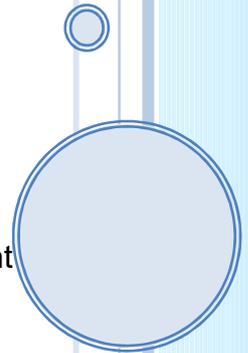


UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA
Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hydraulique

Spécialité : Sciences de l'Eau

Sous le thème :

**Etude de la réalisation d'une station de traitement des
lixiviats : cas du C.E.T de Soumâa (Wilaya de Blida)**

Préparé par :

BENTEFTIFA Mourad

Devant le jury composé de :

A. BOUIKNI	Maitre de conférences U. de Blida	Président
A. AOUABED	Professeur U. de Blida	Examineur
H. GUENDOUZ	Professeur U. de Blida	Examineur
M. BESSENASSE	Maitre de conférences U. de Blida	Promoteur

2011 – 2012

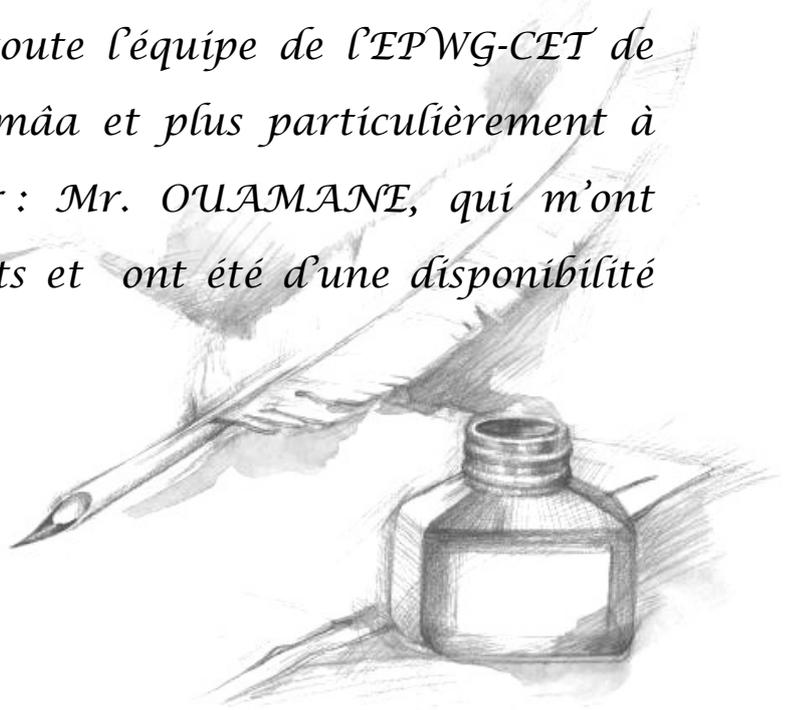
REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Dieu, car j'estime que c'est en grande partie grâce à lui que je suis arrivé là où j'en suis aujourd'hui.

Je remercie aussi chaleureusement mes parents, auprès desquels j'ai toujours trouvé du soutien et du réconfort, à mes frères, ma sœur et ma belle-sœur qui m'ont toujours supporté et m'ont apporté énormément d'aide, à toute ma famille.

Je tiens aussi à remercier mes camarades d'études auprès desquels j'ai passé de très bons moments, à tout mes professeurs et en particulier Dr. BESSENASSE qui n'a pas lésiné de son temps pour me guider et m'orienter lorsque les choses me semblaient assombries.

Un très grand merci à toute l'équipe de l'EPWG-CET de Béni Mered et de Soumâa et plus particulièrement à Monsieur le Directeur : Mr. OUAMANE, qui m'ont accueillis à bras ouverts et ont été d'une disponibilité remarquable.



RESUME

L'accroissement démographique, l'expansion urbanistique, le développement des activités socio-économiques et l'évolution de nos modes de vie et de consommation ont amplifié la production des déchets qui se sont propagés un peu partout dans l'espace urbain algérien. A ce fléau, les autorités algériennes devaient-y faire face et ont optées grandement pour la solution de l'enfouissement technique dû essentiellement au manque de maitrise des autres filières de traitement des déchets et un investissement moins coûteux.

Malgré l'aménagement selon des normes internationales, il en demeure que les centres d'enfouissement technique souffrent d'une surcharge et d'un manque d'aptitude à traiter ces productions hydrique et gazeuse. Le C.E.T de Soumâa qui se trouve dans la wilaya de Blida est un parfait exemple.

A travers ce mémoire nous étudierons la conception et la réalisation d'une station de traitement des lixiviats qui utilise le procédé de lagunage couplé à la phytoépuration.

Mots clés : Déchets, Décharges, Centre d'enfouissement techniques (CET), Casier, Lixiviats, Pollution, Nappe d'eau.

ABSTRACT

Population growth, urban expansion, the development of socio-economic activities and changes in our lifestyles and consumption have boosted waste production that spread around the urban area of Algeria. At this problem, the Algerian authorities had to cope and opt greatly to the solution of the landfill due mainly to the lack of control of other waste streams and a cheaper investment.

Despite the development according to international standards, it remains that landfills suffer from overload and a lack of ability to address these water and gas productions. The Soumâa's landfill which is in Blida is a perfect example.

Through this paper we study the design and construction of a leachate treatment plant which uses the method lagoon coupled with phytopurification.

Keywords: Waste, Landfill, locker, Leachates, Pollution, Groundwater.

النمو السكاني، التوسع الحضري، تطوير الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية وتحسن ظروف معيشتنا و طريقة استهلاكنا بالغوا بشكل كبير في إنتاج النفايات التي انتشرت عبر أنحاء المساحة الحضرية الجزائرية. في هذه الأفة، كان على السلطات الجزائرية اختيار حل لمواجهة المشكل و الذي وجدته في تقنية طمر النفايات، ويرجع ذلك الاختيار أساسا إلى عدم تحكم في قطاعات معالجة النفايات الأخرى واستثمار أقل تكلفة.

ومع ذلك، هذا النوع من معالجة النفايات يشكل في بعض الأحيان مشكلة بسبب غياب رقابة، تهيئات وظيفية غير ملائمة أو غير موجودة (جمع الرشح والعلاج، والغاز الحيوي ...) و صعوبات التمويل.

على الرغم من خضوعه إلى معايير دولية يبقى يعاني مركز طمر النفايات الصومعة بولاية البليدة، من الحمل الزائد وعدم القدرة على معالجة إنتاجاته الغازية والمائية.

من خلال هذه الذاكرة, سوف نقوم بدراسة تصميم وبناء محطة لمعالجة الرشح و التي ستستخدم أسلوب البحيرة إضافة إلى تطهير نباتي.

كلمات البحث: النفايات، المكب، مركز التقني للردم، خزان، الرشح، التلوث، المياه الجوفية.

Table des matières :

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME.....	1

Chapitre I :

I.1. INTRODUCTION.....	3
------------------------	---

Chapitre II : Synthèse bibliographique

II.1. DEFINITION D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE.....	5
II.2. CLASSIFICATION DES C.E.T.	6
II.3. CRITERES DE CHOIX DES SITES D'IMPLANTATION	7
II.4. DIMENSIONNEMENT D'UN C.E.T.	7
II.5. INFRASTRUCTURE D'UN C.E.T.....	8
II.6. QUELQUES CELEBRES C.E.T. A TRVERS LE MONDE.....	10
II.7. NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT	11
II.8. LIXIVIAT DES C.E.T.	11
II.9. DEFINITION DES DECHETS MENAGERS.....	12

Chapitre III : Les C.E.T. en Algérie

III.1. HISTORIQUE	14
III.2. ASPECT JURIDIQUE.....	15
III.3. PRODUCTION ET EVOLUTION DES DECHETS MENAGERS.....	17
III.3.1. Variabilité de la production des déchets ménagers.....	17
III.3.2. Mesure de la production des déchets ménagers.....	17
III.3.3. Taux de production des déchets ménagers	17
III.3.4. Composition moyenne des déchets ménagers algériens	18
III.4. PRISE EN CHARGE DES DECHETS.....	19
III.5. ETAT ACTUEL DES C.E.T. EN ALGERIE.....	19
III.6. PROBLEMES DES DECHETS EN ALGERIE.....	20

Chapitre IV : C.E.T. de Soumâa

IV.1. PRESENTATION	22
IV.1.1. Caractéristiques du site	22
IV.2. PROBLEMES DE C.E.T.	27
IV.3. PROBLEMES DES LIXIVIATS	29
IV.4. TEMOIGNAGES.....	32
IV.5. CONSTAT	32

Chapitre V : Solution au problème des lixiviats

V.1. DISCERNEMENT DES LIXIVIATS	33
V.2. CLASSIFICATION DES LIXIVIATS.....	33
V.3. LES TRAITEMENT DES LIXIVIATS.....	34
V.3.1. Traitement des lixiviats en Belgique	35
V.3.2. Traitement des lixiviats en France.....	36
V.3.3. Traitement des lixiviats au Canada	37
V.4. CAS DU C.E.T. DU SOUMAA.	39
V.4.1. Principe d'épuration biologique par lagunage.....	40
V.4.1.1. Organismes vivants intervenant dans la chaîne de dégradation.....	40
A) Les bactéries	40
a. Les bactéries épuratrices	40
b. Les germes pathogènes	40
B) Les algues (ou phytoplancton).....	41
C) Le zooplancton.....	41
V.4.1.2. Mécanismes d'élimination de la matière organique (MO) et des nutriments	41
V.4.1.3. Différents types de lagunage	42
A) Le lagunage naturel	42
B) Le lagunage aéré.....	42
C) Le lagunage anaérobie.....	42
D) Le lagunage à haut rendement.....	43
V.4.2. Phytoremédiation et Phytorestauration	43
V.4.2.1. Phytoextraction	43
V.4.2.2. Phytodégradation.....	44
V.4.2.3. Phytofiltration	45
V.4.2.4. Phytorestauration	45
V.4.3. Association du lagunage et de la phytoremédiation	45
V.4.4. Dimensionnement des lagunes.....	46
V.5. REMANIEMENT DES LAGUNES.....	48
V.5.1. Lagune n°1.....	48
V.5.2. Lagune n°2.....	49
V.5.3. Lagune n°3.....	52
V.5.4. Lagune n°4	55
V.6. FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE	56
V.7. RENDEMENT ATTENDU.....	59
V.8. ESTIMATION DES COÛTS.....	61
VI. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	62
BIBLIOGRAPHIE-WBOGRAPHIE	65

Liste des figures :

Figure III.1 : Composition moyenne de déchets ménagers algériens.....	18
Figure IV.1 : Localisation géographique du site.	22
Figure IV.2 : Casier et bassin de décantation du lixiviat.	23
Figure IV.3 : Vue aérienne de l'ensemble du C.E.T.	26
Figure V.1 : Vue schématique des zones du C.E.T. d'Hallembaye.....	36
Figure V.2 : Schéma de la lagune n°2.	50
Figure V.3 : Schéma de la lagune n°3.	53

Liste des photos :

Photo IV.1 : Casier n°1.....	24
Photo IV.2 : Casier n°2.....	24
Photo IV.3 : Bassin de lixiviat n°1.	25
Photo IV.4 : Bassins de lixiviat n°2,3 et 4.	25
Photo IV.5 : Présence d'enfants au C.E.T.	27
Photo IV.6 : Sabotage de la géomembrane du bassin de lixiviat n°1.	29
Photo IV.7 : Evacuation des lixiviats en dehors du C.E.T.	29
Photo IV.8 : Fuites des lixiviats.....	31
Photo V.1 : Vue aeriennne de C.E.T. de Hallembaye.....	36
Photo V.2 : Différentes plantes épuratrices..	54

Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Principales classes de C.E.T.....	6
Tableau II.2 : Quelques célèbres C.E.T. à travers le monde... ..	10
Tableau II.3 : Nuisances et impacts d'un C.E.T.....	11
Tableau III.1 : Taux de production des déchets par habitant dans le territoire algérien.....	18
Tableau III.2 : Origine des déchets par générateur.....	18

Tableau IV.1 : Dimensions des bassins de lixiviat...	26
Tableau IV.2 : Caractérisation des lixiviats du C.E.T. de Soumâa à travers plusieurs prélèvements...	30
Tableau V.1 : Classification des lixiviats selon leur âge.	33
Tableau V.2 : Composition type de lixiviat donnée dans différentes recherches.....	34
Tableau V.3 : Avantages et inconvénients de l'association du lagunage et des filtres plantes de roseaux.....	46
Tableau V.4 : Modifications apportées à la 1 ^{ère} lagune.	48
Tableau V.5 : Modifications apportées à la 2 ^{ème} lagune...	51
Tableau V.6 : Modifications apportées à la 3 ^{ème} lagune. .	53
Tableau V.7 : Caractéristiques de la 4 ^{ème} lagune.	57
Tableau V.8 : Performances épuratoires de la phytoépuration.	60
Tableau V.9 : Dépenses prévues pour les travaux de réaménagement.	61

Chapitre I :
Introduction

I. INTRODUCTION

Abandonner les objets et produits devenus inutiles ou obsolètes est une habitude qui remonte aux origines de l'homme et l'archéologie de toutes les époques y a puiser des trésors d'informations.

En effet, l'évolution de notre train de vie à travers l'histoire a fait naître une société de production et de consommation qui nous a conduit à transformer progressivement cette habitude d'abandon en une technique de plus en plus améliorée qui s'est intégrée à l'ensemble des autres filières de traitement des déchets.

La question des déchets solides en termes de gestion représente un challenge parmi les plus importants qu'une société urbaine et industrielle moderne peut relever.

Si la technique d'enfouissement des déchets solides générés par les activités industrielles ainsi que par les agglomérations urbaines est une pratique assez répandue car maîtrisée comparé à d'autres pratiques de valorisation des déchets, elle reste dans certains pays et surtout dans ceux en développement la solution par défaut pratiquée sans aucune considération envers l'environnement.

Aujourd'hui encore, en Algérie, subsistent des décharges sauvages qui reçoivent de grandes quantités de déchets inadéquatement enfouies, et cela, malgré la création et le développement des centres d'enfouissement, ces derniers sont largement inspirés des modèles occidentaux dans leur conception mais pas assez maîtrisés dans leur gestion. De plus la mise en décharge des déchets reste une source de nombreuses nuisances notamment les odeurs qu'elle dégage, le bruit qu'elle engendre, sans oublier la pollution visuelle des sites qui se traduit par des sacs plastiques ornant les clôtures et les arbres des alentours. Ces nuisances bien que fort désagréables, ne sont pas dangereuses. Les principaux facteurs à risque engendrés par l'exploitation d'une décharge, reste la production de lixiviats mal drainée et non traitée ainsi que la production de biogaz non récupéré.

La production des lixiviats véhicule une importante charge polluante. Ces lixiviats, en s'infiltrant dans le sous-sol, entraînent une très forte dégradation des eaux souterraines.

Dans cet élan, les autorités algériennes ont développés depuis le début des années 2000, un plan national comprenant une multitude de lois et décrets, cette démarche vise essentiellement à protéger l'environnement et à favoriser le développement durable.

Plusieurs programmes spécifiques liés à la gestion des déchets, la protection de l'environnement, la lutte contre la pollution côtière et marine, la qualité de l'air et la pollution atmosphérique et industrielle ont été adoptés par le ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme.

Un programme ambitieux visant à la création d'environ 300 C.E.T. à travers le territoire national, soit un CET pour chaque daïra, a même été adopté.

Une décennie après le lancement de ce plan, les choses semblent avancer timidement.

Notons au passage, qu'en Algérie, peu d'études ont été portés sur les bases de construction des centres d'enfouissement des déchets (dimensionnement des casiers, système de drainage des effluents liquides et gazeux, traitement et valorisation des rejets, capacité des casiers). Les rejets (lixiviats et biogaz) font l'objet actuellement de travaux dont l'objectif principal est de limiter les impacts environnementaux.

La mise en décharge des ordures ménagères entraîne donc la production de lixiviats dont les conséquences sur l'environnement sont désastreuses lors d'un rejet en milieu récepteur sans traitement préalable.

Les lixiviats peuvent aussi représenter une menace sérieuse pour la santé humaine ainsi que pour la faune et la flore due en grande partie à leur composition fortement concentrée en métaux lourds qui peuvent provoquer des allergies ou encore pire ; endommager les cellules nerveuses chez l'homme lorsqu'ils se retrouvent dans la chaîne alimentaire.

Devant ce constat inquiétant, nous sommes dans l'obligation de faire un traitement des lixiviats avant le rejet en dehors de l'enceinte du centre d'enfouissement, et cela, afin de préserver l'environnement et de protéger la santé publique.

A travers cette étude nous nous intéresseront au cas du C.E.T. de Soumâa qui se trouve dans la wilaya de Blida dont le lancement fut en 2008, nous développerons ses caractéristiques, sa capacité de traitement mais surtout sa production en lixiviats ainsi que leurs compositions chimiques afin de pouvoir proposer un traitement adéquat et caractéristique au site.

Chapitre II :
Synthèse bibliographique

II.1. DEFINITION D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE

Un centre d'enfouissement technique correspond à une installation qui reçoit les déchets ménagers afin de les enfouir dans des fosses de très grand volume appelées « Casiers ». Le plus souvent les C.E.T. sont situés en périphérie des villes.

Parfois, les C.E.T. représentent une évolution d'anciennes décharges ou de terrains de recharge. En effet, bon nombre de C.E.T. actuels sont implantés dans des sites d'anciennes décharges (contrôlées ou sauvages).

Un C.E.T. se compose principalement de :

- la zone de service où s'effectuent l'admission, le contrôle et la pesée des déchets. Cette zone abrite également les bureaux, vestiaires, magasins et autres locaux;
- la zone de déchargement et d'enfouissement comportant les casiers d'enfouissement et éventuellement une station de traitement des lixiviats et de récupération des biogaz.

On peut aussi envisager d'installer un centre de tri au sein du site en amont de la zone de déchargement, ce qui permettrait de :

- valoriser des fractions récupérables à partir des déchets et réduire ainsi le volume des déchets à enfouir;
- réduire la charge polluante des lixiviats (piles, batteries, métaux...) facilitant du coup leur traitement.

En général, un C.E.T. est réalisé pour une population de 100 000 habitants et plus. Il reste cependant possible de réaliser un C.E.T. dans une zone de moins de 100 000 habitants dans le cas où diverses activités économiques et surtout industrielles se trouvent aux alentours, car ces dernières produisent une quantité de déchets assez importante dont il faut s'en occuper.

La durée de vie d'un C.E.T. est d'au moins 20 ans^[12]. Il est donc primordial de disposer de la surface de terrain nécessaire et de mettre en place un plan d'exploitation du site sur la durée de vie minimale sus citée.

La conception d'un C.E.T. devra disposer dès la mise en exploitation des paramètres suivants :

- un planning d'exploitation du C.E.T. qui s'articule sur : la procédure d'admission des déchets, le mode d'exploitation des casiers et éventuellement du centre de tri, le mode de fermeture de chaque casier, le mode d'exploitation et contrôle de la station de traitement des lixiviats, captage et évacuation des biogaz, un calendrier d'exploitation;
- des équipements nécessaires au fonctionnement de chaque élément du projet;

- la durée de vie du C.E.T. (durée de vie unitaire pour chaque casier prévu, et cumulée pour l'ensemble du site);
- un programme de fermeture du C.E.T. et son intégration dans son environnement;
- un programme de contrôle du C.E.T. après sa fermeture (contrôle des étanchéités et du fonctionnement des systèmes de drainage, contrôle des biogaz, contrôles de la stabilité des ouvrages...etc.).^[12]

Les centres d'enfouissement peuvent prendre divers appellations :

- C.E.T. : *Centre d'Enfouissement Technique.*
- C.S.D.U. : *Centre de Stockage de Déchets Ultimes* (terme qui remplace celui de C.E.T.).
- C.S.D.M.A. : *Centre de Stockage de Déchets Ménagers et Assimilés.*
- I.S.D.N.D. : *Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux.*
- L.E.T. : *Lieu d'enfouissement technique* (terme utilisé au Canada).

II.2. CLASSIFICATION DES C.E.T.

En France, les C.E.T. sont classées en trois catégories. L'Algérie a suivie la même classification et l'a appliquée à ses C.E.T.

La classification repose essentiellement sur le coefficient de perméabilité (K) du substrat, qui intervient dans le processus de percolation des polluants vers le sous sol, mais aussi, sur les caractéristiques des déchets admis (dangereux, radioactifs, biodégradables, etc.).

Catégorie	Déchets admissibles	Perméabilité (K)	Caractérisation du site
Classe I	Déchets spéciaux	Site imperméable $K < 10^{-9}$ m/s Sur 5m	<ul style="list-style-type: none"> – Fond imperméable ; – Conception de l'alvéole garantissant les écoulements vers un point bas ; – Implantation d'un ouvrage de contournement évitant l'entrée des eaux superficielles ; – Couverture en pente favorisant le ruissellement.
Classe II	Ordures ménagères et déchets assimilés	Site semi imperméable $10^{-9} < K < 10^{-6}$ m/s sur 1m	<ul style="list-style-type: none"> – Capacité du site à s'assurer une épuration des lixiviats ; – Infiltrations modérées, écoulements vers un point bas ; – Protection des eaux souterraines contre les risques de pollution.
Classe III	Déchets inertes	Site perméable $K > 10^{-6}$ m/s sur 1m	<ul style="list-style-type: none"> – Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de la pollution des nappes phréatiques.

Tableau II.1: Principales classes de C.E.T. [Directives Européennes 31/12/2001 N° 1999/31/CE]

II.3. CRITERES DE CHOIX DES SITES D'IMPLANTATION

L'agencement d'un site dédié à un C.E.T. doit prendre en considération les paramètres suivants :

- La géologie;
- L'hydrogéologie;
- L'hydrologie;
- La topographie;
- L'accès;
- Les habitations et les activités humaines riveraines;
- La faune et la flore locale.

L'ensemble de ces facteurs va déterminer les procédés de protection des eaux souterraines à adopter, les aménagements à faire, le mode d'exploitation ainsi que la restitution du site à son environnement après comblement. La définition des moyens de protection des eaux souterraines et des critères assignés à la barrière passive constituent les points les plus importants.

Si le sous-sol naturel ne peut répondre en tout point aux critères exigés, il est alors possible d'envisager et de procéder au remaniement du sol pour le configurer dans un contexte favorable.

L'équation générale à résoudre est de trouver un agencement assurant une protection suffisante entre les déchets admis, le sous sol présent pour répondre à son rôle de barrière ou d'atténuateur de pollution, et la qualité requise de la nappe aquifère souterraine.^[5]

II.4. DIMENSIONNEMENT D'UN C.E.T.

Le dimensionnement d'un C.E.T. est une étape cruciale qui influe directement sur sa durée d'exploitation. L'exploitation d'un C.E.T. passe par deux phases :

- la phase active, durant laquelle le CET reçoit les déchets et les enfouis;
- la phase de suivi, durant laquelle les casiers sont pleins et recouverts, le C.E.T. étant fermé, on procède à sa réhabilitation et à un suivi environnemental.

La quantité de déchets prévu pour un C.E.T. régit son envergure, il est donc primordiale d'effectuer une bonne estimation de production de déchets à recevoir. Cette estimation repose essentiellement sur trois critères:

- l'évaluation des taux de déchets ménagers et industriels produit actuellement et ultérieurement dans les zones proches du C.E.T. ;
- la quantification des déchets bruts et les déchets mélangés (nettoyage des routes, entretien des villes, rejets hospitalier);
- l'estimation du taux de fermentation et de dégradation des déchets (réduction des volumes).

Cette démarche d'estimation doit se porter sur la phase active.

