production annuelle de billettes est déterminée à 100.000 tonnes (plan A). Toutefois, une capacité annuelle de 200.000 tonnes est analysée en même temps à titre indicatif (plan B).

(4) Durée d'exploitation

La durée de l'exploitation y compris celle des maintenances périodiques est comme suit :

7.000 heures/an  
 583 heures/mois

(5) Plan du personnel, décomposition des frais du personnel

Tableau 9.4-1 Plan du personnel et frais du personnel avec une capacité de production de 100.000 tonnes (Plan A)

Section	Effectif	Salaire annuel	Conversion en \$
Gestion/administration	20	5.500 DT/an	\$US 4.825/an
Production (3 postes)	150	3.600 DT/an	\$US 3.158/an
Total	170		

Tableau 9.4-2 Plan du personnel et frais du personnel avec une capacité de production de 200.000 tonnes (Plan B)

Section	Effectif	Salaire annuel	Conversion en \$
Gestion/administration	25	5.500 DT/an	\$US 4.825/an
Production (3 postes)	190	3.600 DT/an	\$US 3.158/an
Total	215		

(6) Coûts d'utilités

Electricité            \$US 0,041/kWh  
 Eau potable            \$US 0,658/M<sup>3</sup>  
 Gaz naturel            \$US 0,117/NM<sup>3</sup>  
 Assainissement        \$US 0,835/M<sup>3</sup>

(7) Calcul du prix de revient de production

a) Prix des déchets (prix sur le marché local)

\$US 77,66/tonne (Le prix est prévu à environ 18% plus cher que le prix actuel de la ferraille locale qui est de 75 DT/tonne = 66 US\$/tonne)

b) Production mensuelle de billettes

Plan A

100.000 tonnes de billettes/an  $\div$  12 mois = 8.333 tonnes de billettes/mois

Plan B

200.000 tonnes de billettes/an  $\div$  12 mois = 16.666 tonnes de billettes/mois

c) Calcul des frais du personnel

Plan A

Administration:

20 personnes  $\times$  \$US 4.825/an  $\div$  12 mois = \$US 8.042/mois

Production:

150 personnes  $\times$  \$US 3.158/an  $\div$  12 mois = \$US 39.475/mois

Par conséquent, le montant total des frais mensuels du personnel sera de :

\$US47.517. La conversion de ce chiffre en "tonnes de billettes" sera :

\$US 47.517/mois  $\div$  8.333 tonnes de billettes/mois

= \$US 5,70 / tonnes de billettes

Plan B

Administration:

25 personnes  $\times$  \$US 4.825/an  $\div$  12mois = \$US 10.052/mois

Production:

190 personnes  $\times$  \$US 3.158/an  $\div$  12mois = \$US 50.001/mois

Par conséquent, le montant total des frais mensuels du personnel sera de :

\$US 60.053. La conversion de ce chiffre en "tonnes de billettes" sera :

\$US 60.053/mois  $\div$  16.666 tonnes de billettes/mois

= \$US 3,60/tonnes de billettes

d) Frais des matières secondaires

\$US 41,44/tonnes de billettes

e) Coûts d'utilités

\$US 32,97/tonnes de billettes

f) Frais d'entretien

Frais d'entretien annuel : \$US 5,00/tonnes de billettes

g) Montant total d'investissement foncier

Plan A

Terrain de l'usine : \$US 43,86/M<sup>2</sup> × 30.000M<sup>2</sup> = \$US 1.315.800

Atelier : \$US 438,60/M<sup>2</sup> × 8.500M<sup>2</sup> = \$US 3.760.000

Plan B

Terrain de l'usine : \$US 1.315.800

Atelier : \$US 4.730.000

h) Montant total d'investissement en bien d'équipement

Plan A : \$US 48.080.000

Plan B : \$US 66.480.000

i) Prix de vente

Le prix de vente du cas de base sera égal à celui du marché global qui est de 235\$US/tonne de billettes (TVA non comprise).

## 9.4.2 Plan de financement

### (1) Taux des fonds propres et des emprunts

Le taux des fonds propres par rapport au montant d'investissement est estimé à 15 %. Ces fonds propres seront conservés sous forme d'actions.

Tableau 9.4-3 Plan de financement

	Plan A	Plan B
Taux des fonds propres	15%	15%
Montant total envisagé des fonds propres	\$US 7.212.000	\$US 9.972.000
Taux des emprunts	85%	85%
Montant envisagé des emprunts	\$US 40.868.000	\$US 56.508.000

Pour les emprunts, il est envisagé de recourir auprès d'une banque de développement de la Tunisie, à un taux d'intérêt annuel de 8,5 % qui est le taux d'intérêt en cours. La durée d'emprunt sera de 20 ans, et une période de 3 ans de grâce sera accordée avant le commencement du remboursement.

### (2) Dépenses du Plan A

#### a) Décomposition de l'investissement initial

Tableau 9.4-4 Plan d'investissement pour une usine d'une capacité de 100.000 tonnes

	unité : \$US	Année de Paiement		
		2000	2001	2002
Acquisition du terrain	1.610.000	100%		
Génie civil et bâtiment	4.880.000	40%	60%	
Unité de production	22.390.000	50%	25%	25%
Transport maritime et assurance	1.880.000	50%	25%	25%
Démarches relatives à l'importation	940.000	50%	25%	25%
Construction/montage	9.900.000		50%	50%
Frais d'engineering	4.950.000	50%	25%	25%
Frais de supervision	990.000		50%	50%
Transport terrestre	1.100.000		50%	50%
Frais divers	250.000		50%	50%
<b>Total d'investissement</b>	<b>48.080.000</b>			

#### b) Frais d'exploitation

Au cas où le remboursement des emprunts à long terme après la mise en service de l'usine se ferait sur la réserve interne et les bénéfices, le manque de fonds pourrait se produire. Pour combler un tel manque de fonds, on fera appel à un emprunt de fonds de roulement à court terme à un taux d'intérêt de 9 %, qui est supérieur de 0,5 % à celui d'emprunts à long terme.

c) Décomposition des dépenses après mise en service de l'usine

Coûts des matières (ferraille)	\$US 77,616 par tonne de ferraille
Coûts des matières secondaires	\$US 41,44 par tonne de billettes
Frais d'utilités	\$US 32,97 par tonne de billettes
Frais fixes (salaires, etc.)	\$US 5,70 par tonne de billettes
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

(3) Dépenses du Plan B

a) Décomposition de l'investissement initial

Tableau 9.4-5 Plan d'investissement pour une usine d'une capacité de 200.000 tonnes

	unité : \$US	Année de Paiement		
		2000	2001	2002
Acquisition du terrain	1.610.000	100%		
Génie civil et bâtiment	5.850.000	40%	60%	
Unité de production	32.490.000	50%	25%	25%
Transport maritime et assurance	2.730.000	50%	25%	25%
Démarches relatives à l'importation	1.370.000	50%	25%	25%
Construction/montage	13.920.000		50%	50%
Frais d'engineering	6.430.000	50%	25%	25%
Frais de supervision	990.000		50%	50%
Transport terrestre	1.650.000		50%	50%
Frais divers	250.000		50%	50%
<b>Total d'investissement</b>	<b>66.480.000</b>			

b) Frais d'exploitation et décomposition des dépenses après la mise en service de l'usine

Idem au Plan A.

### 9.4.3 Analyse éco-financière

#### (1) Flux de liquidités

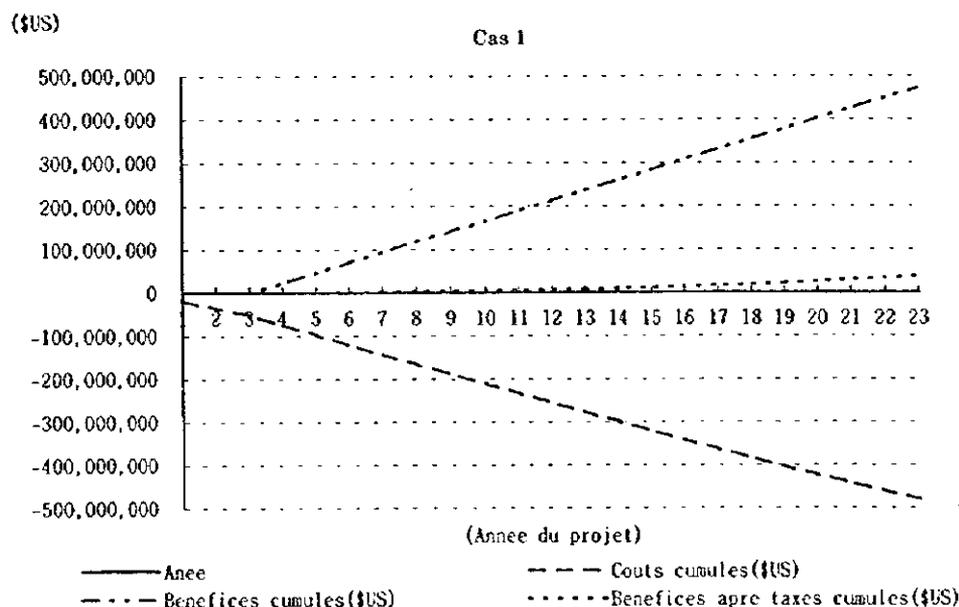
Les cas suivants sont définis pour calculer les flux de liquidités sur la base desquels la faisabilité du projet est analysée.

