

وزارة التعليم العالي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

267

## ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie de l'Environnement

### PROJET DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat

#### S U J E T

Contribution à l'Etude de la Pollution  
Engendrée par la Décharge  
de Oued - Smar

Proposé par :

Dr: R. KERBACHÍ

Etudié par :

M. ELOUAHED

B. BELHÍMER

Dirigé par :

Dr: R. KERBACHÍ

Melle M. BELKACEMÍ

PROMOTION : Juin 1989

DEDICACES

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-



Je dedie ce modeste travail :

A mon père

A ma mère

A mes frères et soeurs

A toute ma famille

A tous mes amis

BRAHIM

Je dédie ce modeste travail :

A mon père qui a tout sacrifié pour me voir réussir

A ma mère pour son amour maternel

A mes frères

A mes soeurs

A tous mes amis (es) et en particulier ABDENACER

SLIMANE.

MAMMAR

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à notre promoteur Docteur R. KERHACHI chef de département Génie de l'Environnement pour son aide précieuse avec conscience, patience et dévouement, ainsi qu'à notre co-promotrice M<sup>elle</sup> H. BELKACEMI.

Nos remerciements vont également à tous les professeurs qui ont contribué à notre formation et pour le soutien durant la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements vont également à notre sympathique laborantin Mahfoud et la secrétaire Leila et enfin à tous nos camarades de la promotion.

Nos remerciements vont en outre à l'adresse du président et des membres de jury lesquels ont bien voulu honorer de leur présence de juger ce projet de fin d'études.

o-o



	<u>page</u>
CHAPITRE I : INTRODUCTION ET BUT DE L'ETUDE .....	1
CHAPITRE II : DECHARGE DE OUED-SMAR	
2.1 Historique .....	3
2.2 Situation géographique .....	4
2.2.1 Environnement immédiat .....	5
2.2.2 Impact sur l'environnement .....	5
2.3 Nature et volumes des ordures mises en décharge à Oued-Smar .....	6
2.3.1 Nature des déchets .....	6
2.3.2 Volumes des déchets .....	8
2.4 Problèmes divers .....	9
2.4.1 Incendies et odeurs .....	10
2.4.2 Les rongeurs .....	12
2.4.3 Les insectes .....	12
2.4.4. Le chiffonnage .....	12
2.4.5 Contrôle sanitaire .....	12
CHAPITRE III : GENERALITES SUR LES DECHETS SOLIDES	
3.1 Classification des déchets .....	13
3.2 Caractéristiques des déchets solides .....	15
3.2.1 Caractéristiques des ordures ménagères .....	15
3.2.2 Caractéristiques spécifiques des déchets industriels.....	18
3.3 Généralités sur la collecte .....	18
3.3.1 Collecte ordinaire ou collecte ouverte .....	19
3.3.2 Collecte hermétique .....	19
3.3.2 Collecte par échange de récipients .....	19
3.3.4 Collecte par sacs perdus .....	19
3.3.5 Collecte par conteners .....	19



3.3.6 Collecte pneumatique .....	19
3.3.7 Collecte automatique .....	19

#### CHAPITRE IV LA MISE EN DECHARGE DES DECHETS

4.1 Les différents types de décharges .....	21
4.1.1 La décharge brute .....	21
4.1.2 La décharge contrôlée .....	22
4.1.3 La décharge compactée .....	23
4.1.4 La mise en décharge d'ordures préalablement broyés .....	29
4.2 Choix des sites de décharge .....	24
4.3 Classification et caractéristiques des sites de décharge.....	25
4.3.1 Site imperméable : classe I .....	25
4.3.2 Site semi-perméable : classe II .....	26
4.3.3 Site perméable : classe III .....	26

#### CHAPITRE V : ETUDE DE LA POLLUTION ENGENDREE PAR LES DECHARGES

5.1 Types de pollutions engendrées par les décharges .....	28
5.1.1 La pollution chimique .....	28
5.1.2 La pollution bactériologique .....	28
5.1.3 La pollution atmosphérique .....	29
5.2 Processus de formation des matières polluantes .....	29
5.2.1 Dégradation aérobie .....	29
5.2.2 Dégradation anaérobie .....	30
5.3 Les étapes de la dégradation .....	31
5.3.1 L'hydrolyse de la matière organique .....	32
5.3.2 L'acédogénèse .....	32
5.3.3 L'acétogénèse .....	33
5.3.4 La méthanogénèse .....	33

5.4	Risque de pollution du sol et des eaux souterraines par les décharges. Devenir et propagation des polluants .....	34
5.4.1	Introduction .....	34
5.5	Mécanisme d'évolution de la pollution en zone non saturée	36
5.5.1	Adsorption .....	36
5.5.2	Rétention capillaire .....	37
5.5.3	Echange d'ions .....	37
5.5.4	Précipitations des sel et formation des gels .....	39
5.5.5	Biodégradation .....	39
5.6	Zonification de la pollution .....	39
5.6.1	Zone de réduction .....	39
5.6.2	Zone de transition .....	40
5.6.3	Zone d'oxydation .....	40
5.7	Comportement des métaux lourds .....	40
5.8	Propagation des polluants .....	42
 CHAPITRE VI PARTIE EXPERIMENTALE		
6.1	Introduction .....	45
6.2	Mode de prélèvement des échantillons .....	45
6.3	Points de prélèvement .....	46
6.3.1	Prélèvement d'eaux et de lixiviat .....	46
6.3.2	Prélèvement du sol .....	46
6.4	Paramètres et méthodologie d'analyse .....	47
6.5	Résultats expérimentaux .....	48
6.6	Interprétation des résultats .....	56
6.6.1	Le lixiviat .....	56
6.6.2	L'eau souterraine .....	58
6.6.3	Le sol .....	58

CONCLUSION GENERALE

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE



## CHAPITRE I

### INTRODUCTION ET BUT DU TRAVAIL

Depuis l'événement de la révolution industrielle, l'homme a consacré de grands efforts à l'amélioration des techniques de production répandant ainsi favorablement aux besoins sans cesse croissant des populations.

Si le génie créateur de l'homme a réussi d'énormes progrès dans l'humanisation des conditions de travail et l'amélioration du cadre de vie matérielle, il a malheureusement accordé peu d'importance aux effets et impacts néfastes de ce progrès sur la nature et le milieu environnant.

Aussi actuellement nous assistons de par le monde à une multiplication des cas de pollution et de dégradation du milieu, des problèmes de contamination de nappes phréatiques, de la destruction de la couche d'ozone ou bateaux de déchets solides toxiques qui, deviennent comme jadis au temps de la peste, errent dans les océans sont devenus presque des faits divers.

Face à cette menace réelle et soucieux de préserver son milieu, l'homme s'attache de nos jours à lutter contre cette pollution. Il en fait même une de ses principales préoccupations.

Dans ce contexte notre pays, qui cette dernière décennie a connu un essor industriel certain n'échappe pas ce fleau du XX<sup>e</sup> siècle.

A titre d'exemple dans la région Est d'Alger, les populations de

Oued Smar et les zones environnantes vivent dans une atmosphère polluée par les fumées nauséabondes chargées de poussières et de suies.

D'aucun n'ignore l'origine de cette pollution qui n'est autre que **la** décharge publique du grand Alger qui reçoit quotidiennement quelques milliers de tonnes de résidus urbains et industriels.

L'étude de la pollution engendrée par cette décharge fera l'objet de ce travail, dans lequel nous présentons la source et la nature des déchets, l'évaluation des risques de lixivation et d'infiltration des polluants ainsi que les possibilités d'élimination des nuisances.



## CHAPITRE II

### DECHARGE DE OUED-SMAR

#### 2.1 HISTORIQUE

Avant la création de la décharge de Oued-Smar les ordures du grand Alger étaient déchargées dans un terrain à proximité de la ville de Baraki.

Les nuisances de cette décharge incontrôlée ( fumées, odeurs, gaz, rongeurs, insectes, etc....) ayant atteint le seuil critique. Les autorités de la municipalité de Baraki pressées les habitants mécontents ont contraint le C.P.V.A ( Conseil Populaire de la Ville d'Alger ) à quitter les lieux en leur proposant un nouveau terrain.

Le terrain proposé est une ancienne carrière de la S.N.M.C (société Nationale de Matériaux de Construction) qui l'exploite toujours et en extrait de l'argile pour la briquetterie située à environ 1 Km au Nord Ouest de [la décharge qui sera donc implantée dans une région à vocation agricole et en partie marécageuse. Il existait en effet avant l'exploitation de la carrière un lac qui de nos jours s'est totalement asséché.

En progressant vers le Nord Ouest de la région, la (S.N.M.C) mit à la disposition de la décharge la partie exploitée, c'est-à-dire, le terrain creusé sur une profondeur d'environ 5 mètres.

Comme le terrain retenu comporte une épaisse couche d'argile, ] une étude hydrogéologique préalable à tout dépôt de déchets solides n'a

pas été jugée utile. Ainsi depuis l'année 1978, la décharge de Oued Smar reçoit les ordures ménagères et les ordures industrielles des communes du grand Alger qui sont les suivantes :

- Alger centre
- Sidi-M'hamed
- Kasbah
- Bab El-Oued
- El-Madania
- El-Biar
- Bouzaréah
- Bologhine
- Hussein-Dey
- El-Harrach
- Kouba
- Bir-Mandreis
- Baraki
- Zone industrielle de Rouiba-Réghaia
- Zone industrielle de Oued-Smar.

## 2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La décharge présente une surface de 8 hectares. Elle est limitée au Nord par Beaulieu à 1 Km de la caserne Militaire, à l'Est par la zone industrielle de Oued-Smar et à l'Ouest et au sud par les terres agricoles du domaine Boulifa.



### 2.2.1 Environnement immédiat :

Les seules habitations qui existent à proximité de la décharge sont des bidonvilles (quelques centaines d'habitations) qui se situent directement à l'Est et au Nord à environ 700 m.

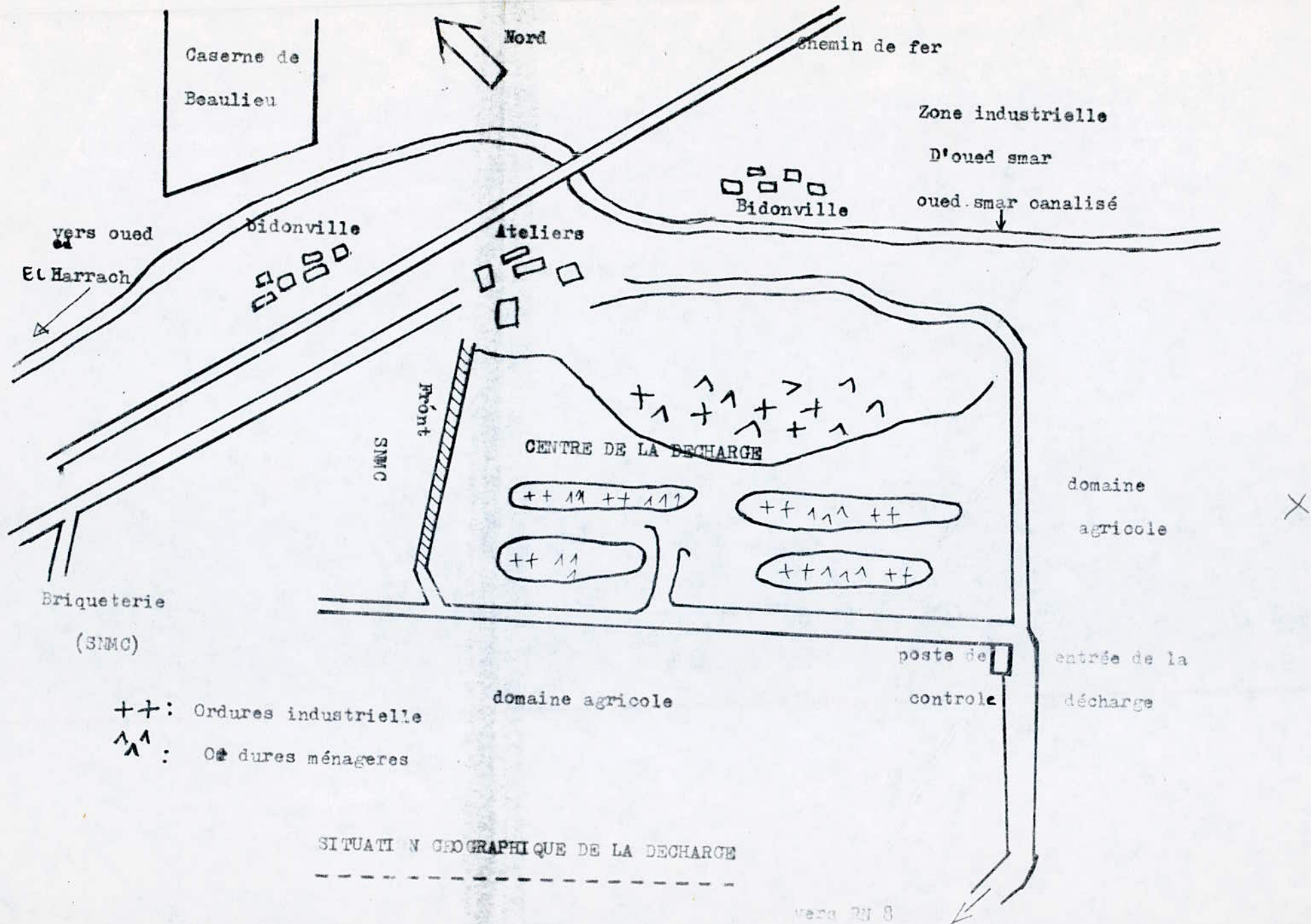
La limite de la zone industrielle de Oued-Smar se situe quant à elle à environ 100 m.

Les zones Nord, Ouest et Sud sont des terres agricoles. Notons par ailleurs que l'Oued-Smar traverse la limite Est de la décharge et que la voie ferrée: Alger-Constantine passe à proximité de la décharge du côté Nord.

L'unique voie d'accès à la décharge est reliée à la route nationale N°=8 (Route El-Harrach -- L'Arba ) longue de quelques 2 km, une autre voie relie la décharge à la briquetterie de la S.N.M.G, Cette voie est exclusivement utilisée pour le transport de l'argile extraite.(carte géographique ci-contre).

### 2.2.2 Impact sur l'environnement :

Les nuisances visibles engendrées par cette décharge, et perceptibles par tous les habitants de la région dans un rayon d'au moins 10 Km se repercutent sur la qualité de l'air et donc sur le bien-être du citoyen. La pollution se caractérise par les dégagements des fumées , d'odeurs ainsi que de très fréquents incendies causés en outre par le méthane qui se dégage. Les fumées chargées de poussières sont entraînées vers toutes les régions environnantes de la décharge ( El-Harrach, Bab-Ezzouar, Beaulieu, Dar El-Beida). }



Caserne de  
Beaulieu

Nord

Chemin de fer

Zone industrielle

D'oued smar

oued smar canalisé

Bidonville

Bidonville

Ateliers

vers oued  
El Harrach

Pront  
SNMC

CENTRE DE LA DECHARGE

domaine  
agricole

Briqueterie  
(SNMC)

domaine agricole

poste de  
control

entrée de la  
décharge

++ : Ordures industrielle  
^^ : Ordures ménageres

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA DECHARGE

vers RN 8



Les phénomènes d'inversion thermique créent des zones de stabilité de couche d'air chargées de fumées et de cendres. Ces zones de stabilité sont observées surtout le matin, soit sur les régions situées au Nord de la décharge (El-Harrach, Oued-Smar, Cinq maisons, Bab-Ezzouar, El-Alia), soit au Sud (Dar-El-Baida, Aéroport). [ Bien qu'à notre connaissance aucune étude épidémiologique n'a été effectuée, il est presque certain que la moyenne des cas d'asthme est dans cette région beaucoup plus élevé que dans le reste du pays.