Ce travail de prévision doit prendre en compte non seulement l'évolution démographique et économique (développement industriel, touristique et commercial), mais aussi la stratégie de gestion des déchets, car l'introduction et le développement de filières de recyclage et de mesures de réduction à la source influe sur les quantités de déchets ultimes et sur leur nature.

Le dimensionnement d'un C.E.T. repose sur des bases assez empiriques, de sorte que cette approche doit prendre en considération qu'un C.E.T. doit impérativement avoir une durée de vie d'au moins de 20 ans, de ce constat on peut proposer une relation à prendre comme exemple :

La population de la ville de BLIDA en 2008 était de 163 586 individus avec un taux de croissance de la population de 2,5 % ^[26], tout en sachant qu'un algérien produit en moyenne 220kg de déchets par an, on fait la projection du nombre de la population d'ici 20 ans pour faire la projection de leur production de déchets, ce qui donnerai une population d'environ 270 000 individus en 2028 qui produiraient aux alentours des 60 000 tonnes de déchets par an pour un volume de 24 000 m³ nécessitant un volume d'enfouissement de 500 000 m³ sur une période d'exploitation de 20 ans.

Cette estimation exclue les déchets produits par le secteur industriel et les établissements publics, l'enfouissement de ces déchets demande un volume beaucoup plus important, qui sera additionné à celui des déchets ménagers.

II.5. INFRASTRUCTURE D'UN C.E.T.

Les CET ont besoin d'une infrastructure solide afin d'assurer un fonctionnement et un rendement optimal, l'infrastructure s'articule sur :

- un bloc administratif : qui représente le centre névralgique où sont traité les tâches administratifs, le contrôle et le suivi des déchets acheminés au site;
- un bloc exécutif : qui renferme l'atelier de mécanique qui sert à la réparation et à la maintenance des engins et du matériel, le magasin où l'on stocke les outils et les ustensiles, les vestiaires et les douches qui sont tous les deux consacrés aux employés;
- le pont bascule : qui est muni d'une balance de grande capacité (≥ 40 tonnes), il sert à peser la quantité de déchets pour chaque camion rentrant dans le site, les camions passent obligatoirement par cette étape qui consiste à faire deux passages : le premier avec la charge de déchet, le second à vide après avoir déchargé, la différence entre les deux pesées déterminera le poids de déchet déchargé;
- un atelier de tri : qui a pour fonction de retirer les matériaux recyclables tel que le carton, le verre, les métaux et certain type de plastique, cette tâche est assurée soit automatiquement par des machines, soit manuellement par les ouvriers ou bien les

deux a la fois, bien sûr cette démarche reste pour certains pays un luxe qui ne peuvent pas se le payer;

- les casiers : dont le fond a été recouvert d'une géomembrane afin d'éviter toute infiltration des lixiviats vers le sous sol et empêcher tout risque de pollution des eaux souterraines. Le volume du casier varie en général de 100 000 à 700 000 m³;
- les bassins de lixiviats : qui récoltent le liquide percolé depuis le fond du casier à travers un réseau souterrain de conduites;
- éventuellement une station de traitement des lixiviats (obligatoire que pour certains pays) et un système de récupération des biogaz pour en faire une source d'énergie.

II.6. QUELQUES CELEBRES C.E.T. A TRAVERS LE MONDE

Dénomination du C.E.T.	Classe	Lieu	Date de lancement	Capacité de traitement	Gestionnaire
Olinda	II	Comté d'Orange - Californie- (Etats Unies)	1960	8000 t/j	County of Orange Integrated Waste Management Department
Bordé-Matin [21][27]	II	Roche-la-Molière -Rhône Alpes- (France)	1972	1300 t/j	Sita
Bure	I	Meuse -Haute-Marne- (France)	1980	-	ANDRA
La Tienne [22]	II	Viriat -Rhône-Alpes- (France)	1984	300 t/j	Organom
Turin [25]	II	-Turin- (Italie)	2005	900 t/j	Derichebourg
Québec	II	Côte de Beaupré – Québec- (Canada)	2004	350 t/j	Le comité de vigilance de la ville de Québec
Polesgo	II	-Ouagadougou- (Burkina Faso)	2005	20 000 t/j	-
Ouled Fayet	II	-Alger- (Algérie)	2001	800 t/j	Netcom
Jebel Chakir	II	-Tunis- (Tunisie)	1999	2000 t/j	ANGed
Aïn Beda [24]	II	-Fès- (Maroc)	2009	1000 t/j	"Edgeboro international " et "Ecomed"
Fresh Kills	II, III	Staten Island -New York- (États Unis)	1947	29 000 t/j	Waste Management Inc.
Gramacho	II, III	Rio (Brésil)	2005	8000 t/j	CAENGE Ambiental
Naamé	II	-Mont Liban- (Liban)	1997	300 t/j	Averda
Xingfeng-Guangzhou	II	-Province du Guangdong- (Chine)	2002	55000 t/j	Veolia
Huizhou	II	-Province du Guangdong- (Chine)	2005	110 t/j	Veolia
Seneca Meadows	II	Comté de Seneca -New York- (États Unis)	1953	6000 t/j	IESI Corporation

Tableau II.2: Quelques célèbres C.E.T. à travers le monde.

II.7. NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT

Bien qu'un C.E.T. soit un projet à durée limitée, ses conséquences sur l'environnement ne le sont pas.

Des nuisances peuvent se manifester au cours de la phase active et parfois même dans la phase de suivi ou de réhabilitation.

Une pollution des eaux souterraines peut se produire bien après la fermeture d'une décharge si des mesures de protection et de prévention ne sont pas employées pendant l'exploitation.

Le tableau ci-dessous résume les principales nuisances pour l'environnement.

Nature des nuisances	Origines	Impacts
Envois	Papiers et plastiques, feuilles, textiles	Pollution du milieu naturel, atteintes au paysage
Odeurs	Déchets, fermentation, biogaz	Désagréments pour le personnel et les riverains
Poussières	Circulation des véhicules et engins	Désagréments pour le personnel et les riverains
Animaux	Attrait nutritif des déchets	Transport de maladies, gêne pour l'aviation, atteinte à la chaîne alimentaire
Incendies et explosion	Imprudences, déchets incandescents, accumulation de biogaz	Danger pour le personnel, nuisances olfactives
Bruit	Circulation d'engins	Désagréments pour le personnel et les riverains
Défrichage déboisement	Implantation d'une installation de stockage	Appauvrissement paysager, gêne visuel
Pollution des sols et des eaux	Infiltration du lixiviat	Dégradation milieu naturel
Effet de serre	Biogaz non capté	Modification du climat, pathologie des plantes
Risques sanitaires	Toxicité des déchets, organismes pathogènes	Maladies

Tableau II.3: Nuisances et impacts d'un C.E.T. ^[1]

II.8. LIXIVIATS DES C.E.T.

Les lixiviats proviennent de l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement en substances minérales et organiques dissoutes ou en suspension issus des déchets ^[1]. Cette définition est très proche de celle adoptée par la législation européenne qui définit les lixiviats comme « tout liquide percolant à travers un dépôt d'ordures et contenu dans la décharge ou émis par celle-ci » (Art 2(i) Directive Européenne sur les décharges, adoptée le 27 avril 1999).

Les résultats obtenus sur le plan de qualité et la quantité en provenance de plusieurs sites mettent en évidence une ample fluctuation dans la composition des lixiviats, ce qui pourrait être expliqué par un mode d'exploitation des C.E.T. qui diffère d'un site à un autre dans la nature et l'âge des déchets, la surface exploitée ainsi que le mode de compactage rajouté à cela une différence en apport de pluviométrie.

La gamme de la composition des lixiviats d'ordures ménagères est très large et parfois contradictoire à long terme (jamais constante). C'est la conclusion à laquelle sont parvenus plusieurs auteurs en étudiant plusieurs sites. La fraction minérale est constituée essentiellement de sels : chlorures, sulfates, bicarbonates de potassium, sodium et ammonium, alors que la partie organique est liée à l'âge de la décharge. Si les jeunes décharges sont caractérisées par la dominance des acides gras volatils (AGV), surtout les acides actéiques, propioniques et butyriques ce sont des substances assimilées aux composés fulviques et humiques qui prédominent dans les lixiviats âgés.^[1]

A titre d'exemple le café filtré est un genre de lixiviat car il est obtenu en faisant passer de l'eau chaude au travers de la poudre de café.

II.9. DEFINITIONS DES DECHETS MENAGERS

La grande majorité des services chargés de la gestion des déchets des différents pays définissent les ordures ménagères comme un ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles on trouve:

- Les détritiques de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, de préparation de repas, balayures, textile, journaux etc.);
- Les déchets de bureaux, commerces, industries et administrations, déchets des cours et jardins dans la mesure où ces déchets peuvent prendre place dans une limite à fixer, dans les récipients individuels ou collectifs aux fins d'enlèvement par les services municipaux;
- Les crottins, fumier, feuilles mortes, bois résidu du nettoyage et du balayage de la voirie, jardins, cimetières, parcs, etc., rassemblés aux fins d'évacuation;
- Les détritiques de foires, Souks et marchés, etc.;
- Les résidus des collectivités (cantines, écoles, casernes, hospices, prisons ... etc.), ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés;
- Tout objet abandonné sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux.

Cette énumération exclue formellement :

- Les déblais, gravats, décombres et débris des chantiers de travaux publics et constructions;

- Les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs ainsi que les pansements, les médicaments, seringues et autres objets pouvant véhiculer des pollutions bactériologiques ou médicamenteuses;
- Tous les objets qui, en raison de leur encombrement, poids ou nature, ne pourraient être chargés dans les véhicules de collectes.

Chapitre III :

Les C.E.T. en Algérie

III.1. HISTORIQUE

Les premiers sites d'enfouissement des déchets ont été établis dans le sud de la Grèce à l'époque de l'empire minoen (2700 à 1200 av. J-C) dans la ville de Cnossos, ces habitants acheminés leurs ordures vers des fosses situées en périphérie de la ville.

Au moyen âge, les déchets des citadins étaient jetés dans la rue ou dans les rivières. Cela posait des problèmes de salubrité.

En 1348, le premier roi de France *Philippe VI de Valois* exige d'évacuer loin les déchets vers des fausses dédiées aux rejets d'ordures, les lieux de ces fausses étaient préalablement étudiés. Cette démarche été considérée comme un signe de progrès. En 1404 sous l'ère de *Charles VI*, les fausses à déchets vont se démocratiser et devenir de plus en plus répandues.

Au *XIX^{ème}* siècle, on se rend compte que l'hygiène est importante pour prévenir des maladies. En 1883, le Préfet de Paris, *Eugène POUBELLE*, impose aux Parisiens de jeter leurs déchets dans un récipient, qui a pris le nom de "poubelle".

Après Cinq siècles, les décharges ont évoluées pour devenir des établissements dangereux à la vie humaine et à l'environnement.

Les premières décharges à ordures des temps modernes sont créées en France dans les années 1920.

En Algérie, la majorité des C.E.T. actuels sont d'anciennes décharges contrôlées ou sauvages réhabilitées au cours de la dernière décennie, cette conversion est le fruit d'un vaste programme de traitement des déchets établi par le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET) dont le but est de rendre propre les agglomérations.

Les C.E.T. algériens s'inspirent du modèle français et adoptent les même modes de gestions ainsi que la même classification, leur gestion est soit assurée par l'état, soit confiée à des organismes privés.

III.2. ASPECT JURIDIQUE

D'après l'article 3 du décret exécutif n 04-410 du 2 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 14 décembre 2004 fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations paru le 7 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 19 décembre 2004 dans le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N 81 ; « sont qualifiées d'installations de traitement des déchets toutes installations destinées à la valorisation, au stockage et à l'élimination des déchets, notamment : les centres d'enfouissement techniques des déchets ménagers et assimilés.

L'article 11 du même décret stipule que : «Les exploitants des centres de traitement de déchets recevant des déchets ménagers et assimilés et des déchets inertes sont tenus de ne permettre l'accès à leurs installations que pour les déchets relevant de ces catégories. Les modalités de mise en œuvre des dispositions du présent article peuvent être précisées, le cas échéant, par un arrêté conjoint des ministres chargés de l'intérieur et de l'environnement».

L'article 15 du même décret stipule que : «Toute arrivée sur le site d'une installation de traitement de déchets spéciaux doit faire l'objet d'une vérification par l'exploitant de l'installation de traitement des déchets de:

- l'existence du document de mouvement tel que fixé par la réglementation en vigueur;
- l'existence du certificat d'acceptation préalable en cours de validité;
- l'inspection visuelle des déchets à l'entrée et au point de dépôt, et, le cas échéant, au prélèvement et à l'analyse d'échantillons représentatifs ou de tout autre procédé visant à s'assurer de la nature des déchets devant être admis;
- du pesage du chargement;
- du contrôle de l'absence de radioactivité. »

Il appartient à l'exploitant de l'installation de traitement de s'assurer de la conformité des déchets avec les indications fournies dans le certificat d'acceptation préalable.

En Algérie le décret 84 – 378 du 15 décembre 1984, fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains stipule que : « l'Assemblée populaire organise, dans les conditions définies par le présent chapitre, sur son territoire, soit directement, soit en association par l'intermédiaire d'organismes intercommunaux et / ou appropriés, un service de collecte et d'élimination des déchets solides urbains, à l'exclusion de certains déchets ».

Conformément aux dispositions de la loi N°90 – 08 et à la loi 19 – 01, la gestion des déchets ménagers et assimilés est à la charge de l'assemblée populaire communale qui organise sur

son territoire, un service public en vue de satisfaire les besoins de ses citoyens en matière de collecte, de tri, de transport, de valorisation ou d'élimination de ces déchets.

L'assemblée populaire communale peut concéder la gestion des déchets ménagers et assimilés à des tiers, mais elle reste toujours responsable de son exécution. Aussi les assemblées communales de deux ou plusieurs communes peuvent s'associer pour la gestion des déchets.

D'autres textes de loi viennent renforcer la volonté du pouvoir de protéger l'environnement :

- loi N°01 – 19 du 12/12/2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets;
- décret N°84 – 378 du 15/12/1984, fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides;
- décret exécutif N°91 – 177 du 28 mai 1991, fixant les procédures d'élimination et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et le contenu des documents y afférent;
- décret exécutif N°96 – 60 du 27/01/1996, portant création de l'inspection de l'environnement de Wilaya;
- décret exécutif N°2 – 175 du 20/05/2002, portant création de l'Agence Nationale des Déchets...

Le décret relatif au stockage des déchets ménagers et assimilés est en cours d'étude.

Concernant les déchets dangereux, l'Algérie a signé le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer méditerranée par les mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et envisage prochainement la signature de la convention de Bâle et celle de Bamako.

III.3. PRODUCTION ET EVOLUTION DES DECHETS MENAGERS

III.3.1. Variabilité de la production des déchets ménagers :

Les taux de production des déchets peuvent varier énormément, ces variations peuvent être expliquées par plusieurs facteurs qui sont :

- milieu d’habitation (urbain ou rural);
- le niveau social (habitudes et les mœurs de la population);
- les conditions climatiques, ainsi que les variations annuelles et saisonnières;
- les événements traditionnels et coutumiers (fêtes, carnivals, foires, vacances annuelle, pèlerinage, etc.) plus ou moins importants de la population au cours de l’année;
- des modes de conditionnement des denrées et des marchandises.

III.3.2. Mesure de la production des déchets ménagers :

En raison de la compressibilité des déchets ménagers, seul le poids constitue une donnée fiable et mesurable sur un pont-bascule à l’instar du volume qui peut être compressé et fausser les résultats. La quantité de déchet est exprimée en kg/habitant/jour ou par année. Cependant l’estimation des volumes reste nécessaire dans le cas où on veut définir la taille des récipients.

En pratique, les quantités de déchets ménagers générées sont plus importantes que celles des ordures collectées.

III.3.3. Taux de production des déchets ménagers dans le territoire algérien :

Un Algérien produit en moyenne, chaque année, 350 kilos de déchets. En quantité globale et annuelle, cela correspond à quelque 11 millions de tonnes de détritiques qui se déversent sur le territoire national. Bien sûr cela varie du milieu d’habitation :

Le tableau suivant représente les taux de production des déchets selon le milieu d’habitation.

Milieu	Production (kg/j/h)
Rural	0,5
Urbain	~ 0,7
Capitale (Alger)	~ 0,9

Tableau III.1: Taux de production des déchets par habitant dans le territoire algérien. ^[14]

III.3.4. Composition moyenne des déchets ménagers algériens :

La composition des déchets est assez variable selon les régions, cette variation est pratiquement due aux mêmes facteurs qui influent sur la production des déchets (citer au-par-avant).

Cela dit, on note que dans l'ensemble, la plus grande part est celle des matières organique (putrescibles).

Des études menées sur deux sites (Alger et Biskra) durant une période de deux ans ont mis à jour que les déchets produits par les ménages tant du point de vue de la taille que du point de vue composition été similaire avec une légère différence dans matières organiques entre les deux villes.

La figure suivante reflète la composition moyenne des déchets des ménages algériens.

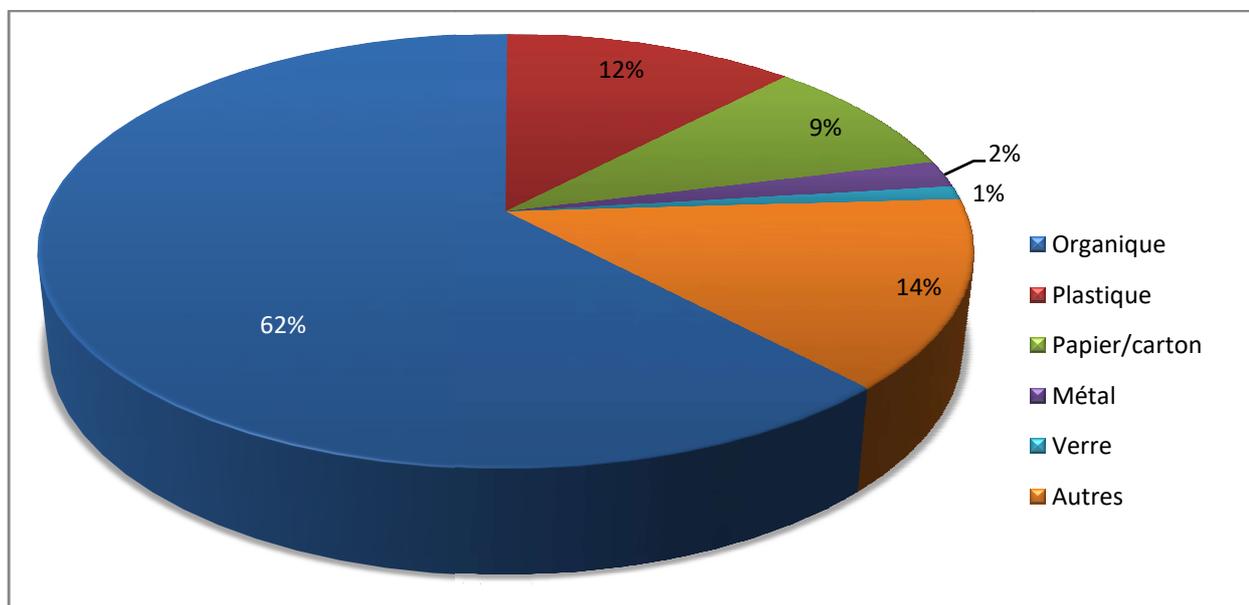


Figure III.1 : Composition moyenne de déchets ménagers algériens. ^[14]

Origine des déchets ménagers par générateur (%)	
Domestique et commercial	85
Industriels (banals)	15

Tableau III.2: Origine des déchets par générateur. ^[14]

III.4. PRISE EN CHARGE DES DECHETS

La gestion des déchets en Algérie est assurée par deux acteurs qui sont :

- Le secteur public : le gouvernement algérien a décidé d'intervenir dans la gestion des déchets par la mise en place du Programme national pour la Gestion intégrée des Déchets Ménagers (PROGDEM). Ce programme est engagé par le gouvernement dans le cadre du plan triennal de soutien de relance économique à travers les 40 villes du pays. Certaines activités liées aux déchets telles que le développement et la promotion de la réduction à la source, de la collecte sélective et du recyclage sont menées à un niveau national par l'Agence Nationale des Déchets (AND). L'AND a été créée par décret exécutif N°02 – 175 du 20 mai 2002;
- Le secteur privé et ou les ONG (organisme non gouvernemental) : plusieurs opérateurs privés se sont engagés dans la collecte des déchets ménagers mais, ils ont cédé la place très vite aux grands opérateurs tel que « Net-Com » ; société publique de nettoyage de la ville d'Alger qui s'occupe presque de toute la wilaya. Cette entreprise s'occupe aussi de l'exploitation du C.E.T. de Ouled Fayet. Les opérateurs privés sont de petits bureaux d'étude qui aujourd'hui sont orientés vers la réhabilitation des sites historiques. ^[1]

III.5. ETAT ACTUEL DES C.E.T. EN ALGERIE

Selon l'Agence Nationale des Déchets (AND), la production de déchets ménagers est estimée à 7 millions de tonnes par an, chiffre en constante augmentation. Ces estimations révèlent une production moyenne de déchet de 0,7kg/hab/j dans les grandes villes, contre 0,5kg/hab/j dans les villes plus moyennes.

La solution technique retenue par l'Algérie pour le traitement des déchets ménagers est l'enfouissement. A ce titre, plusieurs C.E.T. ont été réalisés.

Selon le ministre de l'aménagement du territoire de l'environnement et du tourisme M. Cherif RAHMANI; 105 centres d'enfouissement technique des déchets ménagers ont été réalisés à travers le territoire national, dont 43 ont été mis en exploitation, a-t-il déclaré le jeudi 12 janvier 2012 devant l'assemblée populaire nationale. ^[16]

La réalisation de ces centres s'inscrit dans le cadre de la politique nationale de gestion, de traitement et de recyclage des déchets ménagers et vise à rompre avec les anciennes méthodes de gestion des déchets, a indiqué M. RAHMANI au cours du même discours, rajoutant que la réalisation d'un centre d'enfouissement technique exige une étude d'impact sur l'environnement et la santé des citoyens, précisant que le site choisi ne doit pas constituer un danger pour les régions protégées et naturelles et doit être loin des oueds et des régions à forte population.

Concernant les mauvaises odeurs qui se dégagent de Oued Djemaa (Relizane), une vaste opération de boisement est en cours dans cette région pour la plantation de 10000 arbustes en vue de réduire l'émanation des mauvaises odeurs.

S'agissant de la fermeture définitive de la décharge de Oued Semmar, le site de cette décharge soumis à une étude technique approfondie sera réservé à un parc public, et ce dans le cadre de l'élargissement des espaces verts dans la capitale, a déclaré le ministre à la presse en marge de la séance plénière.

La décharge de Ouled Fayet sera bientôt fermée et remplacée par un parc, a-t-il indiqué, rappelant que la capitale sera dotée de trois centres d'enfouissement technique.

Cependant, les C.E.T. en Algérie font l'objet de plusieurs plaintes dû en grande partie à leur nuisance olfactive, c'est le cas par exemple d'un C.E.T. qui se trouve dans la wilaya d'Alger et qui a fait l'objet d'une plainte de la part d'un hôtel situé à proximité.

Le problème des déchets ménagers paraît minime à côté d'un autre danger, moins visible : les déchets des usines tels que les huiles de vidange et les déchets hospitaliers mal contrôlés et souvent déversés dans la nature.

En 2006, les autorités mettent en place plusieurs mesures, afin d'éliminer les déchets spéciaux en :

- interdisant les produits à base de PCB;
- établissant des fonds spéciaux;
- faisant payer les pollueurs pour leur transgression;
- recyclant ;
- encourageant les industriels à respecter l'environnement.

Un plan national de gestion des déchets spéciaux (PNAGDES) a été lancé au début des années 2000 par le MATET, ce plan s'étalé sur une période de 10 ans.

