

## Utilisation d'un système de management intégré, Qualité-Sécurité-Environnement, pour la réhabilitation de la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza (Maroc)

### [ Use of an integrated management system, Quality-Safety-Environment, for the rehabilitation of the non-public landfill of the Taza city (Morocco) ]

*Abdelouahab Zalaghi<sup>1</sup>, Fatima Lamchouri<sup>1</sup>, Hamid TOUFIK<sup>1</sup>, and Mohammed Merzouki<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire Matériaux, Substances Naturelles, Environnement et Modélisation (LMSNEM),  
Faculté Polydisciplinaire de Taza, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz de Fès,  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès, Maroc

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The current dump of the Taza city, dump wild, said dump Julien, located on the outskirts of the city and who's commissioning dates back to early 1940, has transformed over the years into a major environmental nuisance. Its rehabilitation is necessary to reduce environmental impacts such as greenhouse gas emissions, leachate formation and slope instability. Long-term landfill understanding is important for landfill remediation and appropriate models that can take into account both mechanical and bio-decomposition mechanisms in predicting a sustainable remediation scenario, are not usually available. In this paper, a model based on an integrated QSE management system and taking into account the biodegradation process is proposed to simulate the behavior of the deposit of waste buried after closure of the site and to model the typical descriptors of the behavior in the short and long term.

The analytical, experimental and full-scale extrapolation results prove that the studied model of the SMI-QSE is a simple but robust and scalable scientific and technical tool. The application of this model of SMI-QSE for the rehabilitation of landfills is the originality of this work at the national and even international level. In addition, the appropriation of this model allows the uncontrolled public landfill of the city of Taza to meet its challenges and to integrate into the overall process of sustainable development of Morocco.

**KEYWORDS:** Rehabilitation of landfills; Stability of slopes; Leachate, Uncontrolled discharge of Taza.

**RÉSUMÉ:** La décharge actuelle de la ville de Taza, dépotoir sauvage, dite décharge Julien, situé à la périphérie de la ville et dont la mise en service remonte au début de 1940, s'est transformée au fil des années en une nuisance environnementale majeure. Sa réhabilitation est nécessaire pour réduire ses impacts environnementaux tels que les émissions de gaz à effet de serre, la formation de lixiviat et l'instabilité des pentes. La compréhension de la mise en décharge à long terme est importante pour la réhabilitation des sites d'enfouissement et les modèles appropriés qui peuvent tenir compte à la fois des mécanismes mécaniques et de bio-décomposition dans la prédiction d'un scénario de réhabilitation durable ne sont pas disponibles. Dans cet article, un modèle basé sur un système intégré de management QSE et prenant en compte le processus de biodégradation est proposé pour simuler le comportement du gisement des déchets enfouis après fermeture du site et modéliser les descripteurs typiques du comportement à court et à long terme.

Les résultats analytiques, expérimentaux et d'extrapolation à pleine échelle, prouve que le modèle étudié du SMI-QSE est un outil scientifique et technique simple, mais robuste et évolutif. L'application de ce modèle de SMI-QSE pour la réhabilitation des centres d'enfouissement constitue l'originalité du présent travail à l'échelle nationale et même internationale. En plus,

l'appropriation de ce modèle permet à la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza de relever ses défis et de s'intégrer dans le processus global du développement durable du Maroc.

**MOTS-CLEFS:** Réhabilitation des décharges; Stabilité des pentes; Lixiviat, Décharge non contrôlée de Taza.

## 1 INTRODUCTION

Avec l'industrialisation progressive dans le monde entier, des solutions raisonnables dans la gestion des déchets prennent de l'importance. Selon la hiérarchie des déchets - Réduire, Réutiliser, Recycler et Eliminer - de nouvelles solutions pour la réutilisation et la mise en décharge sont recherchées. Les pays émergents comme le Maroc, se sont montrés particulièrement intéressés à augmenter leurs normes écologiques aux niveaux de l'Europe ou de l'Amérique du Nord. À l'heure actuelle, un bon nombre de leurs décharges sont exploitées selon des normes environnementales très basses [1], [2]. Les caractéristiques distinctives des déchets de ces pays sont leurs teneurs élevées en matière organique biodégradable, qui entraînent une forte contamination organique des lixiviats des décharges et la production de grandes quantités de gaz d'enfouissement [3], [4].