Plan A (cas de 100.000 tonnes)

Cas 1 Cas de base

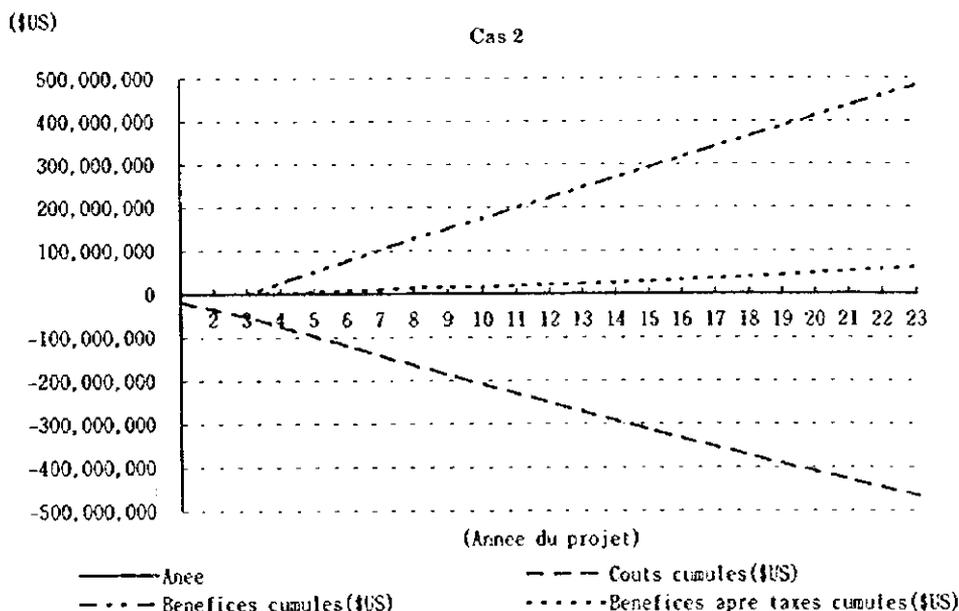
(sur la base des prix de billette de 234 US\$/tonne et de ferraille de 77 US\$/tonne)

Taux de fonctionnement à 100 %, sans mesures incitatives

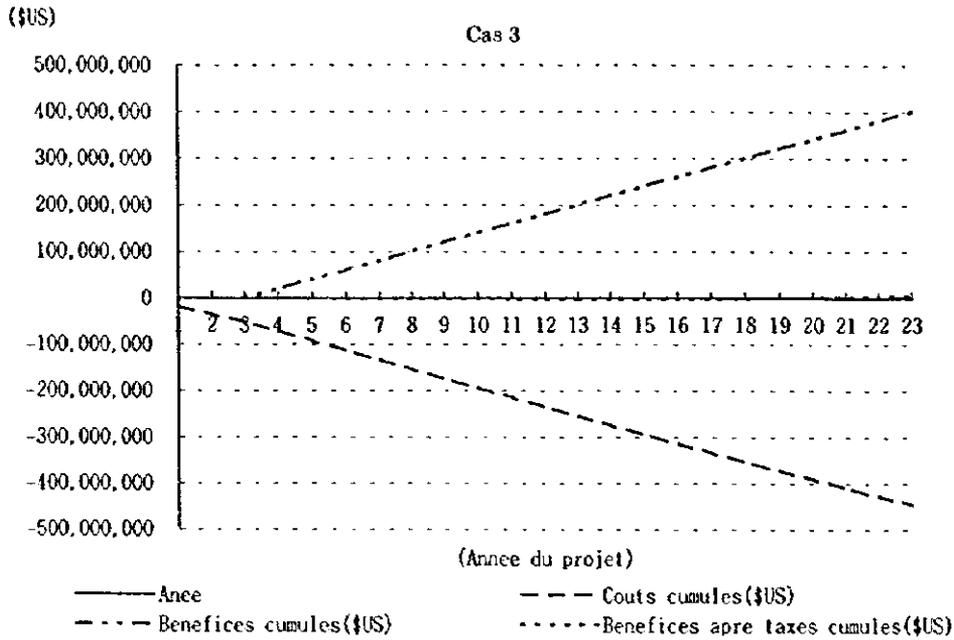


Cas 2 Exonération de la TVA et de l'impôt sur les bénéfices des sociétés pendant 5 ans

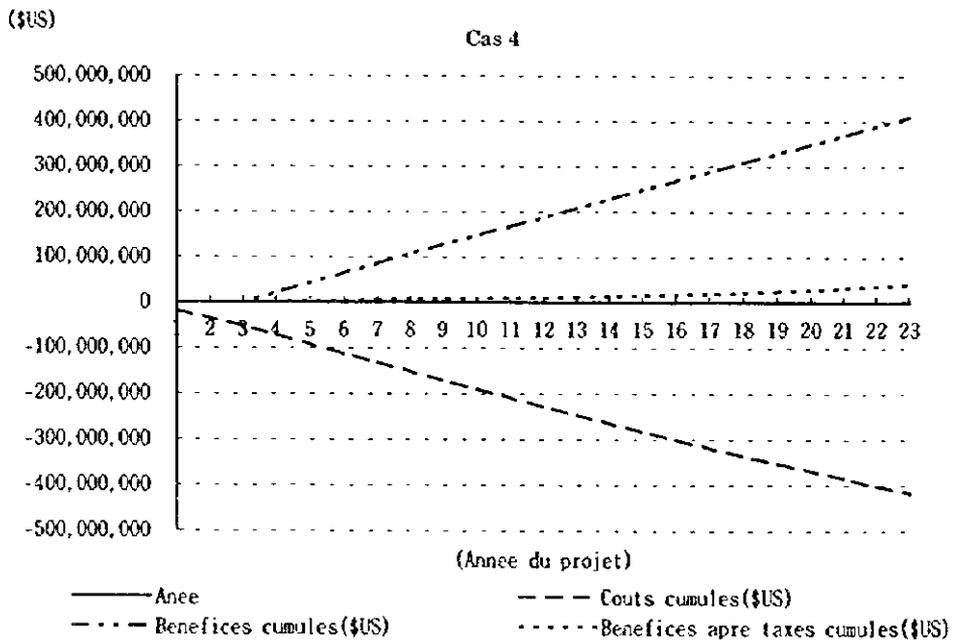
Cas où en vertu du code d'incitations ; la TVA de 18 % à l'exception de la portion taxable sur les frais de production ainsi que l'impôt sur les bénéfices des sociétés de 10 % sont exonérés pendant 5 ans.



**Cas 3** Cas de base avec un taux de fonctionnement de 85 %  
 Cas où le taux de fonctionnement moyen est réduit à 85 %.

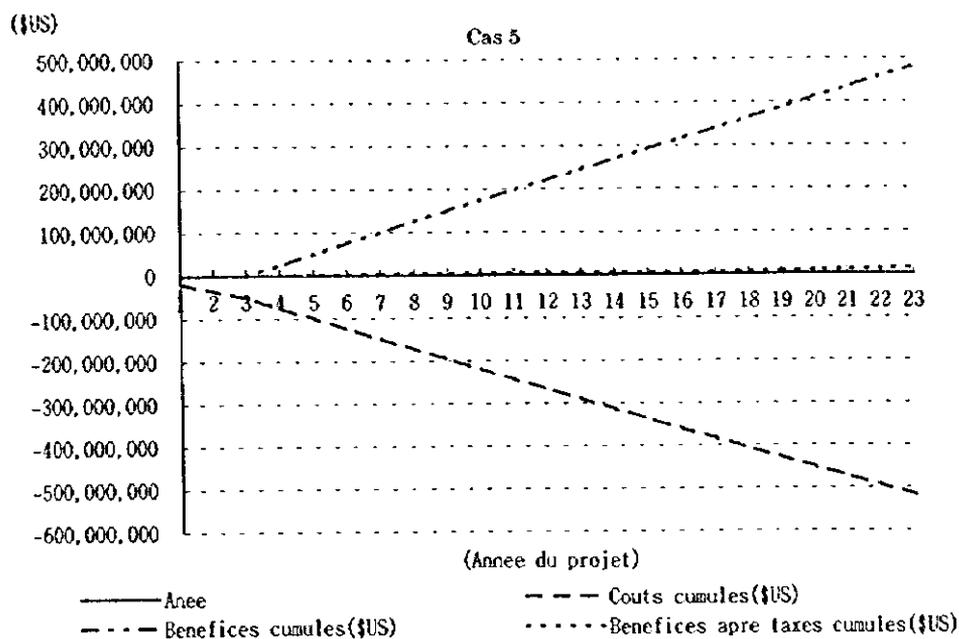


**Cas 4** 2ème cas avec un taux de fonctionnement de 85 %  
 Cas où le taux de fonctionnement est de 85 % avec les mesures d'exonération des taxes et impôts.



