



RE.CO.R.D.

ETUDE N° 99-0903/1A

SYNTHESE DE L'ETUDE

FRANÇAIS / ANGLAIS

**ETAT DE L'ART CONCERNANT LES GRANDS PROCÉDES DE
REGENERATION DES DECHETS DE MATIERES PLASTIQUES EN VUE
DE LEUR RECYCLAGE SOUS LA FORME DE PRODUITS FINIS**

septembre 2000

J.-J. ROBIN - CEREMAP MEZE

Le présent projet fait suite aux études menées en 1997 et en 1998 sur les thèmes suivants :

- "Etat de l'art concernant les méthodes de tri des matières plastiques",
- "Critères entrant en compte dans l'adéquation : gisement de déchets plastiques/applications finales".

Il vise à faire un point complet sur les technologies présentes dans le domaine de la régénération des déchets de matières plastiques. Plus précisément, il s'agit d'analyser les technologies qui permettent de traiter les déchets en vue de les rendre aptes à un recyclage sous la forme de produits finis. Ainsi, les opérations de broyage, lavage, séparation, purification, séchage, seront étudiées dans le détail. L'accent sera mis sur les grands procédés industriels opérationnels, les procédés en cours de développement et les perspectives d'avenir dans ce secteur. Les installations étant généralement constituées d'une cascade d'opérations unitaires, une analyse fine des différentes étapes sera entreprise sur les plans technique et économique. Il s'agira, à terme, de constituer une aide précieuse à la décision pour les techniciens et les entrepreneurs désireux de faire des acquisitions.

CONTENU DE L'ETUDE

Les gisements

L'étude porte sur les technologies permettant de traiter les déchets de matières plastiques les plus fréquemment rencontrées. Ces dernières sont exclusivement des thermoplastiques, pouvant être chargés, et provenant de produits de post consommation issus des gisements suivants :

➤ Emballages :

- ordures ménagères (corps creux, films)
- D.I.B. (corps creux, films)
- D.I.S. (emballages de produits toxiques et souillés, engrais, peintures, huiles moteur, produits pharmaceutiques...).

➤ Agriculture :

- films de serre, de paillage, sacs

➤ Automobile :

- pièces démontées telles que bacs de batteries, pare-chocs, feux, réservoirs d'essence, planches de bord.

➤ Electrique / Electronique :

- câbles.

➤ BTP :

- profilés, fenêtres, volets.

Les techniques

Il s'agit de dresser ici, un inventaire complet des technologies actuellement utilisées dans l'industrie et celles faisant l'objet de développements. Ce catalogue de technologies illustre dans le détail les différentes opérations unitaires constituant les lignes de régénération, à savoir :

• *Les systèmes d'alimentation des lignes*

Il s'agit, généralement, de la première étape dans une ligne de régénération. Elle consiste à véhiculer le déchet de façon constante vers une autre étape dans son traitement. Cette alimentation peut être manuelle mais généralement cette fonction est remplie par des convoyeurs. Les convoyeurs sont des équipements de manutention, la plupart du temps fixes, assurant le transport du matériau à traiter d'un point à un autre. Ils comportent un châssis, une surface porteuse mobile et un système d'entraînement.

• *Le criblage*

✓ Le crible plan

Le crible plan permet la séparation des déchets selon leur granulométrie par passage entre des barreaux ou dans des trous. Généralement, le crible effectue un premier pré-tri, qui consiste, par exemple, en la séparation des corps creux et plats grâce à la création d'un lit de fluidisation, ce qui permet un meilleur rendement de séparation.

✓ Le trommel

Il permet la séparation de différents objets par l'intermédiaire d'alvéoles situées le long d'un cylindre en perpétuelle rotation. Cette technique sépare les corps fins (inférieurs à 25 mm) des moyens et des gros éléments (de 25 à 180 mm). La rotation et l'inclinaison du trommel permettent un brassage permanent du mélange à trier et donc une efficacité plus élevée comparée au crible plan.

• *Le pré-traitement du déchet par déchiquetage*

Il est effectué, généralement, lorsque le déchet à traiter présente un format très volumineux (par exemple des fûts en plastique) ou bien lorsque le déchet est composé de différents

matériaux dont la séparation est indispensable pour la suite du traitement (câbles électriques, planches de bord...). Il existe une large gamme de pré-broyeur qui sont caractérisés par un ensemble de points communs :

- des trémies d'alimentation très larges pour accepter des objets très encombrants,
- des puissances de travail pouvant être très élevées (jusqu'à 400 kW),
- des vitesses de rotations lentes (6 à 30 t/mn).