Les travaux de recherche de ces dernières années ont été consacrés au développement de technologies d'enfouissement des déchets résiduels, après récupération informelle des matériaux valorisables [5] et aux techniques de réhabilitation des sites d'enfouissement correspondants. Parmi les résultats de recherche ; le traitement mécanique et biologique des déchets (notion de casier bioréacteur) en combinaison avec les bonnes pratiques d'enfouissement et de réhabilitation se sont avérés être des solutions durables et respectant l'environnement.

L'approche de réhabilitation écologique ou durable dans le cadre d'un système de management QSE est particulièrement intéressante pour le cas de la décharge sauvage de la ville de Taza (Nord-Ouest Maroc), dite décharge Julien et située sur la rive gauche de l'Oued Lârbaa qui est à l'origine d'un ruissellement continu des lixiviats [6], [7], qui peuvent faire émerger de sérieux problèmes écologiques [8], [9], [10]. Ces lixiviats sont riches en polluants organiques, inorganiques et en métaux lourds [11], [12], [13], ainsi qu'une concentration élevée de germes dont les pathogènes [14], ce qui menace la santé publique puisque la pollution fluviale contamine directement les cultures maraîchères irriguées par les eaux de ce Oued, et menace l'avenir des activités socio-économiques de cette ville [1], [15], [16].

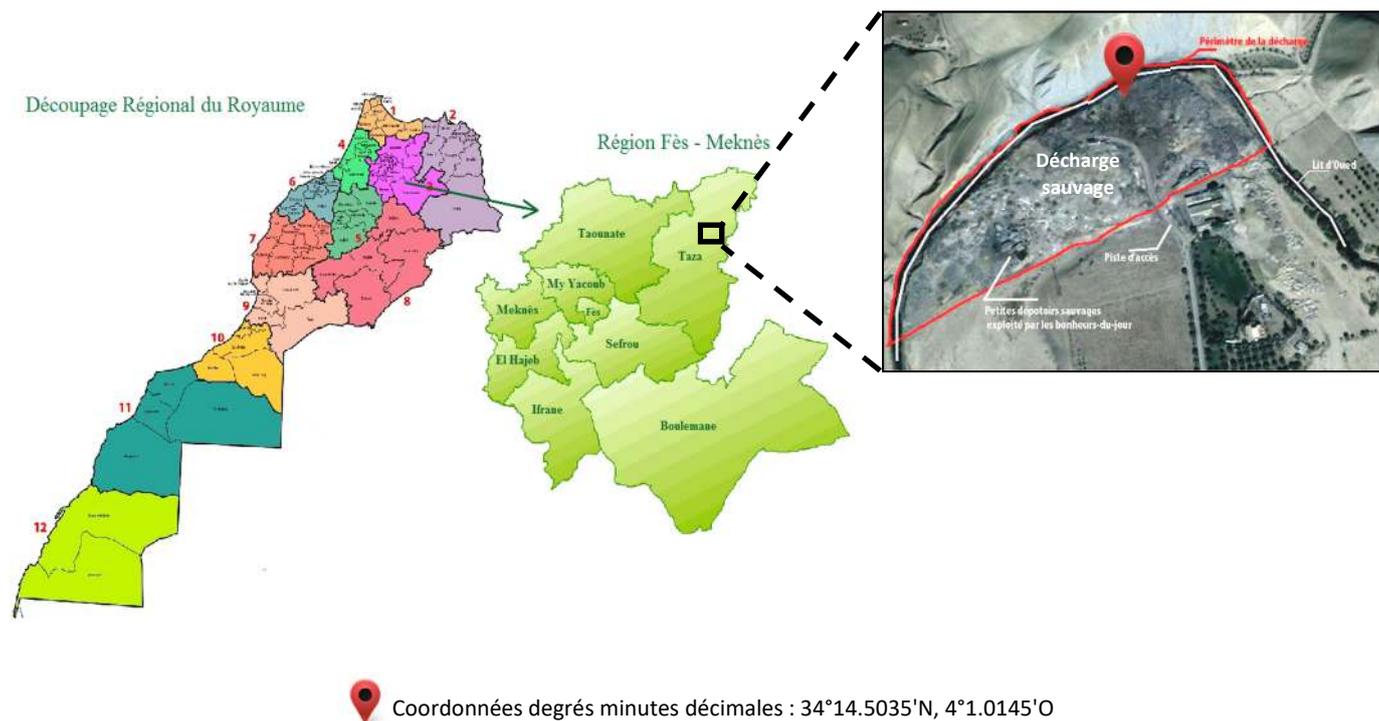
Afin de contribuer à la réhabilitation durable de cette décharge, l'objectif de ce travail est de définir le scénario de réhabilitation optimum, en se basant sur un **Système de Management Intégré**, de trois composantes qui sont ; la **Qualité** du service, la **Sécurité** professionnelle et la préservation de l'**Environnement (SMI-QSE)**. Cette réhabilitation proposée pour le cas de la décharge de Taza, évolue dans le temps et dans l'espace conformément au cycle de qualité PDCA (Plan –planifier-, Do -mettre en œuvre-, Check -prouver et contrôler-, Act -corriger et réagir-).

