



REPUBLIQUE TUNISIENNE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur,  
de la Recherche Scientifique

*Université de Gabès*



المعهد العالي للعلوم التطبيقية و التكنولوجيا بقابس

Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de Gabès

Chimie  
Industrielle & Procédés

## **Projet**

*Présenté à*

L'Institut Supérieur des Sciences  
Appliquées et de Technologie de Gabès

Préparé par : *Elghouil Riheb*

*Bouabdallah Maryem.*

---

---

# **Inertage des déchets solides**

---

---

Encadré par : **Mr Zreli Adel**

*Année Universitaire 2016-2017*

# Remerciements

Avant tout, je remercie mon encadreur **Mr.Zreli Adel**, , pour toutes ses contributions, ses encouragements et ses conseils assez utiles et fructueux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Je remercie ma famille et mes chers amis pour leur compréhension et soutien moral, j'espère que ce travail soit la bonne expression de ma gratitude

**Résumé:**

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la diminution de la quantité de déchets à transporter et à enfouir par une meilleure connaissance des caractéristiques des déchets solides

**Mots clés:** Inertage- Valorisation- Déchets solides- Récupération

# Sommaire

## I. Introduction générale:

## II. Déchets solides:

### 1. Définition

### 2. Types des déchets solides:

- a. Filières plastiques
- b. Filières papier et carton
- c. Filières de verre
- d. Filières ferraille et autres métaux

## III. Inertage des déchets solides:

### 1. Définition

### 2. Objectif de l'Inertage des déchets solides

- a. Contexte concurrentiel et économique
- b. Fonctions remplies :

### 3. Techniques mise en œuvre:

- a. Traitement avec des liants minéraux(ou hydraulique)
- b. Traitement avec des liants organique
- c. Traitement par vitrification

 *conclusion*

## **Liste des figures**

Figure1-1:classification des déchets des entreprises:

Figure1-2:liants Hydraulique

# Introduction générale

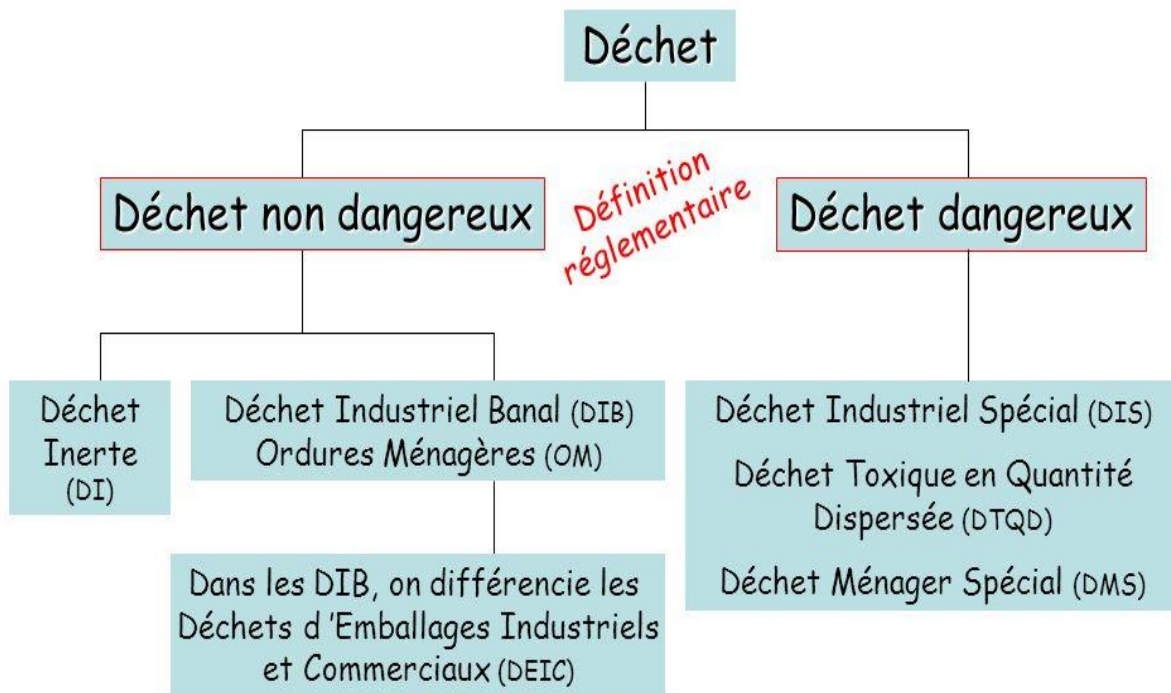
La collecte et le traitement de ces déchets constituent une préoccupation nationale et une charge financière de plus en plus lourde. Les déchets solides urbains et une partie des déchets solides organiques industriels sont évacués vers des décharges publiques non contrôlées. La collecte effective par les services communaux ne couvre pas la totalité des déchets produits. Dans les grandes villes, les moyens sont réduits, on compte, en moyenne 1 agent par 1000 habitants et 1 engin pour 13.000 habitants. Les déchets solides urbains sont gérés par les municipalités qui n'ont ni les moyens ni les ressources humaines nécessaires. Ce qui pose le problème de leur renforcement. Au niveau national, des investissements importants d'équipement ont été consentis pour traiter ces déchets au niveau des décharges publiques, mais ils ont été abandonnés à cause de la non maîtrise de la gestion des déchets, du manque de sensibilisation relative à la valorisation économique et financière de ces déchets et de l'insuffisance des budgets de fonctionnement pour assurer l'exploitation des équipements acquis