**Cas 5 2ème cas avec la ferraille importée**

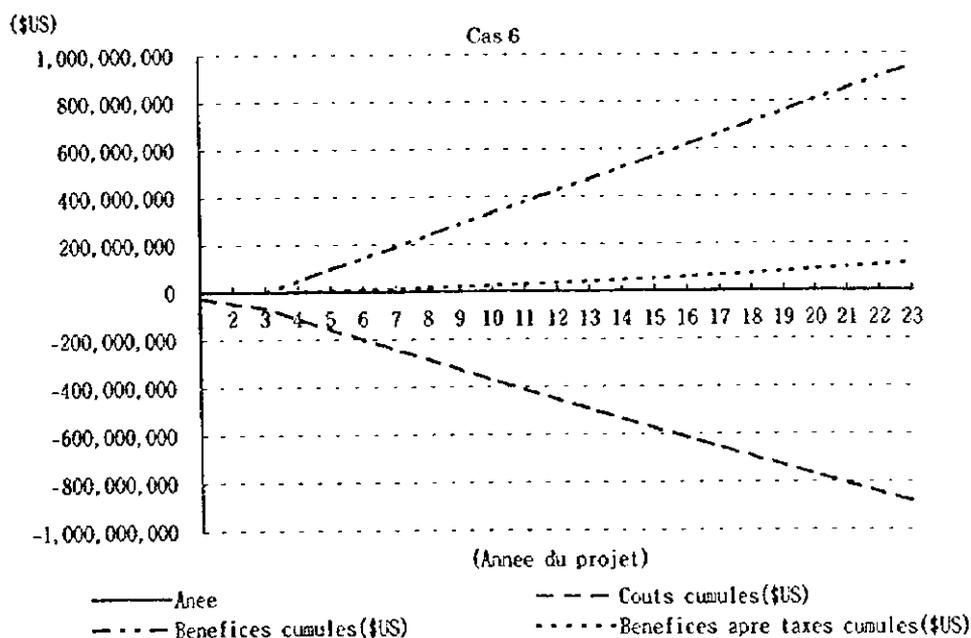
Cas où il est censé d'utiliser de ferrailles importées au lieu de ferraille tunisienne, ce qui aura pour conséquence une augmentation de coût d'approvisionnement en matières de 15 % (\$US90 par tonne). Les conditions sont les mêmes que celles du cas de base.



**Plan B (cas de 200.000 tonnes)**

**Case 6** Cas où la capacité de production est de 200.000 tonnes.

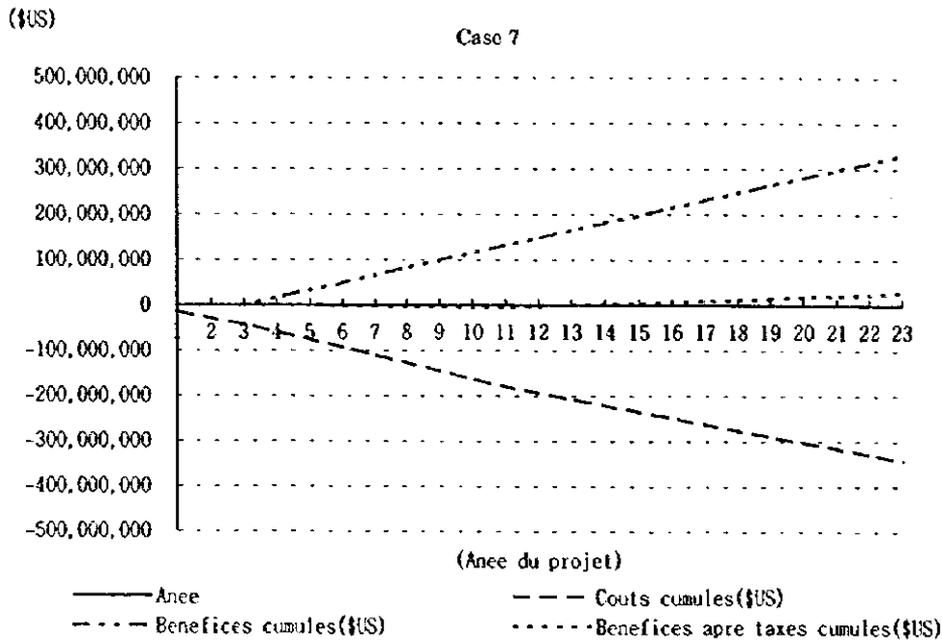
Les conditions du cas sont les mêmes que celles du cas 1. Cas où 50 % de la ferraille est censés importés.



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.



## (2) Critères de base de l'évaluation de rentabilité

Les indices suivants sont généralement utilisés comme critères d'évaluation de la rentabilité d'une affaire.

- 1) L'année du tournant pour avoir la balance en excédent d'après un calcul net
- 2) L'année de la récupération des fonds investis
- 3) Retour sur l'investissement = ROI (Return on Investment)
- 4) Taux de rendement des capitaux propres = ROE (Return on Equity)
- 5) Taux de rendement interne (calculé avec la formule suivante)

$$p = \sum_{t=1}^n \frac{a_t}{(1+r)^t} = 0$$

n : Durée d'évaluation (de l'an 2000 à 2023): 23 ans

a<sub>t</sub> : Flux de liquidités net (NCF = net cash flow) de la période t

p : Revenus annuels actualisés (NPV = net present value)

r : Rendement interne

Flux de liquidités net pour Retour sur l'investissement = [recettes d'exploitation - (dépendances totales - intérêts sur les emprunts - remboursement des emprunts)] - impôt sur les bénéfices des sociétés

Flux de liquidités net pour Taux de rendement des capitaux propres = (recettes d'exploitation + emprunts) - (dépendances totales + impôt sur les bénéfices des sociétés)

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

En ce qui concerne la rentabilité du cas de base du projet (Cas 1), la balance avant déduction des taxes est en excédent dès la première année. Cependant, le fonds sera en déficit pour rembourser les emprunts à long terme. Il faut compter 18 ans pour rembourser le montant total d'emprunts. Le taux de rendement interne ne peut atteindre que 7,6 %, une valeur inférieure au taux d'intérêt. Par conséquent, le projet est jugé peu rentable. Toutefois, il est à noter que dans ce cas, les mesures incitatives de la TVA et de l'impôt sur les bénéfices des sociétés en vertu du code d'incitations ne sont pas prises en considération.

Si le projet peut bénéficier des mesures incitatives du cas 2, les conditions de rentabilité s'amélioreront considérablement. Dans ce cas, il sera possible de rembourser les emprunts à long terme, voire établir une réserve interne presque tous les ans. Le taux de rendement interne et le taux de rendement des capitaux propres s'élèvent respectivement à 9,05 % et à 355,9 %. Si tout le bénéfice est affecté au remboursement, les emprunts à long terme pourront être remboursés en 13 ans. Ces mesures incitatives de 5 ans permettent d'apporter les recettes supérieures d'environ 11 millions de \$US par rapport à celles du cas 1, et de récupérer environ 30 % du montant total d'investissement en bien d'équipements. Toutefois, même avec ces mesures incitatives, les conditions de base de production ne changeant pas, le projet ne peut pas être jugé très rentable, mais il peut être quand même intéressant.

Dans le cas 3, si le taux de fonctionnement ne peut pas atteindre à une valeur escomptée, et qu'il reste à un taux de fonctionnement de 85 %, le bilan est en déficit pendant les 10 premières années. Au bout de 15 ans où l'amortissement se termine, les emprunts resteront toujours à rembourser et dans 20 ans un passif important subsistera.

Dans le cas 4 si le taux de fonctionnement est à 85 % et que le projet peut bénéficier des mesures incitatives, les bénéfices d'exploitation pourront être enregistrés dès la première année. Toutefois, il faut compter 17 ans pour rembourser les emprunts et le taux de rendement interne ne peut atteindre qu'une valeur faible de 6,8 %.