- *Les traitements à sec*

Dans ce chapitre, sont regroupés les technologies qui permettent de régénérer certains déchets de matières plastiques, en une étape principale. Les déchets concernés sont, en règle générale, volumineux comme les films d'emballages, les fibres textiles ou les mousses. Le procédé principal de ces technologies repose sur le phénomène de densification. Son rôle est d'assurer le changement d'état du déchet en passant d'un produit à faible densité apparente à un produit aggloméré nettement plus dense facilitant l'alimentation des équipements de mise en œuvre ultérieurs, type extrusion ou injection.

- *Le broyage*

Les possibilités que proposent les différents constructeurs dans ce domaine sont énormes. En effet, il existe des systèmes de broyage grossier à fin, pour tous types de matériaux, qu'ils soient mous à semi-durs, friables, tenaces ou fibreux. Certains fabricants présentent ainsi plus de 900 modèles dans leur catalogue ! Nous nous intéresserons ici, aux systèmes capables de traiter les gisements de déchets de matières plastiques décrits dans la première partie de ce rapport.

- *Le lavage – La purification*

Les contaminants à extraire sont de plusieurs types : papiers, colles, graisses, liquides résiduels, terre, gravats, minéraux, métaux... Le lavage des déchets de matières plastiques repose essentiellement sur des phénomènes de frictions, de sédimentation et d'essorage en présence d'eau chaude, plus ou moins additivée de détergents.

Si la plupart de ces polluants peuvent être éliminés pendant les phases de lavage et de purification, il est impératif d'extraire tous les métaux avant l'étape de broyage, notamment pour protéger les installations. Pour cela, il existe des systèmes de détection et de tri magnétique.

- *La séparation*

Dans ce chapitre, nous présenterons quelques méthodes de séparation basées sur la densité des matières plastiques. Pour de plus amples détails, sur l'ensemble des techniques de séparation et d'identification des matières plastiques, l'étude RECORD N°96-901 présente un "Etat de l'Art" dans ce domaine.

La difficulté principale dans les techniques de séparation basées sur la densité est que les matières plastiques en compétition présentent des densités relativement proches. Par exemple, l'échelle de densité des PE et celles relatives aux PP peuvent se recouvrir et, par conséquent, ces polymères ne peuvent être séparés par hydrocyclonage. Il en est de même pour le PVC et le PET. De plus, dans le cas des matériaux chargés en fibres, pigments ou autres charges, leurs densités respectives peuvent fortement être modifiées par rapport à celle du polymère de base, ce qui induit nécessairement des difficultés de séparation.

Les différents systèmes abordés sont les suivants :

- ◆ *Bacs de décantation*
- ◆ *Hydrocyclones*
- ◆ *Censor[®], Sorticanter[®], Tricanter[®], Décanteur Flottweg[®]*

- *L'essorage et le séchage*

Il existe principalement deux types de systèmes qui permettent d'obtenir la matière régénérée débarrassée de son eau de lavage :

- l'essorage de la matière ou séchage mécanique,
- le séchage thermique afin d'éliminer l'humidité résiduelle.

- *L'épuration des eaux de lavage et les traitements des résidus*

La majorité des lignes de régénération utilise un poste de lavage du déchet traité. Ce lavage peut être réalisé par de l'eau froide mais dans la plupart des cas on a recourt à de l'eau chaude additivée d'un certain nombre de détergents. Les eaux de lavages résiduelles nécessitent donc un traitement particulier avant d'être rejetées dans le circuit de traitement urbain.

Ce traitement des eaux de lavages sera adapté en fonction du type et du taux de salissures que présente le déchet à régénérer. Le recours à plusieurs étages de traitement complémentaires n'est pas une nouveauté : un traitement biologique ou physico-chimique suivi d'une décantation et d'un conditionnement des boues est chose classique. Il faut cumuler les techniques pour augmenter les performances tout en minimisant les coûts.

- *Le traitement de l'air*

Il existe quatre grandes familles de dépoussiéreurs : les séparateurs électriques ou électrofiltres, les séparateurs à couches filtrantes (filtres à manches, lit de gravier...), les dépoussiéreurs par voie humide et les séparateurs mécaniques ou cyclones. Une installation de dépoussiérage est d'autant plus efficace qu'elle capte le plus près possible de la source d'émission dans un débit minimal d'air. Son coût dépend également davantage de la quantité d'air à traiter que de la quantité de polluant à capter.