Un plan de cadastre national a été réalisé en 2002 afin de suivre l'évolution de la production des déchets spéciaux. Ce dispositif a ainsi permis de procéder à l'aménagement et à l'équipement de C.E.T. dans 40 villes du pays.

III.6. PROBLEMATIQUE DES DECHETS EN ALGERIE

La problématique de la gestion des déchets est l'un des problèmes primordiaux dont les autorités municipales des villes algériennes font face.

La collecte dans les quartiers est assurée par des entreprises en association avec les autorités municipales des villes, cependant les filières de valorisation restent très rares se contentant qu'à regrouper les déchets et les acheminer vers les C.E.T.

Exposition de la population des risques sanitaires causés par des conditions d'élimination des déchets inadéquates.

Les décharges peuvent être parfois mal implantées et exploitées sans respect de l'environnement et sans règles élémentaires d'hygiène publique.

Les déchets médicaux et pharmaceutiques constituent un grave problème, étant donné que la quantité des produits périmés et des déchets hospitaliers est estimée à environ 37 000 tonnes par an.^[12]

Les réactions biologiques et chimiques entre les différents constituants des déchets en présence de l'air génèrent des nuisances de plusieurs ordres. On peut citer :

- émanation d'odeurs nauséabondes;
- dégagement de poussières dû aux activités des engins;
- envol des éléments légers (papiers, sacs plastiques);
- prolifération des insectes, rongeurs et agents propagateurs de maladies;
- maladies respiratoires et le développement d'allergies, etc.

La production de lixiviat est aussi, un des principaux problèmes environnementaux associés à l'exploitation d'un site d'enfouissement car le lixiviat qui percole à travers la couche de protection au fond du site peut contaminer l'eau souterraine et le sol sous-jacent au site. Il faut noter que l'eau est un vecteur déterminant dans l'évolution d'une décharge. Une percolation accrue dilue le lixiviat et rend son traitement plus difficile et plus coûteux.

Il est nécessaire de mentionner que l'Algérie n'a pas assez d'expérience dans ce domaine et ne possède pas le recul nécessaire pour maîtriser totalement le sujet.

L'Algérie compte une centaine de C.E.T. à travers son territoire, les plus célèbres sont :

- Centre d'enfouissement technique de Ouled Fayet (W. d' Alger) inauguré en 2001.
- Centre d'enfouissement technique de Staoueli (W. d'Alger) inauguré en 2009.
- Centre d'enfouissement technique d'El Outaya (W. de Biskra) inauguré en 2004.
- Centre d'enfouissement technique de Boughareb (W. de Constantine) inauguré en 2005.^[17]
- Centre d'enfouissement technique de Oued El Djemaa (W. de Relizane) inauguré en 2008.
- Centre d'enfouissement technique intercommunal de Sidi-Safi à Beni Saf (W. de Ain Timouchent) inauguré en 2010.
- Centre d'enfouissement technique intercommunal de Soumâa (W. de Blida) dont il fait l'objet de cette étude.

Chapitre IV :
C.E.T. de Soumâa

IV.1. PRESENTATION

Le C.E.T. de Soumâa a été inauguré par le ministre de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme Mr Chérif RAHMANI en janvier 2008, son emplacement se situe dans la wilaya de Blida à 15km au nord-est de la ville du même nom, plus précisément à 4km de la ville de Soumâa sur la route nationale 29 en allant vers la ville de Bouinene, des habitations s'y trouvent aux alentours comme ceux du village de Sâada à moins d'un kilomètre au nord-ouest du site, ainsi que la commune de Amroussa qui se trouve à moins de 2km en allant vers l'est vers Bouinene.

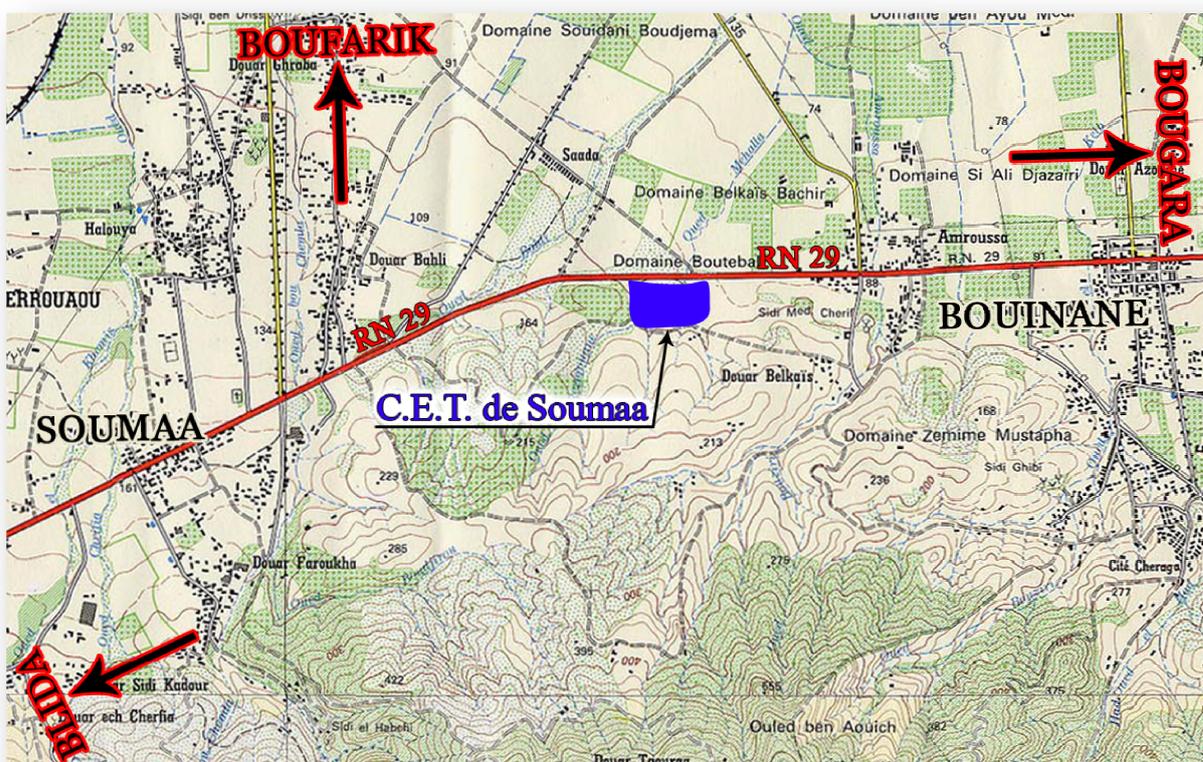


Figure IV.1 : Localisation géographique du site (échelle : 1/50 000).

Le C.E.T. de Soumâa s'inscrit dans le cadre de la gestion intégrée des déchets ménagers. Il permettra, une fois opérationnel, l'élimination progressive des décharges sauvages.

IV.1.1. Caractéristiques du site :

Le site fait 11ha de superficie bordé par une clôture de 1450m, son lancement était assuré par la direction de l'environnement de la wilaya de Blida qui était maître de l'ouvrage. A l'origine le C.E.T. était une carrière de Tuf, le coût global du projet s'élevé au tour de 330 millions de dinars.

Les critères qui ont favorisé le choix de l'emplacement du site sont les suivants :

- Le site était un bien de l'état ce qui ôte tout problème d'exonération envers d'éventuels propriétaires;
- L'isolement du site par rapport à l'urbanisation;
- Le site était une ancienne carrière de Tuf, ce qui induit à un sol peu perméable.

Les déchets admis au C.E.T. proviennent de 9 communes sur 25 de la wilaya de Blida, ce qui représente environ 500 tonnes par jour pour environ 200 camions. Il va également générer des sources de revenus pour les APC et les entreprises qui seront appelées à le gérer.

Le site possède deux casiers d'enfouissement ; le casier est le cratère creusé dans le sol dans lequel on accumule les déchets, les casiers sont en général recouverts de :

- une géomembrane composée à base de polyéthylène ou polypropylène qui assure une étanchéité vis-à-vis du sol;
- un géotextile qui ressemble à de la moquette et qui se situe entre la géomembrane et la couche drainante, il permet de filtrer les particules;
- une couche drainante de 50 cm d'épaisseur qui est constituée d'un matériau filtrant ; style gravier, son rôle est de filtrer le percolât et réduire sa charge en MES. (voir figure ci-après).

La collecte des lixiviats est assurée par une conduite en PEHD de diamètre de 30cm qui se trouve au fond du casier, les lixiviats seront par la suite évacués vers les bassins de décantation.

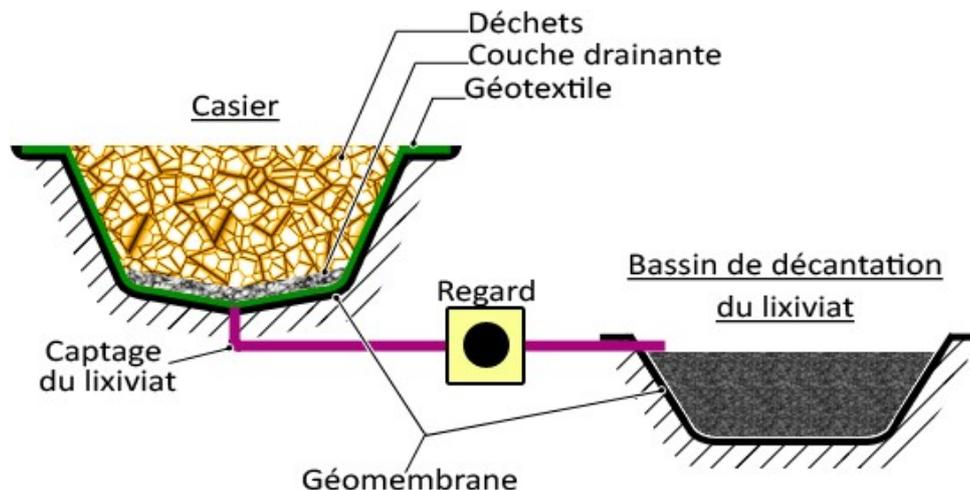


Figure IV.2: Casier et bassin de décantation du lixiviat (coupe transversale).

Les caractéristiques de chaque casier sont les suivantes :

- Casier N° 1 : il se présente sous la forme d'un trapèze, sa capacité est estimée à 360 000m³ pour une superficie d'environ 2,7ha, ce casier est opérationnel depuis l'ouverture du C.E.T. mais arrive en fin de vie (son taux de remplissage atteint

aujourd'hui les 98%), néanmoins des projets d'agrandissement qui se portent sur un casier additionnel sont en cours d'étude.



Photo IV.1 : Casier n°1.

- Casier № 2 : suite au niveau de remplissage atteint dans le casier 1, le C.E.T. devait solutionner le problème et donc on a décidé d'établir un second casier juste à coté du premier, le casier 2 est en cours de réalisation, il aura un volume plus important que son prédécesseur à savoir 560 000 m³.



Photo IV.2 : Casier n°2.

Les bassins des lixiviats sont beaucoup plus petits comparés aux casiers et sont couverts uniquement d'une géomembrane totalement imperméable pour éviter tout risque de percolation des lixiviats.



Photo IV.3 : Bassin de lixiviat n°1.



Photo IV.4 : Bassins de lixiviat n°2,3 et 4.

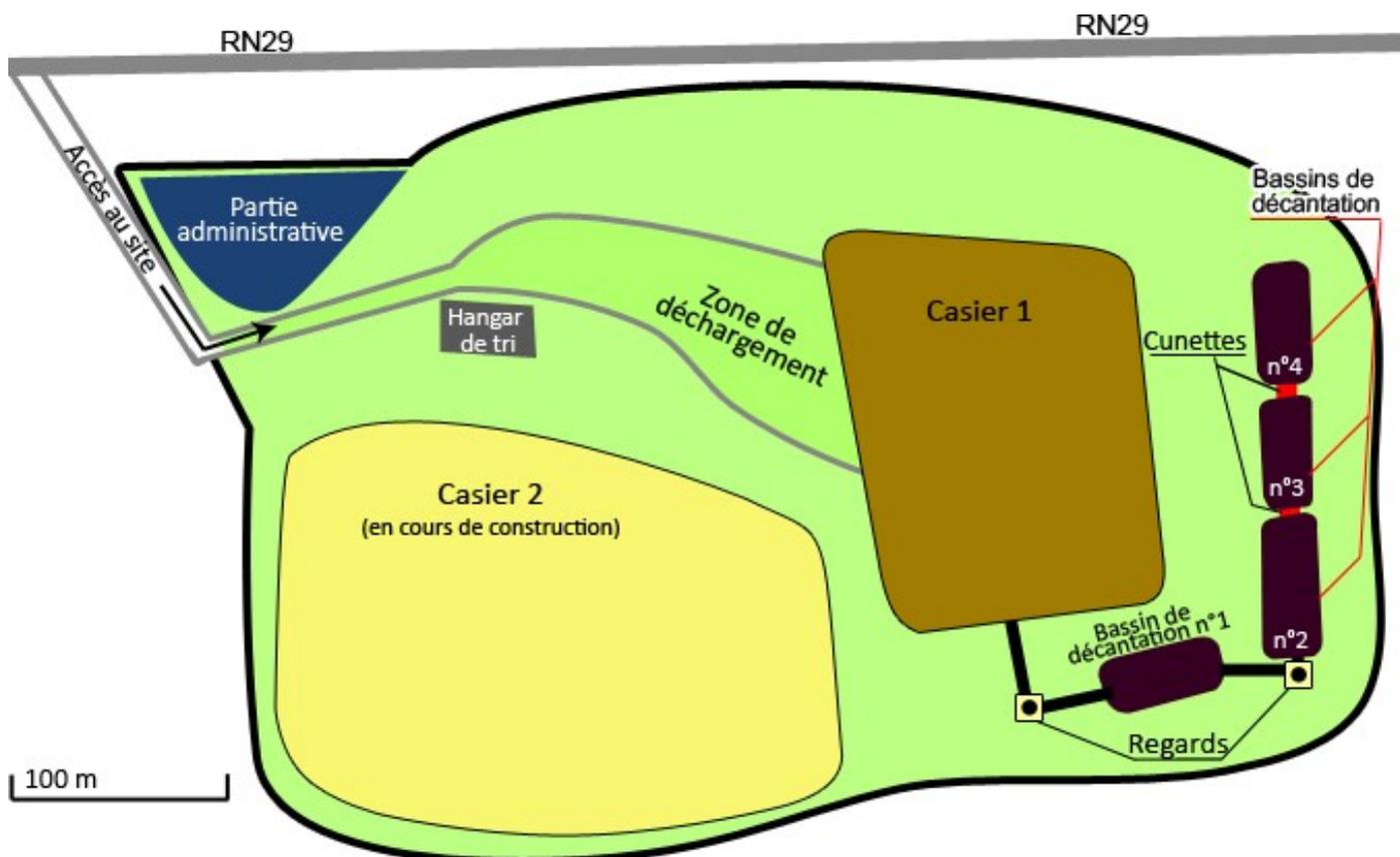


Figure IV.3 : Vue aérienne de l'ensemble du C.E.T.

Il existe quatre bassins répartis en deux groupes :

- Le 1er groupe est constitué du bassin n°1 qui reçoit les lixiviats du casier 1 pour par la suite les distribués au second groupe à l'aide d'une canalisation en PEHD de 30cm de diamètre ;
- Le 2ème groupe est constitué des bassins n° 2,3 et 4 qui sont connectés entre eux par des cunettes, leur fonction est la même que le bassin n°1 à savoir la décantation des lixiviats.

Les propriétés des bassins des lixiviats sont regroupées dans le tableau qui suit :

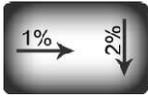
Bassins	1	2	3	4
S (m ²)	1400	1680	1372	1568
H (m)	2,8	2,65	2,4	1,9
Pente (%) [↑ Nord]				

Tableau IV.1: Dimensions des bassins de lixiviat. [Source : direction du C.E.T. de Soumâa]

Un petit cours d'eau artificiel se trouve à coté des bassins de décantation servant aux lâchers de lixiviat lors d'épisode pluvieux vers l'oued à proximité qui est Oued Melaha a été remanié le long de la limite Est du site, jusqu'au niveau du pont de la RN 29, afin de protéger le site

des risques d'inondations, d'après le directeur du C.E.T. : une fois les lixiviats dilués dans les eaux pluviales, les impacts sur l'environnement seront amoindris.

IV.2. PROBLEMES DU C.E.T.

Les C.E.T. de part le monde et plus particulièrement en Algérie représentent généralement une image assez négative surtout pour les ONG qui défendent l'environnement, à cela vient s'ajouter bon nombre de dysfonctionnements qui touchent les C.E.T. et plus spécialement les C.E.T. algériens.

Nous nous intéresserons au cas du C.E.T. de Soumâa, et nous verrons ce qui pourrait être anodin en temps normal pour un amateur mais dont le dysfonctionnement aura des répercussions conséquentes sur l'environnement.

Ces défaillances sont les suivantes :

- Incapacité à contrôler la contenance des déversements des déchets admis au sein du C.E.T., les déchargements les plus suspectés étant ceux en provenance du secteur hospitalier et industriel.
- Absence du tri sélectif, les seuls travaux de tri se résument à dépouiller les sacs poubelle en provenances des foyers afin d'y extraire les bouteilles et bidons en plastique pour les stocker dans un hangar afin de les expédier à la déchetterie de Beni-Mered. Notons au passage que ce travail de tri est effectué par des ouvriers dont la majorité ne dépasse pas les 20 ans et dont les équipements de protection laissent à désirer, notons aussi les conditions de travail qui sont d'un autre âge.
- Présence d'enfants qui ramassent des objets de valeurs telles que les métaux, alors que l'accès au site est totalement interdit pour les particuliers, notons en plus que ces enfants s'exposent à des dangers et peuvent être renversés par les camions qui déchargent ou par les engins qui travaillent, en cas d'accident la totale responsabilité sera endossée au C.E.T.



Photo IV.5 : Présence d'enfants au C.E.T.

- D'une façon générale ; on peut aussi relever un manque d'expériences dans le domaine des C.E.T., d'ailleurs que ça soit pour les cadres ou le personnel qui y

travaillent aucun d'eux n'a reçu de formation appropriée, ce qui pourrait engendrer une mal exploitation du site.

- Absence de compactage des déchets dans le casier ce qui induit au gonflement des déchets créant une agglomération des lixiviats dans le casier réduisant du coup son volume et qui conduit à la déstabilisation de bulldozer lors de leurs manœuvres, rappelons que le compactage doit être effectué avec des engins de terrassement spéciaux.
- Les réactions biologiques et chimiques entre les différents constituants des déchets en présence de l'air génèrent des nuisances de plusieurs ordres, On peut citer :
 - l'émanation d'odeurs nauséabondes et dégagement de poussières;
 - l'envol des éléments légers (papiers, matières plastiques);
 - la prolifération des insectes, rongeurs et agents propagateurs de maladies, des maladies respiratoires et le développement d'allergies, etc.^[9]
- Absence de réseau de captage des biogaz, cette remarque s'applique pour tous les C.E.T. d'Algérie, ce qui se traduit par le dégagement de mauvaises odeurs au sein et en dehors du site surtout en période d'été et lorsqu'il y a du vent. Ce fléau est de loin le plus gênant pour les habitants des régions aux alentours, des témoignages des riverains ont été recueillis par les journalistes du quotidien national « El Watan » du 14 mars 2012 : «Les odeurs sont infernales, surtout en été», déclare un habitant de cette localité relevant de la commune de Bouinan. «Dès qu'il y a un peu de vent, ça pue, c'est encore pire en été, l'air devient irrespirable», ajoute un jeune garçon. «Lorsque je me réveille pour la prière de l'aube, l'odeur est très forte», se plaint pour sa part une vieille dame. Même les habitants de la commune de Soumaâ sont touchés par ces odeurs nauséabondes. Ce qui n'est pas sans incidence sur la santé des populations. Les plus vulnérables, à savoir les personnes âgées et les enfants sont les plus exposés aux éventuelles allergies.

A cela vient s'ajouter l'envol d'objets légers tel que les sacs plastiques qui s'accrochent dans les branches des arbres aux alentours.

Insuffisance du couvert végétal et du boisement au sein du C.E.T. qui a pour but d'atténuer la diffusion des mauvaises odeurs.

Une diminution accélérée de la capacité du casier due à l'acceptation de déchets souvent mal classés (trop volumineux tel que arbre, gravât...). Initialement, un casier de l'envergure de celui du C.E.T. de Soumaâ est programmé pour au moins 15 ans d'enfouissement, mais malheureusement le casier arrive à saturation au bout de 5 ans d'exploitation.

Le site subit aussi des actes de vandalismes, en effet des actes de sabotage de la géomembrane des bassins de lixiviat et de la clôture de l'enceinte sont commis malgré la présence d'une équipe de surveillance qui opère 24 heures sur 24.



Photo IV.6 : Sabotage de la géomembrane du bassin de lixiviat n°1.

Présence d'animaux volatiles (cigognes, corbeaux, pigeons,...), de canidés et de rongeurs susceptibles d'attraper des maladies et de les transmettre à l'homme.

La production de lixiviat est aussi, un des principaux problèmes environnementaux associés à l'exploitation d'un site d'enfouissement car le lixiviat qui percole à travers la couche de protection au fond du site peut contaminer l'eau souterraine et le sol sous-jacent au site. Il faut noter que l'eau est un vecteur déterminant dans l'évolution d'une décharge. Une percolation accrue dilue le lixiviat et rend son traitement plus difficile et plus coûteux.^[9]

IV.3. PROBLEMES DES LIXIVIATS

En dehors des biogaz qui engendrent de mauvaises odeurs, le C.E.T. de Soumâa souffre aussi de la production des lixiviats. En effet le site produit pas moins de 52¹ m³/j de ce liquide, ce dernier va être canalisé vers des bassins sensés diminuer sa charge en éléments toxiques, mais cette démarche n'est guère efficace d'autant plus qu'au bout du compte, le liquide toxique va être évacué vers le cours d'eau artificiel présent dans le site qui se déverse dans Oued Melaha portant atteinte à l'environnement adjacent mais aussi tout le long du parcours de l'Oued.



Photo IV.7 : Evacuation des lixiviats en dehors du C.E.T.

¹ Valeur communiquée par la direction du C.E.T., obtenue par bilan hydrique.

Lors de mon séjour au sein du C.E.T. en décembre dernier, il se produisait un épisode pluvieux assez important, ce qui a provoqué une production accrue de lixiviat d'autant plus que les bassins n° 2,3,4 étaient en cours de rénovation, l'ensemble de ces deux facteurs a provoqué le débordement de lixiviat qui s'est répandu un peu partout sur le sol dans la partie orientale du site.

Le lixiviat se mélangeait à la boue ce qui contaminait le sol, d'autant plus que les employés ainsi que moi même avions nos bottes en caoutchouc totalement recouvertes de boue mélangée au lixiviat, rendant nos déplacements très lourds, pour les employés qui faisaient le tri, l'exposition aux risques de contamination été alors démultipliée.