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

La province de Taza (Nord-Ouest Maroc) est une subdivision à dominance rurale de la région Fès-Meknès. Elle tire son nom du « couloir » que constitue la vallée de l'oued Inaouen et la plaine de Guercif, le reste de la province est dominé par les montagnes. La province occupe en fait la zone qui relie le Rif au Moyen Atlas, les deux chaînes montagneuses se resserrent au niveau du col de Touaher (559 m d'altitude). À 13 km de ce col se trouve Taza, dont la ville ancienne est construite sur le dernier rocher du Moyen Atlas ; derrière se dressent les imposantes montagnes atlasiques et en face, telles un mur, les collines du pré-Rif. La zone pré-rifaine se prolonge par les montagnes du Rif pour atteindre une altitude de 2 000 m. Le Moyen Atlas étant de formation plus récente, les montagnes de la province ont des altitudes dépassant les 3 000 m au niveau du massif de Bouiblane. À l'extrémité nord du Moyen Atlas, près de Taza, s'étend le parc national de Tazekka [17].

La décharge de la ville de Taza est une décharge non contrôlée desservant la totalité de la zone urbaine de Taza, ainsi que quelques quartiers périphériques se trouvant à l'extérieur du périmètre urbain. Elle est située sur un terrain plat, au niveau de la rive gauche de l'Oued Lârbaa à environ 1,5 Km du centre de la ville (Coordonnées sexagésimales : 34°14'30.2083"N, 4°1'0.8691"O; Coordonnées degrés minutes décimales : 34°14.5035'N, 4°1.0145'O ; Coordonnées décimales : 34.24172452777778, -4.016908083333333), caractérisée par sa proximité de l'Oued Lârbaa sur des dépôts à prédominance marneuse. Ces sols sont peu perméables, mais compte tenu de la proximité de l'Oued, ils entraînent un ruissellement des lixiviats [18], [19].



**Figure 1 : Situation géographique de la décharge sauvage de la ville de Taza**

## 2.2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Le matériel d'étude est un projet pilote d'un modèle de management intégré QSE de réhabilitation de la décharge Julien de la ville de Taza.

Les méthodes utilisées pour la collecte de données sont sous forme d'enquêtes et d'analyses de laboratoire, observations sur le terrain, rapports officiels de projets et de recherches.

Les descripteurs du modèle sont groupés en cinq catégories :

- Conditions extérieures ;
- Exploitation ;
- Entrants ;
- Déchets enfouis ;
- Sortants.