Les autres nuisances qui ne sont pas perçues directement et immédiatement par la population portent naturellement sur une plus ou moins rapide contamination de la nappe phréatique. ]

### 2.3 NATURE ET VOLUMES D'ORDURES MISES EN DECHARGE A OUED-SMAR

#### 2.3.1. Nature des déchets :

Les déchets rencontrés au niveau de la décharge de Oued-Smar sont de types divers, on y trouve par exemple aussi bien les papiers que des cables ou produits pharmaceutiques.

Globalement, on peut répartir les déchets suivant la classification suivante :

#### a°/ Ordures ménagères :

- Déchets provenant des ménages et de l'industrie ayant des caractéristiques voisines aux ordures ménagères et qui peuvent être collectées dans des poubelles.

- Déchets de cuisines.

- Reste d'aliments.

- Papiers.

- Textiles.

- Emballages.

- Déchets commerciaux.

b°/ Déchets des hopitaux :

- Produits pharmaceutiques.

- Tubes de pommade.

- Flacons en verre et plastique.

- Ampoules.

- Boites.

- Cotons.

- Pansements.

c°/ Déchets industriels:

- Caoutchouc.

- Déchets plastiques.

- Déchets assimilables aux ordures ménagères (emballages, chiffons, balayures, ....)

d°/ Déchets de matériaux de construction :

- Déchets et gravats de l'industrie des batiments et des travaux publics, ces déchets sont généralement inerts. On distingue essentiellement:

- Les ciments.

- Le béton.

- Les briques ( rouge, chaux, parpaings).



e°/ Les déchets agricoles : Ils se présentent en grande partie en :

- Légumes et fruits périmés.
- Les déchets d'élevage.
- Les plumes de poules.
- Les déchets d'origine animale ( déchets d'abattoirs , cadavres d'animaux, ...).

f°/ Les déchets métalliques : Dans cette classe de déchets solides, on rencontre souvent du fer et de la ferraille, des cables et les carcasses de vehicules.

Cette classification ne comporte naturellement pas tous les déchets qu'on rencontre dans une telle décharge. Il est quasi impossible de les énumérer tous en détail.

### 2.3.2 Volume des déchets :

a°/ Ordures ménagères : La quantité d'ordures ménagères produites par habitant est variable et est fonction de plusieurs éléments. Elle dépend essentiellement :

- Du niveau de vie de la population.
- De la saison : pour une même population, elle est généralement plus faible en été.
- Du mode de vie des habitants : elle est influencée par les migrations quotidiennes entre la ville et le reste de l'agglomération.
- Du mouvement de la population pendant les périodes de vacance, les fins de semaine et les jours fériés.
- Du climat.

- Des nouvelles méthodes de conditionnement des marchandises : l'exemple du lait dans la bouteille de verre sur laquelle on perçoit une consigne réduirait de centaines de tonnes les déchets de PVC.

b°/ Déchets industriels : Le volume des ordures industrielles mises dans la décharge de Oued-Smar par les différents secteurs industriels s'élève à environ 500 voyages par jour.

Le tableau N°=1 présente le volume des déchets déversés quotidiennement par les différentes unités industrielles relatif à l'année 88-89.

## 2.4 PROBLEMES DIVERS

Les différents problèmes qui se posent parfois avec acuité sont d'ordre organisationnel, matériel et sanitaire.

### 2.4.1 Incendies et odeurs :

Les incendies sont permanents sur presque la totalité des fronts et en de nombreux autres points. Les fumées dégagées polluent l'atmosphère et les odeurs nauséabondes empoisonnent les régions environnantes.

Les causes de ces incendies sont multiples : dégagement de gaz dû à la fermentation anaérobie, présence de produits inflammables et parfois explosifs (exemple : produits chimiques de la SNIC, allumettes de la SMTA, hydrocarbures de la SONATRACH, jets de mégots encore allumés etc..).



Tableau N°= 1 -- Etat des sociétés nationales et organismes publics déversant des  
des déchets et produits variés dans la décharge de Oued-Smar---

Destination	Nature des déchets jetés	Nombre de voyages/j	Observation
PORT AUTONOME	Toutes sortes de déchets inflammables.	40 voyages	Déversés par plusieurs unités.
SONATRACH	" " " " " "	80 voyages	
S.N.T.A	Allumettes et déchets de tabac inflammables.	40 voyages	Plusieurs unités.
R.S.T.A	Vieux pneumatiques et divers déchets inflammables.	4 voyages	
SNIC	Produits chimiques et déchets inflammables.	40 voyages	Plusieurs unités.
GALERIES ALGERIENNES	Déchets inflammables et produits inflammables.	30 voyages	
PHARMACIE CENTRALE	Produits pharmaceutiques inflammables.	10 voyages	2 unités.
HOPITAUX	Déchets inflammables et pansement	6 voyages.	
STE DES INDUSTRIES CHIMIQUES	Produits chimiques inflammables.	1 voyage.	Plusieurs unités.
SNIB	Produits et déchets inflammables.	2 voyages.	
CNAN	Produits et déchets inflammables.	6 voyages.	Plusieurs unités.
ONAFEX	Déchets et cartons inflammables.	3 voyages.	
ALFEX	Déchets inflammables.	4 voyages.	10 Voyages.
ERLAD	Déchets inflammables.	4 voyages.	
STE HAMOUD BOUALEM	Déchets inflammables.	10 Voyages.	2 voyages.
SONALGAZ	Débris de bouteilles. :	2 voyages.	
SONACOME	Déchets.	10 voyages.	Plusieurs unités.
S.N.META <sup>L</sup>	Déchets limailles inflammables.	40 voyages.	
	Déchets ferraille.	20 voyages.	Plusieurs unités.

Destination	Nature des déchets jettés	Nombre de voyages/j	OBservation
ECOTEX	Déchets textiles inflammables	10 voyages.	Plusieurs unités.
SATI	Déchets de cuir inflammables.	4 voyages.	
UNITE WILAYA CUMD-SMAR STE ALGERIENNE DES RADIA- TEURS	Papiers goudronnés inflammables.	3 voyages.	
P.T.T.	Déchets divers.	2 voyages.	Plusieurs unités.
O.F.L.A.	Déchets de papiers inflammables.	2 voyages.	
A.N.E.P.	Déchets de légumes variés.	10 voyages.	
Compece national plasti- que.	Déchets de papiers inflammables.	2 voyages.	
S.N.T.F.	Déchets plastiques inflammables.	10 voyages.	
ENIPLASTE	Déchets.	2 voyages.	
Fabrique de Grillage.	Déchets plastiques inflammables.	10 voyages.	
SAFART	Déchets de fils de fer.	10 voyages.	
ENAMA	Déchets.	2 voyages.	
SONAPIP	Déchets.	6 voyages.	
S.N.S	Déchets de fils.	2 voyages.	Plusieurs unités.
AIR ALGERIE	Déchets de ferrailles.	10 voyages.	
SONALEC	Déchets cantine et divers.	10 voyages.	
B.G.A.	Déchets plastiques et papiers.	10 voyages.	
RECTA	Déchets de bouteilles.	10 voyages.	
ONACO	Déchets copeaux.	2 voyages.	
B.G 1	Déchets plastiques inflammables.	40 voyages.	
D.N.C	Déchets+produits chimiques.	03 voyages.	
ENOLAST	Déchets.	30 voyages.	
ONAB	Déchets plastiques.	4 voyages.	
SONIC	Déchets plastiques et cartons.	10 voyages.	
ENTREPRISE NATIONALE PLASTIQUE	Déchets plastiques.	10 voyages.	
	Déchets plastiques.	3 voyages.	

Informations recueillies auprès du chef de la décharge.



#### 2.4.2 Les rongeurs :

Les ordures ménagères contiennent des déchets alimentaires qui attirent les rongeurs et accentuent leur prolifération.

#### 2.4.3 Les insectes :

Les ordures non recouvertes et les eaux stagnantes favorisent la prolifération des moustiques et des mouches, surtout en période de chaleur. Les larves sont pondues soit sur place, soit amenées par les ordures fraîches. (Ces insectes sont souvent vecteurs de plusieurs maladies (exemple : Paludisme, Liehmaniose, etc..)).

Cette situation crée un danger permanent pour les habitants de la région, ainsi que pour le personnel de la décharge.

#### 2.4.4 Le chiffonnage :

Des dizaines de personnes, inconscientes des dangers, viennent quotidiennement se livrer au chiffonnage à la recherche d'objets récupérables. Cette activité a atteint une telle ampleur qu'elle a fini par s'instituer comme profession à cause des gains qu'elle remporte.

Des revendeurs de Casse crôte et de boissons gazeuses se sont installés devant la décharge au mépris de tout règlement d'hygiène.

#### 2.4.5 Contrôle sanitaire:

[ Le conseil populaire de la ville d'Alger ne dispose d'aucun centre médico-social, le personnel ne bénéficie d'aucune prévention (vaccination), ni traitement. ]

## CHAPITRE III

### GENERALITES SUR LES DECHETS SOLIDES

On appelle déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation, d'utilisation ou de consommation abandonné ou destiné à l'abandon.

La classification de ces déchets et des sous-produits industriels peut être faite soit selon leur état physico-chimique, soit selon leur origine ou source de production.

La gestion et la collecte des déchets dépendra naturellement de leurs caractéristiques. (1)

#### 3.1 CLASSIFICATION DES DECHETS

Dans le tableau N°=2, nous donnons les **diverses** possibilités de classification des déchets, nous présentons pour chaque cas des exemples caractéristiques.

Tableau N°=2 --- Classification des déchets----- (1)

Classification selon l'état physique	<ul style="list-style-type: none"><li>- Déchets solides : Ordures ménagères, déchets des métaux, déchets inertes de caoutchouc et plastique, paille,....</li><li>- Boues : Boues de stations de traitement des eaux résiduaires, boues d'origine diverse (de traitement de surface, d'hydrocarbures, de peinture,..).</li><li>- Déchets liquides ou pâteux : Goudrons, huiles usagées, solutions résiduelles, divers,...</li></ul>
--	--



<p>Classification selon l'état physique</p>	<p>- Déchets gazeux : Goudrons, huiles usagées, solutions résiduelles, ....</p>
<p>Classification selon la nature chimique</p>	<p>- Déchets acides : Solutions résiduelles, acides divers (<math>HCl</math>, <math>H_2SO_4</math>, <math>HNO_3</math>, ....), acides organiques, acides à l'état de gaz.</p> <p>- Déchets basiques : Soude et potasse résiduelles, liqueurs ammoniacales, <b>chaux résiduelles</b>, .....</p> <p>- Sels résiduelles : Sulfate de calcium, carbonate de calcium, sulfate ferreux, ...</p> <p>- Métaux : Ferrailles, carcasses de véhicules, déchets de métaux précieux, câbles, ....</p> <p>- Déchets organiques : Solvants usés, huiles usagées, boues d'hydrocarbures, liqueurs résiduelles, phénols, ...</p> <p>- Déchets polymériques : déchets de caoutchouc et de plastiques.</p> <p>- Déchets minéraux : Déchets siliceux, déchets de silicates ou silicoaluminates, déchet de calcaires.</p>
<p>Classification par source de production</p>	<p>- Activités ménagères : Ordures ménagères, déchets encombrants (appouille-électroménagères hors d'usage).</p> <p>- Distribution et activité de service : Déchets commerciaux (emballages).</p> <p>- Déchets provenant de secteurs secondaires comme les déchets industriels toxiques et dangereux.</p> <p>- Déchets industriels spécifiques : Laitiers, scories.</p> <p>- Déchets assimilables aux ordures ménagères : Emballages, chiffons, balayures.</p>

<p>Classification par source de production</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déchets provenant de la distribution et des activités de service : Déchets de commerce alimentaire, déchets de hopitaux.</li> <li>- Déchets provenant du secteur primaire : Déchets agricoles, déchets d'élevage, déchets végétales, .. Déchets des industries extractives, déchets des mines (stérilisé de charbon), déchets de carrières (calcaires, l'ardoise, marbre, argiles,....).</li> <li>- Déchets provenant du traitement des effluents liquides gazeux : boues de traitement des effluents liquides, poussières et cendres volantes de traitement de l'air.</li> </ul>
--	--

### 3.2 CARACTERISTIQUES DES DECHETS SOLIDES

La gestion des déchets commence par leur caractérisation. L'industriel ne peut pas choisir le mode de valorisation ou d'élimination des déchets avant de connaître leurs caractéristiques. (2)

#### 3.2.1 Caractéristiques des ordures ménagères :

Divers facteurs influent sur la composition et les caractéristiques des ordures ménagères :

- Le caractère de l'agglomération, zone urbaine ou zone industrielle, pays minier, etc.

Le climat et la saison.

- Le type d'habitat et le niveau de vie de la population. (3)



Les ordures ménagères sont en général caractérisées par les paramètres suivants :

- La densité.
- Le taux d'humidité.
- Le pouvoir calorifique.
- Le rapport carbone/azote C/N . (4)

a°/ La densité : La densité met en évidence la relation qui existe entre la masse des ordures ménagères et le volume qu'elles occupent. Sa connaissance est essentielle pour le choix des moyens de collecte de ces ordures et aussi pour leur traitement.

Les ordures sont compressibles et leur densité varie au cours de diverses manipulations qu'elle subissent à partir du lieu de production jusqu'au lieu d'élimination.

On peut estimer que, dans le cas des villes Algériennes, la densité en poubelle est comprise entre 0,22 et 0,30; qu'elle passe aux environs de 0,35 lorsque les ordures sont entassées dans les véhicules traditionnels (benne basculante, tracteurs agricoles, etc...); qu'elle atteint 0,45 à 0,55 dans les benne tasseuses; en fin qu'elle retombe entre 0,28 et 0,32 après foisonnement en fosse. (5)

b°/ Le taux d'humidité : Les ordures ménagères contiennent une grande quantité d'eau qui varie considérablement d'un lieu géographique à un autre et d'une saison à une autre. (4)

Pour ce qui est de l'humidité des ordures algériennes, on peut admettre un taux moyen de 60 à 62 %. Ce taux d'humidité augmente

sensiblement à la saison où les fruits deviennent très abondants. (5)

c°/ Le pouvoir calorifique : Le pouvoir calorifique d'un combustible représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse. (4)

En matière d'ordures ménagères considérées comme combustible, on considère soit leur pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui prend en compte la chaleur de vaporisation de l'eau contenue dans les ordures, soit le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui ne tient pas compte de la chaleur de vaporisation de cette eau lors de la combustion.