Les paramètres du lixiviat du C.E.T. de Soumâa sont résumés dans le tableau qui suit :

Demandeur	EPWC-CET					ONA	Normes
Point de prélèvement (CET de Soumâa)	Bassins de lixiviat				Casier	Bassins de lixiviat	
Date de prélèvement	06/05/2010	24/11/2010	24/08/2011	14/12/2010		31/01/2011	
Laboratoire	ANRH (n°1592)		PiLAB	ONDD		ONA	
Source	ANRH (Blida)	EPWC-CET (Blida)				MESSAOUDI K.	
Paramètres	Résultats						
Température (°C)	-	-	28	-	-	17	≤30
pH	-	-	7,88	8	6,2	-	6,5 – 8,5
C.E (mmhos)	-	-	-	-	-	13,73	-
Nitrates (mg/l)	-	-	-	210	170	-	-
Ammonium (NH ₄) (mg/l)	-	-	-	-	-	40	-
N.T Kjeldahl (NH ₄) (mg/l)	-	-	96	-	-	-	30
Azote ammoniacal	-	-	-	<0,02	0,54	-	-
Phosphates (PO ₄) (mg/l)	-	-	-	-	-	21	-
Phosphore	-	-	48,76	48,76	48,76	-	10
DCO (mg/l)	-	-	1170	1400	42000	1102	120
DBO ₅ (mg/l)	-	-	340	1000	2300	-	36
MES à 105°C (mg/l)	-	-	100	76	1100	-	35
Fer (mg/l)	0,350	3,035	6,389	6,389	6,389	-	3
Manganèse (mg/l)	0,015	0,035	0,889	0,889	0,889	-	1
Plomb (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,5
Cuivre (mg/l)	0,025	0,1	0,067	0,067	0,067	-	0,5
Zinc (mg/l)	0,016	<0,0001	0,321	0,321	0,321	-	3
Chrome total (mg/l)	0,013	0,665	0,277	0,277	0,277	-	0,5
Arsenic (mg/l)	0,045	-	-	-	-	-	-
Cadmium (mg/l)	<0,001	<0,001	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,2

Tableau IV.2: Caractérisation des lixiviats du C.E.T. de Soumâa à travers plusieurs prélèvements.

Interprétation des résultats :

D'après le tableau d'analyse, la déduction la plus plausible est l'instabilité des teneurs des différents paramètres à travers les divers échantillonnages, cela conforte la thèse des précédents chercheurs qui se sont penchés sur le sujet, cette fluctuation peut être expliquée

par le déroulement des cycles saisonniers, on peut aussi remarquer que le rapport de la biodégradabilité (DBO_5/DCO) est plus important en période hivernale qu'en période estivale. Tous ces facteurs induisent à préconiser un mode de traitement qui soit « souple ».



Photo IV.8 : Fuites des lixiviats.

Le plus grand risque pour l'environnement se produit lors du rejet direct de lixiviat vers le milieu récepteur tel que les cours d'eau.

L'évacuation direct du lixiviat vers le milieu aquatique engendre un impact aigu et chronique sur l'environnement qui peut être très grave et peut gravement nuire à la biodiversité en réduisant considérablement les populations d'espèces sensibles.

Ainsi, le déversement de lixiviat sur le sol pourrait avoir comme conséquence la contamination des eaux souterraines par infiltration, d'autant plus que la région où se situe le C.E.T. de Soumâa et connue comme une zone en dessous de laquelle s'étend la nappe de la Mitidja, ainsi cette contamination pourrait exposer la population à un réel danger sanitaire.

D'après les analyses effectuées concernant la composition chimique du lixiviat du C.E.T. de Soumâa, on constate que les concentrations des métaux lourds sont très élevées. Ces concentrations peuvent représenter une menace directe pour la santé si ces éléments sont en contact avec l'homme de par son environnement ou dans son alimentation.

Les principaux dangers des métaux lourds qui peuvent menacer la santé humaine sont:

- le remplacement ou la substitution des minéraux essentiels;
- troubles digestifs qui varient selon les concentrations;
- ils ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries;
- changement du code génétique de l'être humain;
- production de radicaux libres;
- neutralisation des acides aminés utilisés pour la détoxification;
- ils causent des allergies;
- ils endommagent les cellules nerveuses.^[15]

IV.4. TEMOIGNAGES

«En été, il n’y a pas de problème. En hiver, les bacs peuvent déborder et donc le lixiviat avec.» confie M. Chelha, président de l’association environnementale «Chlorophylle» de Blida au quotidien national *El-Wattan*. Ce liquide noirâtre est très dangereux pour l’environnement. En prenant la direction des deux oueds, les agriculteurs peuvent y être exposés sans se rendre compte.

«Nous avons informé le wali de Blida en 2010, une réunion en séance plénière a été organisée, et une année après on a reposé le problème mais il persiste toujours», déclare M. Chelha. Et de poursuivre : «Deux problèmes se posent, celui de l’irrigation par les agriculteurs avec cette eau, et deuxièmement la possibilité d’une contamination de la nappe phréatique, ce qui mettrait en danger la santé publique.» Pour lui, le C.E.T. de Soumâa est mal exploité et la santé des citoyens est en danger.

«Vous savez, à Boufarik, beaucoup de personnes souffrent de méningite. C’est une maladie transmissible par voie hydrique. C’est la nappe d’eau qui est touchée», insiste-t-il. Selon le directeur du C.E.T., quand il pleut, le lixiviat est dilué, il n’y a donc pas de risque. Le directeur de cet établissement déclare avoir connu un problème de capacité d’absorption de ce jus de décharge «On ne peut pas concevoir une technique de traitement des déchets 100% fiable. Nous sommes en train de régler le problème ; c’est une technique qu’on utilise depuis peu et on est en train de chercher de meilleures solutions», déclare-t-il.

La direction de l’environnement de Blida rassure que le C.E.T. répond aux normes et il n’y a pas lieu de s’inquiéter. Selon le directeur, «Il existe 2 millions de tonnes de déchets à Blida, le C.E.T. ne traite que les 200 000 tonnes, et le reste alimente les décharges sauvages. Cependant, nous essayons d’éradiquer ces décharges sauvages qui dégagent une grande quantité de lixiviat.»^[18]

IV.5. CONSTAT

Compte tenu de leur composition et leur volume de production, les lixiviats ne peuvent en aucun cas être rejetés directement dans le milieu naturel.

Il est urgent de remédier à ce problème qui menace non seulement la faune et la flore mais aussi fortement la santé humaine, la solution envisageable est le traitement du lixiviat avant rejet. Chaque exploitant a l’obligation réglementaire de les collecter mais surtout de les traiter.

Chapitre V :
Solution au problème des lixiviats

V.1. DISCERNEMENT DES LIXIVIATS

Bien que le C.E.T. soit la solution la plus adéquate et répandue pour l'élimination des déchets solides, dû essentiellement à son faible coût et à sa facilité d'application, le traitement type approprié au lixiviat demeure un défi scientifique.

La filière de traitement des lixiviats reste un choix qui dépend de leur nature.

Autant l'estimation du volume des lixiviats reste possible en utilisant le bilan hydrique, autant la prévision de leur composition demeure difficile.

De ce fait, la définition du traitement type devient quasi impossible, en revanche on peut proposer un traitement en fonction de l'âge des déchets.

Bien sûr, il faudra effectuer des tests préliminaires de traitabilité à tout traitement pour s'assurer des possibilités de traitement envisagé. Celui-ci devra être évolutif au cours du temps, afin de prendre en compte le changement des caractéristiques du lixiviat.

V.2. CLASSIFICATION DES LIXIVIATS

FRANÇOIS V. (2004) rapporte que le traitement biologique doit être choisi pour un « jus » jeune chargé en MO alors qu'un traitement physico-chimique sera plus efficace pour un vieux lixiviat avec une charge organique faible et réfractaire. Selon le même auteur, en France, en 2000, près de 50 % des lixiviats avaient été traités dans les stations d'épuration urbaines (STEP) sans avoir subi de traitement préalable.^[2]

Paramètres	Lixiviats jeunes	Lixiviats intermédiaires	Lixiviats stabilisés
Age de la décharge	< à 5 ans	5 à 10 ans	> à 10 ans
pH	< 7	≈7	> 7
DCO (gO ₂ /l)	> 20	3 à 15	< 2
Biodégradabilité (DBO ₅ /DCO)	moyenne > 0,3	assez faible 0,1 à 0,3	très faible < 0,1
Concentration en acides organiques	forte > 80% du COT	moyenne 20 à 30 % du COT	nulle
Charge organique	prédominance des acides gras volatils	réduction des acides gras volatils	prédominance des macromolécules
Profil en CLG (Chromatographie liquide sur gel)	rareté relative des composés de haut Poids Moléculaire (PM)	mélange de composés organiques de PM>500 Da, d'acides carboxyliques et de composés de faible PM	composés organiques de PM élevés (>5000 KDa)

Tableau V.1: Classification des lixiviats selon leur âge. [Millot, 1986 ; Ramade, 1998]

Ce type de classification peut induire aux conclusions suivantes :

- un lixiviat jeune, âgé de moins de 5 ans se situerait dans les premières phases de dégradation (hydrolyse, acidogénèse) ;
- la production d'un lixiviat de 5 à 10 ans, nommé intermédiaire correspondrait à la mise en place des phases acétogènes, méthanogènes ;

- un lixiviat dit stabilisé, âgé de plus de 10 ans appartiendrait aux phases de fin de dégradation (méthanogénèse et maturation).

Cependant, la qualité du lixiviat produit n'évolue pas toujours de façon idéale en fonction de l'âge de dégradation du déchet. Des analyses de lixiviats réalisées par le CReED (OGSI, 2001) sur 4 sites ont mis en évidence des incohérences entre la qualité du lixiviat et l'âge de dégradation du déchet. Des facteurs liés au site (conditions d'enfouissement, climat) et aux déchets (composition, quantité) ont de forts impacts sur la production et la qualité du lixiviat.

Certains paramètres sont communs à tous les lixiviats quel que soit le stade de dégradation (concentration élevée en chlorure, sodium, potassium et forte alcalinité); tandis que d'autres dépendent de l'évolution de la bioactivité de la décharge et sont généralement très élevés pendant les premières phases (matière organique, azote organique, Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+}).^{[11][2]}

Le tableau qui suit permet d'apprécier les caractéristiques types des lixiviats à travers divers auteurs :

Paramètres	Unités	Références		
		LAGIER T.	FRANÇOIS V.	Taylor et Allen
pH	-	4,5 - 9	7,1 - 8,8	5,4 - 7,2
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500 - 25000	1,4 - 4,5	-
DBO ₅	mg d'O ₂ /L	20 - 57000	4 - 120	100 - 29200
DCO	mg d'O ₂ /L	149 - 90000	30 - 900	1120 - 50500
NH ₄ ⁺	mg /L	50 - 1800	6 - 430	26 - 557
Ca	mg /L	10 - 7200	-	200 - 2100
K	mg /L	50 - 3700	-	120 - 780
Na	mg /L	70 - 7700	-	-
NO ₃ ⁻	-	-	0,5 - 0,6	-
Cl ⁻	mg /L	150 - 4500	30 - 5000	180 - 2650
SO ₄ ²⁻	mg /L	8 - 7750	6 - 430	-

Tableau V.2: Composition type de lixiviat donnée dans différentes recherches.^[2]

V.3. LES TRAITEMENTS DES LIXIVIATS

Plusieurs types de traitements sont employés, souvent combinés entre eux, en fonction de la quantité et de la composition des lixiviats :

- traitements biologiques : boues activées, lagunage, bioréacteur à membranes, lits bactériens ...;
- traitements chimiques : précipitation, coagulation (sulfate d'Aluminium, Chlorure Ferrique), adsorption (charbon actif), oxydation avec ozone, peroxyde d'hydrogène, UV ...;
- traitements membranaires : osmose inverse, ultrafiltration, nano-filtration;
- traitements par concentration : évaporation, évaporation forcée, épvo-incinération.

Le choix du traitement est fonction des contraintes de gestion des lixiviats. Ainsi, la situation géographique, la vulnérabilité et la fonctionnalité du milieu récepteur, la place disponible sur le site, sont autant d'exemples de contraintes liées à la mise en œuvre d'une installation de traitement.

V.3.1. Traitement des lixiviats en Belgique :

La Belgique est un pays en avance dans ce domaine, ainsi la plupart des C.E.T. belges traitent leur lixiviats, c'est le cas du site d'Hallembaye.

Le site d'Hallembaye est un C.E.T. de classe 2 situé dans l'arrondissement de Liège, à cheval sur les communes d'Oupeye et de Visé, la zone où se trouve le C.E.T. été autre fois une carrière, d'ailleurs le site est délimité par deux carrières encore en activité.

Le C.E.T. est divisé en deux parties ; Hallembaye I et Hallembaye II.

- Hallembaye I comporte deux zones d'enfouissement correspondant à un volume total d'enfouissement de 1.650.000 m³;
- Hallembaye II comporte également deux zones qui représentent un volume total d'enfouissement de 3.500.000 m³ (la zone 1A de 2.500.000 m³ et la zone 1B de 1.000.000 m³).

Traitement des lixiviats : Les lixiviats récupérés à partir des casiers sont pompés puis traités dans deux stations de traitement par osmose inverse.

Une des deux est entièrement dédiée à Hallembaye I. La deuxième, opérationnelle depuis juin 2001, traite principalement les lixiviats d'Hallembaye II, mais il lui arrive de traiter de temps en temps d'autres effluents en provenance d'autres C.E.T. de la région.

Les lixiviats sont tout d'abord préfiltrés. Cette préfiltration a pour but de diminuer la charge contenue dans les lixiviats avant d'entrer dans l'osmose inverse.

L'eau préfiltrée est pompée sous pression dans un séparateur à membranes où elle s'écoule à la surface de celles-ci. Le flux aqueux se partage en deux parties :

- le perméat qui traverse les membranes, rejeté en eau de surface;
- le concentrât, évacué pour traitement.

Contrôle des eaux : Des analyses régulières sont également effectuées sur les lixiviats.

Le pH, la conductivité et la température des eaux rejetées après traitement sont mesurés en continu.

Un réseau de puits piézométriques ceinture le site et permet de suivre, par des analyses régulières, la qualité de l'eau de la nappe phréatique du houiller. Ces analyses sont effectuées trois fois par an par un laboratoire agréé. ^[20]

(GSB), comprenant également un réseau de collecte du biogaz (puits de captage) et le raccordement du réseau des lixiviats à la nouvelle station de traitement;

- le casier Est exploité depuis janvier 2005 a été réhabilité en octobre 2011. Sa capacité était de 165 000 m³ environ et il a été aménagé dans le respect des dispositions réglementaires applicables, notamment en termes de barrières passive et active de collecte et traitement des lixiviats et du biogaz;
- Le casier talweg, dernier casier exploité du site de Précilhon, est exploité depuis octobre 2011. Il est autorisé à enfouir 30 000 t/an. L'exploitation du casier talweg d'une capacité de 135 000 m³ environ est prévue jusqu'au 31 décembre 2014.

Concernant le traitement des lixiviat, le site de Précilhon a été équipé dès la fin d'octobre 2004 d'une station de traitement des lixiviats qui comporte :

- Un étage de traitement biologique : l'épuration biologique aérobie est réalisée dans un bassin de boues activées associé à un bassin anaérobie permettant la dénitrification et l'élimination de l'azote;
- Un étage de traitement physico-chimique : coagulation/floculation de l'effluent puis traitement via une cellule de flottation assurant la séparation des boues.

En mars 2008, le C.E.T. a été équipé d'un aérateur de surface ainsi que de 2 hydro-éjecteurs dans le bassin des lixiviats bruts, suivra un autre aérateur placé celui-ci en avril 2009 dans le bassin des lixiviats traités.

Les objectifs sont d'une part de fournir de l'oxygène nécessaire à la dégradation des microorganismes et d'autre part d'optimiser l'homogénéité du bassin.

Afin d'améliorer de manière définitive le rendement épuratoire de la station de traitement en terme de DCO et de COT, des aménagements ont été engagés en 2011, les travaux concernent des modifications sur les étapes de traitements existants et l'ajout de traitement tertiaire (traitement par filtration sur charbon actif).

La société OVIVE a installé un dispositif de traitement par filtration sur charbon actif. Ce traitement est basé sur un traitement par adsorption des polluants carbonés sur charbon actif. Cette solution permet de s'adapter aux variations de quantité et de qualité des effluents et permet de respecter l'ensemble des normes fixées dans l'arrêté préfectoral d'exploitation.

V.3.3. Traitement des lixiviats au Canada :

Le site d'enfouissement de Lac-Saint-Jean est un C.E.T. de classe 2 situé sur municipalité d'Hébertville-Station au Canada, là bas (au Canada) les C.E.T. sont appelés lieux d'enfouissement technique ou Régies des matières résiduelles.

Le site de Lac-Saint-Jean couvre une superficie approximative de 16,63 ha, il permet l'enfouissement d'un tonnage annuel avoisinant les 50 000 tonne sur une période d'environ 42 ans d'exploitation.

La filière de traitement des eaux de lixiviation retenue pour le C.E.T. de Lac-Saint-Jean est de type biologique par bassin aéré complètement mélangé avec système de nitrification par réacteurs biologiques sur supports fluidisés suivi de chambres de coagulation, floculation et décantation pour enfin se terminer par la réduction des coliformes par injection de peroxyde d'hydrogène. Pour respecter les exigences de rejets imposées pour la DBO₅ et plus particulièrement le NH₄, le système de traitement ne sera entrepris que lorsque la température initiale de l'eau sera supérieure à 12°C, soit approximativement du début juin à la fin octobre (153 jours). En dehors de la période de traitement, le lixiviat sera accumulé dans le bassin d'accumulation.

Dans la majeure partie des C.E.T. à l'étranger, l'épuration du lixiviat est réalisée hors de l'enceinte du site, cela se fait en canalisant le lixiviat vers la station destinée à les épurer.

Cependant, au cours des dernières années, un intérêt pour les stations de traitement in situ s'est grandement développé au vu des avantages évidents qu'elles permettent d'obtenir qui sont:

- l'élimination des coûts et des risques liés au transport du lixiviat;
- la possibilité de traiter l'eau dans une station construite en fonction des caractéristiques qualitatives particulières de l'eau elle-même;
- la possibilité d'exploiter le biogaz produit en décharge comme source énergétique pour l'alimentation de la station de traitement.

Dans cette optique, la phytoépuration représente un choix envisageable et très intéressant, puisqu'il possède certaines caractéristiques extrêmement positives pour le traitement des eaux de lixiviat, comme par exemple :

- une grande efficacité d'abattement de la charge organique (comprenant les déchets organiques non biodégradables) grâce aux nombreux microorganismes naturellement présents dans ces systèmes;
- un bon niveau d'élimination des métaux lourds;
- une grande capacité de nitrification-dénitrification, avec pour conséquence l'abattement des concentrations élevées d'ions ammonium caractéristiques du lixiviat;
- une diminution du volume du liquide, causée par l'action d'évapotranspiration des espèces végétales, qui garantit des coûts extrêmement réduits en cas de besoin d'une élimination ultérieure de l'effluent par le traitement de phytoépuration;
- une tolérance aux légères variations des concentrations des polluants;
- un principe de fonctionnement assez simple et quasiment autonome.

De plus, la capacité propre au système de phytoépuration est de fournir un habitat naturel à de nombreuses espèces animales qui favorisent grandement la restauration environnementale du milieu occupée par la décharge, que ce soit pendant la phase d'exercice ou suite à la fermeture de la décharge elle-même.

Ces aspects s'ajoutent aux avantages caractéristiques des systèmes de phytoépuration que sont les coûts bas de réalisation et les bons rendements de traitement.

L'utilisation de ces biotechnologies à faible impact environnemental prend de plus en plus de place au niveau international; à titre d'exemple, il suffit de citer la conférence internationale « *Wetlands for treatment of Landfill Leachates* » qui s'est tenue dans le Michigan (Etats-Unis) en 1997, au cours de laquelle on a été rapportés les résultats d'environ trente applications de ce type de station.

Au cours de la réalisation d'un système de phytoépuration pour le traitement de lixiviat, les configurations de stations les plus courantes prévoient des bassins d'accumulation (couches aérées ou mixtes) en premier (avec pour fonction l'égalisation des variations de débit, dépendant des précipitations), des systèmes à écoulement horizontal sous la surface, souvent des combinaisons de systèmes à écoulement horizontal et à écoulement vertical, finissant en systèmes d'écoulement en surface (éventuellement avec des systèmes d'écoulement horizontal sous la surface pour augmenter la dénitrification).

Les rejets traités sont finalement accumulés et utilisés pour l'irrigation des zones vertes de la décharge ou des aires où sont cultivées des espèces à fort pouvoir évapotranspirant (par exemple les peupliers), ou bien rejetés dans les eaux de surface.

Dans d'autres villes des PED, le traitement n'existe pratiquement pas. C'est le cas de certaines grandes villes de l'Afrique et d'Amérique latine. [Guido Acurrio et al., 1997]

On rencontre des bassins de lixiviat qui servent de bassin tampon ou de bassin de transition avant le rejet sans aucun traitement, c'est le cas de la décharge de Ouled Fayet d'Alger et d'Essaouira au Maroc.

V.4. CAS DU CET DE SOUMAA

Pour le cas du C.E.T. de Soumâa, le mode d'épuration des lixiviats qui conviendrait le mieux serait le lagunage couplé à un dispositif de phytoremédiation, le choix de ces deux procédés a été grandement influencé par les facteurs suivants :

- le site possède déjà quatre (04) lagunes dont le fond a été imperméabilisé, ces dernières nécessitent une réhabilitation pour être tout à fait opérationnelle;
- le procédé d'épuration par lagunage ne demande pas une logistique très développée et pointue à l'inverse d'autres techniques;
- le lagunage possède aussi les avantages suivants :
 - ✓ un faible coût d'investissement, ajouter à cela une économie sur le creusement des lagunes;

- ✓ une consommation d'énergie quasi inexistante comparée aux autres techniques (modernes);
- ✓ une simplicité de mise en œuvre;
- ✓ une bonne intégration paysagère;
- ✓ repose sur un processus biologique qui s'avère être respectueux de l'environnement.

– le lagunage possède aussi un bon rendement épuratoire.

L'association de l'épuration des lixiviats de décharge par procédé de lagunage et phytoremédiation a fait ses preuves, c'est le cas en Italie à la décharge de Taglietto à Rovigo dans la Région de la Vénétie, ce système de traitement des lixiviats a donné des résultats très encourageants.

V.4.1. Principe d'épuration biologique par lagunage :

Le principe du lagunage repose essentiellement sur la dégradation de la matière organique contenue dans les eaux usées, par une chaîne alimentaire de microorganismes colonisant successivement les différents bassins et se livrant à des phénomènes de compétition, de prédation, etc.

Les espèces varient en quantité et en nature selon les caractéristiques du milieu : nature des effluents à traiter, charge organique, conditions climatiques, profondeur d'eau.

V.4.1.1. Organismes vivants intervenant dans la chaîne de dégradation :

A) *Les bactéries* : elles absorbent la matière organique et rejettent des substances minérales et des gaz. On distingue :

a) **Les bactéries épuratrices** : en fonction des caractéristiques du milieu, certains types de bactéries se développent, croissent, éliminent les déchets puis chutent en nombre pour laisser la place à d'autres familles qui à leur tour colonisent les eaux.

Les bactéries anaérobies essentiellement méthanogènes, se développent au niveau des sédiments du premier bassin appelé bassin de décantation car les substances toxiques non dégradables tels que les phénols, hydrocarbures, détergents et métaux lourds s'y déposent par sédimentation et ne risquent plus de s'accumuler dans la chaîne trophique (ou chaîne alimentaire).

Ainsi, le processus d'épuration biologique par le plancton et l'oxygénation progressive pourront se poursuivre sans danger dans les autres bassins dits de maturation et de finition.

b) **Les germes pathogènes** : les meilleurs indicateurs en matière de pollution microbienne sont les germes de contamination fécale (coliformes et streptocoques fécaux) abondants et faciles à analyser. Le lagunage écologique permet de supprimer presque totalement ces germes-tests et peut atteindre une qualité sanitaire de l'eau proche de celle des eaux de baignade.

Dans les pays tropicaux notamment où les eaux usées croupissent dans les marigots, les mares, canaux et autres voies et étendues d'eau, le danger de contamination par ces germes

pathogènes constitue un vecteur de maladies graves (paludisme, hépatites, maladies intestinales, etc.) et peut être évité grâce à l'épuration par lagunage.