### 2.2.1 MODÈLE DU SYSTÈME DE MANAGEMENT INTÉGRÉ, APPLIQUÉ POUR LA RÉHABILITATION DU CSD DE LA VILLE DE TAZA

Ce modèle est basé sur le principe de l'installation d'un système de management hôte hébergeant d'autres systèmes de management et de certification, tout en combinant ces derniers afin d'optimiser au maximum les résultats d'une éventuelle réhabilitation. Dans les modèles actuels de management spécifique, nous trouvons fréquemment des résultats directs ou indirects qui nuisent à l'installation d'autres systèmes de spécialités différentes. Si nous installons un système de certification spécifique à la sécurité et à la qualité, fréquemment l'approche environnementale sera négligée de telle façon qu'on trouvera beaucoup de peine à installer un système de management environnemental. Donc, ce système de management hôte aura pour rôle la coordination entre les priorités de chaque système hébergé. Par conséquent, la performance de ce dernier n'est pas évaluée par son efficacité en termes de qualité, sécurité ou environnement, mais par sa performance à établir un équilibre entre ses trois composantes. Cet équilibre sera caractéristique pour l'entreprise ou l'organisme concerné et sera traduit par un pourcentage de réussite, puisque le développement durable est basé sur ces trois composantes, et nous parlerons ainsi d'un indice de développement durable.

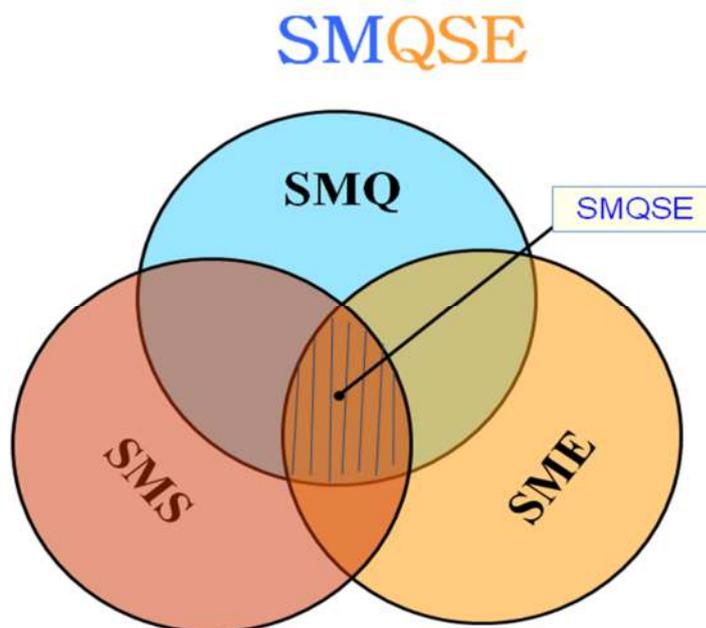
Dans ce sens, nous allons proposer une méthodologie de conception et de réalisation des réhabilitations des CSD adaptée aux PED et surtout au contexte socio-économique marocain. La conception et l'exploitation du centre de stockage des déchets

selon le SMI-QSE doivent permettre une maîtrise de la production du lixiviat, du biogaz, et une limitation des nuisances : envols, odeurs, animaux, incendies, explosions, bruit, pollution des sols, des eaux, effet de serre et risques sanitaires en tenant compte des contraintes techniques, économiques, etc.

### 2.2.2 L'APPROCHE GLOBALE DU SMI-QSE

Le système de management intégré approprié pour la réhabilitation des CSD, constitue le résultat d'une éventuelle fusion entre trois composants ou système de management et de certification pour donner naissance à un nouveau système SMI-QSE (Figure 2). Puisque le risque zéro n'existe pas, donc le but d'un tel système est de se rapprocher le plus possible à l'équilibre entre ses trois composantes. Cette formule est appelée : développement durable. Les composantes du système QSE sont les suivantes :

- **SMQ** : Système de Management Qualité.
- **SMS** : Système de Management Sécurité.
- **SME** : Système de Management Environnement



*Figure 2: Fusion des trois composantes du système QSE*

Parmi les avantages de ce SMI-QSE c'est qu'il va contribuer directement à la certification du CSD en réhabilitation, puisqu'il se base sur la fusion de trois composantes qui sont à leurs tours constituées essentiellement des normes de certification en vigueur. De plus, cette certification menée par ce SMI-QSE sera auto-régénérable, afin d'assurer cette mise à jour en combinant l'application de ce SMI-QSE avec un cycle de qualité nommé PDCA (Planification, Réalisation, Réévaluation, Réaction).