Dans le cas 5, si la totalité de la ferraille est importée à un prix unitaire de 88 \$US par tonne, entraînant une augmentation du coût d'approvisionnement de 15 % par rapport à la ferraille approvisionnée en Tunisie, le projet ne pourra pas produire les bénéfices pendant 15 ans. Ceci montre que la ferraille tunisienne est plus avantageuse que celle importée qui entraîne une augmentation du coût d'approvisionnement en raison du coût de transport.

Dans le cas 6 du plan B avec une capacité de production de 200.000 tonnes, le projet sera plus intéressant que les cas du plan A. Le montant d'investissement en bien et équipement par tonne de production de l'usine d'une capacité de 200.000 tonnes est inférieur de 30 % par rapport à celui de l'usine d'une capacité de 100.000 tonnes. Le bénéfice d'exploitation peut être réalisé dès la mise en service de l'usine. De plus, le taux de rendement interne peut atteindre 11,0 %. Néanmoins, une capacité de production de 200.000 tonnes étant trop grande pour la taille du marché du fer, 100.000 tonnes d'excédent devront être exportées, ce qui se traduit par l'incertitude du projet.

Dans le cas 7, où la faisabilité du projet avec une capacité du four électrique de 70.000 tonnes est analysée, le projet tournera en excédent à partir de la 15ème année, mais le fonds investi ne pourra pas être récupéré en 20 ans. Par conséquent, avec un four électrique d'une faible capacité, le projet est peu rentable.

Tableau 9.4-6 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 de \$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
Récupération des capitaux	18 ans	13 ans	Plus de 20 ans	18 ans	Plus de 20 ans	11 ans	Plus de 20 ans

#### 9.4.4 Evaluation de la faisabilité du projet d'exploitation d'une usine de four électrique

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

Il est évident que le recyclage de la ferraille 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 la réalisation du régime de libre-échange en 2008 conformément à l'accord de partenariat avec l'Union Européenne, le pays devra acquérir une compétitivité pouvant résister à un 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 la plus réaliste. Il est à noter toutefois que, 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 cette usine étatique tunisienne, la production annuelle de l'acier brut par employé est de 100 tonnes (il est impossible de comparer simplement a priori du fait de procédés de laminage), tandis que celle du présent 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.

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, un site peut être assuré avec des utilités. De même l'approvisionnement en matières brutes ainsi que l'acquisition du terrain de site ne posent aucun problème. Par conséquent, le projet est suffisamment faisable sous l'aspect de 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 obtenu ces dernières années montre que les entreprises privées tunisiennes sont en mesure d'atteindre une telle productivité élevée.

## (3) Possibilité d'exportation de la ferraille 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 ferraille 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 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 intérieur et que 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 disposer des équipements notamment les machines de découpage, les presses, etc. Des problèmes de la qualité en particulier pourront se poser si des impuretés dans la ferraille ne sont pas suffisamment éliminées. Concernant ces travaux d'élimination des impuretés, il sera difficile d'améliorer la productivité, car tant que des équipements de déchetage ne sont pas introduits, ils doivent être effectués manuellement. La possibilité de l'exportation avec l'introduction d'équipements de déchetage est décrite à l'article 9.5.

Si un four électrique de haute productivité est mis en place, la ferraille pourrait être vendue à un prix supérieur au 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 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 une telle productivité élevée, ceci pourrait être un stimulant efficace pour les autres entreprises nationales.

Si l'usine du projet peut produire des billettes qui ne coûtent pas cher, la compétitivité des produits ferreux de la Tunisie pourra être améliorée. 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 de 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 1.300 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 9.4-7 Effets économiques du projet de four électrique

	Projet de four électrique	Grossistes de ferraille	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

## 9.5 Evaluation de la faisabilité d'une usine de déchiquetage de déchets ferreux

### 9.5.1 Conditions de base

#### (1) Conditions générales de base

- a. Le flux de liquidités durera pendant 20 ans à compter de l'année de la mise en service de l'usine durant ladite période tous les prix unitaires se maintiendront au niveau actuel.
- b. L'année fiscale du flux de liquidités s'étend de janvier à décembre.
- c. La mise en service se fera 3 ans après la fondation de l'entreprise. Il n'y aura donc pas de production ni chiffre d'affaire avant cette période.
- d. En considération du passif éventuel pouvant survenir durant la période de construction, on retient un fonds de prévoyance correspondant à 5% de l'estimation des :
  - Frais d'équipement
  - Frais de construction
  - Frais d'aménagement de l'infrastructure (pour la tranche à prendre en charge par l'entreprise elle-même, uniquement)
- e. L'impôt sur les bénéfices des sociétés et la TVA sont estimés comme suit. Toutefois, les mesures incitatives seront déterminées à part comme cas spécial.
  - Impôt sur les bénéfices des sociétés : 10%
  - (reconnu comme industrie contribuant à la protection de l'environnement)
  - TVA : 18% (du montant des produits livrés)
- f. La monnaie utilisée dans le flux de liquidités est \$US. Toutefois, le cours de change par rapport au DT sera :  
\$US1.00=1.14DT
- g. La durée d'évaluation du retour sur l'investissement (ROI = return on investment) et du taux de rendement des capitaux propres (ROE = return on equity) sera de 23 ans après la création de l'entreprise (c'est-à-dire de 2000 à 2023).

#### (2) Conditions de base de traitement de la ferraille

Quantité annuelle de traitement :   Matières: 50.000 tonnes/an  
  Produits : 35.000 tonnes/an

Il est difficile de penser que 50.000 tonnes de déchets ferreux à traiter au moyen de déchiqueteuses du fait de la grande quantité d'impuretés adhérentes peut être collectée dans l'immédiat. Toutefois, en prévision de l'augmentation de véhicules mis au rebut dans le futur, la faisabilité dont il s'agit ici est analysée dans la supposition que tels déchets s'accroîtront.

#### (3) Temps d'exploitation

2.400 h/an  
8 h/jour  
Jours ouvrables : 300 jours/an

(4) Plan du personnel, décomposition des frais du personnel

Tableau 9.5-1 Plan du personnel et frais du personnel

Section	Effectif	Salaire annuel	Conversion en \$
Gestion/administration	4	5.500 DT/an	\$US 4.825/an
Production (3 postes)	8	3.600 DT/an	\$US 3.158/an
Total	12		

(5) Coût d'utilités

Electricité	\$US 0,041/kWh
Eau potable	\$US 0,658/M <sup>3</sup>
Gaz naturel	\$US 0,117/NM <sup>3</sup>
Assainissement	\$US 0,835/M <sup>3</sup>

(6) Calcul du prix de revient de production

a) Prix des déchets de démolition d'ouvrages, etc. (prix du marché local)

\$US 25,50/tonne

Ce prix est déterminé en considérant que la teneur en impureté dans les déchets est supérieure de 15 % par rapport à celle des déchets ordinaires. 30 % des déchets traités deviendra des rebuts, mais il est supposé qu'il n'y a pas de la perte du fer au moment de la vente en tant que déchets de démolition. Le prix d'achat de déchets avec une perte de 15 % sera de 30 \$US/tonne, et s'il s'agit de déchets de la qualité la plus médiocre dont la perte est supérieure de 15 % à celle précédente, le prix d'achat raisonnable sera de 25 \$US.

b) Quantité traitée (production) mensuelle de ferraille

50.000 tonnes de ferraille/an  $\div$  12 mois = 4.167 tonnes de ferraille/mois

c) Calcul des frais du personnel

Administration:

4 personnes  $\times$  \$US 4.825/an  $\div$  12 mois = \$US 1.608/mois

Production:

8 personnes  $\times$  \$US 3.158/an  $\div$  12 mois = \$US 2.105/mois

Par conséquent, le montant total des frais mensuels du personnel sera de \$US 3.713.

La conversion de ce chiffre en "tonnes de ferraille" sera :

\$US 3.713/mois  $\div$  2.917 tonnes de ferraille déchetées /mois  
= \$US 1,27 / tonne de ferraille déchetées

d) Frais des matières secondaires

\$US 8,61 / tonne de ferraille déchetées

e) Frais d'utilités

\$US 3,56 / tonne de ferraille déchetés

f) Frais d'entretien

Frais d'entretien annuel : \$US 3,80 / tonne de ferraille déchetée

g) Montant total d'investissement foncier

Terrain de l'usine :\$US 461.000  
Atelier :\$US 769.000

h) Montant total d'investissement en bien et équipement

\$US 6.707.000

i) Plan de commercialisation

Prix de vente : \$US 90,00 tonnes/an

Montant annuel de vente : 35.000 tonnes/an × \$US 90 tonnes/an = \$US 3.150.000/an

Le prix de vente de \$US 90 est calculé comme suit : si le prix de vente de billettes avec une perte de 15 % est de \$US 77, le prix de vente de billettes déchiquetées sans perte est de \$US 90.