En général, plus la teneur en eau est élevée plus le PCS est élevé. Les ordures ménagères n'ont jamais été un bon combustible, mais lorsqu'elles contiennent plus de 50 % d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération. Tel est le cas des ordures algériennes. (5)

d°// Le rapport carbone/Azote ( C/N ) : La matière organique, des ordures ménagères abandonnées à l'air libre, entre rapidement en fermentation sous l'action des milliards de microorganismes que chaque gramme renferme. Le traitement par compostage est basé sur une fermentation aérobie contrôlée qui aboutit à une perte de carbone sous forme d'anhydride carbonique et un enrichissement relatif du milieu en azote.

Le rapport C/N est un paramètre qui permet d'apprécier aussi bien l'aptitude de ordures au compostage que la qualité du compost. (5)

Expérimentalement, les ordures brutes ont un rapport C/N compris 20 et 35; après compostage, il se situe entre 10 et 20. (6)



### 3.2.2 Caractéristiques spécifiques des déchets industriels :

---

En plus de leur volume et leur toxicité, les déchets industriels présentent plusieurs caractéristiques particulières telles que :

- Une composition plus ou moins homogène surtout si on les compare aux ordures ménagères dont l'hétérogénéité est élevée.
- La présence de déchets pâteux dont la viscosité varie avec la température.
- Une évolution chimique qui peut se produire non seulement au cours de traitement, mais aussi au cours du stockage.
- Présence de matières corrosives (pH bas) ou alcalinités ou autres propriétés chimiques.
- La présentation. (3)

### 3.3 GENERALITES SUR LA COLLECTE

L'opération qui consiste à la collecte de déchets doit normalement se dérouler dans des conditions hygiéniques optimales et assurer une sécurité absolue.

X Le transport des déchets explosifs, inflammables, toxiques ou corrosifs est soumis à la réglementation sur le transport des matières dangereuses. Par ailleurs l'entreprise doit s'assurer que le personnel qui effectue la collecte et le dépotage connaît la nature et les dangers des déchets qu'il manipule. (7) ]

Suivant les pays et la nature des déchets, il existe plusieurs modes de collecte :

### 3.3.1 Collecte ordinaire ou collecte "ouverte" :

Dans ce type de collecte on déverse directement les récipients dans les bennes. Cependant, on ne peut pas éviter les chutes accidentelles des détritrus sur la voie publique. (6)

### 3.3.2 Collecte hermitique :

La collecte hermitique consiste à vider des poubelles au moyen d'un dispositif étanche évitant toute manipulation que le "branchement" de la poubelle, ce qui est très satisfaisant du point de vue sanitaire.(8)

### 3.3.3 Collecte par échange de récipients :

Dans ce cas on remplace les récipients chargés par d'autres récipients propres.

### 3.3.4 Collecte par sacs perdus :

Les sacs sont perdus avec les ordures qu'ils contiennent.

### 3.3.5 Collecte par containers :

Ce mode de collecte consiste à utiliser des bacs de grande capacité et répond aux besoins particuliers de grands ensembles ( habitations, centres commerciaux). (9)

### 3.3.6 La collecte pneumatique :

Ce système consiste à un transport des déchets depuis le vide



ordure jusqu'au lieu de stockage et de traitement par une conduite pneumatique souterraine, ce procédé exclu toute intervention humaine et permet une diminution des inconvénients du trafic routier. Ce procédé coûte très cher, de plus il est impossible à réaliser dans les constructions existantes. (4)

### 3.3.7 La collecte automatique :

Dans ce type de collecte un conteneur mobile circulant sous-sol s'arrête automatiquement sous chaque colonne de vide ordure selon un programme déterminé. (4)

Le choix du système de collecte et d'enlèvement des ordures dépend de la catégorie des déchets à ramasser, de l'utilisation ultérieure qu'on veut faire et des facteurs économiques et hygiéniques.

## CHAPITRE IV

### LA MISE EN DECHARGE DES DECHETS

{ La mise en décharge des ordures consiste à les entasser dans un terrain approprié permettant ainsi à la nature de jouer son rôle de dégradation. }

Une mise en décharge des déchets ne représente pas un stockage figé de déchets dépourvus de toute vie de microorganismes, mais est le siège de réactions physico-chimiques, chimiques et biologiques. Elle doit être considérée comme étant un milieu en perpétuelle évolution. (10) }

#### 4.1.1 LES DIFFERENTS TYPES DE DECHARGES

On distingue suivant les moyens mis en oeuvre et les opérations effectuées sur le terrain, différents types de mises en décharge.

##### 4.1.1 La décharge brute :

La décharge brute consiste à déverser purement et simplement les ordures soit dans un vaste creux préalablement préparé, soit sur le rebord d'une falaise. (3)

{ La décharge brute est un dépôt sauvage d'ordures ne bénéficient d'aucun contrôle. Une telle décharge présente de nombreux inconvénients qui portent aussi bien sur l'esthétique, la contamination et l'hygiène.

Elle provoque par exemple des odeurs désagréables et apporte une



gène certaine par les poussières et éléments légers facilement transportés par le vent. Elle présente en outre un risque grave de pollution des eaux souterraines par le ruissellement des eaux de pluies ou leur infiltration à travers le dépôt. Enfin les risques d'incendie sont grands et peuvent, en cas d'un mauvais choix du site, porter atteinte à la sécurité des citoyens.]

#### X 4.2 La décharge contrôlée :

La décharge contrôlée consiste à étaler les ordures quotidiennement ou tous les deux jours par une nivelieuse et à les recouvrir d'une couche de matériau (terre) qui, tout en jouant le rôle d'écran vis-à-vis des insectes et des rongeurs permettra aux matières emprisonnées d'avoir l'air nécessaire à leur transformation. (3)

La décharge contrôlée des déchets obéit à certaines dispositions qui permettent d'éviter les nuisances tout en maîtrisant les phénomènes de fermentation.

Les principales dispositions ou orientations se résument comme suit :

- Les ordures sont mises en décharge par couches successives d'épaisseur modérée ( inférieure à 2,5 m).
- Les couches doivent être nivelées et limitées par des talus réglés et assez peu inclinés afin d'éviter que les matières fermentescibles ne soient pas remises à jour par les pluies.
- Le dépôt doit être suffisamment compact, et ne doit pas comporter de vides importants et en particulier des vides formant des cheminées.

- Tout bûlage même partiel des ordures est interdit.
- Le dépôt doit être recouvert de terre ou matériau.
- Des écrans mobiles en grillage pourront être placés dans la zone d'exploitation pour éviter l'envol des papiers près du point de déchargement. Il est de même recommandé de l'entourer de plantation.(11)

× 4.3 La décharge compactée :

La décharge compactée est le procédé le plus répandu. Elle consiste à mettre les ordures entre deux digues distantes de 3 à 4 mètres et à les compacter. (3)

La décharge compactée présente certains avantages :

- Meilleur aspect général et utilisation plus rationnelle.
- Tassement ultérieur sensiblement diminué.
- Travail en couches minces d'environ 80 cm d'épaisseur qui réduit certains travaux intermédiaires. (4)

× 4.4 La mise en décharge d'ordures préalablement broyées :

Dans ce type de décharge, les déchets solides subissent un broyage préalable à leur mise à dépôt. La matière étant divisée en petits éléments, la masse qui devient plus homogène ne comportera pas de vides importants. On obtient ainsi un dépôt plus dense sans recourir au compactage.(4)

La décharge d'ordures préalablement broyées présente en plus la propreté des lieux , les avantages suivants :



- Les déchets alimentaires fractionnés en petits éléments sont dispersés dans la masse et n'attirent plus autant de mouches et de rongeurs.

- Le faible tassement et l'aération uniforme permettent une transformation aérobie rapide.

- Les risques d'incendie sont limités.

- Le pouvoir absorbant et filtrant des ordures broyées diminue les infiltrations et par conséquent la pollution des nappes, cette pollution n'est à redouter que par le ruissellement superficiel. (3)

#### 4.2 CHOIX DES SITES DE DECHARGES

[ L'emplacement du site doit être aussi rapproché que possible du centre du secteur de collecte, de manière à réduire les transports qui sont onéreux, mais assez éloignés des habitations les plus proches. ]

Le terrain doit être de préférence choisi, parmi ceux dont l'utilisation à d'autres fins, est impossible ou difficile.

Il est aussi intéressant de choisir une dépression naturelle prononcée pour recevoir plusieurs couches successives, ce qui réduit la dépense d'acquisition du terrain par tonne d'ordure logée. A défaut de dépression, on peut aménager une décharge en terrain plat. (6)

La recherche opérationnelle de sites appropriés de décharge, d'épandage, de mise en terril pose de problème, en premier lieu, de la préservation des eaux souterraines, exposées à la contamination par lessivage. (7)

X En général, pour éviter les problèmes de contamination des eaux souterraines, on choisit un terrain imperméable pour les déchets toxiques, et un terrain semi-perméable pour les déchets ménagers. Les déchets inertes peuvent être entreposés sur n'importe quel site.

D'autres aspects qui peuvent influencer sur le choix du site sont la disponibilité du matériau de couverture, la capacité de stockage, la situation géographique et les contraintes socio-économiques.]

#### 4.3. CLASSIFICATION ET CARACTERISTIQUES DES SITES DE DECHARGE

---

Les sites de décharge peuvent se classer grossièrement en trois grands groupes suivant la formation géologique qui constitue le substrum. (12)

##### 4.3.1 Site imperméable Classe I'

Les terrains appartenant à cette classe sont caractérisés par une valeur moyenne de coefficient de perméabilité  $K$  inférieur à  $10^{-9}$  m/s.  $K$  étant déterminé sur une épaisseur minimale de 5 cm.

Le site doit en outre satisfaire aux conditions suivantes :

- Imperméabilité du fond de décharge.
- Aptitude du site à un façonnage garantissant les écoulements en fond de décharge vers un point bas.
- Aptitude à l'implantation d'un ouvrage de contournement évitant les entrées d'eaux de surface.
- Aptitude à une couverture en pente favorisant le ruissellement.



Les décharges de cette classe sont autorisées à recevoir certains déchets spéciaux.

#### 4.3.2 Site semi-perméable : Classe II

De tels sites sont destinés à recevoir les déchets industriels assimilables aux ordures ménagères.

Le coefficient de perméabilité du sol est plus élevé que celui des sols imperméables et doit être compris entre  $10^{-9}$  et  $10^{-6}$  m/s.

Les caractéristiques d'un site semi-perméable et les critères d'évaluation par ordre d'importance décroissant sont :

- Capacité de la zone non saturée à assurer une épuration des lessivats.
- Infiltration potentielle résultant du bilan hydrique.
- Intérêt de garantir des eaux souterraines (nappes) contre les risques de pollution.

#### 4.3.3 Site perméable : Classe III

Les sites de cette classe présentent un coefficient de perméabilité du sol supérieur à  $10^{-6}$  m/s et présentent un risque aigu de pollution des nappes par migration rapide des lessivats dans le sous-sol. Une telle décharge ne devrait recevoir que les déchets inertes.

Nous résumons dans le tableau N°=3, les caractéristiques des décharges en fonction de leurs classes.

Tableau N°=3 --- Classes et caractéristiques des sites de décharge ---

CLASSE	Coefficient de perméabilité (m/s)	Caractéristiques du sous-sol	Nature des déchets admis
I	$K \leq 10^{-9}$	Imperméables	Déchets spéciaux
II	$10^{-9} \leq K \leq 10^{-6}$	semi-perméables	Déchets assimilables aux ordures ménagères.
III	$K > 10^{-6}$	Perméables	Déchets inertes.

X



## CHAPITRE V

### ETUDE DE LA POLLUTION ENGENDREE PAR LES DECHARGES

#### 5.1 TYPES DE POLLUTION ENGENDREES PAR LES DECHARGES

X Au niveau d'une décharge, trois types de pollution peuvent avoir lieu : la pollution chimique, la pollution bactériologique et la pollution atmosphérique.

##### X 5.1.1 La pollution chimique :

Cette pollution peut être estimée après analyse chimique des eaux de percolation de lixivats, ainsi que du sol situé directement sous la décharge. (5)

Le taux de pollution dépend de plusieurs paramètres :

- La nature de déchet.
- L'age de la décharge.
- Conditions de dégradation ( température ambiante; pluviométrie).
- Type de couverture de la décharge.

X Généralement cette pollution aboutit à des teneurs élevées en matières organiques, et à une forte teneur en azote ammoniacal, en phosphate et en sulfates.

##### X 5.1.2 Pollution bactériologique :

Des analyses bactériologiques au niveau de la décharge ont montré

que les eaux qui s'écoulent des ordures contiennent le plus souvent des germes banaux, associés à des Coliformes fécaux.

Il peut y avoir aussi un risque de contamination par des virus ou des parasites si la décharge accepte des déversements de matières de vidanges d'origines domestique. (6)

### 5.1.3 La pollution atmosphérique :

X Lors de la dégradation des matières organiques par voie anaérobie, il y a production des acides organiques qui se décomposent à leur tour en gaz carboniques et en méthane, ce sont ces dégagements de gaz et autres vapeurs nauséabondes qui caractérisent la pollution atmosphérique. (13), (10)

Cette pollution peut être accentuée par les fumées d'incendies qui se déclarent sur le site.

## 5.2 PROCESSUS DE FORMATION DE MATIERES POLLUANTES

Après décharge des ordures, les matières organiques se dégradent sous l'action métabolique des microorganismes.

Cette dégradation peut se présenter sous deux formes, la dégradation aérobie et celle anaérobie. (14), (15), (16)

### 5.2.1 Dégradation aérobie :

Cette dégradation se fait en présence de l'air dans les décharges peu compactées (bonne aération), et lors du compostage des ordures.

Elle suit l'équation chimique suivante :





Cette équation n'est jamais complète et il se crée des métabolites intermédiaires, qui constituent les produits polluants.

La température optimale de dégradation est comprise entre 15 et 30°C, à l'exception des souches microbiennes de dégradation de la cellulose qui se développent vers 60°C.

Cette dégradation est exothermique et s'autorégule. Elle présente l'avantage de permettre l'évaporation des eaux de percolation et de limiter ainsi les risques de pollution.

Lors de la dégradation aérobie, le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) acidifie l'eau permettant ainsi la solubilité des métaux, parallèlement, on assiste à une nitrification de l'azote organique.

Enfin, cette dégradation ne peut se faire qu'en présence d'eau de 40 à 80 % avec un optimum de 60 %.

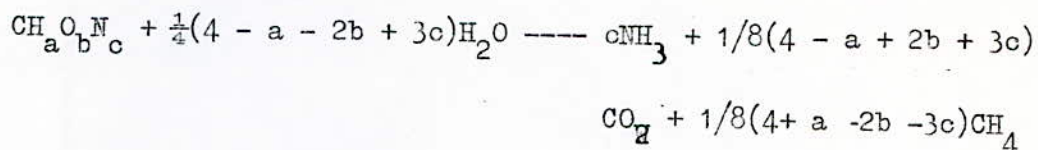
#### 5.2.2 Dégradation anaérobie :

Cette dégradation se fait en absence d'oxygène, c'est notamment le cas dans les décharges contrôlées compactées.

Toute décharge évolue normalement vers l'anaérobiose, car, en se tassant, la décharge devient imperméable à l'air, la dégradation aérobie s'arrête alors et la température diminue.

La teneur en gaz carbonique augmente, favorisant ainsi l'apparition de bactéries anaérobies strictes.