En réalité, la plupart des CSD à travers le monde appliquent l'approche environnementale parmi ses priorités et certains d'entre eux s'intéressent aux systèmes qualité et sécurité [20]. Cependant, aucun CSD jusqu'à ce jour, n'a un modèle bien précis avec les trois composantes et une stratégie de réhabilitation durable, et cela en parallèle avec un cycle de qualité, d'où l'intérêt de ce travail.

### 2.2.3 DESCRIPTEURS DU MODÈLE

Les 21 descripteurs sont détaillés sous forme de fiches techniques. Chaque fiche technique identifie un descripteur, avec quelques considérations scientifiques et la présentation de l'intérêt qu'il présente. Les méthodes expérimentales, trouvées dans la littérature sont ensuite répertoriées.

Le tableau 1 récapitule les 21 descripteurs qui sont classés soit comme « descripteur d'enquête » soit comme « descripteur de suivi » (mesuré *in situ*), soit enfin comme « descripteur évalué par calcul ».

**Tableau 1: Noms, catégories et types des descripteurs du modèle du SMI-QSE**

Catégories	N°	Descripteurs	Type de descripteurs	Fréquence de mesure par an
Conditions extérieures	1	Contexte général du stockage des déchets	Enquête	Une fois
	2	Environnement humain et réglementaire	Enquête	Une fois
	3	Milieu souterrain	Enquête	Une fois
	4	Milieu naturel et hydrographie	Enquête	Une fois
Exploitation	5	Aménagements fonctionnels et suivi d'exploitation	Enquête	Une fois
	6	Coûts d'exploitation	Calcul	Une fois
Entrants	7	Flux et origine des déchets	Mesure	2 fois
	8	Caractérisation physique des déchets	Mesure	2 campagnes
	9	Densité	Mesure	3 campagnes
	10	Teneur en eau	Mesure	2 fois
	11	Comportement des déchets à l'eau	Mesure	plusieurs fois
	12	Potentiel méthanogène	Mesure	2 fois
	13	Caractérisation chimique de base	Mesure	2 fois
Déchets enfouis	9	Densité	Mesure	2 campagnes
	10	Teneur en eau	Mesure	Plusieurs fois
	14	Température	Mesure	Plusieurs fois
	15	Tassement	Mesure	12 fois
	16	Perméabilité	Mesure	2 fois
Sortants	17	Composition des lixiviats	Mesure	2 fois
	18	Bilan hydrique et production de lixiviats	Mesure	Une fois
	19	Mesure de production de gaz : flux surfacique	Mesure	Une fois
	20	Calcul de la production de gaz	Calcul	Une fois
	21	Composition du gaz	Mesure	Une fois

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La réhabilitation des centres de Stockage des Déchets Solides (CSD) est un élément essentiel d'une stratégie intégrée de gestion des déchets, sans laquelle une gestion efficace des déchets ne sera pas possible. La réussite d'une réhabilitation véritablement durable sera importante pour la gestion et le contrôle sûrs et efficaces des CSD à l'avenir. Comparé à de nombreux pays en voie de développement, ce concept de réhabilitation durable est nouveau au Maroc. Comme solution aux décharges ouvertes males gérées dans le pays, une stratégie nationale de réhabilitation systématique a été adoptée. Cette planification doit prendre en compte les nombreux avantages de la réhabilitation des décharges en tant que phase du développement durable et doit être conceptualisée en conséquence tout en faisant des propositions. Cette étude de modèle QSE de réhabilitation à l'échelle pilote et à l'échelle du site Julien de Taza (Maroc) est proposée pour expérimenter la faisabilité de ce modèle pour les autres décharges publiques marocaines. Que nous soyons ou non prêts à payer à court terme, le prix du développement durable des décharges reste à déterminer. Les avantages à long terme sont incontestés.

#### 3.1 OPTIONS RETENUS POUR LA RÉHABILITATION DU CSD DE LA VILLE DE TAZA SELON LE SMI-QSE

La réhabilitation de la décharge de Taza consiste à compenser, à minimiser voir à supprimer les impacts négatifs relatifs au stockage des déchets solides et à la réhabilitation du site après fermeture.