En effet, la chute de la température (de 37°C environ à 15°C en moyenne), le temps de séjour élevé dans les bassins, l'action bactéricide des rayons ultra-violet et des microalgues et l'action bactériophage du zooplancton expliquent la disparition nombreuse de ces germes dans les stations de lagunage et donc la dépollution microbienne considérable de ce type d'installation. En outre, cela permet le rejet des eaux traitées dans des milieux récepteurs sensibles tels que les zones de baignade, de pêche ou zones ostréicoles.

B) Les algues (ou phytoplancton) : ce sont des plantes microscopiques qui, en présence de lumière, grâce à leur activité photosynthétique due à la chlorophylle contenue dans leurs tissus, utilisent les substances minérales et le gaz carbonique rejetés par les bactéries, pour édifier leur matière et évacuer de l'oxygène. Il s'agit des algues bleues, vertes, brunes et des eugléniens². Selon la saison, selon la valeur des paramètres du milieu, certaines familles se développent plus que d'autres. Tout comme dans le cas des bactéries, les espèces les mieux adaptées croissent au détriment des autres mais contribuent de toute façon à l'oxygénation du milieu, facteur majeur d'une bonne épuration.

C) Le zooplancton : il s'agit d'une faune microscopique (de quelques dizaines de micron à quelques millimètres) se nourrissant de bactéries, de phytoplancton, de matière organique et parfois de jeunes larves d'insectes. On peut les citer par ordre de taille croissante :

- les protozoaires : résistants aux basses températures;
- les rotifères : atteignant des densités de 700 000 individus au litre;
- les copépodes : petits crustacés, très intéressants pour l'aquaculture;
- les cladocères : crustacés aussi, surtout des daphnies faciles à collecter et très abondantes à la belle saison.

V.4.1.2. Mécanismes d'élimination de la matière organique (MO) et des nutriments :

Comme évoqué précédemment, l'anaérobiose se déroule au fond du bassin de tête où se dépose des boues, tandis qu'en surface comme dans les autres bassins éventuels c'est l'aérobiose généralisée. Cette dernière est rendue possible grâce aux échanges air/eau et à la production d'oxygène due aux algues. Dans le premier bassin (de décantation), prédominent les bactéries et en partie le phytoplancton, dans le bassin suivant, l'eau est déjà fortement épurée et le phytoplancton se développe abondamment. Dans le ou les derniers bassins, moins profonds, s'édifie cette biomasse planctonique et ces éléments fertilisants qui pourront être valorisés en aquaculture et en agriculture.

On peut résumer l'ensemble du processus aérobie dans les deux formules suivantes :

² chlorophylliennes, se rapprochent des protozoaires par leur flagelle natatoire, leur organe photosensible, leur aptitude à se nourrir de proies solides et même à perdre leur chlorophylle lorsque la lumière manque.

Bactéries : eaux usées + O₂ → boue bactérienne + effluent traité

Végétaux + lumière : sels minéraux + CO₂ → masse végétale + O₂

V.4.1.3. Différents types de lagunage :

A) *Le lagunage naturel :* sous climat tempéré, le lagunage naturel à microphytes (microalgues) nécessite une superficie de 10 à 15 m² EH (équivalent habitant). On compte sur une station de 2 à 5 bassins disposés en série, profonds de 1 à 1,7 m où les effluents à traiter séjournent au total de 50 à 80 jours. Le premier bassin (de décantation) est le plus profond, et le volume global de l'ensemble doit être assez important (60 à 80 fois plus que la quantité d'effluent reçu), ce qui permet une dilution considérable et d'assurer, le cas échéant, de fortes variations de charge à traiter. Dans une formule complémentaire, on peut cultiver des macrophytes (roseaux, massettes ou lentilles d'eau) dans le bassin de finition afin d'optimiser l'épuration, d'augmenter l'oxygénation et d'éliminer au maximum les matières en suspension.

Les lagunes à macrophytes diffèrent de celles à microphytes par une plus faible profondeur d'eau et doivent être collectées régulièrement (fort taux de croissance).

B) *Le lagunage aéré :* dans ce type d'installation, l'oxygène est produit artificiellement soit en surface (aérateurs), soit en immersion (insufflation d'air). On distingue :

- une lagune d'aération de 3 à 5 m de profondeur, avec une surface de 3 m² EH où les effluents séjournent au minimum 20 jours;
- une ou plusieurs lagunes de décantation d'une hauteur de 2 à 3 m, avec un temps de séjour d'au moins 2 jours.

Ce procédé peut être utilisé dans des conditions climatiques difficiles (très basses températures etc.) ou en complément lorsque les conditions climatiques l'exigent (saison des pluies en climat tropical) ou que la charge polluante devient trop importante (cas des abattoirs où le volume des rejets connaît de fortes variations d'amplitude).

C) *Le lagunage anaérobie :* ce système est surtout employé en climat tropical, car il nécessite une température élevée (> 25°C), il permet le traitement des eaux usées domestiques et agro-industrielles (abattoirs par exemple). Les caractéristiques en sont :

- une profondeur d'eau importante facilitant les processus anaérobies;
- une charge en matière organique élevée.

La réduction de la DBO₅ dépasse 80% lorsque la température est au dessus de 25°C. Outre la température, les paramètres majeurs sont le pH (≈7) et le temps de séjour : pour 2

jours, la chute atteint 70% sur la DCO et 80% sur les MES. On peut y adjoindre une lagune à macrophytes.

D) *Le lagunage à haut rendement* : l'épuration y est obtenue grâce à une intensive production d'algale dans des bassins peu profonds (30 à 60 cm), alimentés par des eaux usées à faible vitesse de circulation, ce qui favorise l'homogénéisation et le développement des algues. Le temps de séjour est de 2 à 12 jours et la surface nécessaire est divisée par 5 par rapport au lagunage naturel.

Cependant, cette écotechnique exige un rayonnement solaire et une température suffisants, et demande donc de prendre en compte les cycles saisonniers.

D'autre part, la photosynthèse n'ayant lieu que le jour, il convient aussi de compter avec les cycles jour/nuit dans le lieu envisagé.

En pays tempérés notamment, on pourrait coupler ce procédé à partir des mois de mars-avril avec des bassins de stockage plus profonds pendant l'hiver.

V.4.2. Phytoremédiation et Phytorestauration :

Depuis l'antiquité grecque et romaine, on a utilisé les plantes pour limiter les déchets humains. Du tas de compost en passant par la lagune plantée, un immense chemin a été parcouru jusqu'aux plantes dépolluantes OGM (organisme génétiquement modifié) d'aujourd'hui. A la fin du XVI^{ème} siècle, Césalpin (Andrea Cesalpino), un savant italien remarquable tant par ses travaux en médecine, en philosophie, qu'en botanique découvre une plante (*Alyssum bertolonii*) dont il remarque qu'elle pousse dans des roches particulièrement riche en métaux, dont il n'imagine pas qu'elle sera étudiée durant 130 ans, jusqu'en 1948 pour sa capacité d'accumulation des métaux lourds dans ses tissus, et ce en plus grande concentration que dans le sol où elle croît. C'est la première hyperaccumulatrice identifiée, et ce n'est qu'à partir des années 1970 que ce type de plantes sera employé à la décontamination des milieux.

La phytoremédiation est la décontamination par les plantes des sols, de l'eau et parfois de l'air pollué par des métaux lourds, hydrocarbures, toxines ou encore composés radioactifs.

On distingue différents modes d'épuration en fonction du type d'action des végétaux impliqués :

V.4.2.1. Phytoextraction :

C'est l'extraction des matières indésirables par l'intermédiaire d'une plante dont on prélèvera ensuite les parties où elles sont stockées.

Principalement employée contre les métaux lourds et les particules radioactives (Sélénium, Cobalt et Uranium notamment). Les plantes sélectionnées pour leur résistance et leur capacité d'accumulation, on parle d'Hyperaccumulateurs (-trices) qui vont piéger dans leurs parties récoltables les polluants extraits de leur milieu qui, après fauchage à maturité, incinération et stockage des cendres en zone sécurisée, pourront éventuellement être retraités, présentant ainsi un intérêt économique non négligeable par la combustion opérée et le produit recyclé récupéré.

Généralement, les métaux lourds extraits par la plante seront stockés dans leurs vacuoles, mais aussi parfois dans l'apoplasme selon certaines études. Néanmoins, les organes de stockage principales ne sont pas toujours les même chez les différentes plantes, il peut s'agir des racines, des tiges, des feuilles principalement, mais aussi de la sève, des graines ou des bourgeons .

Les études menées ont montré que les espèces présentent souvent une prédilection pour tel ou tel métal, et qu'il est généralement nécessaire de planter différentes essences pour dépolluer totalement une eau ou un site.

Il est important de noter que seuls les métaux solubles seront biodisponibles, c'est-à-dire assimilable par les végétaux, et il arrive parfois que l'on soit obligé d'ajouter un chélateur (agent transformateur) pour que les ions métalliques soient libérés et libres d'absorption.

Une plante particulièrement étudiée, le Tabouret bleuâtre (*Thlaspi caerulescens*) a résolu ce problème en acidifiant elle-même le sol où elle pousse, se gavant littéralement de zinc qui, une fois dans ses tissus, protégera ses organes de la consommation par ses prédateurs herbivores de prédilection.

Parmi les exemples de phytoextraction, on peut citer celui de l'île aux corbeaux, au Québec, où un ancien site d'enfouissement de batteries est dépollué de son Zinc et de son Manganèse par des algues, ou encore les plantations de Tournesol dans la région de Tchernobyl en Ukraine contre le Cesium-137 et le Selenium.

V.4.2.2. Phytodégradation :

Il s'agit de la décontamination d'un milieu grâce à l'action dégradante des plantes cultivées sur les polluants. On appelle aussi ce procédé phytotransformation. Les plantes phytodégradantes absorbent donc les polluants, les dégradent, puis les volatilisent après les avoir transformés en composés moins toxiques.

C'est un processus utilisé notamment dans la gestion d'effluents organiques, des hydrocarbures, des molécules complexes de produits phytosanitaires mais aussi des contaminations par des souches virales ou bactériennes. C'est le plus souvent l'action conjuguée des plantes, des bactéries et champignons à mycorhize présents dans la rhizosphère qui permet une efficacité optimale de cette méthode. Parmi les exemples de plantes phytodégradantes, en voici une sélection éloquentes :

- Le maïs (capable de dégrader les hydrocarbures dans sa rhizosphère);
- Le Vétiver;
- Le piment;
- La Jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes*) (élimine jusqu'à 100% la Lambdacyhalotrine d'insecticides comme le Karate ou l'Interteon).

V.4.2.3. Phytofiltration :

Synonyme de rhizofiltration. C'est dans ce cas le piégeage des polluants dans les racines des végétaux. Peut s'ensuivre une dégradation lente, sans qu'elle soit pour autant effectuée par les végétaux eux-mêmes. Le produit piégé se dégradera « naturellement » mais n'aura pas migré entre-temps vers les eaux de consommation, les zones de pâturage ou les zones sensibles.

Il s'agit le plus souvent de bandes enherbées (riparian corridors) ou végétalisées (roseaux, laïches, saules...) pour bloquer les écoulements de produits phytosanitaires, notamment sur des aires de rinçage.

V.4.2.4. Phytorestoration :

C'est le traitement des eaux usées par l'intermédiaire de filtres plantés. L'eau en sortie de ce ou ces filtres est dépolluée et peut être rejetée dans le milieu naturel.

L'eau, après un dégrillage ou le passage dans une fosse septique, et rejetée dans une série de lagunes comportant un substrat minéral (pouzzolane, gravier ou ballast) et des végétaux (macrophytes). Dans certains systèmes, on trouve une lagune non plantée où viennent se développer naturellement des algues unicellulaires (microphytes). En fin de cycle, l'eau est réutilisée ou rejetée dans la nature ou une zone valorisable (par exemple une bamboueraie).

La vedette incontestée du lagunage est le roseau commun (*Phragmites australis*). Cette plante, très robuste, a de nombreux avantages :

- elle présente un système racinaire profond, rare chez les espèces aquatiques;
- par la minéralisation poussée de la MO, elle favorise le développement de microorganismes cellulolytiques;
- en maintenant de l'ombre en été, elle permet le maintien d'une hygrométrie constante dans le substrat non submergé et ainsi la stabilisation d'une bonne population bactérienne;
- Leur intégration paysagère est impeccable.

Elles ont en outre une bonne tolérance aux alternances de périodes sèches et humides.

V.4.3. Association du lagunage et de la phytoremédiation :

Aujourd'hui de il est possible d'atteindre une qualité caractéristique d'une bonne dégradation et d'une bonne nitrification des eaux usées et même des lixiviats de décharge en associant le procédé d'épuration par lagunage et une opération phytoremédiate qui fait appel à des plantes capables de décontaminer les eaux et les sols des métaux lourds. Cette technique a déjà fait ses preuves dans de nombreux C.E.T. procurant des résultats très satisfaisants.

Cette association permettrait d'abattre la charge organique dans les bassins aérobies, tandis que les bassins anaérobies permettraient d'éliminer la DBO et DCO, à cela vient

s'ajouter le pouvoir des plantes phyto-rémediantes qui est le piégeage des métaux lourds et autres polluants dans les racines, les feuilles et sèves des plantes.

Avantages	Inconvénients
Faible coût	Grande surface nécessaire
Faible consommation d'énergie	Efficacité dépendante du climat
Simplicité de mise en œuvre	Mauvaises odeurs
Bonne intégration paysagère	Traitement des métaux lourds moyen
Processus biologique	Développement important de la biomasse

Tableau V.3: Avantages et inconvénients de l'association du lagunage et des filtres plantes de roseaux.

V.4.4. Dimensionnement des lagunes :

Les dimensions des lagunes dépendent du type de procédés mis en œuvre pour le traitement, du débit d'eaux usées à traiter, du climat, et de la présence d'autres lagunes initialement présentes. Les lagunes sont dimensionnées de telle sorte à avoir un temps de séjour relativement important (de 20 à 150 jours pour les lagunes facultatives). Ce temps de séjour est l'un des paramètres de dimensionnement les plus importants. Les lagunes peuvent être circulaires, rectangulaires ; leur longueur ne doit pas excéder trois fois leur largeur, et leurs berges doivent avoir une pente extérieure de 33%. Cette pente facilite le maintien des berges. Dans les systèmes présentant des digues séparant les bassins lagunaires, les digues doivent également être bien maintenues.

Le fond de la lagune doit être aussi plat et lisse que possible pour faciliter la continuité du flux d'eaux usées. Les lagunes facultatives ont généralement une profondeur variant de 1 à 2 m afin d'avoir une surface assez importante pour favoriser le développement des algues, mais également pour favoriser les conditions anaérobies au fond du bassin.

Il existe aussi une méthode, qui celle-ci repose sur des formules dont les paramètres sont caractéristiques au lieu d'implantation des lagunes.

Les formules utilisées pour le dimensionnement sont les suivantes :

$$S = \frac{Q \times x_0}{C_0}$$

Avec : S : surface (m^2)
 Q : débit (m^3/j)
 x_0 : concentration en substrat en entrée (kg de DBO/ m^3)
 C_0 : charge organique superficielle limite d'une lagune (kg de DBO/ m^2/j)

La charge organique superficielle limite de la lagune est extrapolée à partir de la littérature :

$$C_0 = 0.25 \text{ kg de DBO}/m^2/j$$

$$V = t_s \times Q$$

Avec : V : volume (m^3)
 t_s : temps de séjour (j)

$$H = \frac{V}{S}$$

Avec : H : hauteur de la lagune (m)

Pour ce qui est le cas du C.E.T. de Soumâa, des lagunes sont initialement présentes dans le site, cela évite d'ajouter des frais financiers supplémentaires de creusage. Néanmoins ces lagunes n'ont pas été établies sur des bases scientifiques, il y a donc un risque de sur ou sous-dimensionnement ce qui induirait à un dysfonctionnement de l'ouvrage le rendant peu efficace.

On peut par contre jouer sur le volume de chaque lagune en intervenant non pas sur sa surface mais plutôt sur sa hauteur (profondeur).

V.5. REMANIEMENT DES LAGUNES

V.5.1. Lagune n°1 :

La première lagune se trouve au sud des autres lagunes ainsi que du casier dont elle est la première à recevoir les lixiviats en provenance de ce dernier, en temps normal l'effluent à traiter par lagunage doit subir un prétraitement (filtration), mais pour les lixiviats on s'en accommodera car le percolât (lixiviat) traverse une couche de géotextile qui joue le rôle d'un filtre en retenant les matières grossières et laisse passer le liquide. La lagune est déjà imperméabilisée par un revêtement spécifique en PEHD et ne nécessite pas une intervention de ce point de vu, c'est le cas pour tous les bassins de lixiviat.

Cette lagune sera de type facultative, elle aura pour volume 3375 m³, le débit d'alimentation en effluent à traiter est estimé à 52 m³/j. Si on se fie aux relations citées au-par-avant, le temps de séjour pour cette lagune serait approximativement de 70 jours, certains auteurs préconisent un temps de séjours de 60 jours, en tenant compte de la pollution moindre de l'effluent et en le surévaluant (sécurité).

Eckenfelder (1970) propose un temps de rétention proche des 50 jours avec une valeur élevée pour les pays tempérés. ^[4]

L'ordre de grandeur est respecté mais les conditions atmosphériques locales devraient assurer une dépollution efficace en moins de temps. Toutefois, le temps de séjour en lagunage étant difficilement maîtrisable, on peut le considéré aux alentours des 65 jours, avec une légère surévaluation.

Cette lagune aura pour rôle de réduire la DBO₅ ainsi que la DCO, elle se caractérise aussi par une quasi autonomie et ne nécessitera qu'un curage tout les 8 à 10 ans.

La lagune facultative sera colonisée par des bactéries (dégradantes) spécifiques tel que la *Paracoccus denitrificans* ou la *Thiobacillus denitrificans* capables de se développer et de dégrader la charge polluante en toute autonomie. Ces bactéries sont aussi réputées pour leur pouvoir de dénitrification.

En résumé voici les modifications apportées à la 1^{ère} lagune :

Paramètres	Actuels	Nouveaux
Volume (m ³)	3375	3375
Surface (m ²)	1400	1400
Profondeur (m)	2.8	2.8
Fond imperméable	oui	oui
Bactéries	non	oui
Aération	non	non
Temps de séjours (j)	inconnu	≈65

	Paramètres	caractéristiques	Notes
Dégradation	Bactéries (anaérobie/aérobie)	Réductrices de nitrate, de soufre et autres composés carbonatés	La tolérance ou l'intolérance vis à vis de l'oxygène n'est pas toujours totale

Tableau V.4: Modifications apportées à la 1^{ère} lagune.

V.5.2. Lagune n°2 :

Cette lagune est la première d'une série de trois reliées entre elles par des cunettes. Le volume de cette lagune sera d'un peu moins de 3870 m³, l'effluent séjourne ici au minimum 20 jours.

En phase d'aération, même avec un apport important d'eaux parasites, le temps de séjour ne doit pas être inférieur à 5 jours. D'autre part, le besoin spécifique brut en oxygène pour dégrader les substances polluantes est basé à 1,5 kg O₂/kg DBO₅.["Abwasserreinigung in belüfteten Teichen" de la revue W.W.T. - 01/94 .Auteurs : Dr. Ing. Tillmann EBERS - Dipl. Ing. Leonhard FUCHS - Dipl. Ing (FH) Hermann BUBINGER]

En ce qui concerne l'élimination d'éléments indésirables (MO, N, P, et autres métaux lourds), le processus nécessite l'activité reconnue des bactéries en matière de dégradation. Celles-ci sont disponibles sous plusieurs modèles selon les applications suivantes:

- Modèle XLG pour la digestion de la graisse et des boues, ou pour la réduction de la pollution organique soluble (DBO) même en égouts, et réduction de la consommation énergétique;
- Modèle N pour la nitrification (l'enlèvement de l'azote ammoniacale) et la réduction du phosphore soluble;
- Modèle H pour la biodégradation des hydrocarbures et autres composés organiques réfractaires

Les microorganismes utilisés dans ce processus sont des bactéries aérobies tels que *La zoogloea ramigera* ou *le sphaerotilus natans* entre autres, qui sont disponibles dans le commerce sous forme de solution ou en poudre. Ces types de bactéries sont répons dans le traitement des eaux vu les avantages qu'elles offrent.

Afin d'aider l'action dégradante des microorganismes, un ensemencement des bactéries se fera de préférence tout les six mois lors d'une régression du rendement, ou lors de la saison des pluies car l'ouvrage sera exposé à une forte production d'affluent à traiter. Au cours de cette saison, le risque d'emporter la biomasse par les flots lors leur de passage à travers les différentes lagunes est grand.

Un suivi du peuplement de la biomasse est de préférence à établir.

Si la procuration des bactéries s'avérait être un obstacle ; les boues activées recyclées issues des stations d'épurations feront très bien l'affaire, car la biomasse contenue dans les boues comporte les mêmes caractéristiques et les mêmes fonctions que ceux disponibles dans le commerce.

Afin d'optimiser l'action des microorganismes, une oxygénation du lixiviat sera préconisée, celle-ci se propose aujourd'hui à travers différents système, le plus adéquat dans ce cas de figure demeure à l'aide d'aérateur de surface de type hydro-éjecteur à turbine deprimogène qui concilie l'aération et la mise en mouvement des masses d'eau. Ce dernier reste le plus utilisé dans les traitements des eaux usées, les avantages de ce dispositif par rapport aux

autres sont : un bon rendement, peut être polyvalent (mobile ou fixe), pas de risques de colmatages (cas de diffusion d'air depuis le fond), facile à installer. Le matériel requis pour le traitement de nos lixiviats est :

- Deux (02) hydro-éjecteurs à turbine deprimogène de 3CV chacun qui produisent 3kg d'O₂/h, capables de traiter jusqu'à 1500 m³/h ensemble pour une consommation de 5 kW/h;
- Eventuellement, un aérateur à turbine rapide de 2CV de puissance placé au centre du bassin, il produirait 2,5 kg d'O₂/h pour une consommation d'environ 2,5 kW/h. Cet aérateur est à déconseiller pour les zones soumises aux vents, car il produit une corolle d'eau susceptible d'être emportée par le vent.

Pour limiter les dépôts à un volume ne perturbant pas le traitement et, par ailleurs, prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs.

En fonctionnement, il est toujours possible de réduire le temps de marche de ces aérateurs par rapport aux temps de marche des aérateurs de puissance moindre, ce qui permet de limiter les surcoûts de fonctionnement.