La dégradation se fait selon la réaction suivante :



[ Les sulfates et le soufre organique sont réduits en sulfures, d'où la couleur noir des eaux. ]

Les nitrates sont transformées en ion ammonium qui peut devenir toxique pour la vie aquatique. ]

Ce type de dégradation se fait en deux phases :

- Une phase de liquifaction avec transformation des molécules organiques en acides gras, en sels et en gaz.

- Une phase de méthanisation où les acides gras sont décomposés en méthane, cette phase est exothermique (entre 20 et 70°C). En effet, il existe deux étapes dans cette phase :

1 - Une étape thermophile qui dure en général, entre 10 et 20 jours après la mise en décharge. La température varie alors entre 20 et 40°C et 30°C. 70°C

2 - Une étape mésophile au delà de 20 jours où la température retombe entre 20 et 30°C.

Cette dégradation présente l'avantage de produire du méthane (biogaz) utilisable dont la teneur en CH<sub>4</sub> peut varier entre 40 et 60% en volume. La production du méthane peut durer plus d'une dizaine d'années.

### 5.3 LES ETAPES DE LA BIODEGRADATION

Les populations bactériennes impliquées dans le processus de dégradation sont extrêmement nombreuses.



En fonction des transformations effectuées par ces différents organismes, on peut considérer quatre étapes que nous représentons sur la figure N°=1. (10)

### 5.3.1 L'hydrolyse de la matière organique :

La matière organique est constituée par un ensemble de molécules dont le principal constituant est le carbone associé à d'autres éléments comme l'azote, l'hydrogène et l'oxygène. On distingue trois sortes de molécules : les peptides, les glucides et les lipides.

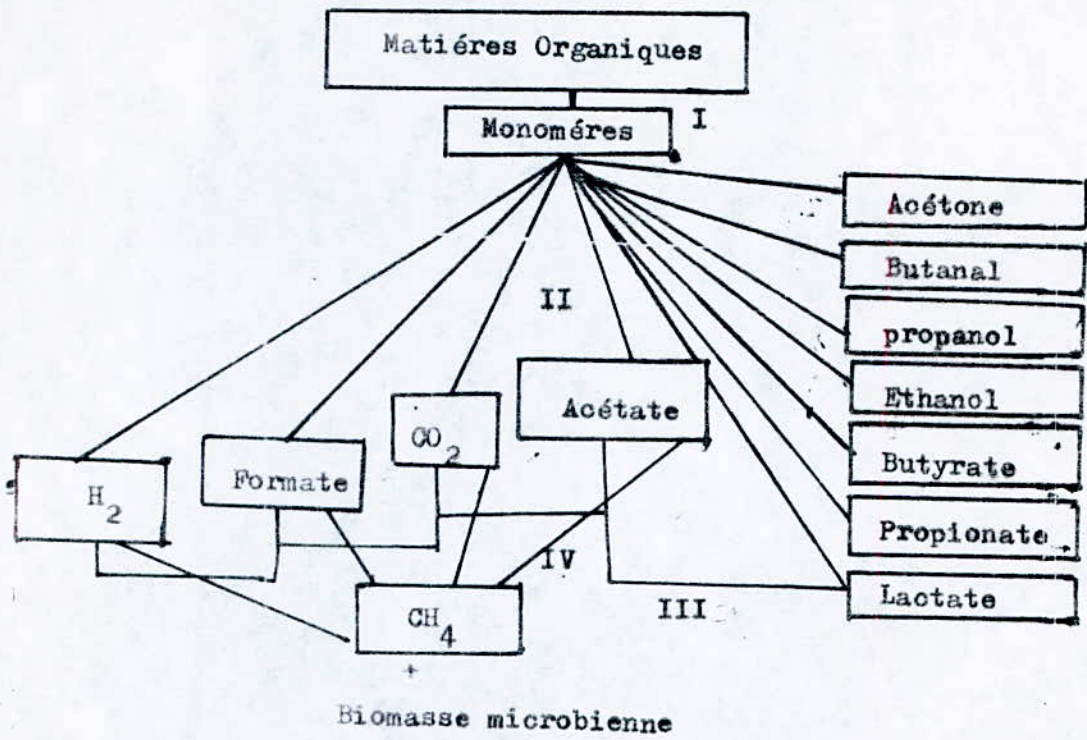
Au cours de leur croissance, les bactéries vont se nourrir de ces molécules en les décomposant en acides aminés, acides gras, etc..., ce qui caractérise le phénomène de l'hydrolyse de la matière organique.

### 5.3.2 L'acidogène.

De très nombreuses espèces bactériennes anaérobies facultatives ou anaérobies strictes prennent part à cette deuxième étape qui peut s'effectuer en deux stades :

- Les petites molécules issues de l'hydrolyse de la matière organique sont transformées directement en composés précurseurs du méthane, acétate, gaz carbonique et hydrogène.

- Au lieu de la formation d'acétate, il se forme des alcools comme le méthanol et l'éthanol et surtout des acides gras: butyrique, propionique et formique. [Ce stade aboutit à un changement important des conditions d'acidité du milieu.]



- I) Hydrolyse
- II) Acédogène
- III) Acétogénese
- IV) Methanogénese

Fig N°12 : La production du méthane: étapes biochimiques de  
 -----  
 dégradation de la matier organique  
 -----



### 5.3.3 L'acétogénèse :

La phase acétogénique, réalisée par des bactéries anaérobies strictes, assure la conversion des acides gras et alcools formés précédemment en acétate, gaz carbonique et hydrogène. Cette étape est primordiale pour éviter l'accumulation des acides gras volatils inhibiteurs de la méthanogénèse.

### 5.3.4 Méthanogénèse :

Au cours de cette étape, l'acétate et le méthanol sont transformés en méthane et gaz carbonique, ce dernier est réduit en méthane. Elle se déroule en anaérobiose stricte.

Sur le terrain, on constate que ce processus peut se dérouler en quelques mois seulement après le début de la mise en dépôt des ordures, avant même la fin du comblement de la décharge et la mise en place d'une couverture étanche, les différentes populations bactériennes (bactéries hydrolytiques, acidogènes et méthanogènes) s'équilibrent dans un milieu favorable à leur développement (température de lixiviat  $35^{\circ}\text{C}$ , pH compris entre 7 et 7,5 et absence d'acides gras volatils).

Il semble cependant, difficile de se prononcer à l'heure actuelle sur la cinétique de dégradation des matières organiques en décharge, Les conditions du milieu étant très variables d'un site à l'autre.

Une tonne de déchets bruts (ordures ménagères) produirait de l'ordre de  $30\text{ m}^3$  à  $50\text{ m}^3$  de méthane au cours des premières années de sa mise en décharge, cette production correspond à la dégradation

de la fraction de matières organiques facilement fermentescibles.

La matière organique difficilement dégradable (57%) ne se transformerait que très lentement sur une période de temps beaucoup plus longue.

- Les conditions de la dégradation et de la production du méthane peuvent être ciblées par les paramètres suivants :

- \* La nature du substrat;
- \* la température;
- \* le pH;
- \* l'humidité;
- \* la dimension des déchets;
- \* le compostage des déchets;
- \* l'absence d'oxygène.

#### 5.4 RISQUE DE POLLUTION DU SOL ET DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES DECHARGES; DEVENIR ET PROPAGATION DES POLLUANTS

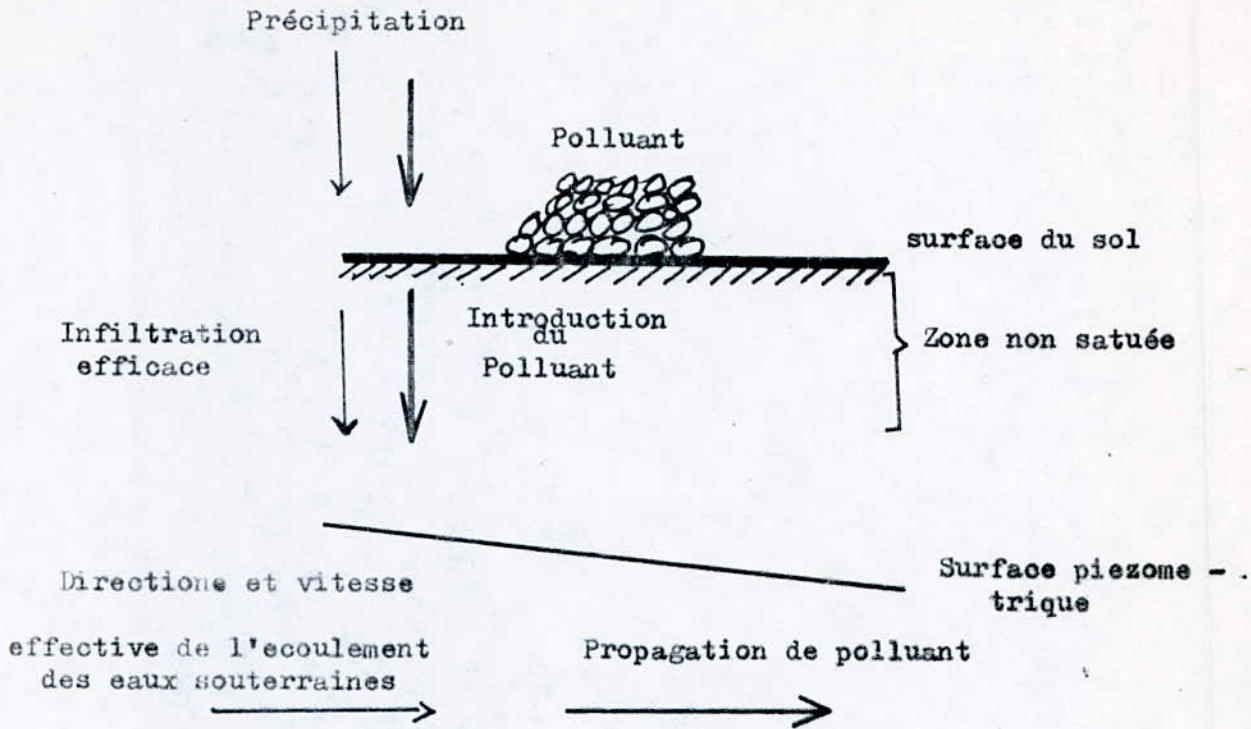
##### 5.4.1 Introduction

L'apport des matières organiques et minérales, en particulier les métaux lourds par les effluents des décharges (lixiviats) reste parmi les principaux facteurs de pollution du sol et des eaux souterraines, et cela grâce à l'infiltration de cet effluent dans la zone non saturée située directement sous la décharge. (13), (17). Fig. N°=2.

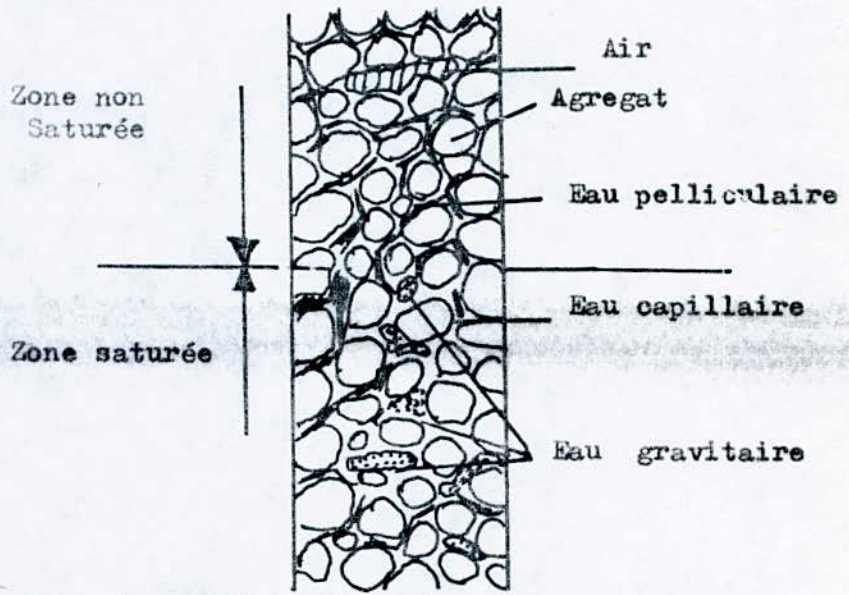
X Ainsi le degré de pollution va dépendre de plusieurs paramètres:



figure N°21



-A- Processus de la pollution des eaux souterraines



-B- Coupe Schématique des Zones

la qualité de l'effluent, la perméabilité du terrain (sol), la distance entre la surface piézométrique de la nappe et le niveau du sol, ainsi que du degré de précipitation. (●8)

#### 5.4.2 Le devenir des polluants :

Le transport des polluants dans les sols est fonction de la nature des terrains qui peuvent être divisés comme suit : (19)

a°/ Calcaires fissurés : Les calcaires fissurés ne sont pas filtrants, ces sites pourront cependant, être favorables, si l'horizon aquifère n'est pas constitué par des courants diaclasiens, mais par une nappe renfermée par une assise sableuse filtrante, qui protège les eaux souterraines d'une véritable contamination.

b°/ Sables non alluvionnaires : Ces sables sont filtrants. l'épuration des eaux est bonne si l'épaisseur est suffisante. Ils présentent l'avantage supplémentaire de ne pas provoquer la stagnation de l'eau sous la décharge.

c°/ Marnes ou argiles : Ces terrains sont d'une étanchéité quasi parfaite, il y a alors accumulation d'eau à la base du dépôt de déchets.

d°/ Alluvions sèches : Ces alluvions sont filtrants et sont un excellent sous-sol de décharge, malheureusement, les nappes phréatiques sont en général à faible profondeur et il y aura lieu de situer la décharge à une distance d'au moins 250 mètres des captages éventuels.

e°/ Alluvions en eau : Ce sont des sites peu recommandés car la décharge ne peut évacuer son eau, vu le degré de saturation de ces alluvions.



## 5.5 MECANISME D'EVOLUTION DE LA POLLUTION EN ZONE NON SATURÉE

Dans la zone non saturée, située directement sous la décharge, la plus grande partie de la pollution sera éliminée par des phénomènes physiques, chimiques et biologiques.

- Les phénomènes physiques reposent sur l'adsorption, la rétention capillaire et l'échange d'ions.

- Les phénomènes chimiques consistent en une précipitation des sels et formation de gel.

- Enfin dans les phénomènes biologiques, il s'agit de la biodégradation qui caractérise le pouvoir auto-épurateur du sol. (15), (20)

### 5.5.1 Adsorption :

Les seules substances qui peuvent être adsorbées par les particules constituant le sous-sol, sont celles dissoutes ou en suspension dans le lixiviat, cette adsorption est très variable, suivant le type de polluants et du sol.

Un sol pourra adsorber d'autant plus que sa surface spécifique sera grande, ainsi un sol contenant une proportion notable de matières organiques, adsorbe 40 à 100 fois plus que le même sol sans matières organiques.

Les sols argileux ont une surface spécifique très grande (quelques dizaines de  $m^2/m^3$ ), due à leur faible granulométrie, mais étant donné qu'ils sont perméables, leur rôle naturel d'adsorbant sera minime.

L'adsorption se mesure, le plus souvent, en microgrammes par gramme de sol.

L'équation d'adsorption de GIBBS peut s'écrire : (15)

$$\Gamma = \frac{1}{2,3 R.T} \cdot \frac{\partial \sigma}{\log c}$$

$\Gamma$ : concentration superficielle de l'élément en mole/l.