## 9.5.2 Plan de financement

(1) Taux des fonds propres et des emprunts

Tableau 9.5-2 Plan de financement

Taux des fonds propres	15%
Montant total envisagé des fonds propres	US\$ 1.194.600
Taux des emprunts	85%
Montant envisagé des emprunts	US\$ 6.769.400

Pour les emprunts, il est envisagé de recourir auprès d'une banque de développement tunisienne, etc., pour une durée d'emprunt de 18 ans à un taux d'intérêt annuel de 8,5 %. Comme conditions de remboursement une grâce de 3 ans sera accordée avant le commencement du remboursement.

(2) Plan de dépense

a) Décomposition de l'investissement initial

Tableau 9.5-3 Décomposition de l'investissement en équipement de déchiquetage

	unité : \$US	Année de paiement		
		2000	2001	2002
Acquisition du terrain	461.000	100%		
Bâtiment	796.000	40%	60%	
Unité de production	3.912.000	50%	25%	25%
Transport maritime, assurance	578.000	50%	25%	25%
Démarches d'importation	200.000	50%	25%	25%
Construction/montage	838.000		50%	50%
Frais généraux d'études	516.000	50%	25%	25%
Frais de supervision	169.000		50%	50%
Frais généraux de transport terrestre	413.000		50%	50%
Frais divers	81.000		50%	50%
<b>Total d'investissement</b>	<b>7.964.000</b>			

b) Décomposition des dépenses après démarrage de l'usine

Les conditions relatives aux dépenses après le démarrage de l'usine sont comme suit :

Matières (déchets)	\$US 25,50 par tonne de déchet
Frais de production	\$US 15,97 par tonne de déchet
Frais fixes (salaires, etc.)	\$US 1,27 par tonne de déchets
Intérêt à payer	Intérêt fixe : 8,5 % / an
Amortissement	à montant fixe, échéance 15 ans
Impôts sur les bénéfices des sociétés	10 % du bénéfice
TVA	18 % de la livraison

9.5.3 Analyse éco-financière

Le cash flow est calculé pour les 4 cas ci-dessous mentionnés :

Cas 1

Les conditions sont celles qui sont mentionnées ci-dessus, sans exonération des taxes et impôts, sur la base du prix de déchets ferreux (matière) de 25,5 US\$/tonne, et du prix de vente de la ferraille traitée (produits) de 90 US\$/tonne.

Cas 2

Cas où l'impôt sur les bénéfices des sociétés et la TVA sont exonérés pendant 5 ans

Cas 3

Cas où le prix d'achat de ferraille est de 30 \$US et le prix de vente des produits est de 85 \$US, avec l'exonération de l'impôt et de la taxe

Cas 4

Cas où les conditions sont les mêmes que celles du Cas 2, mais on ne peut acheter que 30.000 tonnes de ferraille

Les résultats en sont comme suit :

Dans le Cas 1, la balance peut être en excédent dès la première année, sans bénéficier des mesures d'exonération de la taxe et de l'impôt. Le taux de rendement interne peut atteindre une valeur élevée de 12,13 %.

Dans le Cas 2, avec l'exonération de la taxe et de l'impôt, la rentabilité s'améliore davantage. Le taux de rendement interne s'élève à 14,25 %.

Dans le Cas 3, où les conditions sont plus sévères que celles des 2 premiers Cas, avec le prix d'achat de ferraille supérieur de 30 % et le prix de vente inférieur de 5 %, la balance peut être quand même en excédent, mais le taux de rendement interne est réduit à 9,13%.

Dans le Cas 4, où le taux de fonctionnement est à 60 %, le projet peut être rentable, mais il faut 18 ans pour rembourser les emprunts.

Les différents indices à utiliser pour l'analyse éco-financière sont les mêmes que ceux qui sont décrits à l'article 9.4.3. Les résultats de calcul respectifs des 4 Cas sont présentés dans le tableau 9.5-4.

Le présent projet peut être rentable dans la supposition que 500.000 tonnes de ferraille à haute teneur en impuretés soient générées, et que ces impuretés soient éliminées par le

déchiquetage pour que les produits sous forme de billettes puissent être vendus à un prix élevé. Comme le montre le Cas 2, l'exonération de la TVA et de l'impôt sur les bénéfices des sociétés peut avoir l'effet très avantageux.

Tableau 9.5-4 Résultats de l'analyse éco-financière

	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
Année du tournant en excédent	Première année	Première année	Première année	Première année
IRR	12,36%	14,25%	9,13%	7,93%
ROE	40,81%	46,77%	34,54%	31,60%
Années de récupération des capitaux	8 ans	6 ans	12 ans	18 ans

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

Les résultats de calcul du flux de liquidités indiquent que le projet de déchiquetage de déchets ferreux d'une capacité de 50.000 tonnes est suffisamment faisable. Toutefois, les problèmes de l'approvisionnement en déchets ferreux en quantité requise et du coût du personnel qui est relativement bas restent à régler.

Le coût du personnel étant encore à un niveau bas en Tunisie, il sera possible d'offrir des déchets ferreux au prix de vente actuel, même si les travaux de démontage de déchets sont effectués manuellement. Lorsque les travaux de démontage sont effectués manuellement, la capacité de production annuelle est estimée entre 300 à 400 tonnes, mais il est très difficile d'améliorer la productivité supérieure à ce niveau. Si le coût du personnel augmente, il sera difficile d'offrir les déchets ferreux démontés manuellement au prix de marché, d'où un grand intérêt du projet de déchiquetage de déchets ferreux.

La contrainte majeure dans l'immédiat consiste en approvisionnement en déchets ferreux en quantité requise. La quantité de déchets ferreux générés actuellement étant de l'ordre de 50.000 tonnes, il est difficile de penser qu'on peut déchiqueter la plupart de ces déchets ferreux disponibles.

Pour les raisons ci-dessus mentionnées, il serait très difficile de rentabiliser le projet de déchiquetage. Le projet de déchiquetage peut être rentable seulement lorsque le coût du personnel s'élève à un niveau où le coût de production actuel des ferrailleurs par démontage manuel de 60 à 70 \$US par tonne de ferraille ne peut plus être maintenu. En principe, la nécessité d'augmenter la productivité par l'introduction d'une déchiqueteuse s'imposera lorsque le niveau du coût du personnel sera doublé.

En outre si le projet de déchiquetage est mis en exécution, ceci impliquera inévitablement l'élimination des ferrailleurs. En effet, ils devront être affectés respectivement à la collecte des déchets, et au traitement qui consiste à la sélection, la démolition et la presse.



## 10 Promotion du recyclage du papier

### 10.1 Situation actuelle et problèmes du recyclage du papier

#### 10.1.1 Production et consommation de papier

La production locale, l'exportation, l'importation et la consommation nationale de papier sont résumées dans le tableau 10.1-1. La consommation est calculée d'après la production et l'importation. Les imprimés comme produits finis sont inclus dans les quantités de l'importation et de l'exportation. La consommation de papier est en augmentation d'année en année, et la consommation par habitant par an est estimée à environ 20 kg par an.

Tableau 10.1-1

Production locale, importation, exportation et consommation nationale de papier

(Unité : tonnes/an)

	1995	1996	1997
Production	86.000	82.500	86.000
Importation	86.400	90.100	114.200
Exportation	19.800	15.300	21.700
Consommation	152.600	157.300	178.500

La production locale du papier et de la pâte est montrée dans le tableau 10.1-2. La pâte à papier d'alfa, fabriquée principalement dans la papeterie à Kasserine à partir de la fibre de l'herbe "alfa", est un produit important à exporter de la Tunisie.

Tableau 10.1-2 Production locale du papier et de la pâte à papier

(Unité : tonnes/an)

Production locale	1995	1996	1997
Papier	68.000	64.500	68.000
Carton	18.000	18.000	18.000
Pâte d'alfa	13.800	16.000	16.000

Alors que la production reste stationnaire, la consommation est en augmentation qui est couverte par l'importation. Surtout l'importation du papier à journaux et du papier d'impression est croissante. La production de cartons est aussi stagnante mais la consommation est en décroissance ; ce qui fait diminuer l'importation. Concernant les déchets de papier, la quantité de collecte augmente progressivement chaque année. L'importation des déchets de papier décroît peu à peu, mais sa valorisation est en hausse dans l'ensemble.

Les quantités de production, importation, exportation et consommation de papier par catégorie sont montrées dans le tableau 10.1-3, et les quantités de production, importation, exportation dans le tableau 10.1-4.