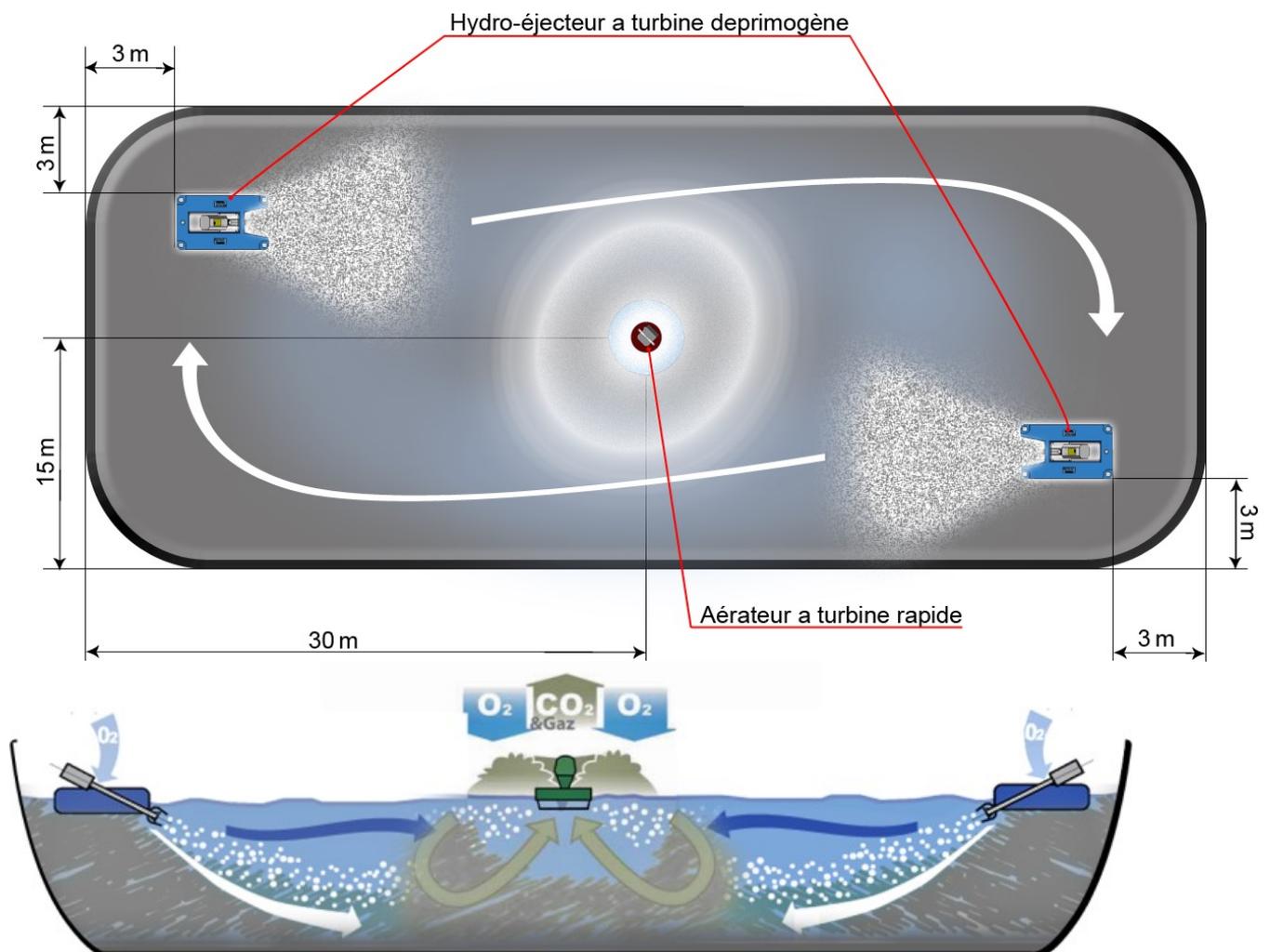


Figure V.2: Schéma de la lagune n°2.

En résumé voici les modifications apportées à la 2^{ème} lagune :

Paramètres	Actuels	Nouveaux
Volume (m ³)	3870	3870
Surface (m ²)	1680	1680
Profondeur (m)	2,65	2,65
Fond imperméable	oui	oui
Bactéries	non	oui
Aération	non	oui
Temps de séjours (j)	inconnu	20

Paramètres	Caractéristiques	Notes	
Aération	Deux (02) hydro-éjecteurs à turbine deprimogène	Puissance cumulée : 6CV Production d'O ₂ : 3kg/h Consommation énergétique : 5 kW/h Traitent jusqu'à 1500 m ³ /h	Peut être mobile ou fixe, L'air qui arrive par le tube de guidage est aspiré au centre de l'hélice par effet VENTURI, L'air mixé avec l'eau est diffuse en micro-bulles dans le courant d'eau crée et orienté vers le fond.
	Un (01) aérateur à turbine rapide	Puissance : 2CV Production d'O ₂ : 2,5 kg/h Consommation énergétique : 2,5 kW/h	La masse liquide bénéficie d'un apport continu d'oxygène, Aucun réglage de niveau (unité flottante), Aucun entretien (pas de graissage).
Dégradation	Bactéries aérobie	Exige la présence d'oxygène vital à son développement. Transformation des matières organiques en matières minérales.	Un ensemencement annuel des bactéries est à prescrire afin d'optimiser le rendement épuratoire.

Tableau V.5: Modifications apportées à la 2^{ème} lagune.

V.5.3. Lagune n°3 :

Cette lagune est l'avant dernière, elle se caractérise par l'utilisation des macrophytes (plantes) capables d'éliminer la charge polluante (surtout métaux lourds) ayant résisté aux traitements précédents.

Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées (*Scirpus* spp, *Typha*...), mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, périodes sèches, fort taux de matières organiques), et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés ^[3]. La densité recommandée pour cette espèce est de 4 plants/m².

Tout d'abord commençons par la préparation du bassin. Le fond du bassin est déjà recouvert d'une géomembrane en PEHD qui assure une parfaite étanchéité vis-à-vis du sol, le fond du bassin doit être recouvert d'une couche de gros caillou ($\varnothing \geq 150\text{mm}$) sur une épaisseur de 30cm sur laquelle vient s'ajouter par dessus une couche drainante tel que les galets, de gravât ou de pouzzolane de 1m d'épaisseur, ces deux opérations se feront pour l'ensemble du bassin, par la suite le bassin sera divisé en deux parties afin de pouvoir planter différentes espèces de plantes, la première partie concerne les plantes voraces tel que *les roseaux (Phragmites australis)*, *Sagittaria*, *Carex*, et autres, cette partie doit avoir un niveau de substrat légèrement inférieur à celui du plan d'eau en ajoutant deux couches, l'une en gravier sur une épaisseur de 40cm et l'autre en terre (et/ou sable) sur 50cm d'épaisseur, la seconde partie renferme les plante aquatique comme le *Nénuphar* ou *la jacinthe d'eau*, qui se développent à la surface de l'eau et dont les racines sont submergées dans de l'eau.

Afin de satisfaire les exigences de ces deux types de plantes on propose le schéma suivant :

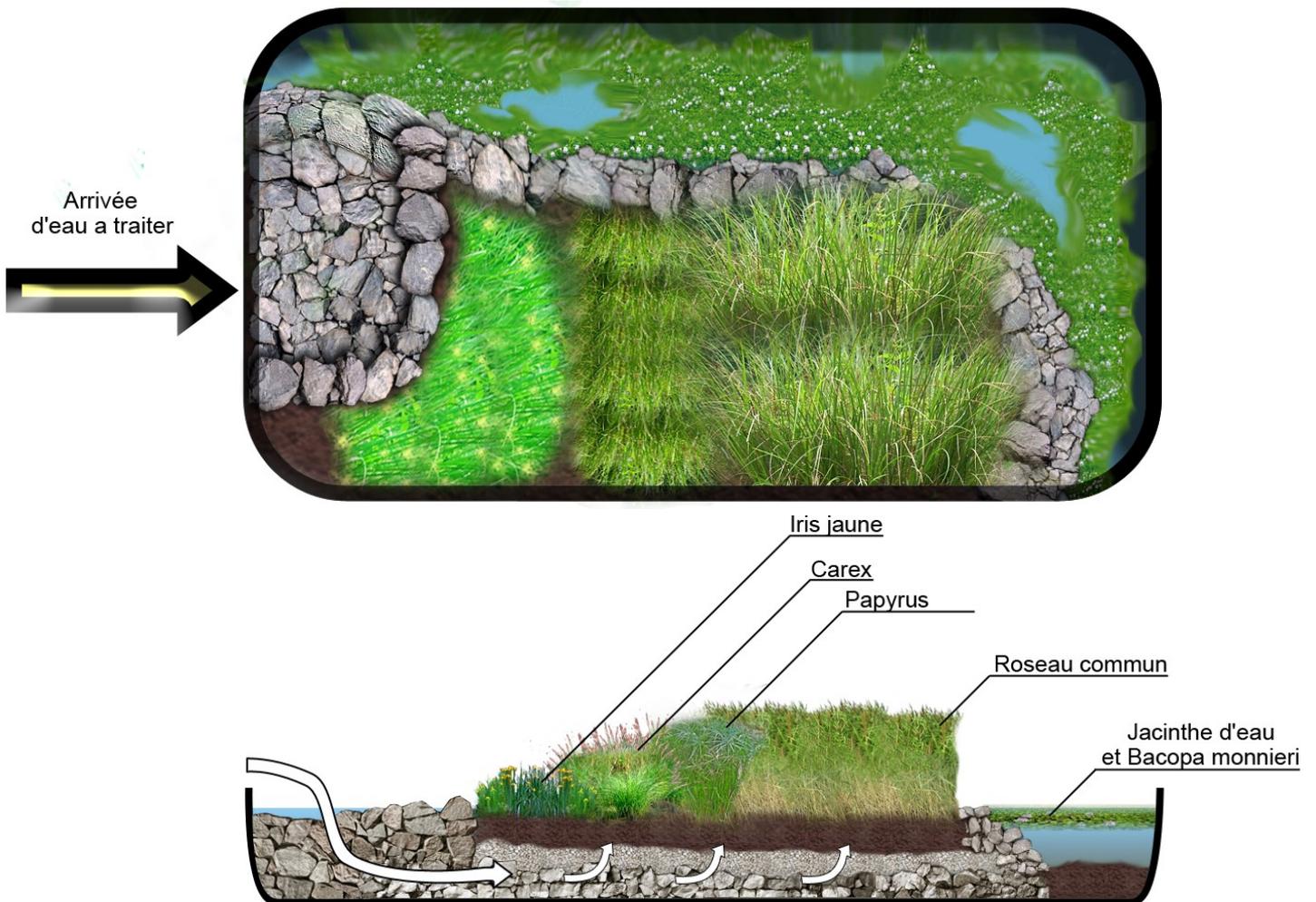


Figure V.3: Schéma de la lagune n°3.

En résumé voici les modifications apportées au 3^{ème} bassin :

Paramètres	Actuels	Nouveaux
Volume (m ³)	2830	≈ 1360
Surface (m ²)	1372	1372
Profondeur (m)	2,4	≈ 1
Fond imperméable	oui	oui
Temps de séjours (j)	inconnu	20

Paramètres	Caractéristiques	Notes
Dégradation	Plantes phytoépuratrices	Représentent un compromis entre efficacité d'épuration et respect de l'environnement. Certaines d'entre elles n'ont rien à envier aux performances des technologies modernes d'épuration. Economiques et rentables a long terme.
		Ce type de procédé est la reconstitution des paramètres qui règnent au sein d'un écosystème naturel.

Tableau V.6: Modifications apportées à la 3^{ème} lagune.

Concernant le choix de plantes, il se portera sur les suivantes vu les avantages qu'elles présentent et leur disponibilité :

<p>Jacinthe d'eau (<i>Eichhornia crassipes</i>)</p>	<p>Roseau commun (<i>Phragmites australis</i>)</p>
	
<p>nettoie les excès de phosphore et de nitrate, les métaux lourds et les polluants organiques.</p>	<p>transforme tout type de boue polluée en terreau</p>
<p>Iris Jaune (<i>Iris pseudacorus</i>)</p>	<p>Carex ou laïches (<i>Carex</i>)</p>
	
<p>traite les métaux lourds</p>	<p>élimine les germes pathogènes</p>
<p>Papyrus (<i>Cyperus papyrus</i>)</p>	<p>Bacopa monnieri</p>
	
<p>traite les eaux usées</p>	<p>traite les métaux lourds</p>

Photo V.2 : Différentes plantes épuratrices.

L'alimentation de ce bassin en eau a traitée se fera par une cunette qui relie ce bassin au précédent.

V.5.4. Lagune n°4 :

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure dans les bassins est exposée à la lumière ce qui favorise le développement d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Dans le cas du site de Soumâa, ce bassin jouera aussi le rôle de clarificateur. Il aura pour tâche la séparation physique des boues biologiques et de l'eau épurée. Cette lagune doit être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts de boues.

L'intercalation d'une « lagune de finition » entre le dernier bassin d'une station d'épuration et le milieu récepteur (cours d'eau, sol) améliore sensiblement la qualité du rejet en réduisant les MES.

Les dimensions de ce bassin seront conservées, pour ainsi dire le bassin sera le seul à ne subir aucune modification.

Paramètres	Actuels	Nouveaux
Volume (m ³)	2580	2580
Surface (m ²)	1568	1568
Profondeur (m)	1,9	1,9
Fond imperméable	oui	oui
Temps de séjours (j)	inconnu	20

Tableau V.7: Caractéristiques de la 4^{ème} lagune.

V.6. FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE

Tout d'abord, les lixiviats issus de la décomposition des déchets dans le casier percolent vers le fond de ce dernier et sont récoltées par un système de drainage pour être canalisé vers les lagunes de traitement. L'effluent devra donc passer par les quatre lagunes avant d'être rejeté en milieu naturel, son parcours passera donc par :

- *La lagune facultative* : où il subira une dégradation de la MO, des MES et de quelques métaux lourds entre autres, mais son principal objectif est d'éliminer de la DBO ainsi que la DCO. D'une façon générale, le fonctionnement des lagunes facultatives est considéré comme analogue à celui d'une fosse septique ouverte dont la première fonction est l'élimination de la DBO.

Il est à noter aussi que les lagunes facultatives résistent aux fortes variations de charge organique et hydraulique.

L'alimentation en effluent à traiter se fera de façon gravitaire depuis le casier par une canalisation. Cette lagune contiendra une colonie de bactéries et de microorganismes ne nécessitant que très peu d'intervention.

Comme mentionner au-par-avant le temps de séjours de cette lagune sera assez long, à savoir 65 jours. L'entretien de cette lagune se résumera à une tâche curage effectuée tous les 8 à 10 ans.

- *La lagune aérobie* : après avoir subi un traitement dans la lagune facultative, l'effluent passera par une lagune dite aérobie, qui celle-ci, sera aérée artificiellement par un dispositif d'aération de surface favorisant la prolifération des microorganismes, de plus le développement d'algues engendre une production d'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Certaines stations utilisant ce procédé sont parvenues à éliminer jusqu'à plus de 90% de la DBO et de la DCO (cas de la station de Loupershouse, en Moselle –France-).

L'approvisionnement de la lagune en effluent est assuré par une canalisation qui relie la première lagune à la deuxième.

L'ensemencement de cette lagune en biomasse se fera de préférence tous les six mois, ou bien en fin de période hivernale lors des basses températures qui peuvent atrophier la prolifération des microorganismes. Cet ensemencement se fera par des souches de bactéries disponibles dans le commerce sous forme de solution concentrée ou en poudre asséchée qui s'active au contact de l'eau, ou bien en utilisant les boues activées en excès des stations d'épuration. L'effluent séjournera au sein de cette lagune environs de 20 jours.

– *La lagune phytoépuratrices* : l'effluent en provenance de la lagune aérée va être épuré par des plantes épuratrices à partir de leurs systèmes racinaires. Les filtres plantés proposés reproduisent des écosystèmes épuratoires naturels à flux maîtrisé. Ils utilisent trois niveaux de traitement simultanés :

- Un traitement physique : par filtration au travers des graviers et des systèmes racinaires des roseaux ainsi que la rétention d'une partie des matières solides en suspension.

Les roseaux (phragmites) sont cultivés sur un substrat inerte dont la granulométrie particulièrement adaptée permet une filtration mécanique efficace et favorise l'entretien de la station.

- Un traitement chimique naturel : par absorption par les plantes des nitrates et des phosphates ainsi que la décomposition de divers polluants ménagers par des phénomènes d'oxydation et de réduction sous l'action d'exsudats³ racinaires des roseaux.
- Un traitement biologique : Les bactéries fixées sur les racines des roseaux se nourrissent des dépôts accumulés. Elles les décomposent en éléments simples solubles dans l'eau et nutritifs pour les plantes.

Ce traitement est reconnu pour son efficacité de traitement de la DBO et des solides en suspension, dont 60 à 90% disparaissent. Le traitement de l'azote et de l'ammoniac par nitrification varie suivant le système utilisé, le traitement du phosphore est plus limité, car il se fait par simple accumulation dans le sol. Enfin, le nombre de virus et de bactérie pathogène est grandement diminué par ce type de traitement, en particulier grâce à l'activité antibiotique des racines et la prédation des micro-organismes présents dans le filtre.

L'ouvrage ne devrait pas être un défi en matière de gestion, puisque la biomasse est constamment alimentée, cependant un suivi régulier du développement de la biomasse devra être établi, afin de ne pas avoir une prolifération anarchique.

– *La lagune de finition* : cette lagune ne nécessitera pas de gestion à part un curage, ou bien lors d'un dysfonctionnement comme une surproduction d'algues.

Le zooplancton se développe au sein de cette lagune. Il se nourrit du phytoplancton produit dans les lagunes en amont. La clarification de l'eau peut être assurée par la décantation et le développement de petits crustacés.

³ Sécrétion liquide qui s'épanche à l'extérieur d'un organisme. L'exsudat contient des substances biologiques actives.

Un suivi régulier est cependant nécessaire pour toutes les lagunes afin d'assurer un bon fonctionnement de l'ouvrage :

- ✓ il faut curer les lagunes périodiquement (tous les 8 à 10 ans) pour éviter une sédimentation trop importante;
- ✓ effectuer un désherbage régulier afin d'éviter une trop grande prolifération des algues (qui empêchent un bon transfert d'oxygène);
- ✓ traitement des odeurs s'il y a lieu (ce phénomène est généralement limité au début de l'activité de la lagune).

V.7. RENDEMENT ATTENDU

Les procédés de lagunage assurent en moyenne un rendement en dépollution jusqu'à 80 % et plus particulièrement un taux d'élimination de l'azote d'environ 50 %, ces résultats dépendent essentiellement de l'âge des lixiviats et des conditions climatiques.

Les performances en matières en suspension sont, elles aussi, satisfaisantes (85%), même si l'effluent rejeté au milieu naturel renferme parfois quelques algues (notamment en présence d'une lagune de finition à microphytes).

Le lagunage aéré diffère du lagunage standard par un système d'aération électromécanique installé dans le premier bassin pour faciliter le transfert de l'oxygène. Les performances obtenues sont légèrement supérieures à celles d'un lagunage naturel. Le lagunage aéré est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau des charges oxydables (90%).

Pour les germes pathogènes, on observe que le lagunage fournit souvent une qualité bactériologique compatible à un rejet pour les eaux de baignade, soit un abattement des germes pathogènes de 3 à 4 unités log voire d'avantage en été.

Outre la température, les paramètres majeurs sont le pH, qui doit rester voisin de 7, donc de la neutralité, et le temps de séjour. Pour 2 jours, la chute atteint 80% sur la DCO. La réduction de la DBO₅ dépasse 80% lorsque la température est au dessus de 25°C.

Au niveau de l'azote ammoniacal et des orthophosphates⁴, les performances sont légèrement supérieures aux prévisions lors des premières années suivant la mise en service de l'installation (50 à 60 % au lieu des 40 à 50 % escomptés). Les performances sont fonction de la température (activité des microorganismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes.

Quant à la dégradation des métaux lourds, une étude menée par le chercheur marocain FARS S.^[6] au milieu des années 90, a démontrée que la station de traitement des eaux résiduaires de la ville de Marrakech a permis la réduction de la charge en Zn, en Cu, en Pb et en Cd de respectivement 66%, 72%, 43%, 35% pour un traitement qui passe par une lagune anaérobie suivi d'une lagune aérobie.

L'élimination de ces métaux s'effectue essentiellement au niveau du premier bassin où subsistent des bactéries anaérobie et porte principalement sur la réduction de la forme particulaire du métal. L'analyse des sédiments déposés dans le fond des bassins de lagunage de Marrakech a montré que ce compartiment piège d'une manière importante les métaux lourds et, de ce fait, il joue un rôle important dans leur élimination.

Pour le lagunage à macrophytes, les performances sont généralement comparables à un lagunage standard.

⁴ Forme ionique d'un composé du phosphore sous la formule PO_4^{3-} ; c'est un minéral naturel de phosphate qui se présente sous la forme d'un tétraèdre pour lequel les sommets sont formés par quatre atomes d'Oxygène autour d'un atome de phosphore.

Les performances enregistrées pour la phytoépuration (filtres plantés) à travers divers auteurs sont présentées dans le tableau suivant :

Paramètre	Performance
DBO5	86 %
MES	86 %
NTK	37 %
Phosphore	37 %

Tableau V.8: Performances épuratoires de la phytoépuration. [Le guide sur les procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités - 2001]

Les conditions d'anoxie des filtres à écoulement horizontal permettent de réaliser une nitrification de seulement 50 %, et l'azote nitrifié formé est totalement dénitrifié.

Les phragmites (roseaux) sont le plus souvent utilisés. Il s'agit généralement de toutes les plantes que l'on trouve au bord des étangs et des lacs et qui ont la capacité à la fois de transformer la matière organique et de fixer les métaux lourds et produits dérivés des détergents.

La jacinthe d'eau est parfois conseillée, car elle semble constituer une biomasse intéressante qui nettoie efficacement les métaux lourds, mais cela est sans regarder les autres dangers.

Il est observé que les performances épuratoires de ces filtres horizontaux dépendent du temps de séjour et de la granulométrie employée.

De plus, la concentration résiduelle des polluants suit un profil qui décroît exponentiellement avec la longueur du filtre. [CEMAGREF – décembre 2003]

D'autres études annoncent les résultats suivants :

- abattement des microorganismes d'origine humaine de 3 log, dans les conditions estivales;
- rendement de l'azote ammoniacal de 75 à 95 %, avec des concentrations en sortie avoisinant 5 mg N/l;
- rendement de l'azote total de 20 %. [Office international de l'eau : «Les techniques d'épuration naturelle» Mai 2004]

V.8. ESTIMATION DES COUTS

Le coût de l'ouvrage est faible comparé à une filière de traitement classique (entre 20 et 50 % du coût d'une station d'épuration) ; il est plus lié aux travaux de génie civil (terrassement) nécessité par cette technique qu'au fonctionnement proprement parler (4 % du coût équivalent pour une station). Heureusement ; dans notre cas les lagunes sont déjà établies, on économise ainsi une facture d'excavation considérable.

Les coûts de cet ouvrage se résument aux dépenses sollicitées par les nouveaux dispositifs mis en place ainsi que par les matériaux utilisés (lagune 3).

Le tableau qui suit résume les dépenses prévues pour les travaux de réaménagement :

Matériaux /Dispositifs		Quantité	Prix unitaire (DA)	Coûts (DA)
Bactéries anaérobies		1 (bidon de 11,5 kg)	4100 (/kg) ^[19]	47000
Bactéries aérobie		1 (bidon de 11,5 kg)	2700 (/kg) ^[19]	31000
Hydro-éjecteurs a turbine deprimogène		2	120000 ^[62]	240000
Aérateur à turbine rapide		1	181000 ^[23]	181000
Matériaux de remplissage de la lagune 3	Pierre	440 m ³	1500 (/m ³)	660000
	Galets/ gravât	390 m ³	1200 (/m ³)	468000
	Gravier moyen à fin	160 m ³	1200 (/m ³)	192000
	Sable	240 m ³	1000 (/m ³)	240000
	Terre	240 m ³	1000 (/m ³)	240000
Iris Jaune		150 unités	300	45000
Carex		70 unités	1400	98000
Papyrus		100 unités	200	20000
Roseau commun		-	gratuit	0
Bacopa monnieri		70 unités	1100	77000
Jacinthe d'eau		70 unités	1200	84000
Total				2 623 000 DA

Tableau V.9: Dépenses prévues pour les travaux de réaménagement.

Chapitre VI :
Conclusion et recommandations

VI.1. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La technique d'enfouissement des déchets représente la solution la plus économique pour faire face à l'expansion des grandes quantités des déchets qui se retrouvent très souvent au bord des routes ou alors dans des aires inadéquats, c'est pourquoi l'état algérien a adopté cette solution et l'a généralisé à travers le territoire. Notons au passage que d'autres filières ont été essayées dans le passé mais sans grand succès, la faute à un manque de maîtrise.