$\sigma$ : Tension superficielle dyne/cm<sup>2</sup>.

c : Concentration de l'élément en mole/l.

#### 5.5.2 Rétention capillaire :

La rétention capillaire est d'autant plus grande que le sous-sol du dépôt est sec, s'il est déjà très humide, le lixiviat parviendra plus rapidement dans la nappe avec une charge polluante plus grande et ce malgré la dilution entre le lixiviat et l'eau capillaire initiale.

Des études par simulation sur modèles (REASON, FUNGAROLI, LAWRENCE, 1968) (14), ont montré que suivant les conditions du climat et du site du dépôt, on devra jouer sur l'humidité des ordures de façon à favoriser la biodégradation, sans dépasser un seuil au delà duquel se produit un lixiviat assez important pour franchir la zone non saturée et parvenir dans la nappe.

#### 5.5.3 Echange d'ions :

Certains minéraux du sol ont la possibilité d'échanger des ions avec ceux contenus dans l'eau qui s'infiltré.



Parmi ces substances on trouve :

- Les minéraux argileux.
- Les minéraux zéolithiques.
- L'hydroxyde ferrique.
- Les substances organiques (l'humus).

Les argiles et les humus donnent des colloïdes électro-négatifs qui sont capables de fixer des cations.

L'alumine qui donne des colloïdes électro-positifs, est capable de fixer des anions.

L'hydroxyde ferrique quant à lui peut fixer les anions ou les cations suivant le pH de l'eau, car il a un caractère amphotère.

Parmi les minéraux argileux, certains sont capables de fixer sur le bord des feuillets minéraux (KAOLINITE, ILLITE, SEPIOLITE, ATTAPULGITE, ....) ou sur le bord et les plans de feuillets (Montmorillonite- Vermiculite). Ces derniers auront une capacité d'échange d'ion plus élevée.

Ainsi la capacité d'échange de base de la première famille est de 5 à 50 milliéquivalents par 100 g du sol, tandis que pour la seconde famille, elle varie de 100 à 150 milliéquivalents par 100 g de sol.

La vitesse de fixation y est par contre plus lente. La capacité d'échange augmente avec le pH, à pH neutre, l'ordre d'adsorption est :  
 $H \gg Ca \approx Mg > Na > K.$  à pH acide, l'ordre devient :  
 $Na > Ca > Mg > K.$

#### 5.5.4 Précipitation des sels et formation de gels :

Suivant les conditions de pH et les concentrations existantes, on peut avoir une diminution de la charge polluante de l'effluent par précipitation de sels ou formation de gels retenus dans le sol. Ces gels et précipités diminueront la perméabilité du sol, néanmoins leur formation est souvent momentannée, car un changement des conditions physico-chimiques peut entraîner de nouveau leur dissolution.

#### 5.5.6 Biodégradation :

La plupart des bactéries qui se développent dans les ordures ne peuvent pas survivre dès qu'elles sortent de ce milieu pour passer dans le sol, les conditions de vie étant très différentes entre ces deux milieux. Néanmoins la propagation du front de pollution entraîne une partie de nutriments et permet donc à des microorganismes de s'adapter à ces conditions.

Trop peu d'études ont été faites sur la biodégradation dans la zone non saturée sous un dépôt d'ordures pour pouvoir en décrire le processus et les produits résultants.

### 5.6 ZONIFICATION DE LA POLLUTION

En général la formation et la transformation des polluants dans le sous-sol d'une décharge se fait en trois zones plus ou moins distinctes;

#### 5.6.1 Zone de réduction :

Dans cette zone, qu'est située immédiatement sous la décharge,



il y a transformation des sulfates et des nitrates en sulfures et ammonia<sup>e</sup>. Le fer devient ferreux et les sulfures formés précipitent de nombreux métaux, contribuant ainsi au colmatage.

#### 5.6.2 Zone de transition :

Dans cette zone les matières organiques sont fortement dégradées et on observe une remontée en oxygène et une diminution progressive des phénomènes d'oxydo-réduction de la zone précédente, en particulier, on observe une oxydation de fer bivalent en trivalent.

#### 5.6.3 Zone d'oxydation :

La teneur en oxygène dissous redevient peu à peu normale et permet l'oxydation des éléments inorganiques, la plupart des éléments organiques ayant été déjà oxydés dans la zone précédente. (16)

### 5.7 COMPORTEMENT DES METAUX LOURDS :

La mobilité des métaux lourds dans les sols argileux est essentiellement fonction :

- Du pH de la solution dont dépendent les phénomènes de précipitation;
- de la force ionique de la solution qui entraîne ou non une compétitivité entre les différents cations;
- de la capacité d'échange cationique du matériau argileux. (16)

Ainsi l'atténuation de ces cations a lieu sous forme, soit de précipitation, soit d'échange d'ions et d'adsorption.

Les facteurs influençant l'adsorption des métaux sur les argiles sont les suivants :

- Le pH de la solution.
- La concentration en sels de la solution.
- La concentration de l'ion métallique dans la phase solide.

Dans le cas des lixiviats d'échange les métaux lourds se trouvent sous forme de composés insolubles ou peu solubles (hydroxydes, carbonates, sulfures, phosphates,....) ce qui signifie que le nombre des cations désirant accéder aux sites disponibles est très important et amène à une forte compétition.

Pour le plomb par exemple, l'atténuation augmente avec le pH et avec la concentration initiale en  $Pb^{2+}$ , elle diminue lorsque le (Pb) se trouve en compétition avec d'autres ions et elle est meilleure avec une montmorillonite qu'avec une Kaolinite. (10)

Nous résumons dans le tableau N°=4 les principaux résultats obtenus sur l'étude du Cu, Zn et Cd. (10)

Tableau N°= 4

	Cu	Zn	Cd
Condition d'adsorption maximum	pH=6, par le sol le plus acide et argileux	6,3 < pH < 7,1 par le sol le plus acide et argileux	4 < pH < 5 Forte mobilité



Suite du tableau N°= 4

	Cu	Zn	Cd
Influence des autres cations sur l'adsorption de l'ion considéré	pH 5, pas d'influence du Zn et Cd, pH 8, diminution de l'adsorption de Cu	A bas pH, le Cu et Cd diminuent l'adsorption du Zn	Adsorption plus fiable en présence du Cu et Zn
Le cuivre s'adsorbe préférentiellement et sa présence inhibe l'adsorption du Zn et Cd.			
Diminution générale de l'adsorption à pH > 7, parallèlement, formation de complexes organo-métalliques stables en présence de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , que NaOH qui disperse plus aisément la matière organique.			

### 5.8 PROPAGATION DES POLLUANTS

Suivant le degré de saturation du sol en eau, on peut avoir deux cas: (sol saturé en eau ou sol non saturé).

Dans un milieu saturé, il est difficile d'estimer la vitesse de propagation de l'eau, car de nombreux paramètres interviennent, comme:

- dilution dans la nappe;
- propagation différentielle dans les strates plus perméables.

La propagation du lixiviat répond à la loi de Darcy, cette loi a été établie pour les milieux saturés puis généralisée aux milieux non saturés.

Elle s'énonce de la façon suivante : (21), (22), (23)

$$Q = - K(\theta) \frac{\Delta H}{\Delta Z}$$

Q : flux volumique par  $m^2$ .

K( $\theta$ ) : perméabilité ( fonction de la teneur en eau).

$\Delta H$  : Variation de la charge hydraulique.

$\Delta Z$  : Distance d'un élément du sol par rapport à la surface du sol, comme origine l'axe Z.

La perméabilité K( $\theta$ ) peut varier entre  $10^{-4}$  et  $10^{-9}$  m/s, au delà de  $10^{-4}$  elle est trop importante et on parlera de perméabilité de fissures.

La valeur de K( $\theta$ ) est déterminée expérimentalement à partir du test d'infiltration.

Il faut donc éviter l'exploitation d'une décharge sur un sol trop perméable, les classes de perméabilité I et II seront seules acceptées.

L'existence de ces phénomènes de perméabilité entraîne souvent de bilans hydriques excédentaires. On recueille alors en fond de décharge une certaine quantité d'eau appelée PERC, l'équation du bilan hydrique s'écrira comme suit : ( Fig. 3)

$$PERC = P - R - R_{sc} - R_d - ET_r$$

avec P : précipitation;

R : ruissellement;



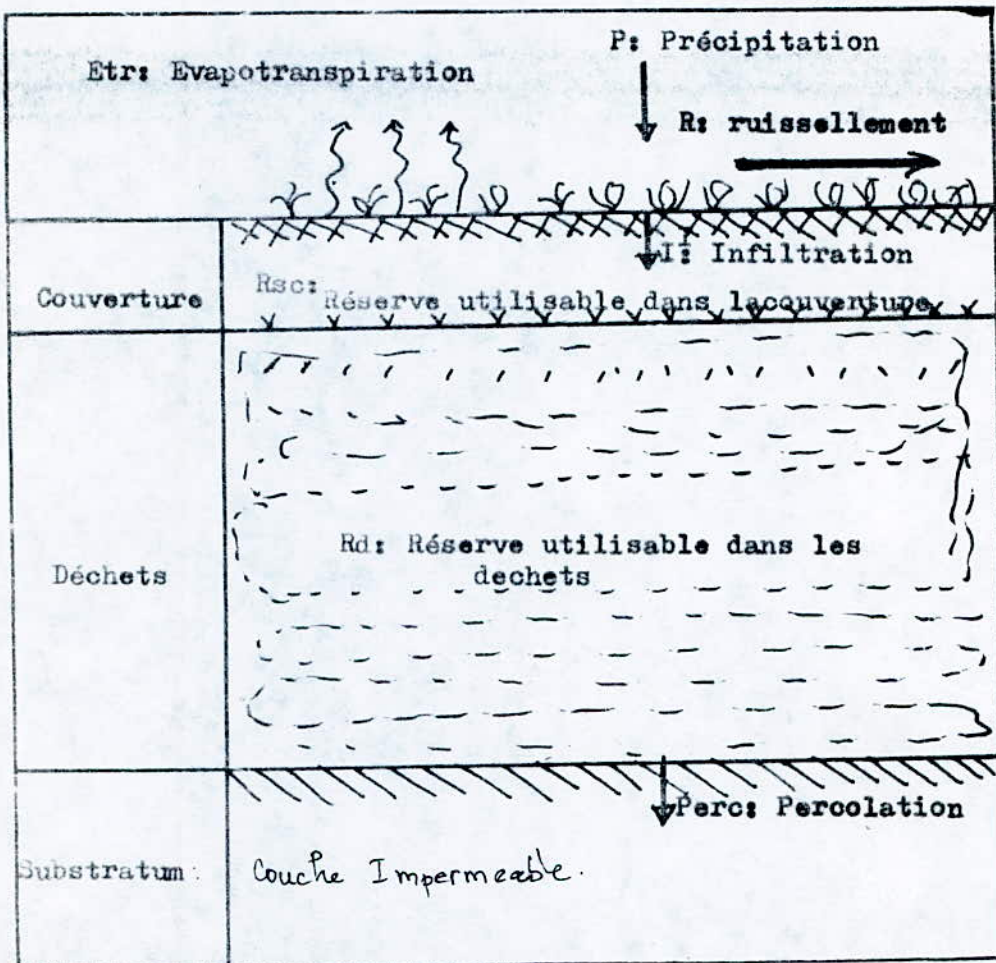


fig: 3 Schéma du bilan hydrique dans une décharge

$R_{sc}$  : Variation des réserves d'eau retenue dans le sol de  
couverture des ordures;

$R_d$  : Variation de réserve d'eau retenu dans les déchets;

PERC : percolation;

$ET_r$  : évapotranspiration.

Enfin, nous pouvons dire que la propagation des polluants dans la zone non saturée est régit par des lois très complexes, puisque les caractéristiques hydrodynamiques du terrain de la zone non saturée sont plus complexes, car interviennent des phénomènes de succion, de capillarité, de perméabilité relative horizontale et verticale, d'écoulement polyphasique (air-eau-eau fortement polluée), de mouillage et d'adsorption.

Cependant, il est difficile d'y décrire la propagation de l'eau polluée par les lois physiques, d'autant plus que peuvent intervenir des développements de microorganismes, qui par leur présence et leur activité transforment les conditions de propagation des eaux polluées (colmatage, production de gaz, changement des conditions physico-chimiques pouvant entraîner des précipitations ou des mises en solution, etc...).



## CHAPITRE VI

### PARTIE EXPERIMENTALE

#### 6.1 INTRODUCTION

La pollution engendrée par le dépôt des ordures dans la décharge de Oued-Smar, sera estimée en fonction de sa teneur organique et minérale.

Ainsi l'étude a porté sur l'analyse du lixiviat produit, et d'autre part sur le sol et les eaux souterraines.

Nous avons à cet effet effectué quatre prélèvements sur le lixiviat, autant pour l'eau souterraine, et deux prélèvements sur le sol de la région.

#### 6.2 MODE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Les prélèvements de lixiviats et l'eau souterraine ont été recueillis dans des bouteilles en PVC qui sont recommandées pour de tels échantillons, car leurs parois en plastique ne présentent pas d'interactions avec les métaux lourds et autres polluants.

Le sol a été prélevé sous forme de carottes de 1 mètre de hauteur. Les tubes en PVC que nous avons utilisé pour le carottage présentent un diamètre de 4 cm et une hauteur de 1,5 mètre.

### 6.3 POINTS DE PRELEVEMENT

#### 6.3.1 Prélèvement d'eau et de lixiviat :

( Le choix de certains points de prélèvement n'a pas pu se faire d'une manière optimale, en ce sens que pour les échantillons d'eau souterraine, les forages que nous avons prévu au début de notre travail n'ont pas pu être réalisés.

Ainsi nous nous sommes contentés de prélever) des eaux souterraines qui ruisselaient dans les creux profonds de 6 mètres qui aménageaient la SMMC lors de l'exploitation du gisement d'argile et qu'elle cédait à l'organisme gérant de la décharge.

Nous avons naturellement vérifié qu'il s'agissait d'eaux profondes et non pas d'eaux de pluie tombées directement dans les eaux.