Les lignes clés en main

A l'aide d'un ensemble de schémas, nous avons choisi de présenter un certain nombre de lignes de régénération réalisées et installées chez le client. Cette énumération, non exhaustive, a été effectuée en se basant sur les données techniques recueillies auprès des fournisseurs du marché.

Il est à noter que les fournisseurs proposent dans leurs documentations des lignes réalisées pour un client. Ces lignes, livrées clés en main, sont étroitement réalisées en fonction des données client. Dans la majorité des cas, elles sont adaptées et mises au point pour un gisement donné. Comme il a été montré dans la partie technique de cette étude, il existe une multitude d'outils pour une fonction bien déterminée de la ligne de régénération. Les outils sont alors judicieusement choisis en fonction de la qualité et de la quantité de déchets à traiter.

Les différentes lignes citées en exemple ont été classées d'après les gisements sélectionnés en début d'étude.

Approche économique :

Nous avons choisi d'illustrer cette étude par un chapitre consacré à une simulation d'approche économique. Dans ce cadre, nous avons tenté d'évaluer les coûts de traitement d'un déchet en posant un certain nombre d'hypothèses.

Nous nous sommes basés sur une ligne de régénération complète (lavage + granulation) de corps creux de type PEhd d'une capacité annuelle entrant de 12 000 tonnes pour une production sortante de 10 000 tonnes/an

Compte rendu de visites :

Un certain nombre de visites de sites nous a permis d'appréhender la réalité du secteur de la régénération des déchets de matières plastiques. Nous avons tenté d'effectuer une analyse fine des systèmes en fonctionnement réel, en fonction de la volonté des dirigeants des différentes sociétés à nous communiquer ou pas leurs données techniques.

- *Société SER (ITALIE) : régénération de corps creux PEhd*
- *Société ELCO (ITALIE) : régénération de films industriels et agricoles*
- *Société UNTERLAND (AUTRICHE) : régénération de films industriels*
- *Société VEKA UT (ALLEMAGNE) : régénération de profilés PVC*
- *Société C2P (FRANCE) : régénération de bacs de batteries et pare-chocs automobile*
- *Société SOREPLA INDUSTRIE (FRANCE) : régénération de corps creux PET et PEhd*
- *Société VARRAY-PARISI SA (FRANCE) : régénération de câbles électriques*

CONCLUSION GENERALE

Nous avons voulu présenter, au travers de ce document, un inventaire des procédés de régénération des déchets de matières plastiques.

Après une description sommaire des gisements de déchets sélectionnés pour cette étude, nous abordons, de façon pédagogique, les différents postes unitaires susceptibles de composer une ligne de régénération.

D'une façon générale, ce type de ligne repose sur la suite d'opérations de traitement suivante : broyage, lavage, séparation, séchage et granulation. Il existe donc des fabricants de matériels spécialisés dans l'une ou l'autre de ces fonctions. Ils proposent, dans leur catalogue, une multitude de possibilités et s'engagent, pour la plupart, à fournir le matériel optimum en étroite adéquation avec la qualité et la quantité de déchets de matières plastiques à régénérer.

Au-delà de ces grandes étapes de traitement, il existe un certain nombre d'outils qui permettent de préparer, d'accompagner, c'est-à-dire de pré-traiter le déchet avant sa régénération.

Au travers de quelques exemples, nous présentons, ensuite, une série de ligne de régénération "clés en main", c'est-à-dire telles qu'elles sont proposées par les constructeurs. Ces exemples correspondent à de réelles réalisations et peuvent être adaptés, développés ou modifiés pour répondre à tels ou tels types de déchets de matières plastiques.

Grâce à leur expérience dans le secteur de la régénération, les constructeurs pourront fournir un matériel judicieusement adapté à l'application désirée.

Enfin, quelques visites de sites en fonctionnement nous ont permis d'appréhender sur le terrain, la réalité dans le secteur de la régénération, aussi bien d'un point de vue technique qu'économique.

Si certains industriels nous ont accueilli et permis de visiter leur installation sans problèmes particuliers, d'autres sont beaucoup plus réticents et ne souhaitent pas spécialement dévoiler leurs technologies.