Figure1-1

## I. Les déchets des entreprises

# Classification des déchets

Décret du 18 avril 2002 : Nomenclature des déchets



# Déchets solides

## 1. Définition

Un déchet est un matériau qui est rejetée après qu'il ait accompli un travail ou qu'il ait rempli sa mission. C'est donc quelque chose devenue inutile, désormais de la poubelle, et qui n'a aucune valeur économique pour la plupart des personnes. Les résidus peuvent être éliminés (lorsqu'ils sont destinés à l'enfouissement dans les décharges ou à être enterrés) ou recyclés (obtenant ainsi un nouvel usage).

L'adjectif solide, d'autre part, mentionne ce qui est massif ou ferme. Un corps solide conserve son volume (ou sa taille) et sa forme constants grâce à la grande cohésion des molécules

## 2. Types des déchets solide:

### *a. Filière Plastiques*

Les produits plastiques les plus répandus, faisant l'objet de recyclage sont le PE, le PVC et les caoutchoucs. De nombreuses sociétés sont actuellement actives dans le domaine de la plasturgie dont une partie fonctionne principalement à l'aide des produits de recyclage. Ces sociétés sont aussi bien formelles que non formelles. Casablanca représente la plateforme la plus importante de l'industrie de la plasturgie et également du recyclage des produits récupérés. L'activité de recyclage du plastique répond principalement à l'offre et la demande des produits dont le gisement annuel se situe dans une fourchette de 30 000 à 40 000 tonnes, ce qui est en deçà du potentiel du gisement plastiques récupérables à partir des déchets ménagers et assimilés.: manquement aux règles de base d'hygiène et de salubrité, risque pour la santé, etc.

### *b. Filière Papier et carton:*

Le papier et carton sont des produits de recyclage qui constituent la pierre angulaire de l'industrie du papier au Maroc. Les sociétés de transformation du papier et carton sont peu nombreuses. La plus importante d'entre elles est CMCP, localisée à Kénitra. Elle draine près de 80% de la matière première consommée par le secteur. Les matériaux recyclés convoités sont le carton et les rognures d'imprimerie. Les papiers/cartons en provenance des déchets ménagers constituent une partie mineure de la quantité collectée, estimée d'après les enquêtes réalisées dans le cadre de l'étude, à quelques 62 000 tonnes par an. L'activité de recyclage du papier est principalement conditionnée par la demande de CMCP, autour de laquelle, la filière de collecte et de drainage des matières recyclées est parfaitement organisée (récupérateurs ; grossiste/intermédiaires ; concessionnaires CMCP avec cahier des charges précis ; etc.).



**c. Filière du Verre:**

Le verre blanc est un produit très convoité par la seule société dominant le marché de l'industrie du verre et de l'emballage. La quantité récupérée chaque année avoisine les 43 000 tonnes dont la quasi-totalité est remise en œuvre à SEVAM à Casablanca qui de ce fait, constitue la plateforme nationale de négoce du verre recyclé. L'activité de recyclage du verre suit un circuit similaire à celui du plastique, en ce qui concerne le lavage et le drainage vers Casablanca. Les niveaux de prix sont régulés par la société SEVAM qui constitue le principal exutoire de la filière. La filière connaît pratiquement les mêmes problèmes et contraintes de développement que les autres filières du secteur à savoir : une activité informelle et mal organisée à la base, des conditions de travail précaires pour les récupérateurs, technique archaïques de lavage et conditionnement, coûts de transport élevés pour les villes éloignées de Casablanca et une répartition inégale des plus values générées.