Cette initiative vise avant tout à préserver l'environnement, mais aussi et surtout à protéger les eaux de surface et souterraines qui pourraient être contaminé par les molécules solubles issues des déchets.

Cette étude avait pour objectif de mettre en évidence les dangers engendrés par l'exploitation d'un C.E.T. surtout en ce qui concerne la production des lixiviats, pour par la suite, proposer des solutions appropriées, sans dépenser des sommes pharamineuses pour des stations de traitement dites modernes mais dont la maîtrise n'est pas encore totalement aboutie.

La solution retenue pour traiter les lixiviats peut susciter des points d'interrogation, d'autant plus que les techniques utilisant des produits chimiques (coagulation/floculation) ou machines très énergivores dominent le paysage.

Cependant, les techniques de lagunage et de phytoépuration sont des procédés qui peuvent paraître anodins mais dont l'efficacité a été très souvent démontrée à travers plusieurs ouvrages, et puis il faut rappeler que ces procédés d'épuration ont fait leur preuves depuis bien longtemps avant l'apparition de n'importe quelle machine puisqu'ils s'inspirent de la nature, cette dernière possède des pouvoirs qui sont au jour d'aujourd'hui pas encore totalement dévoilées comme le pouvoir de régénération. De nombreuses techniques d'épuration se sont inspirées des différents écosystèmes. Elles sont parfois regroupées sous l'appellation « filières biologiques » parce qu'elles utilisent les propriétés de microorganismes.

Le choix du procédé de traitement des lixiviats par lagunage couplé à la phytoépuration a été motivé principalement par respect pour l'environnement, en ôtant essentiellement le problème des concentrât engendrés par les traitements modernes de type filtration par membrane et dont le sort reste inconnu (principalement stockage), et puis l'existence de bassins a aussi influé sur la balance.

Le système d'épuration des lixiviats par lagunage permet de concentrer les métaux lourds tels que le cuivre (Cu) dans les boues d'épuration et ainsi d'en minimiser le transfert dans le milieu naturel. Ce système, bien que nécessitant une grande superficie, apparait comme un moyen efficace pour préserver l'équilibre des écosystèmes contre les dangers que représente un centre d'enfouissement des déchets. On constat aussi que les phénomènes de décantation permettent de favoriser l'abattement de la charge en carbone organique.

De plus, généralement ce type de procédé nécessite très peu d'entretien, est économe en énergie et possède un bas coût de construction et de gestion comparé aux autres procédés. Notons au passage que l'efficacité du procédé adopté n'a rien à envier à ceux des traitements modernes. En effet, à travers plusieurs études, essais et expériences réalisés depuis les années 1970, il en ressort que ce procédé de traitement fournit des résultats qui sont inférieurs à ceux des traitements modernes mais qui sont très satisfaisants.

Le seul bémol avec ce procédé c'est l'incapacité à maîtriser l'activité des microorganismes qui se répercute directement sur le rendement épuratoire. En effet, plusieurs auteurs ont constatés une légère diminution des rendements épuratoire de la DBO, du fer et du manganèse en été, attribuée en grande partie à la diminution de la masse d'effluent à traiter (lixiviats), ainsi qu'une baisse des rendements relatifs à l'ensemble des éléments chimiques suivis dans la station en période hivernale semble être liée à une diminution des valeurs de pH (de 8 à 4). Cependant ces inconvénients peuvent être palliés par l'activité des plantes phytoépurations, d'où leur présence.

Ainsi, la phytoépuration permet de traiter des effluents très concentrés en élément pathogènes et en composés toxiques, elle peut, grâce aux plantes de par leurs systèmes racinaire retenir la charge polluante qui sera par la suite emmagasinée dans les cellules pour y être enfin dégradé. Economique, facile d'entretien mais surtout totalement biologique, ce procédé pourrait facilement être démocratisé. Les rendements épuratoires sont quant à eux parfaitement acceptables, puisqu'on a un bon abattement de la DBO et de MES, de plus selon la composition de l'effluent à traiter on peut adapter notre traitement en sélectionnant les plantes qui conviennent.

A travers ce travail, nous avons pu prouver qu'il est possible de faire face à la question de la gestion des lixiviats, et cela en optant pour des traitements biologiques et naturels sans pour autant être obligé de passer par des traitements qui engendrent des sous-produits mal maîtrisés. Nous avons pu concevoir un dispositif de traitement des lixiviats, et cela, en utilisant les moyens qui s'offraient à nous et qui se trouvaient déjà sur place en faisant ainsi dire un remaniement dans la conception du dispositif de traitement des lixiviats et une amélioration de son fonctionnement et son rendement, aussi, on a opté pour un traitement écologique qui utilise des bactéries et des plantes épurations car l'idée de départ été d'utiliser un traitement qui soit à la fois économique, efficace et bien sûr respectueux de l'environnement.

Afin d'optimiser le fonctionnement de l'ouvrage d'épuration nous proposons les recommandations qui suivent :

- 1) Afin de diminuer la charge en métaux lourds, un tri sélectif est à préconiser, rappelons que les composants électroniques issus des appareils électroménagers, les piles ainsi que bon nombre de déchets de ce genre sont en grande partie à l'origine de la présence des métaux dans les lixiviats.
- 2) Encourager le recyclage qui aura pour conséquence la diminution de masse de déchet à enfouir qui se répercutera sur la production et la composition des lixiviats.
- 3) Etablir un suivi de l'ouvrage de traitement des lixiviats sous forme de feuille de route sur la quelle des tâches d'entretien, d'observations et de maintenance sont clairement établis et décrites pour y être effectuées. Des analyses de l'effluent avant, pendant et après traitement sont aussi à prescrire.
- 4) Mettre un dispositif de sécurité aux alentours de l'ouvrage afin d'éviter des actes de vandalisme survenus dans le passé (sabotage de la membrane).
- 5) Etre très vigilant sur la nature des déchets admis au sein du C.E.T, rappelons que les déchets hospitaliers (pansements, seringues,... etc.) ainsi que les gravats sont refusés.
- 6) L'exploitant tient à jour un plan d'exploitation du C.E.T, ce plan doit permettre d'identifier les tâches dans la zone d'activité.
- 7) D'une manière générale, une bonne gestion d'un C.E.T exige également:
 - Des ouvriers qualifiés pour manœuvrer les engins lourds ;
 - Des agents administratifs pour assurer les enregistrements et contrôles ;
 - Des techniciens pour la prise en charge des tests ;
 - Des responsables pour organiser les cellules, les dépôts, les aménagements annexes ;
 - Des mécaniciens et des électriciens pour l'entretien des installations et des véhicules, etc.
- 8) Il est recommandé d'épandre les déchets en couche successive d'une épaisseur appropriée et les compacter intensivement par le passage des engins.
- 9) Il est recommandé de recouvrir des couches régulières pour éviter l'envol des déchets légers et aussi limité la présence des animaux et des oiseaux.

BIBLIOGRAPHIE-WEBOGRAPHIE

- [1] AINA M. P. (2006) : « *Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites* ». Thèse de doctorat. Université de Limoges.
- [2] ALOUEIMINE S.O(2006) : « *Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à NOUAKCHOUT (Mauritanie) contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision* ». Thèse de doctorat .Université de Limoges.
- [3] BRIX H. (1987): « *Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants - the root-zone method*». Water Science and Technology 19(1-2): 107-118.
- [4] ECKENFELDER W. (1970): « *Water quality management* ». Université du Michigan publié chez New York, Barnes & Noble
- [5] FERHAT I. (2011) : « *Etude technico-économique d'un centre d'enfouissement technique : cas du C.E.T de Soumâa (Wilaya de Blida)* ».Mémoire de master. Université de Blida.
- [6] FARIS S. (1994) : « *Etude de l'élimination des métaux lourds (Cu, Zn, Pb et Cd) contenus dans les eaux usées de Marrakech par quatre systèmes expérimentaux : Lagunage anaérobie, Lagunage aéro-anaérobie, Sur-irrigation drainage et infiltration-percolation* ». Thèse de 3ème cycle, Université de Cadi Ayyad, Marrakech.
- [7] FRANCOIS V. (2004) : « *Détermination d'indicateurs d'accélération et de stabilisation de déchets ménagers enfouis et étude de l'impact de recirculation de lixiviats sur colonne de déchets.* » Thèse de doctorat. Université de limoges.
- [8] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 81 du 7 Dhou El Kaada 1425 19 décembre 2004
- [9] KEHILA Y., MEZOUARI F. et MATEJKA G. (2011) : « *intérêt des matériaux géosynthétiques dans la conception des centres d'enfouissement technique (cet) en Algérie* ». Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. XXXIII, No. 3, 2011.
- [10] KEHILA Y., MEZOUARI F., AINA M., MATEJKA G., MAMA D. (2007) : « *Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides dans les PED vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine ?*». Journées scientifiques inter-réseaux de Hanoi AUF, 5-9 Novembre 2007.
- [11] LAGIER T. (2000) : « *Etude des macromolécules de lixiviat : caractérisation et comportement vis-à-vis des métaux* ». Thèse de doctorat, Université de Poitiers.
- [12] Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2009) : « *Guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagers et assimilés* ». 54 pages.
- [13] MONROE M. (2007) : « *Traitement des lixiviats des centres d'enfouissement* ». New Logic Research INC, consulté sur le site : <http://www.vsep.com>
- [14] SWEEP NET : Le réseau régional d'échange d'informations et d'expertise dans le secteur des déchets dans les pays du Maghreb et du Mashreq (2010) : « *Rapport pays sur la gestion des déchets solides en Algérie* ». 33 pages.

- [15] <http://www.aliv-e.com/fr> consulté le 25/03/2012
- [16] <http://www.aps.dz> consulté le 20/03/2012
- [17] <http://www.djazairess.com/fr/lesoirdalgerie> consulté le 08/05/2012
- [18] <http://www.elwatan.com> consulté le 16/02/2012
- [19] <http://www.etangs.ca> consulté le 14/04/2012
- [20] <http://www.intradel.be> consulté le 12/04/2012
- [21] <http://www.leveil.fr> consulté le 21/04/2012
- [22] <http://www.organom.fr> consulté le 11/04/2012
- [23] <http://www.pompes-direct.com> consulté le 03/06/2012
- [24] <http://www.riaed.net> consulté le 17/05/2012
- [25] <http://www.sicavonline.fr> consulté le 19/04/2012
- [26] <http://www.wilayadeblida.dz> consulté le 06/04/2012
- [27] <http://www.zoomdici.fr> consulté le 04/05/2012

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB - BLIDA -

FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'INGENIEUR



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE
L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE MASTER

Sous le thème:

ETUDE DE LA REALISATION D'UNE STATION
DE TRAITEMENT DES LIXIVIATS : CAS DU
C.E.T. DE SOUMÂA (W. DE BLIDA)

Présenté par : BENTEFTIFA Mourad
Dirigé par : Dr. BESSENASSE M.

INTRODUCTION

Abandonner les objets et produits devenus inutiles ou périmé est une pratique qui remonte aux origines de l'humanité.

De nos jours, la question des déchets solides en termes de gestion représente un challenge important auquel une société moderne peut être exposée.

En Algérie ; la production de déchets ménagers peut atteindre 0,7 Kg/hab/j

La gestion des déchets en Algérie est assurée par:

- Le secteur public: l'AND qui suit le PROGDEM
EPWG-CET
- Le secteur privé: les ONG > (Net-Com)

La démarche vise à résoudre la question des déchets, mais aussi supprimer les décharges sauvages.

Les autorités algériennes ont opté pour la technique de l'ENFOUISSEMENT.

Cependant, la technique de l'**ENFOUISSEMENT** présente des aspects négatifs, parmi-eux la production de **lixiviat**, nécessitant un traitement avant rejet.

A travers cette présentation, nous nous intéresserons au cas du C.E.T. de Soumâa

DEFINITION D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE

- Installation qui reçoit les déchets pour les enfouir dans des fosses de très grand volume.
- Evolution d'anciennes décharges de terrains de recharge.

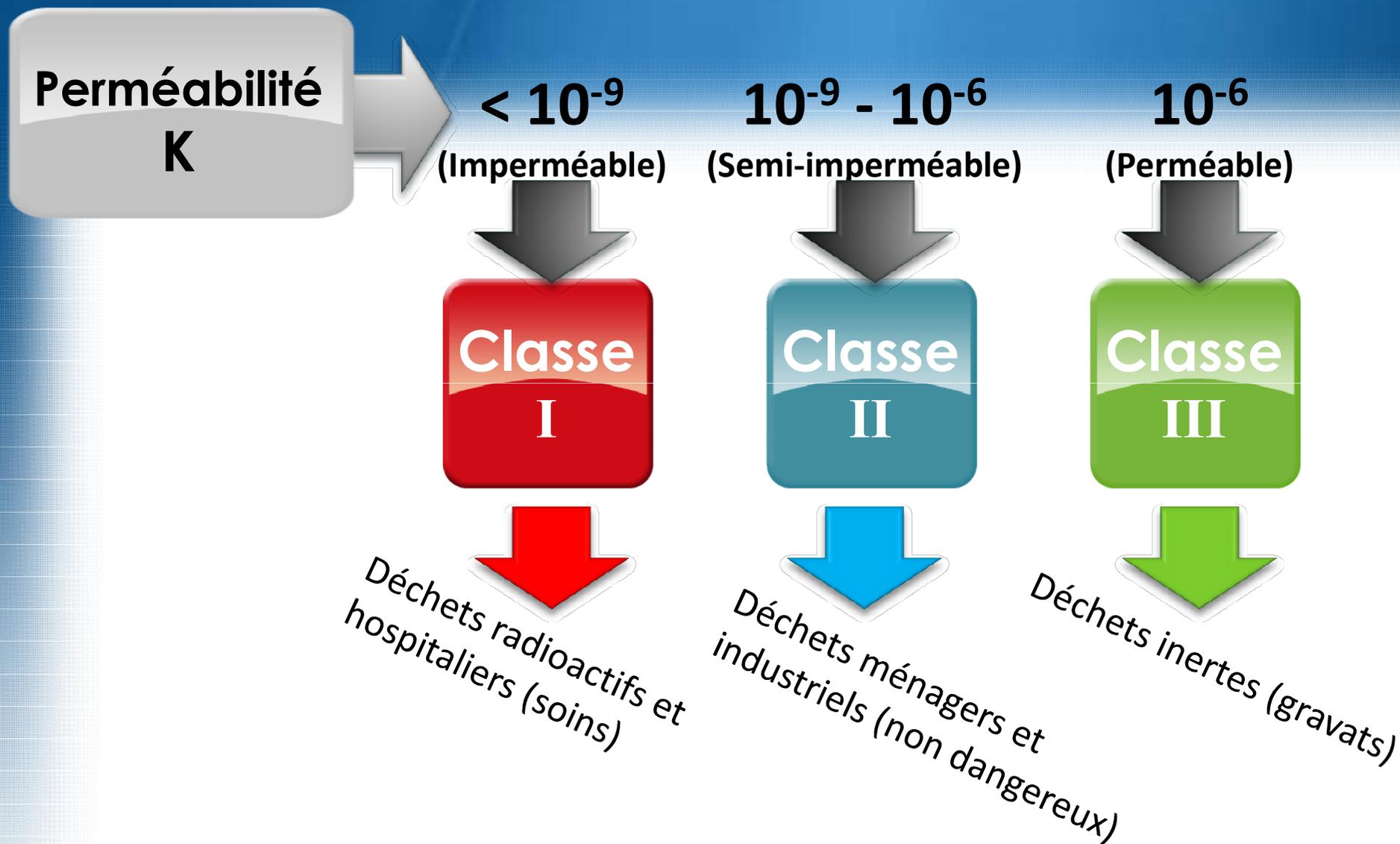
C.E.T.: **C**entre d'**E**nfouissement **T**echnique.

C.S.D.U.: **C**entre de **S**tockage de **D**échets
Ultimes.

I.S.D.N.D.: **I**nstallation de **S**tockage des
Déchets **N**on **D**angereux.

L.E.T.: **L**ieu d'**E**nfouissement **T**echnique.

CLASSIFICATION DES C.E.T.



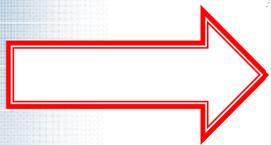
DIMENSIONNEMENT D'UN C.E.T.

- En fonction de la quantité de déchet prévue à enfouir
- Repose sur l'estimation de la production de déchets

Exemple : BLIDA

163 500 individus (2008) $\xrightarrow{\text{Taux de croissance démographique } 2,5\%}$ **270 000** individus (2028)

1 algérien \longrightarrow 220 kg/an 340 kg \longrightarrow 1 m³



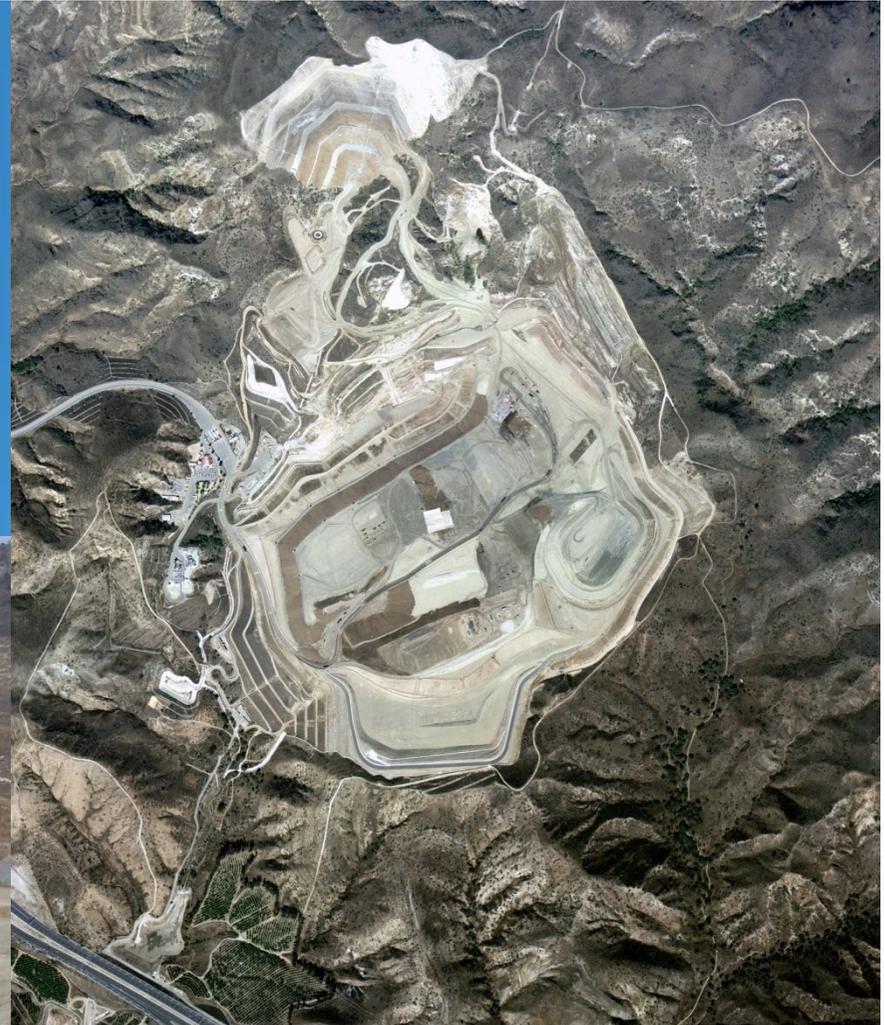
Casier de 500 000 m³ exploitable sur une période de 20 ans

INFRASTRUCTURE D'UN C.E.T.

- ✓ Bloc administratif
- ✓ Bloc exécutif
- ✓ Pont bascule
- ✓ Atelier de tri
- ✓ Casiers
- * (Station de traitement des lixiviats)
- * (Système de récupération des biogaz)

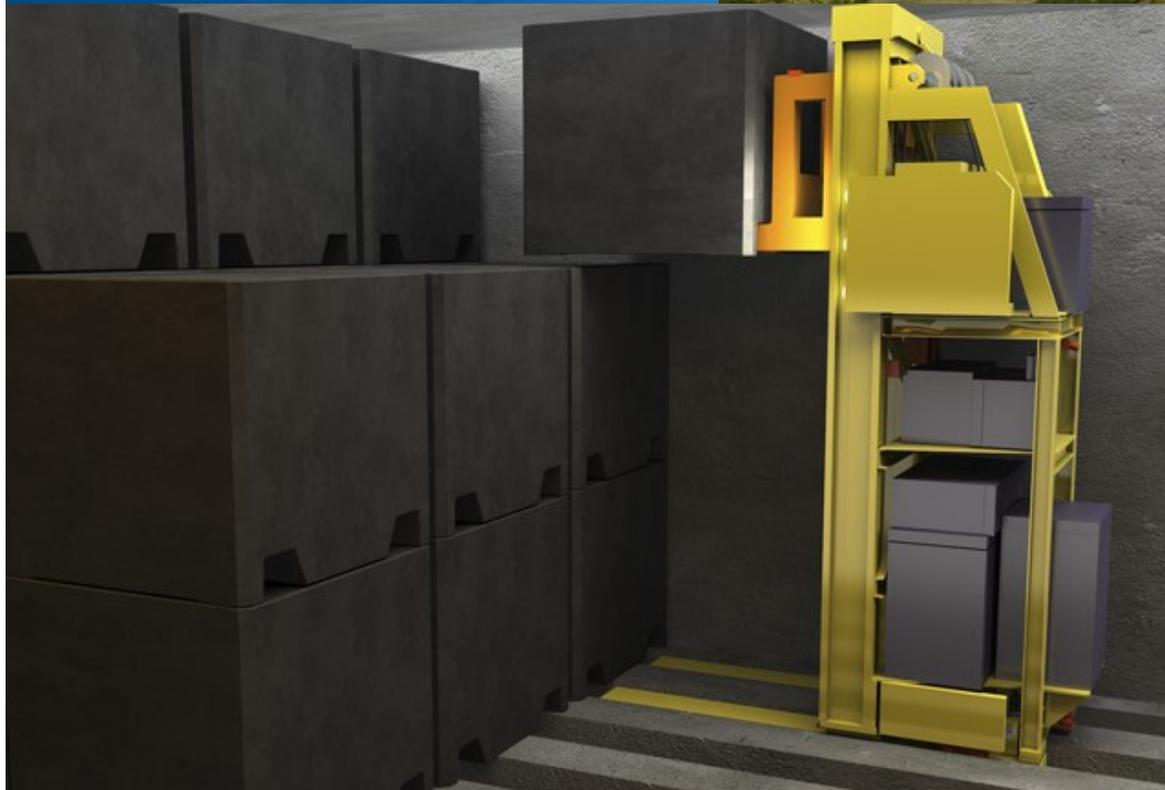
**LES C.E.T. A TRAVERS
LE MONDE**

Olinda (CA – EU)



1960
8000 t/j

Bure
(FR)



1980

Huizhou (CH)



2005
110 t/j

Fresh Kills (NY – EU)



1947
29 000 t/j

Great pacific garbage



3,43 millions de km²

LES C.E.T. EN ALGERIE

Le 1^{er} C.E.T. en Algérie est celui de Ouled Fayet (W. d'Alger) -2001-

Le MATET et l'AND ont mis un plan (PROGDEM) pour démocratiser les C.E.T et atteindre 300 C.E.T à travers le pays(soit ≈ 1 C.E.T/Daïra).

Actuellement, il y a 105 C.E.T à travers le territoire national dont 43 en exploitation.