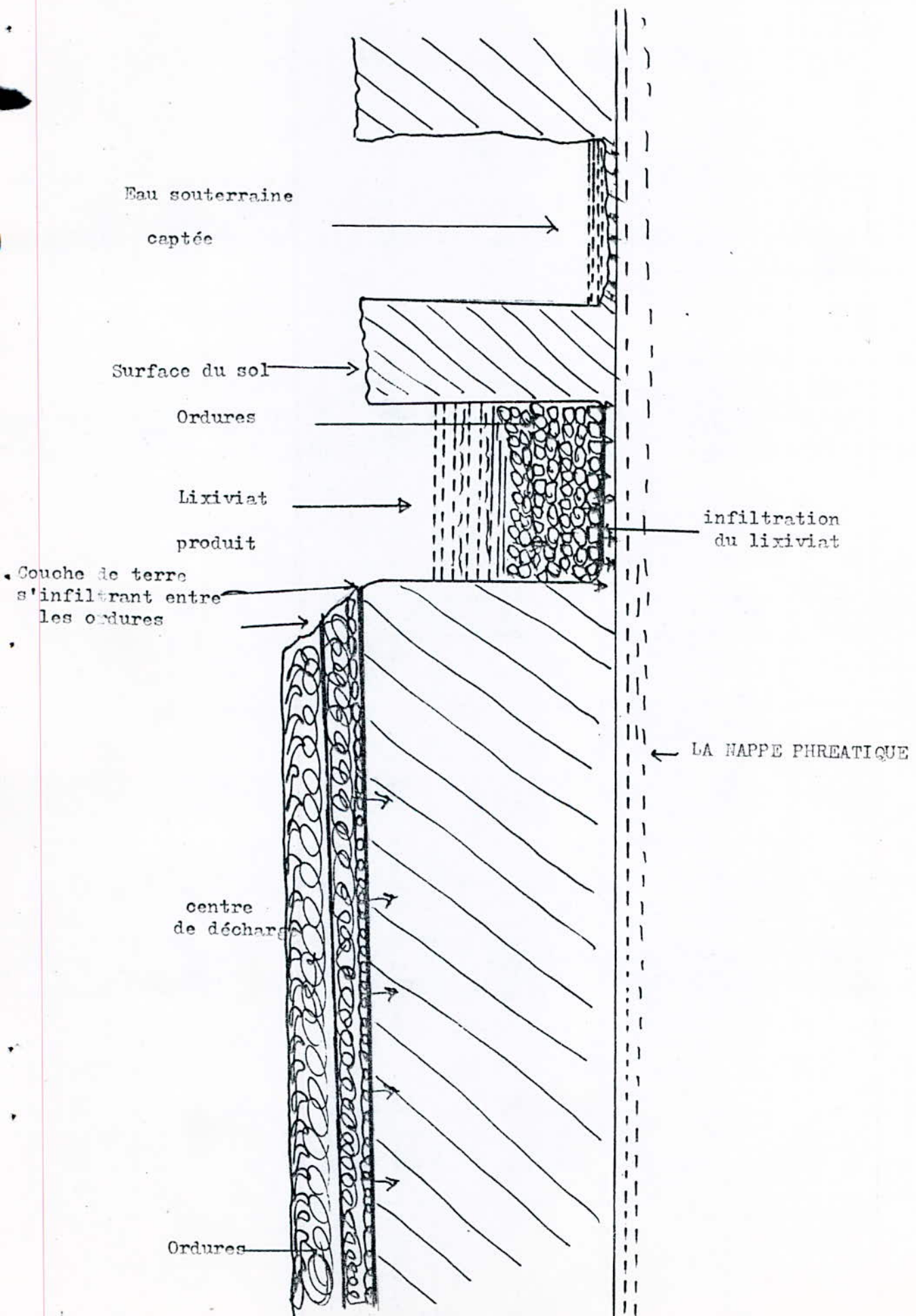
Les échantillons de lixiviat ont été prélevés sur les flaques superficielles répandues un peu partout sur le site de la décharge et recouvrant les déchets anciennement déposés.

Nous représentons dans la figure 4.2 un schéma des creux où les prélèvements sus-cités ont été effectués.

#### 6.3.2 Prélèvement du sol :

Généralement pour l'étude de la propagation dans le sol de pollution engendrée par les décharges, le prélèvement se fait sous forme de carotte dans la zone non saturée située directement sous le dépôt.





Fig(4-9) — PROFIL DE SITE

( Comme nous n'avons pas pu faire des prélèvements dans cette zone, nous avons étudié la propagation de la pollution à proximité de la décharge. Figure 4-6. )

#### 6.4 PARAMETRES ET METHODOLOGIE D'ANALYSE

La caractérisation des échantillons liquides ( eau souterraine et lixiviat de surface ) s'est faite par la mesure des paramètres classiques requis dans l'analyse des eaux potables.

Certains paramètres tels que le pH, la température et l'oxygène dissous ont été analysés in-situ.

En plus de ces paramètres nous avons étudié pour les lixiviats, qui représentent un jus noir caractéristique des décharges non contrôlées et qui est comparable aux eaux usées fortement chargées, la pollution organique et minérale et la pollution azotée.

Le sol prélevé dans les carottes nécessite une préparation préalable à l'analyse proprement dite.

La première étape consiste à libérer la carotte du tube pour la découper ensuite en petits morceaux de 10 cm. Après minéralisation l'analyse de ces morceaux nous permettent de corroler les résultats à la profondeur du sol.

La détermination qualitative des métaux lourds Fe, Cu, Zn contenus dans ces échantillons se fera par absorption atomique.



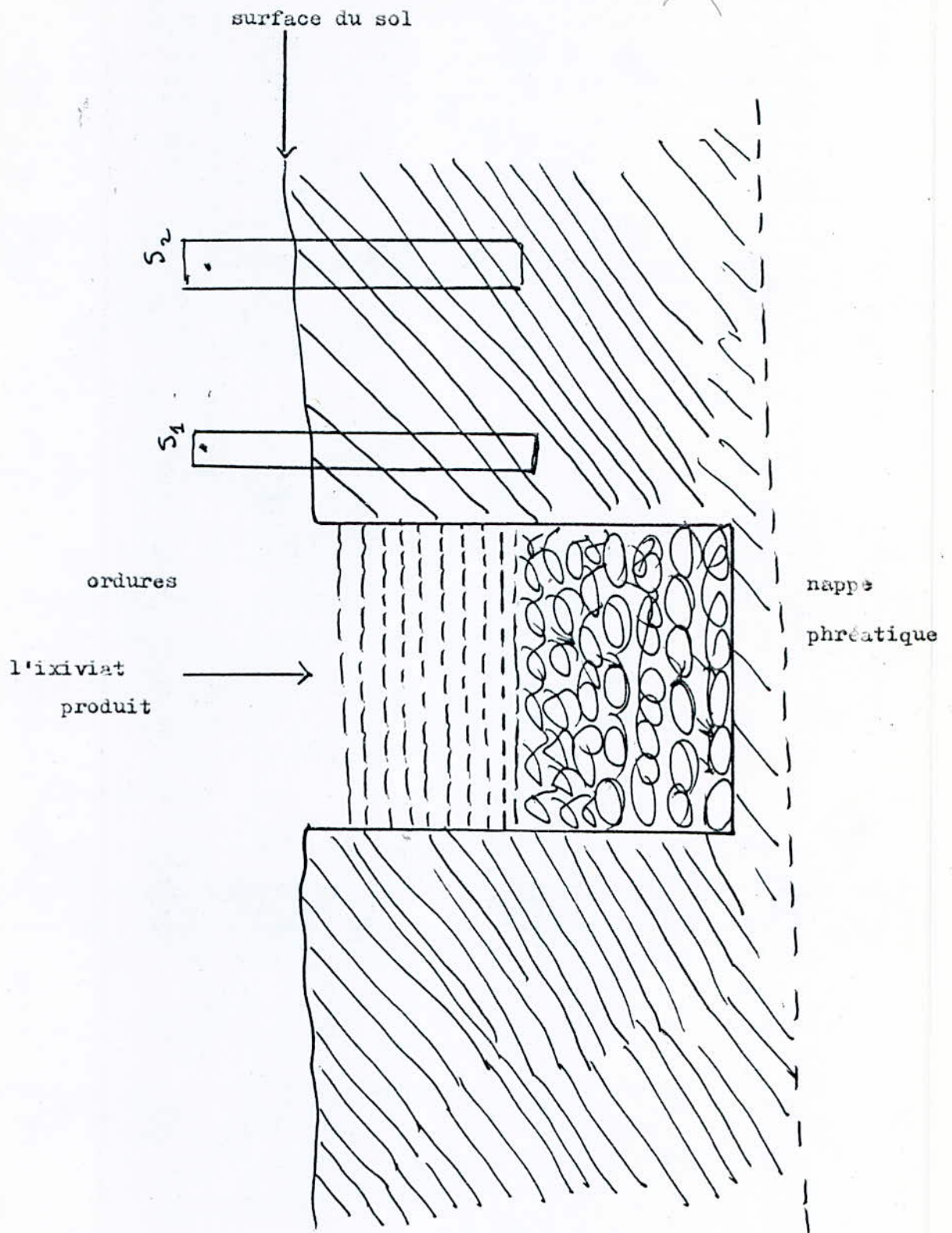


fig (4-b) : points de prélèvement du sol

## 6.5 RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les résultats d'analyse que nous avons effectué pour l'eau souterraine et le lixiviat sont représentés dans les tableaux I et II.

Les résultats donnés par l'analyse de deux prélèvements du sol  $S_1$  et  $S_2$  sont réunis dans le tableau III. Pour le témoin, les résultats d'analyse sont représentés dans le tableau IV.



Tableau I : Caractérisation de l'eau souterraine.

Date	28-03-89	03-04-89	(*) 17-04-89	08-05-89
Température (°c)	16	18	19,5	20,5
pH	8	7,5	6,5	8,5
Couleur	<i>transparente</i>	<i>transparente</i>	<i>transparente</i>	<i>transparente</i>
Conductivité (mS/cm)	1,74	1,5	1,40	1,32
Turbidité (NUT)	8	7,5	6,5	9
MES (mg/l)	20	15	17	25
Chlorures (mg/l)	197,2	220,1	186,9	118,2
Sulfates (mg/l)	350	245	260	450
DCO (mg O <sub>2</sub> /l)	120	108	28	140
Fe (mg/l)	0,15	0,5	1,2	0,85
Cu "	0,5	—	0,75	0,95
Zn "	0,35	0,5	0,8	—
Mn "	—	0,2	0,1	0,1
Mg "	7	76	80	50
Ca "	60,15	40	75	—
Na "	7,36	7,65	10	7,2
K "	3	1,18	2,5	1,6

(\*) : Prélèvement effectué à un Kilomètre de la décharge d'un puit de 12 m de profondeur.

— : L'échantillon n'a pas été analysé.

X

Tableau II. Résultats expérimentaux pour l'analyse du lixiviat.

Date	28-03-89	03-04-89	17-04-89	08-05-89
Température °c	17	16	19	21
pH	7,5	7	8	7
Odeur	Nauséabonde .....			
Couleur	Noire	Noire	Noire	Noire
Conductivité (ms/cm)	24	22	26	--
MES (mg/l)	39	42,5	30	--
Oxygène dissous (mg/l)	1,4	1,5	2	2
R.S à 105°C (mg/l)	7870	6500	13030	9500
M. Organiques (mg/l)	1800	2200	2130	4500
M. Minérales (mg/l)	6000	4310	10900	5000
Chlorures (mg/l)	1970	1875	1500	1750
Sulfates (mg/l)	1117	875,5	--	968,8
DCO (mg/l)	9200	6500	4400	7040
Azote total (mg/l)	--	--	--	636
Azote ammoniacal (mg/l)	309	219,5	450	350
Phosphore (mg/l)	10,1	5,6	8,97	8,08



Suite du tableau II

Fe (mg/l)	500	950	740,5	400
Cu "	2,5	2,29	3,5	1,5
Cr "	--	--	--	6
Zn "	1,3	4	2,5	8
Cd "	--	--	--	13,25
Hg "	0	0	0	0
Ca "	1800	970	875	1050,5
K "	180	100	110	--
Na "	1620	1750	1400	510
Pb "	--	6,5	5	7,5
Mg "	130	130	140	--

Tableau III Résultats expérimentaux pour l'analyse du sol. (S<sub>1</sub>)

Prélevement du 17-04-89

H (cm) à partir de la surface	Elément		
	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
10	750	75	205
20	765	40	205
30	565	45	200
40	750	75	200
50	760	45	180
60	765	40	195
70	765	70	200
80	--	--	200
90	765	47,5	200
166	765	45	200



Suite du tableau III (S<sub>2</sub>)

Prélevement du 08-05-89

H(cm) à partir du niveau de sol	Elément		
	Fe(mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
10	750	75	205
20	675	41	205
30	675	45	200
40	--	75	200
50	760	44	200
60	765	38	200
70	750	71	200
80	750	--	200
90	--	48	200
100	750	45	200

Tableau IV

Résultats expérimentaux pour l'analyse d'un sol plus loin  
de la décharge "témoin"

H(cm)	Elément		
	Fe(mg/Kg)	Cu(mg/Kg)	Zn(mg/Kg)
10	750	74	205
20	754	40	205
30	749	40	200
40	765	74	200
50	765	44	200
60	765	44	200
70	765	71	200
80	765	45	200
90	765	47,5	200
100	765	45	200



Normes d'eaux potables (18)

Paramètres	Unités	OMS		CEE	
		CMS	CMA	CMS	CMA
Matières solides totales	mg/l	500	1500	--	1500
Couleur	Pt.Co	5	50	9	20
Turbidité	JTU	0,1	0,5	0,1	0,3
pH		7-8,5	6,5-9,2	6,5-8,5	9,5
Fe	mg/l	0,1	1	--	0,3
Mn	"	0,05	0,5	--	0,05
Zn	"	1,5	5	0,1	1,0
Ca	"	75	200	10	--
Mg	"	50	150	30	50
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	"	200	400	5	250
Cl <sup>-</sup>	"	200	600	5	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	"	45	--	--	5
Oxygène dissous	"	--	--	--	5
Cu	"	0,05	1,5	--	0,05
Dureté	mgCaCO <sub>3</sub> /l	100	500	--	--
K	mg/l	--	--	10	20
Na	"	50	150	20	100
M. organiques	"	--	--	1	5

## 6.6 INTERPRETATION DES RESULTATS

### 6.6.1 Le lixiviat :

D'après nos résultats d'analyse, le lixiviat produit présente les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

a°/ La température : Le lixiviat présente une température moyenne de 18,5°C qui est en relation avec la température ambiante puisque le lixiviat produit est en contact direct avec l'air.

Cette valeur peut favoriser le développement des microorganismes dans le lixiviat, elle peut aussi intensifier les odeurs du lixiviat.

X b°/ Le pH : Le pH présente une valeur moyenne de 7,37, légèrement alcalin, cette valeur nous laisse supposer que les métaux présents dans cet effluent se trouvent principalement sous forme d'ions métalliques, de complexes ou d'espèces hydratées.

c°/ La couleur : Nous avons examiné le lixiviat sous une épaisseur moyenne de 20 cm, sa couleur était grise tendait vers le noir, qui est due essentiellement aux matières en solution.

X d°/ Les matières en suspension : La valeur moyenne des matières en suspension est de 37 mg/l qui est relativement faible, cependant elle n'empêche la pénétration de la lumière, ainsi que l'aération du lixiviat produit.

X e°/ La DCO : La DCO présente une valeur moyenne de 6785 mgO<sub>2</sub>/l.



Elle correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques et minérales contenues dans le lixiviat, cette valeur élevée peut nous renseigner sur le caractère polluant du lixiviat.

f°/ Teneurs en métaux : Le lixiviat produit se caractérise par une grande variabilité des métaux (Fe, Cu, Cr, Cd, Pb ...), à l'exception du mercure, il présente les valeurs moyennes suivantes : (647,6 ppm, 2,44 ppm, 6 ppm, 13,25 ppm, 6,33 ppm). Les concentrations élevées du chrome, cadmium, plomb qui dépassent les normes, présentent un effet toxique pour le métabolisme biologique (enzymes) et inhibent la dégradation de l'effluent.

g°/ Teneur en chlorures : La concentration moyenne en chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) est de 1,78 g/l qui est due essentiellement aux rejets de NaCl contenu dans les ordures ménagères, communique au lixiviat une saveur désagréable.