Tableau 10.1-3 Production, importation, exportation et consommation de papier par catégorie

	1995						1996						1997					
	Production	Importation	Exportation	Consommation														
Papier																		
Papier a journaux	0	13,700	800	12,900	0	13,100	500	12,600	0	16,400	700	15,700						
Papier d'impression	30,000	13,400	3,100	40,300	30,000	30,000	1,300	58,700	26,000	46,700	3,100	69,600						
Papier hygienique	3,000	800	500	3,300	3,000	400	600	2,800	6,500	1,300	2,400	5,400						
Papier emballage	35,000	36,800	12,100	59,700	31,500	26,100	10,400	47,200	35,500	30,800	13,000	53,300						
Autre papier	-	2,600	200	2,400	-	2,400	600	1,800	-	2,800	200	2,600						
Total	68,000	67,300	16,700	118,600	64,500	72,000	13,400	123,100	68,000	98,000	19,400	146,600						
Carton																		
Carton ondule	18,000	-	-	18,000	18,000	-	-	18,000	18,000	-	-	18,000						
Autre carton	-	15,800	2,600	13,200	-	14,600	1,600	13,000	-	12,500	1,800	10,700						
Total	18,000	15,800	2,600	31,200	18,000	14,600	1,600	31,000	18,000	12,500	1,800	28,700						
Journaux																		
Importation/exportation	-	3,300	500	2,800	-	3,500	300	3,200	-	3,700	500	3,200						
Total	86,000	86,400	19,800	152,600	82,500	90,100	15,300	157,300	86,000	114,200	21,700	178,500						

Tableau 10.1.4 Production, importation et exportation de pate a papier, et la quantites collectee et valorisee des dechets de papier

Unite:tonne/an

	1995				1996				1997			
	Production	Importation	Exportation	Consommation	Production	Importation	Exportation	Consommation	Production	Importation	Exportation	Consommation
Pate chimique	0	54,700	0	54,700	0	44,600	0	44,600	0	50,300	0	50,300
Pate mechanique	0	nil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Alfa	13,800	0	7,600	6200	16,000	0	9,000	7,000	16,000	100	10,200	5,800
Total	13,800	54,700	7,600	60,900	16,000	44,600	9,000	51,600	16,000	50,400	10,200	56,200

2.Papier

Unite:ton/y

	1995				1996				1997			
	Production	Importation	Exportation	Consommation	Production	Importation	Exportation	Consommation	Production	Importation	Exportation	Consommation
Dechets papier	20,000	13,000	0	33,000	23,100	11,900	0	35,000	34,000	5,800	0	39,800

### **10.1.2 Bilan-matières du papier**

La figure 10.1-1. indique le bilan-matières du papier en Tunisie. Parmi les 178.000 tonnes/an de consommation annuelle de papier, environ 34.000 tonnes/an (19%) sont recyclées et environ 130.000 tonnes/an (73%) sont mises en décharge. Le reste de 14.000 tonnes/an est considéré comme accumulation annuelle.

### **10.1.3 Situation actuelle de l'industrie papetière**

En Tunisie, l'industrie papetière est constituée de 9 papeteries y compris la papeterie nationale SNCPA (Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa) qui est la seule papeterie capable de faire la production intégrale depuis la préparation des pâtes jusqu'au papier fini. Les 8 autres papeteries sont classées en deux catégories, i.e. les entreprises de fabrication du papier de haute qualité comme le papier d'impression à partir des pâtes importées, et les entreprises de fabrication de cartons, de papier d'emballage et de papier hygiénique à partir des déchets de papier dissous. Comme le procédé de désencrage n'est pas utilisé dans les papeteries de recyclage du pays, le papier régénéré est fabriqué en laissant la matière d'encre. C'est pour cela que les destinations du papier régénéré sont limitées : cartons, papier d'emballages et papier hygiénique.

La production de pâte de la SNCPA est de 16.000 tonnes par an, dont la moitié est destinée à la consommation interne et l'autre moitié destinée à l'exportation. Sa section papetière utilise la pâte fabriquée à la société elle-même (30%) et la pâte importée principalement du Maroc, de la Russie et de la Suède (70% au total), pour produire 25.000 tonnes de papier par an.

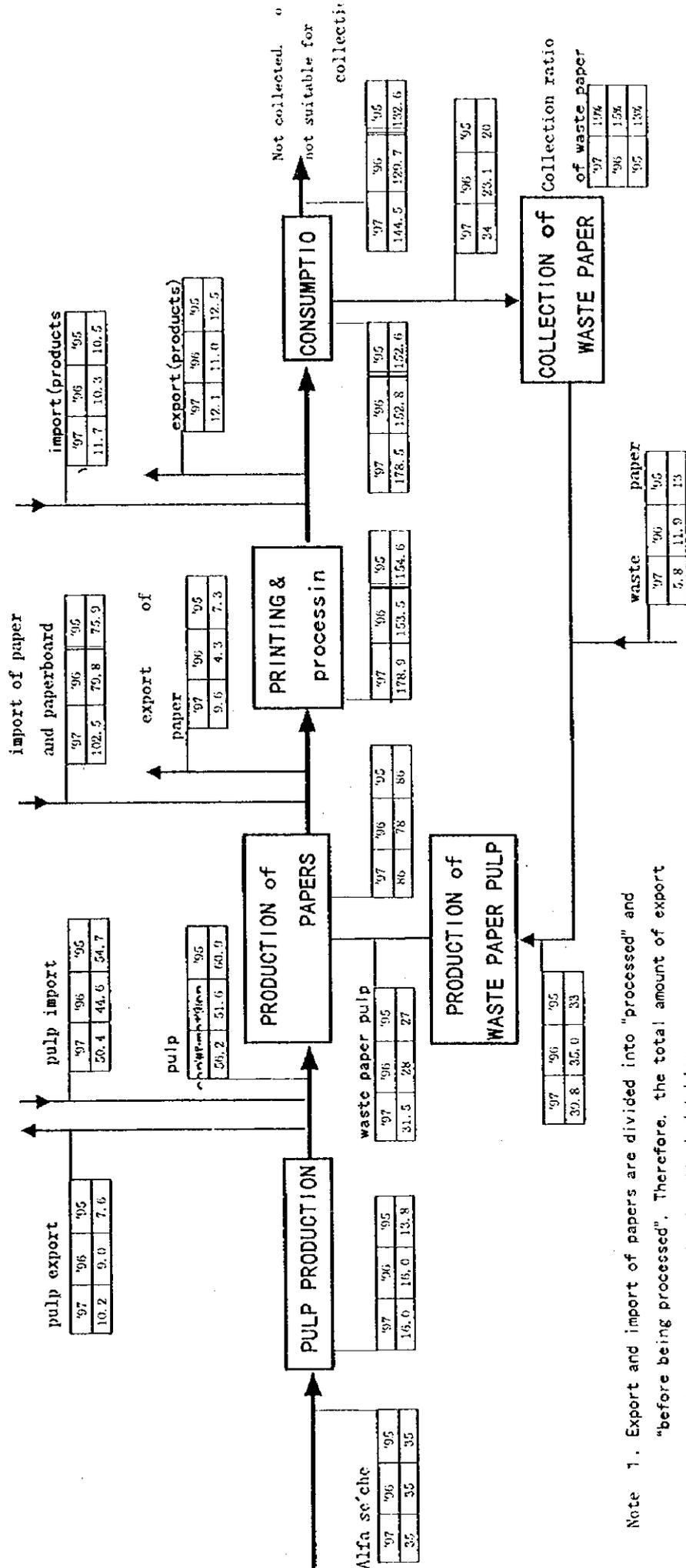
Etant toujours protégé par les droits de douane assez élevés, l'industrie papetière de la Tunisie doit faire des efforts pour avoir une compétitivité internationale pour survivre à l'époque de la libéralisation commerciale qui va venir.

### **10.1.4 Situation actuelle du marché de papier**

La consommation de papier d'impression se multiplie rapidement depuis quelques années, à cause de la bureautique qui change la forme de travail (la généralisation des photocopieurs et des imprimantes pour l'ordinateur). La consommation de papier à journaux aussi augmente rapidement. L'importation de papier d'impression s'est multipliée par trois depuis ces trois dernières années. Cette estimation montre un brusque accroissement de demande en papier. Les prix local, d'importation et d'exportation du papier, des déchets de papier et de la pâte sont indiqués dans le tableau 10.1-5.

● Figure 5.1-1 Material Balance of Paper and Paperboard in Tunisia

(Unit : 1.000ton/year)



- Note 1. Export and import of papers are divided into "processed" and "before being processed". Therefore, the total amount of export and import is shown in the attached tables
2. This material balance does not include packaging papers accompanying the import of other non-paper products. The amount of such imported paper is estimated to be as small as 2,000 ton/year.