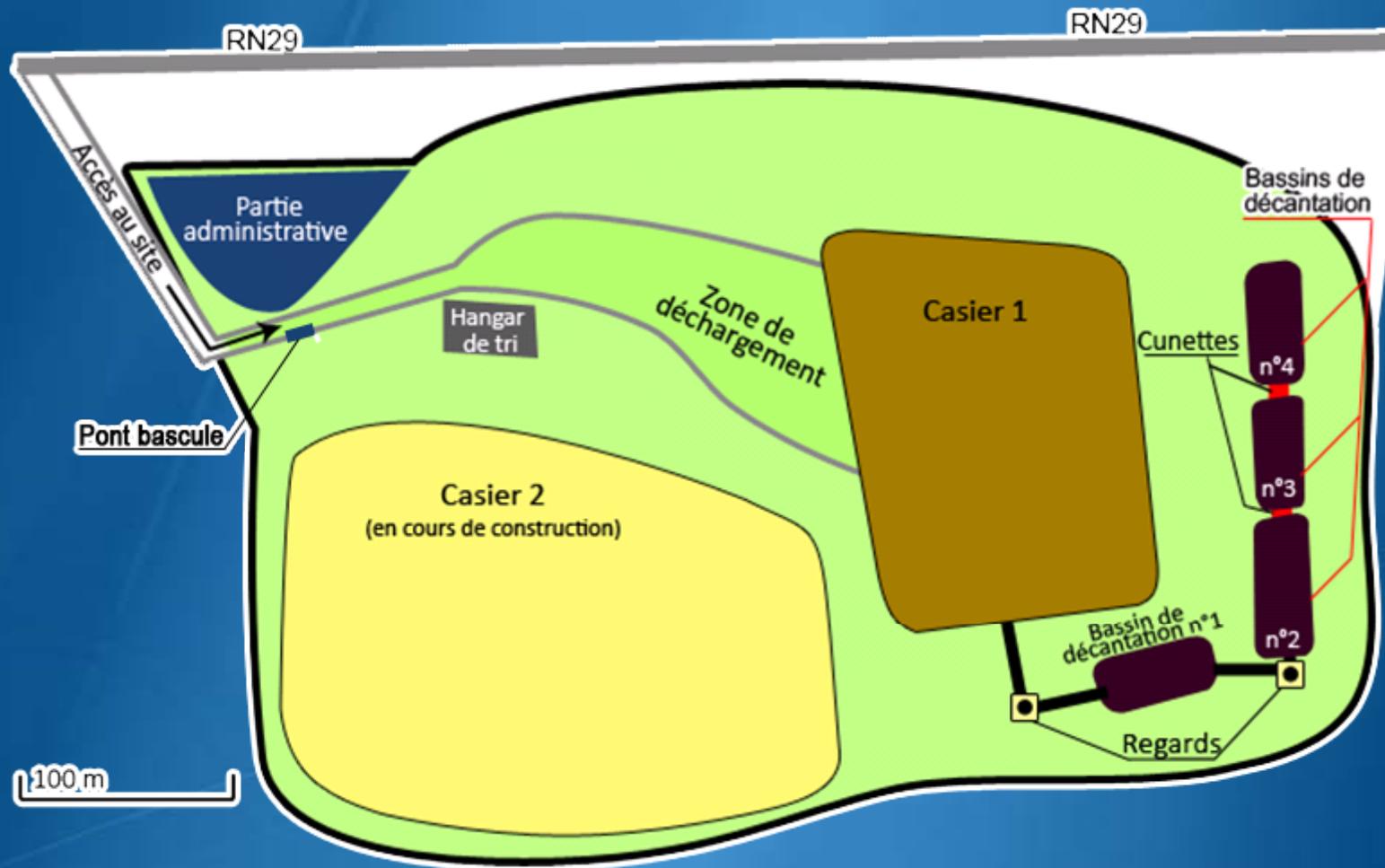
Cependant les C.E.T sont à l'origine de plusieurs problèmes dû à leur exploitation

NUISANCES DES C.E.T

- Envol des sacs plastique, papier et autres objets légers;
- Genèse de bruit et de poussière engendrée par la circulation des véhicules et engins;
- Présence d'animaux attirés par les déchets;
- Dégagement de mauvaises odeurs dû à l'absence de réseau de captage des biogaz;
- **Production des lixiviats qui menace l'hydrosphère.**



VUE AERIENNE DU C.E.T.



Lancement : 2008

Direction : EPWG-CET (Béni-Mered)

Superficie : 11ha

Périmètre : 1450 m linéaire

Capacité : 500 t/j

Ancienne carrière de Tuf

Coût : 330 million de DA



Locaux administratifs



Pont bascule



Casier n° 2



Casier n° 1



Bassin n°1

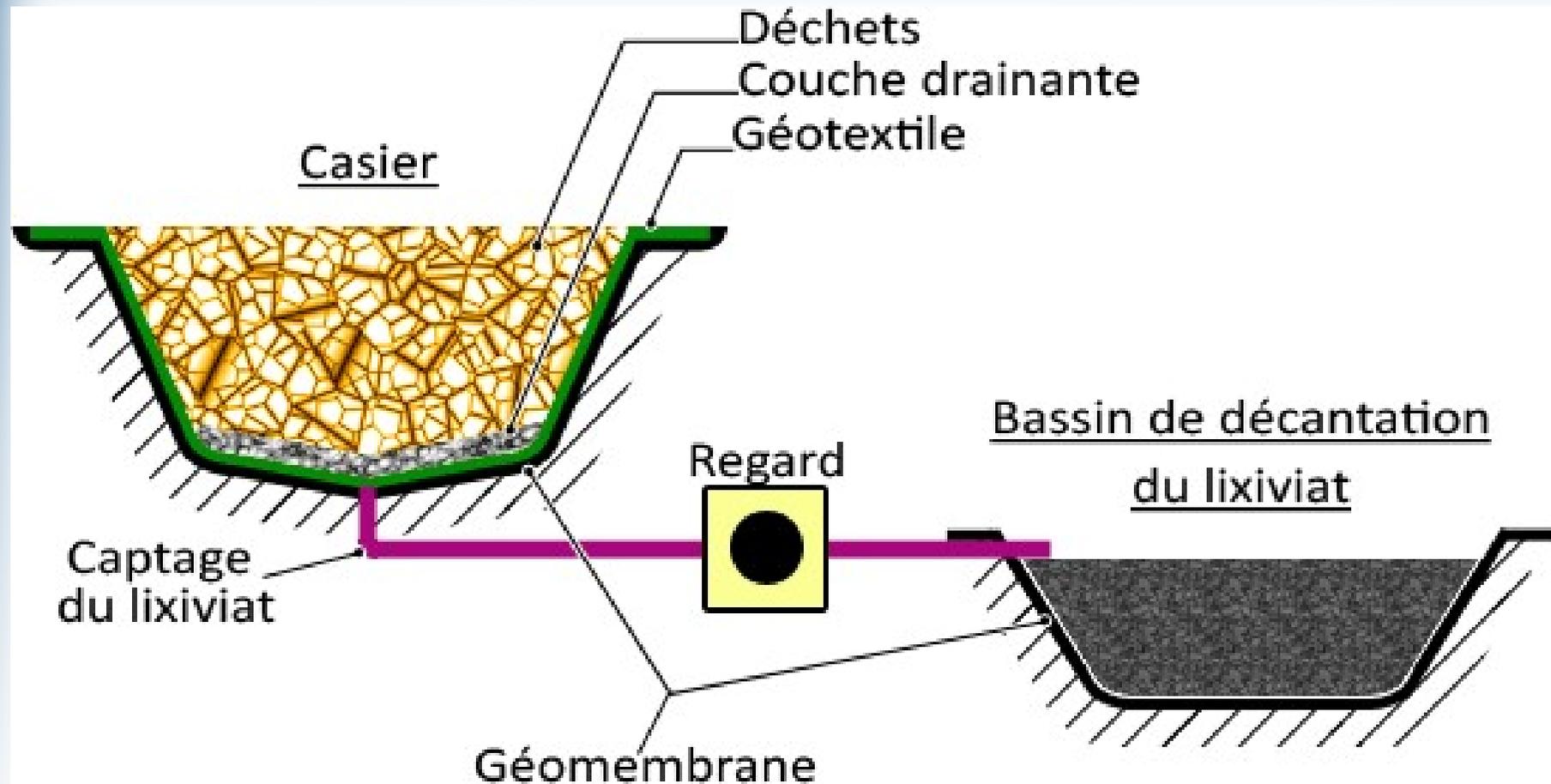


Evacuation des lixiviats



Bassin n°2, 3 et 4 (en série)

FORMATION DES LIXIVIATS



CARECTERISATION DES LIXIVIATS

« Tout liquide percolant à travers un dépôt d'ordure et contenu dans une décharge ou émis par celle-ci ».

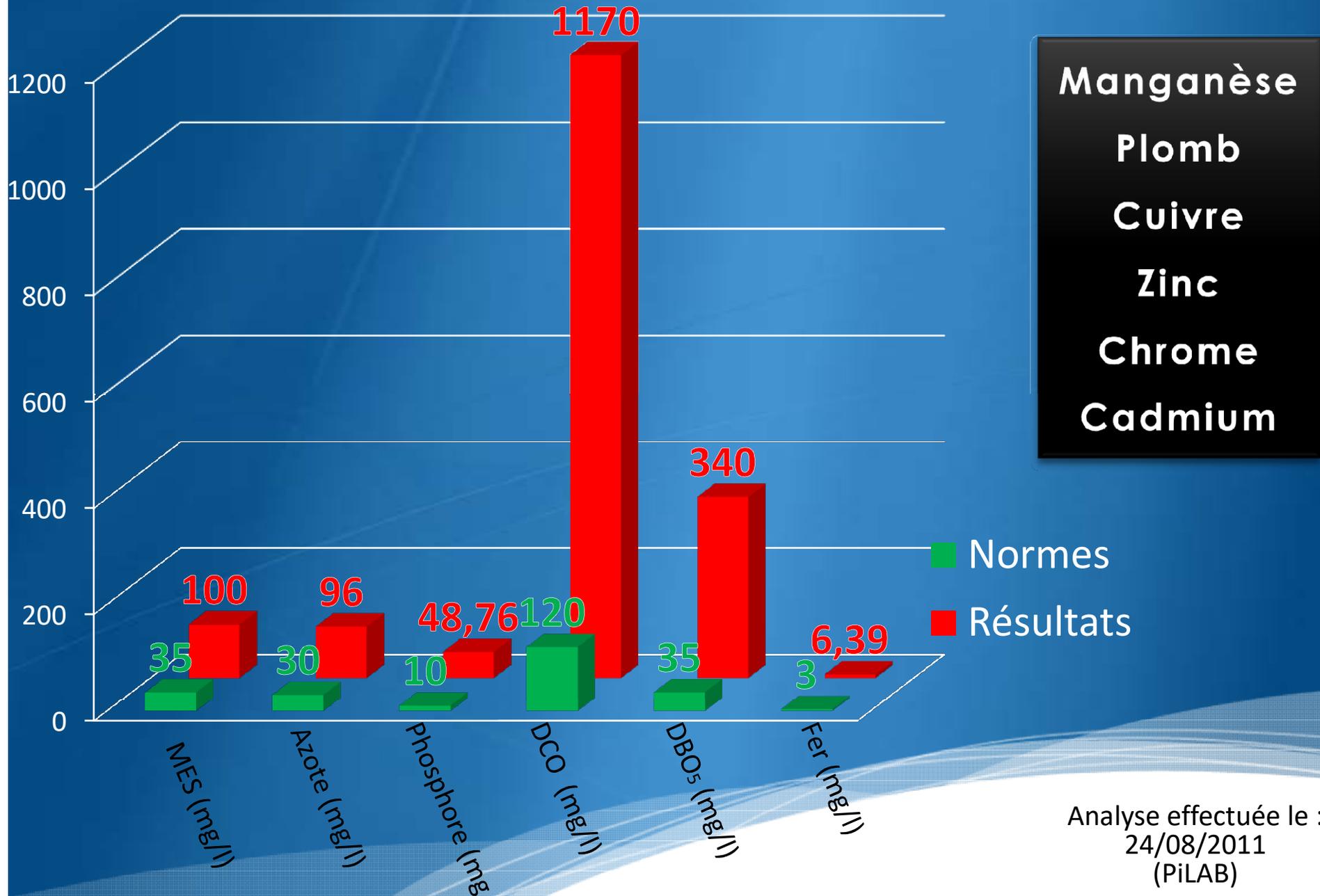
En s'infiltrant à travers les déchets ils se chargent biologiquement et chimiquement en substances minérales et organiques dissoutes.

A titre d'exemple le Café est un genre de lixiviat.



Le débit de production du C.E.T de Soumâa en lixiviat est de 52 m³ /j

Composition chimique des lixivats



Dangers d'un rejet direct des lixiviats

- Contamination des cours d'eau et des eaux souterraines par infiltration;
 - Atteinte à la biodiversité environnante.
-
- Troubles digestifs;
 - Ont un effet antibiotique ⇒ ↑ la résistance des bactéries;
 - Caused des allergies;
 - Endommagent les cellules nerveuses.



CONSTAT

L'effluent ne répondant pas aux normes de rejet; il ne doit en aucun cas être évacué sans traitement.

La solution retenue pour le traitement des lixiviats est le procédé de Lagunage couplé à un dispositif de Phytoépuration.



Lagunage

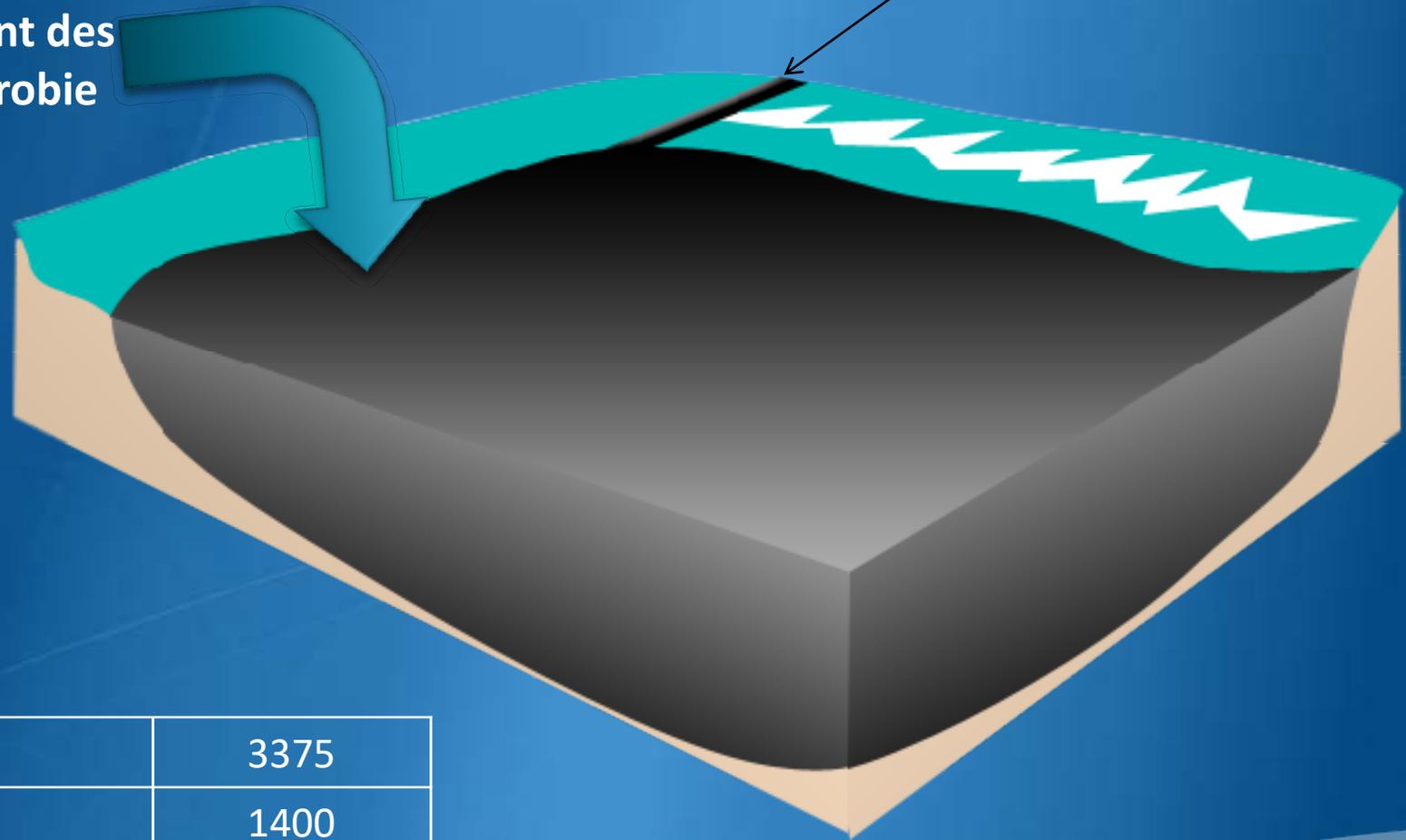


Phytoépuration

Lagune n°1 (anaérobie)

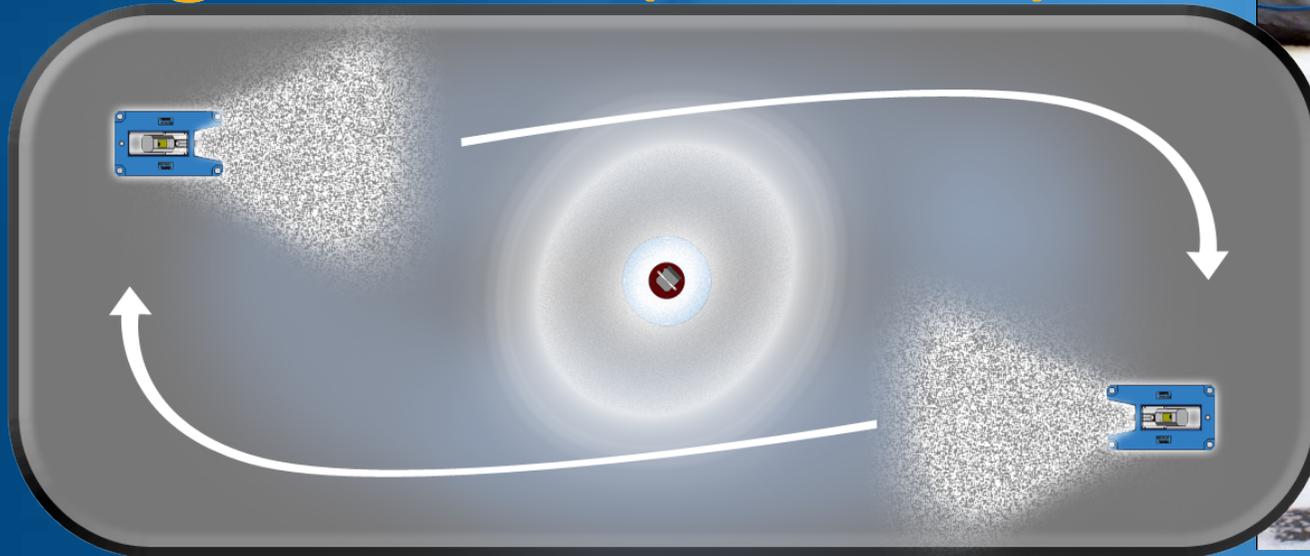
Ensemencement des
bactéries anaérobies

Arrivée des lixiviats



Volume (m ³)	3375
Surface (m ²)	1400
Profondeur (m)	2,8
Temps de séjours (j)	65

Lagune n°2 (aérobie)



Hydro-éjecteur à turbine deprimogène



Bactéries

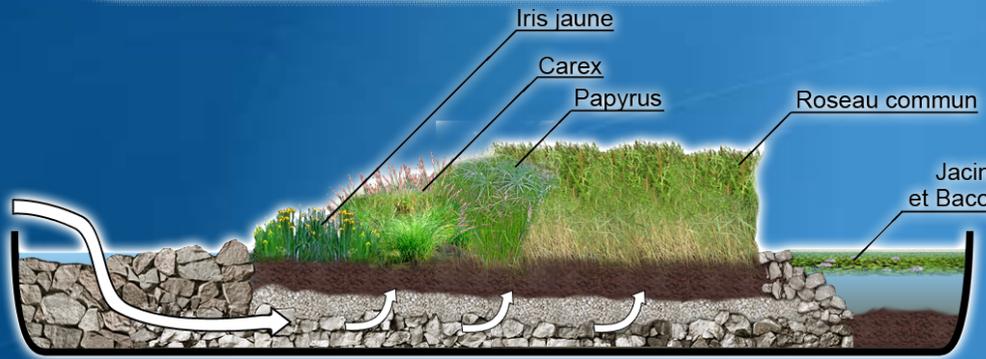
Volume (m ³)	3870
Surface (m ²)	1680
Profondeur (m)	2,65
Temps de séjours (j)	20



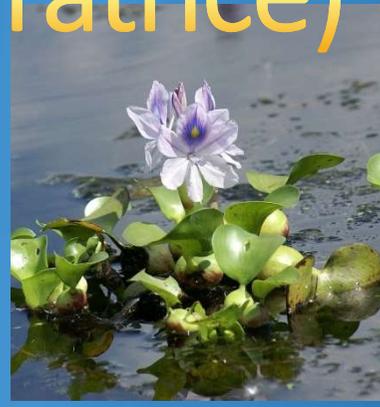
Aérateur à turbine rapide

Lagune n°3 (Phytoépuratrice)

Arrivée d'eau à traiter



Volume (m ³)	1360 / 2830
Surface (m ²)	1680
Profondeur (m)	1 à 2,4
Temps de séjours (j)	20



Lagune n°4

Conservera ses proportions initiales.

Elle jouera le rôle de clarificateur

(séparation : boues/eau épurée)

Réduction des MES

FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE



RENDEMENT ATTENDU

Paramètres	Rendement (%)
MES	85
DBO	≈ 80
DCO	≈ 80
NH ₄	50 – 75
P	≈ 40
Cu	≈ 70
Pb	≈ 40
Cd	≈ 30
Zn	≈ 60
Germes pathogènes	3 – 4 (unité log)

Ce procédé permettra d'obtenir une eau dont la qualité est similaire à une eau de baignade

ESTIMATION DES COUTS

Comparé à d'autres filières de traitement, ce procédé coûtera 20 à 50% moins chère.

Le coût de fonctionnement \approx 5 % du coût équivalent pour une station «classique».

Le coût de l'ouvrage est estimé à :

2 623 000 DA

RECOMMANDATIONS

- ➡ Tri sélectif \Rightarrow \searrow la charge en métaux lourds;
- ➡ Recycler \Rightarrow \searrow la masse de déchet à enfouir
 \Rightarrow \searrow de la production des lixiviats;
- ➡ Surveiller la nature des déchets admis;
- ➡ Etablir un suivi régulier de l'ouvrage;
- ➡ ...

CONCLUSION

L'enfouissement des déchets représente la solution la plus économique en termes de traitement des déchets.

Cependant la production des lixiviats montre que les C.E.T. peuvent être une vraie menace envers l'environnement.

Il est donc impératif de résoudre la question des lixiviats.

Le traitement des lixiviats par lagunage couplé à la phytoépuration a montré qu'il été capable de fournir de bon résultats sans la nécessité de très gros moyens.

On a pu concevoir un dispositif de traitement en utilisant des moyens qui s'offraient à nous et qui se trouvaient sur place, rendant sa réalisation faisable dans l'immédiat et peu chère.

De plus, on a pu éviter la problématique des sous-produits (réactifs ou concentrât).

A travers ce travail, on a pu prouver que:

« Il est possible de traiter les lixiviats par des procédés écologiques dont les performances n'ont rien à envier à ceux des traitements conventionnels ».

*« La sagesse de la terre
est une complicité totale entre
l'homme et son environnement ».*

Pierre-Jakez Helias



*MERCI
POUR VOTRE
ATTENTION*