**d. Filière Ferraille et autres métaux:**

La récupération des métaux est une activité très prisée et lucrative. Elle concerne en premier lieu les dérivés du fer suivis par les métaux les plus convoités, à savoir le cuivre, le plomb et l'aluminium, etc. Contrairement aux autres filières où la récupération est principalement faite à partir des déchets ménagers, la récupération des métaux provient des déchets assimilés en provenance des unités industrielles et artisanales, commerces, voitures réformées, etc. La ferraille récupérée est quasiment exportée dans sa globalité. La principale plate forme de récupération et de négoce de la ferraille est Casablanca en raison de l'importance de l'activité industrielle et des infrastructures portuaires. Cependant, des villes portuaires comme Agadir, Kenitra et Nador restent également actives dans l'export de la ferraille récupérée.

# Inertage des déchets solides

## 1. Définition

Certains déchets toxiques sont « inertés » pour empêcher leur réactivité chimique ou biochimique et/ou leur dispersion dans l'environnement. L'opérateur cherche à leur donner une "inertie chimique" définitive ou de longue durée, ce qui est difficile dans le cas de déchets mélangés.

Ils sont généralement inertés par mélange avec un liant hydraulique (qui doit être le plus résistant et durable possible, et chimiquement compatible avec le produit à inérer ; certains produits chimiques, pouvant à très faible dose inhiber la prise d'un plâtre, d'un ciment, d'une résine ou d'autres liants. Inversement certains produits jouent le rôle de catalyseur et accélèrent la prise du liant, au risque d'une surchauffe et d'un mélange irrégulier). La prise du liant doit parfois se faire sous contrôle, car elle peut faire monter le déchet en température (jusqu'à 70 °C dans le cas de certains ciments ou résines) au risque d'une combustion spontanée. Le déchet doit, en outre, être correctement mélangé avec le liant (mélange mécanique). De nouvelles matrices minérales sont recherchées notamment pour mieux inérer les résidus d'incinération de déchets ménagers<sup>1</sup> et industriels.

Un autre procédé est la vitrification, notamment utilisé par l'industrie nucléaire pour stabiliser certains déchets radioactifs.

## 2. Objectif de l'Inertage des déchets solides

### **a. Contexte concurrentiel et économique:**

D'ici 2002, la loi cadre de 1992 prévoit que seuls les déchets dits ultimes, c'est-à-dire n'étant plus susceptibles d'être valorisés par recyclage matière ou énergétique (incinération avec récupération d'énergie), pourront être déposés en centres de stockage en France. Cette loi concerne tant les déchets ménagers que les déchets industriels.

Depuis le 31 mars 1995 certaines catégories de déchets industriels, comme par exemple des résidus de traitement des fumées des usines d'incinération, doivent en outre être stabilisés pour pouvoir être acceptés dans ces centres de stockage de classe I. D'autres catégories de déchets industriels ultimes seront soumises à ces mêmes obligations dès 1998 (voir plus loin). Cette contrainte provoque un surcoût de traitement et donc de

financement, en particulier pour les communes. A ce jour, la loi ne prévoit par contre pas d'obligation de stabilisation pour les déchets ménagers ultimes.

***b. Fonctions remplies :***

La stabilisation vise à réduire le potentiel polluant des déchets ultimes et à améliorer leurs qualités physiques et chimiques en vue de faciliter leur stockage, et plus particulièrement à :

- améliorer la rétention physico-chimique des polluants, afin de limiter leur solubilité
- limiter les contacts à l'interface "déchet-environnement", notamment l'entraînement à l'eau
- détoxifier le produit traité par transformation de certains composés polluants dont il est constitué
- améliorer les propriétés physiques du déchet en vue de faciliter sa manipulation et son stockage

obtenir un état relativement pérenne

### **3. Techniques mise en œuvre:**

***a. Traitement avec des liants minéraux (ou hydrauliques)***

Ces procédés sont les plus étudiés et, technologiquement, les plus avancés (certains ont déjà atteint un stade "industriel"). Ils peuvent faire appel à différents réactifs : liants hydrauliques (chaux, ciments), réactifs à caractère pouzzolaniques (cendres volantes, scories et déchets sidérurgiques, ciment au laitier, chaux hydraulique), silicates, argile, zéolithe, ou charbon actif. Des adjuvants (ou additifs) sont utilisés pour compléter l'action de ces liants. Les réactifs utilisés varient selon les polluants contenus dans les résidus.