Tableau 10.1-5 Prix du papier, des déchets de papier et de la pâte

	Prix local (DT/ tonnes)	Prix d'importation (DT/tonnes)	Taux de droit de douane (%)	Taux de TVA (%)	Prix d'exportation (DT/tonnes)
Papier à journaux		546-569	17	17	1399
Papier kraft d'emballage		459	25	17	
Carton		352	26	17	
Papier couché		906	43	17	
Papier couché		1186	38	17	
Papier couché		573-874	43	17	538
Boîtes, caisses		1661	43	17	908
Pâte chimique (non blanchie)		345			
Pâte chimique (non blanchie)		550-656			
Pâte mécanique		353			
Pâte d'alfa					1114
Déchet de papier (1)	150-200	289	20	17	
Déchet de papier (2)	30-60	144	20	17	

#### 10.1.5 Situation des ramasseurs des déchets de papier

Le taux de collecte des déchets de papier ainsi que le taux de réutilisation s'améliorent chaque année.

Il y a deux catégories de collecte des déchets de papier, à savoir :

- (1) Collecte assurée par les filiales des entreprises de régénération de papier (fabriquants de cartons, par exemple)
- (2) Collecte effectuée par les ramasseurs individuels ou en famille qui récupèrent en ville les cartons etc.

Les chutes blanches générées aux imprimeries sont collectées par les ramasseurs qui sont les filiales des usines de recyclage (fabriquants de cartons) ayant contracté la collecte. Les ramasseurs individuels collectent essentiellement des cartons en ville. Dans la ville de Tunis, un millier de familles s'occupent de la collecte des déchets de papier. Les prix unitaires des déchets de papier payés aux ramasseurs (recensés en 1997) sont montrés dans le tableau 10.1-6.

Tableau 10.1-6 Prix unitaire des déchets de papier (1997) (Unité: DT/tonne)

Chutes blanches	150 ~ 200
Carton	60 ~ 120
Papier à journaux	30 ~ 60
Papier utilisé aux bureaux	20
Déchets de papier importés	120

#### 10.1.6 Problème de recyclage du papier

Tel que décrit précédemment, la collecte des déchets de papier se fait en deux catégories, selon leurs générateurs et les formes de ramasseurs ; la collecte des chutes des imprimeries, et la collecte des cartons ondulés. Les chutes des imprimeries sont des déchets avantageux pour le recyclage, car ce sont des déchets de papier de haute qualité

et relativement uniforme. Les petits ramasseurs s'occupent de la collecte des cartons ondulés et des revues en même temps. Mais, les usines de régénération ne possédant pas d'équipement pour le désencrage, la qualité du papier régénéré à partir de ces déchets est limitée au papier d'emballages de couleur brune ou au carton ondulé.

Actuellement, la demande et la consommation de papier d'impression sont en augmentation rapide et la quantité de génération des déchets se multiplie. La promotion du recyclage de ces déchets comme le papier d'impression deviendra donc un problème important à l'avenir. Cependant, tant que les déchets de papier imprimé sont réutilisés sans désencrage, la qualité du papier régénéré est limitée au papier brunâtre comme le papier d'emballages ou les cartons ondulés. Il est impossible d'obtenir le papier d'impression recyclé sans désencrage. Désormais, la fabrication du papier d'impression recyclé à partir des déchets du papier d'impression même deviendra un projet de première nécessité, et pour cela, une unité de recyclage équipée du procédé de désencrage est indispensable.

Dans ce cas, pour stabiliser la qualité du papier régénéré, il faut d'abord uniformiser la qualité des déchets de papier. C'est-à-dire qu'il faut avoir les déchets bien classés selon leurs genres (papier à journaux, papier de qualité, papier kraft, cartons ondulés, etc.) et qu'il appartient aux ramasseurs de s'équiper des moyens de faire ce tri.

## 10.2 Plan d'exploitation d'une usine de pâte régénérée

### 10.2.1 Faisabilité de l'usine de pâte régénérée

La consommation de papier, la quantité visée de collecte de déchets de papier et la réutilisation pour chaque usage à l'an 2010 sont estimées dans le tableau 10.2-1.

Tableau 10.2-1 Consommation prévue de papier, taux et quantité visés de collecte des déchets de papier et leur régénération par usage

	Consommation prévue (tonnes)	Taux visé de collecte	Quantité visée de collecte (tonnes)	Régénération en carton ondulé (tonnes)	Régénération en papier recyclé (tonnes)
Papier à journaux	30.000	50%	15.000	3.00	12.00
Papier d'impression	140.000	30%	42.000	9.00	33.00
				(note 1)	(note 2)
Papier hygiénique	10.000	—	0	0	0
Papier d'emballage	100.000	30%	30.000	0	30.00
					(note 3)
Carton ondulé	60.000	80%	48.000	48.00	0
Totale	340.000	42% en moyenne	135.000	60.00	75.00

#### ① Production de carton ondulé

La production de carton ondulé, qui est actuellement de 40.000 tonnes, augmentera jusqu'à 60.000 tonnes. Quand le taux de mélange de déchets de papier est de 80%, il faut 48.000 tonnes de pâte régénérée ce qui demande 60.000 tonnes de déchets de papier comme matière première d'après le rendement de récupération de 80%. Le détail de la proportion est montré dans le tableau 10.2-2.

Tableau 10.2-2 Quantité des déchets de papier utilisés pour la production de cartons ondulés régénérés

Qualité de déchets de papier	Proportion	Quantité (tonne)	
Carton ondulé	80 %	48.000	
Déchets de papier à journaux	5 %	3.000	
Déchets de papier de qualité	5 %	3.000	(note 1)
Déchets de papier imprimés	10 %	6.000	(note 1)
Total	100 %	60.000	

#### ② Production de papier régénéré

A supposer que, parmi les déchets de papier collectés, 60.000 tonnes soient utilisées pour la production de cartons ondulés régénérés, et 75.000 tonnes qui restent pour la production de papier d'impression régénéré, la proportion et la quantité par type de déchets seront comme l'indique le tableau 10.2-3. La quantité des déchets de papier de bonne qualité qui ne nécessitent pas le désencrage est estimée à 12.500 tonnes au total ; 3.500 tonnes de chutes blanches parmi les 33.000 tonnes de déchets de papier d'impression, et 9.000 tonnes de papier d'emballages parmi les 30.000 tonnes.

Tableau 10.2-3 Quantité de déchets de papier destinés à la production de papier d'impression régénéré

Qualité de déchets de papier	désencrage	Proportion	Quantité des déchets collectés (tonne)	
Chutes blanches et déchets de papier d'emballages de bonne qualité	pas nécessaire	17%	12.500	Selon le calcul ci-dessus
Déchets de papier à journaux	nécessaire	16%	12.000	
Déchets de papier imprimé	nécessaire	39%	29.400	(note 2)
Déchets de papier d'emballages imprimés	nécessaire	28%	21.000	(note 3)
Total		100%	75.000	

③ Déchets de papier à désencrer et les usages de pâte régénérée

Selon la supposition ci-dessus, 62.500 tonnes de déchets de papier seront à désencrer, pour produire 50.000 tonnes de pâte régénérée

Tableau 10.2-4 Quantité de déchets à désencrer et la production de pâte régénérée

Qualité de déchets	Quantité de déchets à désencrer	Production de pâte régénérée	Usages
Papier à journaux	12.000	9.600	Papier à journaux (destiné à l'exportation), cartons blancs, papier d'impression, papier hygiénique
Déchets de papier d'impression ou d'emballages imprimés	50.500	40.400	Papier d'impression, autres papiers, liner, cartons blancs

## 10.2.2 Faisabilité d'exploitation (usage, capacité et nombre) d'une usine de pâte régénérée

La capacité supposée dans le présent projet (production de pâte régénérée, tissage, collecte) est montrée dans le tableau 10.2-5.

Tableau 10.2-5 Capacité d'équipement supposée

Capacité d'équipement	tonne/an
Unité de production de pâte régénérée (nouvelle unité)	50,000
Unité de tissage (augmentation de capacité)	30,000
Usines de recyclage	35,000 × 3 unités

En ce moment, il y a 20.000 tonnes/an de marge de capacité dans les unités de tissage en Tunisie. La création d'une nouvelle unité de pâte régénérée ayant une capacité de 50.000 tonnes/an, avec une augmentation de capacité de tissage de 30.000 tonnes/an aux unités existantes, pourrait permettre une augmentation de 50.000 tonne/an de production de papier régénéré.

Pour prévoir une ligne de désencrage, l'envergure de l'usine doit, autant que possible, être grande. Le présent projet suppose donc une seule usine de 50.000 tonnes/an de capacité.