Suivant les conditions du pH, cette concentration élevée nous laisse supposer que certains métaux peuvent réagir avec l'ion  $\text{Cl}^-$  pour donner des associations très mobiles: ainsi  $\text{CuCl}^+$ ,  $\text{ZnCl}^+$ , ( $\text{ZnCl}_3^-$ ,  $\text{ZnCl}_4^-$ ),  $\text{PbCl}^+$ , ( $\text{PbCl}_3^-$ ,  $\text{PbCl}_4^-$ ),  $\text{FeCl}_2$  constituent des formes qui peuvent assurer la diffusion des métaux vers le milieu naturel.

h°/ Conductivité électrique : Elle représente une valeur de 24ms/cm donc supérieure à 0,1 ms/cm, cela veut dire qu'il y a une minéralisation excessive dans le lixiviat.

i°/ Teneurs en éléments nutritifs : Le phosphore ainsi que l'azote organique sont les seuls éléments nutritifs présents dans le



lixiviat, ils contribuent à l'eutrophisation du milieu, mais comme nous l'avons déjà mentionné, malgré cette teneur en éléments nutritifs la présence des métaux lourds inhibe le processus de dégradation.

#### 6.6.2 L'eau souterraine :

Le seul paramètre qui semble inquiétant est la DCO qui présente une valeur moyenne de 122,66 mgO<sub>2</sub>/l, à l'exception de celle d'un puit situé à 1 Km de la décharge (prélèvement du 17-04-89) qui présente une valeur de 28 mgO<sub>2</sub>/l. Cela est due au fait que l'eau souterraine est exposé aux infiltrations du lixiviat, car la distance entre la nappe phréatique et le fond du lixiviat est courte, il y a donc un apport important des matières organique et minérales et les métaux sont adsorbés ou échangés au cours du trajet.

6.6.3 Le sol : Avant d'interpréter les valeurs expérimentales, il y a lieu de signaler quelques caractéristiques concernant le sol de la région de OUED-SMAR fourni par : l'institut technologique des grandes cultures :

- pH : le sol présente un pH de 7,34 légèrement alcalin.
- Conductivité : 0,16 m.homs/cm, donc pas de salinité.
- Granulométrie :

LF% (Limons fins) : 17,50.

LG% (Limons grossiers) : 6,02.

SF% (Sables fins) : 15,79.

S~~7~~% (Sables grossiers) : 12

A% (Argiles) : 45,5

QUI est à 45,5% argileuse ce qui confère au sol une faible perméabilité.

Par comparaison des deux prélèvements effectués à proximité de la décharge (Figure 4-~~6~~) avec le témoin, nous pouvons dire qu'il n'y a pas propagation de la pollution à proximité de la décharge, puisque les valeurs sont très rapprochées et légères différences sont dues aux pertes de masse aux cours des analyses, mais à long terme, il peut y avoir une propagation de pollution.

o-o-o-o-o CONCLUSION GENERALE o-o-o-o-o

Le caractère extrêmement **polluant** du lixiviat produit dans la décharge de OUED-SMAR a été mis en évidence, [la décharge étant implantée sur un site de faible perméabilité, elle admet des déchets ménagers ainsi que des déchets industriels, qui sont déposés directement dans la zone saturée en contact avec l'eau, diminuant ainsi le trajet entre le front du lixiviat et la nappe phréatique, et augmentant le volume du lixiviat et le risque d'infiltration vers la nappe.]

[Le manque des données telles que, l'étude hydrogéologique, cartes, et la mauvaise exploitation de la décharge ne nous ont pas permis de mener une bonne étude, afin d'évaluer la propagation du front de pollution dans la zone non saturée et la nappe.]

Enfin nous pouvons dire que la décharge de OUED-SMAR est une décharge non contrôlée et qu'elle présente une grande menace pour les eaux souterraines, et afin de remédier à ces nuisances, nous tenons à la fin de ce travail de signaler quelques recommandations que nous jugerons nécessaires.

a) Eviter le mélange des ordures ménagères et des déchets industriels pour ne pas inhiber les processus de dégradation.

b) Eviter le contact des ordures ménagères avec l'eau captée dans les fosses pour réduire les volumes importants des lixiviats, cela revient à diminuer la profondeur des fosses et les élargir. Pour plus de sécurité, il faut imperméabiliser le fond de ces fosses avec un matériau



inerte et faire un système de drainage gravitaire pour la récupération des lixiviats produits. (fig. n°=5)

c) A la fin d'exploitation de chaque fosse, couvrir les ordures avec une couche de terre (1 mètre environ), afin de les isoler des précipitations.

d) Après avoir récupérés les lixiviats, il faut les intégrer dans les réseaux d'égout urbain, après avoir subi un traitement biologique. Pour réaliser ce traitement, il faut d'abord piéger les métaux par un traitement physico-chimique et faire passer les lixiviats dans un bassin d'aération. S'il y a lieu de carence de phosphore, c'est-à-dire le rapport  $DCO/P > 150$ , il faut ajouter le phosphore sous forme d'acide phosphorique (24) afin d'avoir un rapport  $DCO/P < 150$ .

Ces opérations peuvent être réalisées à court terme. A long terme, nous proposons l'ouverture d'une nouvelle décharge, qui accepte en même temps les ordures industrielles avec les déchets ménagers, qui sera exploitée par "des alvéoles", ces dernières sont en général sous forme de conteneurs construits en béton ou avec un autre matériau étanche. Fig n° 6

L'exploitation des décharges par cette technique permet ce qu'on appelle une lixiviation contrôlée des ordures, elle nous permet aussi la protection du milieu récepteur.

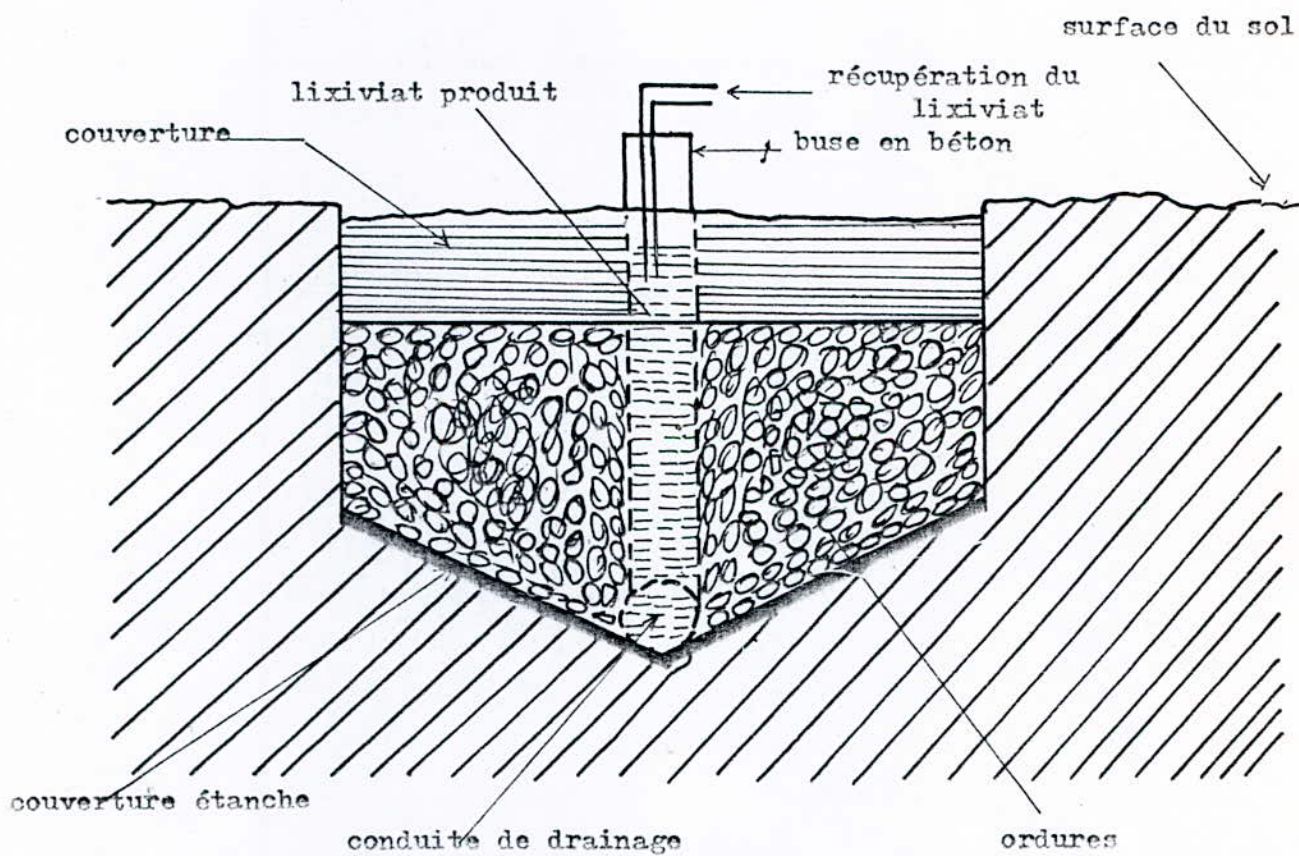
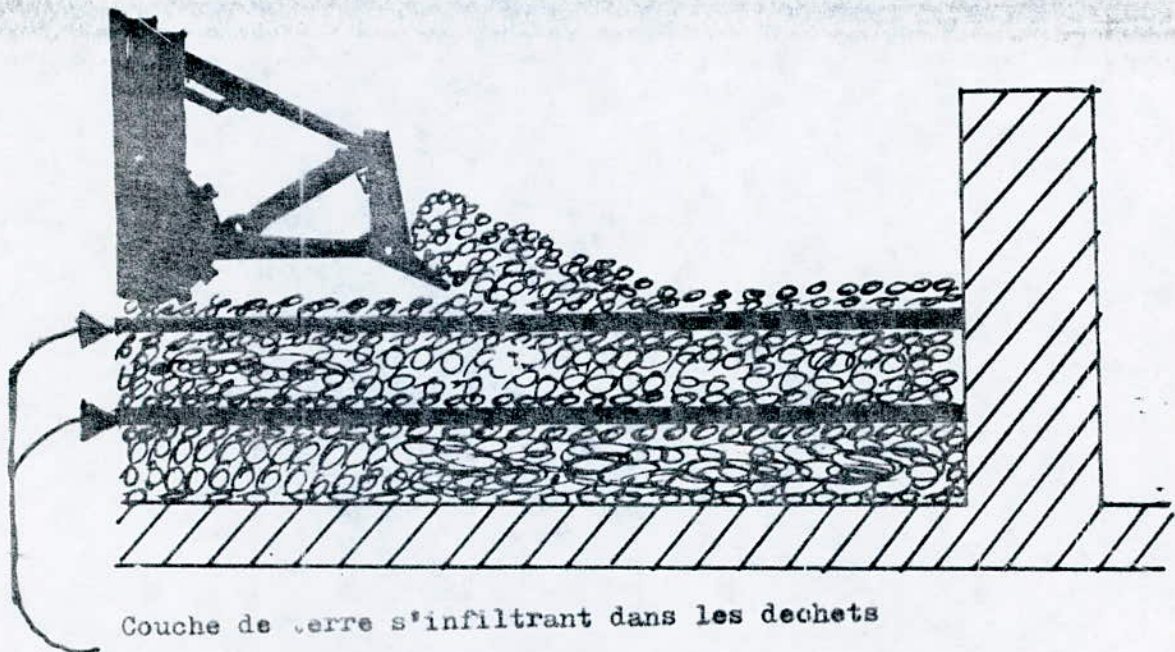
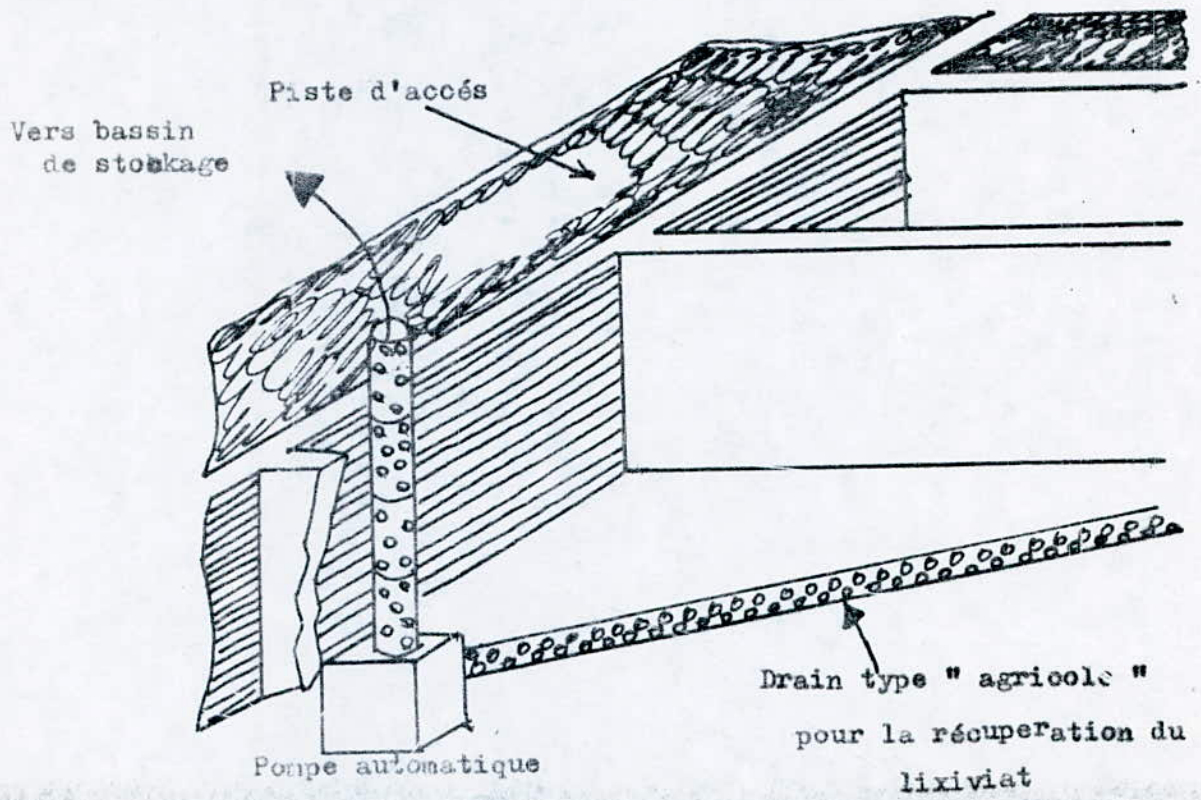


fig N°5 : récupération du lixiviat par drainage



Fig N° 6: Enfouissement des dechets dans les "ALVEOLE"





## METHODES D'ANALYSE

o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

1°) DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION

Les MES comportent des matières organiques et des matières minérales qui ne sont ni solubilisées ni à l'état colloïdal.

La détermination des MES se fait par filtration. L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. Les matières grossières en suspension doivent préalablement être éliminées par passage sur un tamis.

2°) DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans les conditions opératoires définies.