En effet, si les différentes lignes que nous avons pu observer restent "standards" dans la suite d'opérations qu'elles proposent, il existe incontestablement un savoir-faire interne à chaque entreprise qui, souvent, permet de faire la différence dans la réalisation d'une matière régénérée de qualité avec des coûts de traitements abordables.

Cette mise au point constante de la technique est d'autant plus visible sur les sites de traitement fonctionnant avec des déchets présentant une qualité variable en fonction des lots.

D'autre part, nous avons constaté que les sociétés présentant une activité pérenne étaient généralement introduites dans un réseau bien organisé. C'est le cas, par exemple, des sociétés de régénération en filiale avec des entreprises utilisant directement la matière régénérée pour la fabrication de produits finis.

SOMMAIRE DE L'ETUDE

	<i>Pages</i>
AVANT-PROPOS	1
I - INTRODUCTION	3
II - LES GISEMENTS CONCERNES	3
II - 1 Emballages	3
II - 2 Agriculture	6
II - 3 Automobile	7
II - 4 Electrique / Electronique	7
II - 5 BTP	8
III - LES TECHNIQUES	9
III - 1 Les systèmes d'alimentation	9
III - 2 Le criblage	10
III - 3 Le pré-traitement du déchet	10
III - 4 Les traitements à sec	11
III - 5 Le broyage	13
III - 6 Le lavage - La purification	15
III - 7 La séparation	15
III - 8 L'essorage et le séchage	18
III - 9 L'épuration des eaux - Le traitements des résidus	18
III - 10 Le traitement de l'air	19
IV - LES LIGNES DE REGENERATION CLES EN MAIN	22
V - APPROCHE ECONOMIQUE	22
VI - CONCLUSION GENERALE	25
ANNEXES	
Annexe 1 : Glossaire	
Annexe 2 : Compte rendu de visites	
Annexe 3 : Schémas des lignes de régénération clés en main	
Annexe 4 : Planches du Chapitre III	
Annexe 5 : Coordonnées des fournisseurs	

State of the art in major reclamation processes for plastic scrap with a view to recycling in the form of finished products

The present project follows on from the studies carried out in 1997 and 1998 on the following themes:

- "State of the art concerning plastics sorting methods",
- "Criteria to be taken into account in selecting the most appropriate final applications by source of plastic waste".

It aims to provide a complete up-date on the technologies present in the field of plastic scrap reclamation. More precisely, the aim is to analyse the technologies which can be applied to process this waste with a view to rendering it suitable for recycling in the form of finished products. The operations of grinding, washing, separation, purification and drying will therefore be studied in detail. The emphasis will be placed on the major industrial processes in use today, processes currently being developed and perspectives for the future in this sector. As most installations are generally composed of a series of individual operations, a detailed technical and economic analysis of the various stages will be presented. With time, the aim will be to constitute a precious decision-making tool for technicians and entrepreneurs who intend to purchase equipment.

CONTENT OF THE STUDY

Sources

The study covers the technologies used to reclaim the most frequently encountered forms of plastic scrap. This waste is essentially composed of thermoplastics, with or without additives, originating from post-consumer products from the following sources:

➤ Packaging:

- household waste (containers, films)
- standard industrial waste (containers, films)
- special industrial waste (packaging of toxic and soiled products, fertilisers, paints, motor oils, pharmaceutical products etc).

➤ Agriculture :

- hothouse and mulching films, bags

➤ Automobile :

- parts such as battery trays, bumpers, lights, fuel tanks, dashboards.

➤ Electricity / Electronics:

- cables.

➤ Construction:

- structures, windows, shutters.

Techniques

The aim here is to draw up a complete inventory of the technologies currently in use in the industry and those which are under development. This technology catalogue provides detailed illustration of the various individual operations which make up reclamation lines, that is to say:

- ***Line feeder systems***

This is generally the first stage on a reclamation line. It consists in transporting the waste at a constant rate towards another stage in the process. The feeding can be manual, but this function is generally fulfilled by conveyors. Conveyors are handling equipment, usually fixed in place, which transport the materials to be processed from one point to another. They are composed of a frame, a mobile load-bearing surface and a drive system.

- ***Sifting***

- ✓ Horizontal sieve

The horizontal sieve separates the waste materials according to their size as they pass between the bars or into the holes. Generally, the sieve carries out a first preliminary sorting which consists, for instance, in separating containers and flat materials thanks to the creation of a fluidisation bed which allows a higher separation yield.