## 10.2.3 Plan d'équipement d'une usine de pâte régénérée

### (1) Plan de commercialisation

La consommation nationale de papier en Tunisie est en ferme augmentation. Surtout, la multiplication du papier d'impression est remarquable. Comme la production locale reste stagnante, la demande est, pour le moment, couverte par l'importation.

La quantité d'importation du papier d'impression atteint presque le double de la production locale. Dans un proche avenir, cet écart deviendra encore plus grand. Pour maintenir une proportion normale entre la production locale et l'importation du produit, il est nécessaire de renforcer les équipements de production du papier d'impression.

La promotion du projet de recyclage du papier amènera de bons résultats tels que l'utilisation rationnelle des ressources, la création d'emploi et l'amélioration de l'équilibre entre l'importation et l'exportation.

La prévision de consommation de papier dans l'avenir et la quantité visée de la collecte sont montrées dans le tableau 10.2-6.

Tableau 10.2-6 Prévision de consommation de papier dans l'avenir et la quantité visée de la collecte

	Consommation en 2010 (tonne/an)	Taux de collecte visé (%)	Quantité de collecte visée (tonnes/an)
Papier à journaux	30.000	50	15.000
Papier d'impression	140.000	30	42.000
Papier hygiénique	10.000		0
Papier d'emballage	100.000	30	30.000
Carton ondulé	60.000	80	48.000
<b>Total</b>	<b>340.000</b>		<b>135.000</b>

Le but est de recycler et recommercialiser les déchets de papier collectés de la manière suivante :

a) Carton ondulé régénéré

Les déchets de papier seront réutilisés comme matière régénérée au taux de 80%. Toute la quantité de collecte de cartons ondulés est à utiliser ainsi que les déchets du papier à journaux, du papier de qualité et des imprimés. La prévision de consommation est de 60.000 tonnes/an dont 48.000 tonnes/an est le papier régénéré. Supposant que les déchets de papier sont réutilisables au taux de 80%, la quantité demandée de déchets de papier devient 60.000 tonnes/an.

Le procédé de régénération sera le "Repulping" qui est adapté actuellement en Tunisie pour la fabrication de carton ondulé.

b) Papier d'impression régénéré

La commercialisation sera programmée selon la prévision de la qualité réalisable du papier d'impression régénéré à partir des déchets de papier collectés ainsi que l'étendue possible de la demande qui devrait être limitée assez basse. La fabrication du papier d'impression recyclé à partir de la pâte régénérée pourrait être entamée de 20.000 tonnes par an qui est une partie de 140.000 tonnes par an de la consommation prévue.

Les catégories régénérables de déchets de papier collectés sont le papier à journaux, le papier d'impression déjà utilisé et le papier d'emballage imprimé. La quantité prévue de collecte de ces catégories de déchets de papier est de 62.500 tonnes/an pouvant être transformées à 50.000 tonnes/an de pâte régénérée.

L'utilisation de la pâte régénérée de 50.000 tonnes/an sera répartie comme suit; 20.000 tonnes/an pour le papier d'impression, et 30.000 tonnes/an qui restent entre le papier hygiénique, le carton blanc, le liner et le papier d'autres usages.

Le procédé de régénération de pâte sera le désencrage qui n'est pas encore adapté en Tunisie mais couramment utilisé dans le monde entier.

Parmi la quantité prévue de collecte de 135.000 tonnes/an, 12.500 tonnes/an de déchets sont des déchets de papier d'emballages de qualité relativement haute ou les déchets blancs qui pourront être destinés au papier d'emballages ou au papier hygiénique par le procédé "Repulping".

(2) Echelle et nombre d'usines

L'usine de recyclage du papier est un des exemples typiques de l'industrie capitaliste. Plus l'envergure d'une unité est grande, plus elle devient rentable grâce à la baisse de la proportion des frais d'équipements, de mise au mille des utilités et du personnel, etc. par rapport au prix du produit.

En même temps, les frais d'approvisionnement des matières premières ou de transport du produit fini sont des facteurs essentiels de rentabilité. L'élaboration du projet doit également tenir compte du risque présenté par la centralisation de production à une seule usine. L'échelle limitée se définit selon toutes ces conditions.

En Tunisie, la quantité des déchets de papier disponibles en tant que matière première est d'environ 60.000 tonnes par an, et la limite d'échelle de l'usine ne demandera pas à être considérée ; cette échelle serait même trop petite pour être rentable. Il faut donc prévoir une seule usine.

La capacité de l'usine sera comme l'indique le tableau ci-après.

Usine de pâte régénérée	Quantité de déchets de papier utilisée	62.500 tonnes/an
	Pâte régénérée	50.000 tonnes/an
Usine de papier d'impression régénéré	Quantité de pâte régénérée utilisée	20.000 tonnes/an
	Quantité de pâte vierge utilisée	10.00 tonnes/an

La liste des matières premières et des produits finis est résumée dans le tableau suivant.

Tableau 10.2-7 Matières premières et produits finis

	Unité : tonnes/an	
Matières premières		Notes
Déchets de papier	62.500	
Pâte vierge	10.000	
Produits finis		
Pâte régénérée	30.000	
Papier d'impression régénéré	30.000	

(3) Procédé de fabrication

Le procédé de désencrage joue un rôle capital dans la production. Il y a deux procédés de désencrage pratiqués dans le monde entier.

L'un est le procédé de lavage, utilisé aux Etats Unis et au Canada. L'autre est le procédé de flottation utilisé en Europe et au Japon. Les caractéristiques de chaque procédé sont montrées dans le tableau suivant.

Tableau 10.2-8 Procédé de désencrage

	Flottation	Lavage
Pays	Europe, Japon	Etats Unis, Canada
Consommation d'eau	Moins	Plus
Consommation de produits chimiques	Plus	Moins
Rendement	Elevé	Bas
Efficacité de désencrage	Difficile d'enlever le granule de moins de 35 $\mu$	Possible d'enlever le granule de moins de 35 $\mu$
Investissement d'équipement	Plus cher	Moins cher
Rentabilité globale	Plus rentable	Moins rentable

Comme l'adduction de l'eau industrielle n'est pas facile en Tunisie, il faudra adopter le procédé de désencrage par flottation.

Le processus de désencrage de pâte par flottation est représenté dans la figure 10.2-1 "PROCESS FLOW DIAGRAM" ci-jointe.

#### (4) (4) Plan d'équipement

Les détails des équipements au moment de l'investissement initial sont mentionnés ci-dessous.

Le projet principal d'équipement est basé sur les conditions suivantes.

Quantité de déchets de papier utilisés	: 62.500 tonnes/an
Production de pâte régénérée	: 50.000 tonnes/an
Production de papier d'impression régénéré	: 30.000 tonnes/an
Jours de service par an	: 300 jours
Modalité de service	: Service continu (7.200 heures/an)
Nombre de ligne	: Une ligne

#### a) Equipement de désencrage

L'équipement de désencrage pour une capacité de production de pâte régénérée de 50.000 tonnes/an à partir des déchets de papier de 62.500 tonnes/an se compose des unités principales montrées ci-dessous.

Tableau 10.2-9 Unités composées d'équipement de désencrage

Dépaqueteur	1 unité	
Désintégrateur de pâtes	1 unité	A semi-batch
Capacité moyenne de dissolution (des déchets de papier) : 8,7 kg/heure		
1er bac de stockage	1 unité	
Tamis à larges mailles	1 série	A cyclone
1er désencreur par flottation	1 série	
Séparateur	1 série	
2ème bac de stockage	1 unité	
Concentrateur	1 série	A Kneader
Tour haute concentration	1 unité	60 minutes de trempage
Dépastilleur	1 série	
2ème désencreur par flottation	1 série	
3ème bac de stockage	1 unité	
Tamis de 2ème rang	1 série	
4ème bac de stockage	1 unité	
Séparateur de 2ème rang	1 série	
Epaississeur	1 série	
5ème bac de stockage	1 unité	
Unités de pompage	1 série	
Transporteur des déchets de papier	1 série	
Instruments de contrôle et de mesure	1 série	
Tuyauterie et fils électriques	1 série	

b) Equipement de tissage

L'équipement de tissage qui est capable de fabriquer 30.000 tonnes/an de papier d'impression régénéré à partir de 20.000 tonnes/an de pâte régénérée et de 10.000 tonnes/an de pâte vierge se compose des unités principales suivantes.

Tableau 10.2-10 Unités composées des équipements de tissage

Boîte de tête	1 série	
Unité de tissage	1 série	Câbles, presses, séchoirs, calandre, bobines
Bobinoir	1 série	

c) Equipement de chaudière

La chaudière sert à produire de la vapeur d'alimentation du procédé de désencrage et du procédé de tissage.