Quel que soit le réactif utilisé, le principe de traitement et les mécanismes mis en jeu sont semblables. La technologie mise en œuvre consiste à appliquer une formulation spécifique à chaque déchet : le déchet est incorporé avec le liant, les adjuvants éventuels et l'eau dans un malaxeur où il reste un certain temps, puis est ressorti et mis immédiatement sous la forme de blocs, en vrac ou déposé en couches. On obtient une matrice solide peu perméable (solidification). La stabilisation transforme les polluants initialement contenus dans le résidu en composés minéraux stables, qui sont immobilisés dans la matrice.

Les principales réactions mises en jeu sont la transformation de l'eau libre en eau liée, la formation de composés très peu solubles par réduction, oxydation, précipitation selon des phénomènes physico-chimiques et par des réactions d'adsorption.

D'une manière générale, les liants minéraux apportent des solutions intéressantes par rapport au respect des objectifs fixés par le législateur, même s'ils présentent également quelques inconvénients. La nature du déchet est de première importance pour le choix de la solution à privilégier.

### **b. Traitement avec des liants organiques**

Ces procédés ont surtout été étudiés pour l'industrie nucléaire, pour des déchets peu ou moyennement radioactifs. Aujourd'hui reprises pour le traitement des déchets industriels spéciaux (DIS), ces techniques utilisent le plus souvent comme matrice le bitume et certains thermoplastiques (notamment des thermoplastiques de récupération : PE, PP, PVC) . Le traitement ne consiste ici qu'en une fixation physique des polluants, aucune réaction chimique n'étant engagée avec le liant. On parle donc solidification, voire d'enrobage ou d'encapsulation. Le déchet composé de particules de faible dimension est généralement séché puis dispersé dans la matrice préalablement chauffée à une certaine température. Le mélange est assuré pendant un certain temps jusqu'à homogénéité. Les déchets sont ensuite conditionnés avant d'être refroidis.

Encore peu utilisés par les industriels de la stabilisation, les liants organiques présentent une souplesse d'exploitation séduisante (formulations légères, encombrement minimum de l'installation). Toutefois, et notamment pour les thermoplastiques, les interactions matrice-déchets sont importantes, et il est à l'heure actuelle difficile de prédire à long terme le comporte

ment de ces matrices.

Dans le cas de l'utilisation de thermoplastiques de récupération, la viabilité économique du procédé dépend de la subvention escomptée d'Eco-Emballages.

### **c. Traitement par vitrification**

D'une manière générale, la vitrification consiste en une rétention physico-chimique des polluants d'un déchet dans une matrice vitreuse obtenue par la fusion à haute température des composants propres du déchet et d'éventuels ajouts complémentaires. Les métaux décomposés puis oxydés sont pour une part piégés dans la matrice avec les matières minérales présentes. Ils sont d'autre part partiellement volatilisés. La masse vitreuse en fusion est alors soit coulée dans des lingotières, soit refroidie à l'eau et conditionnée sous forme de granulats.

Très largement étudiés dans l'industrie nucléaire, ces procédés font aujourd'hui l'objet de recherches actives pour la stabilisation des déchets industriels spéciaux, et notamment les REFIOM. Ces déchets sont en effet très riches en certains produits entrant dans la composition du verre (silice, alumine...), ce qui les rend a priori aptes à être traités de cette manière.