METHODE PAR LE DICHROMATE DE POTASSIUM

- PRINCIPE : Dans les conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

- REACTIFS :

- Eau distillée;

## II

- Sulfate de mercure cristallisé;
- Solution sulfurique de sulfate d'argent (6,6 g de sulfate d'argent cristallisé dans 1 l d'acide sulfurique pur);
- solution de dichromate de potassium (0,025N);
- solution de sulfate de fer et d'ammonium (0,025N);
- solution de ferroïne (1,485 g de phénathroline dans 100 ml d'eau plus 0,695 g de sulfate de fer.

- MODE OPERATOIRE : Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un ballon de 500 ml, ou éventuellement une même quantité d'eau de dilution.

Ajouter 1 g de sulfate de mercure et 5 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Chauffer, si nécessaire, jusqu'à parfaite dissolution. Ajouter 25 ml de solution de dichromate de potassium (0,025N) puis 70 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir. Diluer à 350 ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne. Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé. Procéder aux mêmes opérations Sur 50 ml d'eau distillée.

La demande chimique en oxygène exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l est donnée par la formule :

$$DCO = \frac{(V_0 - V) \cdot 8000 \cdot T}{V_1}$$

### III

- $V_0$  : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc.
  - $V$  : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire pour le dosage.
  - $V_1$  : Volume de la prise d'essai.
  - $T$  : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.
- Remarque: La méthode décrite ci-dessus est très satisfaisante pour des DCO supérieures à 50 mg/l et des teneurs en chlorures inférieures à 1,5 g/l.

### 3°) DOSAGE DES CHLORURES

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- Réactifs :

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium cristallisé.
- Solution de chromate de potassium (10%).
- Solution de nitrate d'argent (0,1 N).

- Mode opératoire : Introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur et une pincée de carbonate de calcium. Le pH de l'eau ainsi obtenue doit être aux environs de 7. Ajouter 3 gouttes de chromate de



#### IV

de potassium. Titrer à l'aide d'une solution de nitrate d'argent N/10 jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui persistera quelques minutes. Soit V le volume nécessaire pour le titrage.

La teneur en chlorures exprimée en mg de  $\text{Cl}^-$ /l est donnée par la relation suivante :  $\text{Cl}^- = V \cdot 10 \cdot 3,55$

- Remarque : Avant de procéder au titrage, il faut détruire les matières organiques par addition de quelques gouttes de solution de permanganate de potassium N/10 jusqu'à coloration persistante. Puis décolorer par une goutte de solution d'eau oxygénée à 3%.

#### 4°) DETERMINATION DES SULFATES PAR NÉPHELOMETRIE

- Principe : Le dosage des sulfates est basé sur la réaction, en milieu acide, entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum, qui conduit à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble. Ce dernier est maintenu en suspension grâce à une solution stabilisante. La teneur des sulfates est alors reliée à la turbidité de la solution.

- Réactifs :

- Solution stabilisante (dissoudre 75g d'NaCl dans une solution de 30 ml d'HCl concentré dilués dans 300 ml d'eau distillée. Ajouter 100 ml d'alcool éthylique à 95 % puis 50 ml de glycérine).
- Chlorure de baryum pur.
- Solution étalon de sulfate (dissoudre 1,479g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans 1 litre d'eau distillée).

- Etablissement de la courbe d'étalonnage : Par dilution de la solution mère préparer 6 étalons contenant de 0 à 40 mg/l de sulfates dans des flacons jaugés de 500 ml. A 100 ml de chaque étalon, placés dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 100 ml de solution stabilisante et 0,4g de chlorure de baryum.

Attendre 3 à 4 minutes pour que la turbidité soit développée. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm.

Se reporter à la courbe d'étalonnage.

#### 5°) DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL

En milieu alcalin, l'ammoniac est déplacé puis entraîné par la vapeur d'eau. Le dosage se fait ensuite sur le distillat par colorimétrie.

#### METHODE COLORIMETRIQUE DE NESSLER

- Principe : L'ammoniaque réagit avec le réactif de NESSLER en milieu alcalin pour donner un produit jaune-brun soluble en faible concentration et qui se prête au dosage photométrique à une longueur d'onde de 425 nm.

#### - Réactifs ;

- Eau distillée exempt<sup>e</sup> d'ion ammonium.
- Réactif de NESSLER : Dissoudre 3,55g de bichlorure de mercure dans 100 ml d'eau distillée, ajouter 63 g de diiodure de potassium. Agiter jusqu'à dissolution complète à un litre. Ajouter 300 ml d'une solution de lessive de soude pure ( D=1,336).
- Solution mère étalon d'azote (1g/l) : dissoudre 3,82g d' $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans un litre d'eau.
- Solution fille d'azote (0,01 N).

## VI

- Etablissement de la courbe d'étalonnage : Dans une serie de fioles jaugées de 50 ml numérotées, introduire successivement en agitant après chaque agitation :

Numéro de la fiole	Témoin	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon d'azote (ml)	0	0,2	0,5	1	2	4	6
Eau distillée (ml)	50	49,8	49,5	49	48	46	44
Correspondance en mg d'azote	0	0,002	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06
Réactif de NESSLER (ml)	2	2	2	2	2	2	2

Laisser au repos pendant 10 minutes. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 425 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

- Mode opératoire : Ajuster le volume du distillat à 250 ml et introduire 50 ml dans une fiole jaugée. Ajouter 2 ml de réactif de NESSLER et mélanger. Préparer un témoin à partir d'eau distillée. Laisser au repos pendant 10 minutes, effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 425 nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.



6°) DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL (KJELDAHL)

Le dosage de l'azote total dit "kjeldahl" permet la détermination de tout l'azote à l'exception de celui des nitrites et des nitrates.

- Principe : Après minéralisation de l'azote organique, l'ammoniaque déplacé par une solution de soude est entraîné par un courant de vapeur d'eau puis dosé par la méthode colorimétrique de NESSLER.

- Appareillage :

- Appareil de kjeldahl.
- Appareil à distiller.
- Agitateur magnétique.

- Réactif :

- Acide sulfurique concentré.
- Catalyseur de minéralisation : Dioxyde de sélénium.
- Sulfate de potassium.

- Mode opératoire : Introduire dans le ballon de Kjeldahl 50 ml d'eau à analyser, ajouter 0,5 g de dioxyde de sélénium, 2ml d'acide sulfurique concentré et 0,5 g de sulfate de potassium.

Introduire ensuite dans l'absorbeur 20 ml d'NaOH à 6% qui neutralisera les vapeurs d'acide sulfurique. Après 2 heures de chauffage, refroidir le ballon et neutraliser le produit de minéralisation à l'aide d'une solution d'NaOH à 20% en présence du bleu de bromothymol.

Effectuer ensuite le dosage de l'ammoniaque par la méthode colorimétrique de NESSLER décrite ci-dessus.

## VIII

### 7°) DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES PAR COLORIMÉTRIE

- Principe : En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique.

Certaines formes organiques peuvent être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner les orthophosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, l'émétique, tartrate double d'antimoine et de potassium.

La sensibilité de la méthode est augmentée en extrayant la coloration bleue par un solvant.

La méthode est adaptée aux teneurs en phosphore supérieures à 10 micro--grammes /l.

#### - Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique 5N.
- Solution de molybdate d'ammonium à 4 %.
- Solution d'acide ascorbique 17,6 g/l, à préparer chaque jour.
- Solution d'émétique : 0,274 g de tartrate double de potassium et d'ammonium dans un litre d'eau.
- Réactif :
  - \* Acide sulfurique 5N ..... 400 ml
  - \* Solution de molybdate d'ammonium. 120 ml
  - \* Acide ascorbique ..... 240 ml
  - \* Solution d'émétique ..... 40 ml

## IX

- Solution mère étalon à 0,2 g/l de phosphore :

- \* Phosphate monopotassique ..... 0,877 g  
 \* eau distillée ..... 1 litre.

- Solution fille étalon à 2 mg/l de phosphore.

- Etablissement de la courbe d'étalonnage : Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Numéro de la fiole	Témoin	I	II	III
Solution étalon de phosphore à 2mg/l (ml)	0	1	2	5
Eau bidistillée (ml)	20	19	18	15
Correspondance en mg/l de phosphore	0	0,1	0,2	0,5
Eau distillée (ml)	25	25	25	25
R2ACTIF (ml)	4	4	4	4

Attendre 20 minute puis effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

- Mode opératoire : Introduire 20 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 4 ml de réactif, compléter le volume à 25 ml avec de l'eau distillée. Attendre 20 minutes puis effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm. Tenir compte de



la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

- Expression des résultats : Pour une prise d'essai de 20 ml, la courbe donne la teneur en phosphore exprimée en mg /l.

- Remarque : La coloration est stable pendant 24 heures. (25)

### 8°) DETERMINATION DES MATIERES TOTALES

Ce sont des matières déterminées par évaporation de l'eau brute tamisée. Elles peuvent aussi être calculées en faisant la somme des matières en suspension et des matières en solution.

Evaporer au bain-marie 100 ml d'eau brute tamisée. Porter le résidu à l'étuve à 105°c pendant 2 heures. Laisser refroidir au dessiccateur. Peser. Soit Y le poids de l'extrait sec à 105°c. Calciner ensuite dans un four à 525 ± 25°c pendant 2 heures. Laisser refroidir au dessiccateur. Soit Y' le poids du résidu calciné.

Y = Poids des matières totales dans la prise d'essai.

Y' = Poids de la fraction minérale des matières totales dans la prise d'essai.

Y - Y' = Poids de la fraction organique des matières totales dans la prise d'essai. (25)

### 8°) ANALYSE DES METAUX LOURDS PAR ABSORPTION ATOMIQUE

#### - METHODE DE MINERALISATION

a°/ Fixation des métaux pour l'eau :

- Principe : Les métaux sont fixés en milieu chlorhydrique.

- Matériels :

- HCl pur.
- Becher de 200 ml.
- Plaque chauffante.

- Mode opératoire : Prendre 100 ml d'eau à analyser avec 5 ml de HCl et porter à ébullition pendant 15 minutes, après refroidissement, ajuster le volume à 100 ml avec de l'eau distillée.

b°/ Fixation des métaux pour le sol ( Méthode en milieu ouvert):

Attaque chloronitrique après calcination à 450°C en présence de nitrate d'ammonium.

- Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique ( d=1 19).
- Acide nitrique ( d=1,38 ).
- $\text{NH}_4\text{NO}_3$  solution à 10% .

- Mode opératoire : Introduire 1 à 2 g de sédiment prétraité dans une capsule en platine ou en silice, Ajouter 2 ml de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  par gramme de sédiment. Sécher dans une étuve à 100°C. Mettre la capsule dans un four froid et élever la température pour atteindre 450°C pendant 2 heures puis laisser refroidir à l'extérieur.

Reprendre le résidu de calcination par quelques millilitres d'eau distillée et transférer dans un bécher de 100 ml en le reprenant avec quelques ml d'eau distillée. Rincer la capsule avec 5ml d'acide chlorhydrique chaud puis deux fois avec 5 ml d'eau bouillante et transvaser dans un bécher.

Ajouter 5 ml d' $\text{HNO}_3$  et couvrir le bécher avec un verre de montre

## XII

et porter à douce ébullition pendant 12 minutes et laisser évaporer à sec. Reprendre le résidu avec 20 ml d'HCl (2N), chauffer jusqu'à ébullition et puis filtrer sur papier filtre sans cendre, recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Laver le filtre et le béccher avec 10 ml d'HCl (2N) et deux à trois fois avec de l'eau bouillante.

Laisser refroidir la solution et ajuster le volume avec de m'eau distillée.

- Remarque : La calcination à 450°C est utilisée pour détruire la matière organique. Le nitrate d'ammonium est utilisé pour stabiliser les éléments sous forme moins volatile. (27)



o-o-o-o BIBLIOGRAPHIE o-o-o-o

- (1) MICHEL MURAT : Valorisation des déchets et sous produits industriels. Paris (1981).
- (2) Cahiers techniques et caractérisation des déchets industriels.  
N°=8. 2<sup>e</sup> édition (1984).
- (3) FAKIB : Cours de déchets solides . EMP (1988 - 1989).
- (4) AGHTH : Les résidus urbains; collecte, traitement, nettoyage des voies publiques. Technique et documentation. Paris.(1975).
- (5) ROBERT GILLET : Traité de gestion des déchets solides 1<sup>er</sup> volume.  
COPENHAGUE (1985).
- (6) H. DJAFFAR : Collecte et traitement des ordures ménagères de la ville de Boufarik. Projet de fin d'études. Juin (1982).
- (7) Cahiers techniques de la direction de la prévention des pollutions :  
Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets industriels.  
N°=8 2<sup>e</sup> édition (1984).
- (8) JEAN-BERNARD LEROY : Les déchets et leur traitement. 1<sup>e</sup> édition.  
4<sup>e</sup> trimestre (1981).
- (9) E. ARCUN : Elimination des ordures ménagères dans une agglomération rurale, cas de la ville de SOUMA. Projet de fin d'études. Juin (1985).
- (10) AMRIB : La mise en décharge des déchets industriels en sites étanches. Recommandations et propositions de critères pour l'admissibilité des déchets.

- (11) M. MOUKHOUKH, B. RAKOTONIRINA : Les résidus urbains du grand ALGER, réaménagement de la décharge de OUED-SMAR. Projet de fin d'études. Juin (1983).
- (12) MICHEL MAES : Déchets industriels, Mode d'emploi. Technique et documentation Lavoisier. (1986).
- (13) O. THOMAS : Impact d'une décharge contrôlée sur la qualité des eaux souterraines : pollution par les métaux lourds. Tribune de cebedeau N°=5511-512 P 19-25/ 186.
- (14) G. CHEVASSU : Les décharges contrôlées d'ordures ménagères. Laboratoire régionale de Sant-Brierne -1982-
- (15) H. ROQUES : Fondement théorique du traitement biologique des eaux. Volume 2. Technique et documentation, 2<sup>e</sup> édition. 1980.
- (16) BRGM : Etude bibliographique de la pollution des eaux souterraines par le dépôt d'ordures ménagères. Université de Louis-Pasteur 0,9 / 1972.
- (17) MILLCE. N : Les lixiviats de décharge contrôlée. L'eau et l'industrie. Mars 1984. P: 40-50.
- (18) J. R. VAILLANT : Protection des qualités des eaux et maîtrise de la pollution, contrôle de déversement d'eaux polluées. Edition Myrolles 1973.
- (19) R. ABRARD : Les conditions géologiques des décharges contrôlées d'ordures ménagères. TSM de l'eau 11/63. P: 371-375.
- (20) M. MAIS : Les résidus industriels tome II. Technique et documentation. Paris 1977.

- (21) DUPONT : Hydraulique urbaine : hydrogéologie, captage et traitement des eaux. Edition Eyrolles 1987. 5<sup>e</sup> édition.
- (22) M. VICTOR : Cours d'hydrogéologie et phénomènes de transport. ENP (1986-1987).
- (23) G. CHENTIBELLI : Hydraulique souterraine. Edition Eyrolles 1978.
- (24) J. M. LAURET : Recherche sur le traitement biologique des lixiviats. TSM. Mars 1989.
- (25) J. RODIER : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 7<sup>e</sup> édition (1985).
- (26) DENDJIALOW : Cours d'épuration biologique des eaux usées. ENP 1985 - 1986.
- (27) M. PILVA : Recherche et dosage des éléments à l'état de trace. Dunod. Paris 1977.