- ✓ Trommel

It separates different objects with its cavities located along a cylinder which is in constant rotation. This technique separates fine pieces (less than 25 mm) from medium and large elements (from 25 to 180 mm). The rotation and the incline of the trommel ensure that the waste to be sorted is constantly being mixed so as to provide greater efficiency than the horizontal sieve

- ***Preliminary waste processing by shredding***

This is generally carried out when the waste to be processed is very bulky (plastic drums, for example) or when it is composed of different materials which absolutely must be separated before the rest of the processing can take place (electric cables, dashboards etc.). There are a

wide range of machines for preliminary shredding, all of which have a certain number of points in common:

- very wide feeder hoppers so as to take very bulky objects,
- high operating power (up to 400 kW),
- slow rotation speeds (6 to 30 revolutions/min).

- ***Dry treatments***

This chapter groups together technologies which enable the reclamation of certain plastic waste materials in one main stage. The waste in question is generally bulky, such as packaging films, textile fibres or foams. The main process in these technologies is generally based on the phenomenon of densification. Its role is to change the state of the waste from an apparently low-density product into a much denser, sintered product which can be fed more easily into transformation equipment of the extrusion or injection types.

- ***Grinding***

The possibilities offered by the various constructors in this field are enormous. There are grinding systems which range from coarse through to fine grinding for all types of materials – from soft to semi-hard, crumbly, tough or fibrous. Some manufacturers boast more than 900 models on offer in their catalogues! Here, we will be interested in those systems which are capable of processing the sources of plastic scrap described in the first part of this report.

- ***Washing – Purification***

The contaminants to be extracted are of several types: papers, glues, fats, residual liquids, earth, rubble, minerals, metals... Washing plastic scrap is essentially based on phenomena of friction, sedimentation and spinning in the presence of hot water to which varying quantities of detergents have been added.

Although most of these pollutants can be eliminated during the washing and purification stages, it is essential to extract all the metals before the grinding phase, notably to protect the equipment used. Magnetic detection and sorting systems exist for this purpose.

- ***Separation***

In this chapter, we will present some separation methods based on the density of plastic materials. For further details on all the plastics separation and identification techniques, the RECORD N°96-901 study presents a “State of the Art” in this field.

The main difficulty with separation techniques based on density resides in the fact that the plastics in competition often have relatively similar densities. For example, the range of density of PE and of PP may overlap and these polymers therefore cannot be separated by hydrocyclone. The same applies to PVC and PET. Moreover, in the case of materials containing fibres, pigments or other additives, their respective densities may be greatly

modified in relation to those of the basic polymers, thus causing inevitable difficulties in terms of separation.

The different systems dealt with here are:

- ◆ *Water traps*
- ◆ *Hydrocyclones*
- ◆ *Censor[®], Sorticanter[®], Tricanter[®], Flottweg[®] separating tank*

- ***Spinning and drying***

There are two main types of system used to eliminate the washing water from the reclaimed materials:

- spin drying of the materials or mechanical drying,
- heat drying to eliminate residual moisture.

- ***Purification of washing water and treatment of residues***

The majority of reclamation lines include a station for washing the processed waste. This washing may be carried out using cold water, but in most cases hot water is used with the addition of a certain number of detergents. Residual washing water therefore requires particular treatment before being released into an urban water-treatment circuit.

The treatment of this washing water is adapted to the type and the extent of the soiling of the waste to be reclaimed. It is nothing new to have recourse to several complementary levels of treatment: biological or physical-chemical treatment followed by sedimentation and processing of the sludge is quite a classical approach. Various techniques must be combined to increase performance whilst keeping costs to a minimum.

- ***Air treatment***

There are four main families of dust extractors: electric separators or electromagnetic filters, separators with filter layers (bag filters, gravel beds...), wet dust extractors and mechanical separators or cyclone collectors. A dust-extraction installation is more efficient when it collects the dust as close as possible to the source of emission and when the air flow is minimal. Its cost generally depends more on the quantity of air to be treated than on the quantity of pollutant to be extracted.

Turnkey lines

With the assistance of a set of diagrams, we have chosen to present a certain number of reclamation lines built and installed on client premises. This list is not intended to be exhaustive and is based on the technical data collected from the suppliers on this market.