✚ Différentes technologies sont aujourd'hui mises en œuvre :

- Fusion électrique : couramment utilisée en sidérurgie pour ses propriétés thermiques, cette technique ne nécessite pas de technologie de four particulière. Un arc électrique assure le chauffage du bain, puis la fusion des déchets. Il peut être produit par deux électrodes, ou une résistance électrique rayonnante. Les résidus sont portés à une température de 1200 à 1600 C, qui permet leur fusion et l'oxydation des imbrûlés. Après refroidissement, le vitrifiat obtenu piège les polluants.
- Fusion par induction : par chauffage inductif direct ou semi-direct
- Fusion par torche à plasma : le plasma est un gaz ionisé par élévation de sa température ; une torche produit un jet de plasma (4000 C) directement au sein du produit à traiter, provoquant sa fusion. La masse en fusion est alimentée en continu par le produit à traiter et refroidie par coulée continue dans un bain pour former un vitrifiat.
- Fusion par oxycombustion : les brûleurs oxy-déchets produisent une flamme à haute température qui permet d'une part la consommation des déchets à la place de fuel ou de propane, et d'autre part l'accélération de la mise en température des produits à traiter.

--Electro brûleur : il s'agit d'un brûleur à gaz traditionnel dans lequel un arc électrique permet d'augmenter la température (2700 au lieu de 1450 C). Ce procédé peut être utilisé pour les déchets hospitaliers et industriels.

- Four à micro-onde : ce procédé est encore au stade de R&D. Les micro-ondes permettent de chauffer le produit à traiter à cœur, sans contact avec les parois du four et donc sans risque de dégradation du four par le produit en fusion. Cette technologie autorise un traitement en continu.

- D'une manière générale, les traitements avec des liants sont les moins coûteux, mais provoquent une augmentation du tonnage (quoique pratiquement pas du volume) à mettre en stockage. Les procédés de vitrification permettent quant à eux une diminution de volume importante, mais sont plus délicats à mettre en œuvre. Ils nécessitent des investissements et une consommation d'énergie non négligeables, et peuvent générer d'importants transferts de pollution (volume important de cendres secondaires très chargées en polluants et donc très difficiles à traiter). Ils peuvent en outre nécessiter un prétraitement, notamment par lavage des résidus pour en extraire la part saline.

**Figure1-2**

<b>Composant</b>	<b>Liant selon l'invention L2</b>	<b>Liant 1 Comparatif LC1</b>	<b>Liant 2 Comparatif LC2</b>
<b>Liant hydraulique :</b>			
Ciment portland 52,5R (Lafarge Le Havre)	4,76 g	100 g	100 g
Aluminate de calcium Ternal RG <sup>®</sup> (Kerneos)	66,67 g	-	-
Anhydrite	28,7 g	-	-
Carbonate de lithium	0,05 g	-	-
Carbonate de sodium	-	-	0,4 g
Acide citrique	0,18 g	-	-
<b>Dispersant :</b>			
Mighty <sup>®</sup> 21 PZ (Polycarboxylate éther poudre)	0,2g	0,2 g	0,2 g
<b>Microfibres de cellulose :</b>			
Arboce <sup>®</sup> 40 (CFF) longueur 0,45-1 $\mu$ m.	0,2 g	0,2 g	0,2 g
<b>Charges :</b>			
fumée de silice Rw Q1 Fuller	5 g	5 g	5 g
<b>Eau :</b>	22,5 g	22,5 g	22,5 g
<b>Agent de cure de la mousse :</b>			
Lithofoam <sup>®</sup> NWFS (solution $\approx$ 30% extrait)	1,5 g	1,5 g	1,5 g

## **conclusion**

La production des déchets solides suit la croissance démographique et le développement socio-économique. Il s'agit donc de maîtriser la gestion de quantités de déchets de plus en plus importantes. Il y a plusieurs raisons qui justifient cette gestion :

- les déchets constituent une menace pour la santé humaine et l'environnement et principalement pour les populations voisines des décharges publiques, à cause des nuisances olfactives et des émissions gazeuses dont certaines sont toxiques comme la dioxine, les acides chlorhydrique et fluorhydrique et les métaux lourds dont les concentrations dans l'air sont très importantes à proximité des décharges.
- La protection des eaux superficielles contre le ruissellement des eaux de pluie à travers la surface des décharges et les lixiviats provenant de la décomposition organique des déchets.
- la protection de la qualité des nappes d'eau souterraines situées sous ou à proximité des décharges contre l'infiltration des eaux provenant des décharges.
- la nécessité de préserver et d'économiser les sols servant au stockage des déchets. Dans ce qui suit, on se limitera aux déchets solides urbains. Les déchets solides en zone rurale pourront être traités de façon décentralisée dans des digesteurs pour produire du gaz méthane pour les besoins énergétiques des agriculteurs et des rebuts organiques pour l'enrichissement des sols agricoles.





