It should be noted that the suppliers, in their literature, propose lines which they have constructed for clients. These turnkey lines are built to correspond closely to the specifications of the client. In most cases, they are adapted and developed for a given source of waste. As was shown in the technical part of this study, there are a multitude of tools for any given function on the reclamation line. These tools are therefore chosen with great care depending on the quantity and the quality of the waste to be processed.

The different lines given as examples have been classified in accordance with the sources selected at the beginning of the study.

Economic approach:

We have chosen to illustrate this study with a chapter devoted to an economic simulation. We have therefore attempted to assess the costs of processing waste on the basis of a certain number of hypotheses.

We based our calculations on a complete reclamation line (washing + granulation) for PEHD containers with an annual input capacity of 12,000 tonnes for output of 10,000 tonnes/year.

Report on visits:

We have made a certain number of on-site visits so as to get a better understanding of the realities of the plastics reclamation sector. We have attempted to make a detailed analysis of the systems in actual operation, subject to the readiness of the directors of the various companies to provide us with technical data.

- *SER (ITALY) : reclamation of PEHD containers*
- *ELCO (ITALY) : reclamation of industrial and agricultural films*
- *UNTERLAND (AUSTRIA) : reclamation of industrial films*
- *VEKA UT (GERMANY) : reclamation of PVC structures*
- *C2P (FRANCE) : reclamation of automobile battery trays and bumpers*
- *SOREPLA INDUSTRIE (FRANCE) : reclamation of PET and PEHD containers*
- *VARRAY-PARISI SA (FRANCE) : reclamation of electric cables*

GENERAL CONCLUSION

In this document, we have sought to present an inventory of plastic waste reclamation processes.

After a brief description of the sources of waste selected for the purposes of this study, we take a look, in a pedagogical way, at the different individual operations likely to compose a reclamation line.

In general, this type of line is based on the following series of processing operations: crushing, washing, separation, drying and granulation. There are therefore manufacturers who are specialised in equipment for one or another of these functions. In their catalogues, they offer a wide range of possibilities and commit themselves, in most cases, to supplying the equipment which is best suited to the quality and the quantity of the plastic scrap to be reclaimed.

As well as the major stages of the process, there are also a certain number of tools which prepare the way for it, that is to say that they provide preliminary processing of the waste before it is reclaimed.

We then present a series of examples of turnkey reclamation lines, that is to say lines which are proposed ready to use by the manufacturers. These examples correspond to actual lines which have been built and can be adapted, developed or modified to deal with such or such a type of plastic waste.

Thanks to their experience in the reclamation sector, the manufacturers are in a position to supply equipment which has been carefully adapted to the desired application.

Finally, some on-site visits have allowed us to understand the realities of the reclamation sector, in both technical and economic terms.

Although some industrialists welcomed us and allowed us to visit their installations without any particular difficulties, others were much more reluctant and did not particularly wish to reveal their technologies.

Indeed, although the various lines we have observed are generally “standard” in terms of the series of operations they propose, there is, without a doubt, a particular know-how which is specific to each company and which often makes a difference when it comes to producing a reclaimed material of good quality for affordable processing costs.

This constant development of the techniques is all the more visible on processing sites which handle waste of a quality which varies from one batch to another.

As well as this, we noted that those companies which have been in activity for a long time were generally part of well-organised networks. Such is the case, for example, of companies working in close relationship with firms which use the reclaimed materials directly to manufacture finished products.

CONTENTS OF THE STUDY

	<i>Pages</i>
PREFACE	1
I - INTRODUCTION	3
II – THE SOURCES CONCERNED	3
II - 1 Packaging	3
II - 2 Agriculture	6
II - 3 Automobile	7
II - 4 Electricity / Electronics	7
II - 5 Construction	8
III - TECHNIQUES	9
III - 1 Feeder systems	9
III - 2 Sifting	10
III - 3 Preliminary waste processing	10
III - 4 Dry treatments	11
III - 5 Grinding	13
III - 6 Washing - Purification	15
III - 7 Separation	15
III - 8 Spinning and drying	18
III - 9 Water purification – Treatment of residues	18
III - 10 Air treatment	19
IV – TURNKEY RECLAMATION LINES	22
V – ECONOMIC APPROACH	22
VI – GENERAL CONCLUSION	25
ANNEXES	
Annexe 1 : Glossary	
Annexe 2 : Report on visits	
Annexe 3 : Diagrams of turnkey reclamation lines	
Annexe 4 : Plates of Chapter III	
Annexe 5 : Supplier details	