Certains impacts de la décharge de Taza sur l'environnement, qui sont liés à la présence des chiffonniers et des troupeaux de bétail, la circulation et les sacs de plastique sont à durée limitée [21]. Ils cesseront avec la fermeture et la réhabilitation de la décharge de Taza [19], [22]. Les autres impacts sont à durée longue et vont avec la durée de vie de la décharge.

### 3.1.1 OPTIONS DE RÉHABILITATION PROPOSÉE DANS LE MODÈLE DU SMI-QSE

Il existe trois options principales pour la réhabilitation d'une décharge sauvage:

- Le maintien du statu quo ;
- La réhabilitation de la décharge hors site ;
- La réhabilitation de la décharge sur place.

Maintenir le statu quo représenterait une solution passive du problème. Dans le cas de la décharge de Taza, cette option est inacceptable du point de vue environnementale et même économique, vu l'impossibilité d'exploiter les terrains privés adjacents à la décharge.

La réhabilitation de la décharge hors site, consiste principalement à enlever les déchets enfouis dans le site et à les transporter vers la nouvelle décharge contrôlée [19], [22]. Le coût de cette option est très élevé et la valeur économique prétendue avec cette option est faible. Les terrains récupérés, après réhabilitation hors place, ne compenseront pas le coût exorbitant de cette option. Le plan d'aménagement de la ville de Taza place le site de la décharge à réhabiliter dans une zone protégée non livrée à la construction. Les impacts durables liés aux lixiviats, au biogaz et au paysage du corps du massif des déchets seront compensés suite aux travaux de réhabilitation objet de cette étude.

### 3.1.2 OPTIONS DE RÉHABILITATION APPLIQUÉE AU SITE DE JULEIN DE LA VILLE DE TAZA

Suite aux résultats de cette étude, le SMI-QSE a opté dans le cas du site de Julien de la ville de Taza pour une réhabilitation sur place. Cette option consiste à confiner les déchets sur place de façon à minimiser les risques environnementaux, tout en assurant la réintégration paysagère du site de la décharge dans son environnement et en valorisant les terrains autour de la décharge.

Elle sera basée sur la plantation de végétaux adaptés aux conditions édaphiques du milieu. Cette réhabilitation va se faire en optant pour une partie d'aménagement paysagée qui permet la valorisation du site et sa transformation en un atout écologique pour la ville, surtout que l'espace est assez conséquent.

Le SMI-QSE propose une réhabilitation en deux phases :

- Première phase, qui consiste à en un plan d'urgence ;
- Deuxième phase qui consiste à en la couverture finale et la re-végétalisation.

Pour réussir la deuxième phase de ce mode de réhabilitation, nous ferons attention aux risques d'échec de re-végétalisation récapitulés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Paramètres de suivi pour une re-végétalisation réussie

Observations de l'état du sol	Causes de cet état		Conséquences sur les végétaux	Actions préventives au niveau du sol
Excès de CO <sub>2</sub>	Compactage et imperméabilisation de surface	Sol =	Métabolisme très ralenti et flétrissement	-éviter les passages d'engins lourds
Présence du méthane	Fermentation anaérobie et mauvaise circulation des gaz		Air	Asphyxie et dessèchement des racines
Manque d'eau	Mauvaise pratique culturale	+	Flétrissement	-Maitrise du régime de l'eau et de l'état hydrique
Excès d'eau, engorgement	-Tassement naturel à cause de la fermentation, cuvettes -Imperméabilité localisée	Eau +	Asphyxie et dépérissement	-Forme finale en dôme. -Drainage des eaux.
Sol pénétrable sur une trop faible profondeur	-Ordures trop compactées localement ou sur toute la surface -Présence d'éléments toxiques	Support solide	Croissance impossible ou limitée à quelques mois ou quelques années puis dépérissement rapide	-Réaliser une bonne couche de surface sans compactage et d'épaisseur suffisante.

### 3.2 PREMIÈRE PHASE DE LA RÉHABILITATION ; PLAN D'ACTION D'URGENCE

#### 3.2.1 OBJECTIFS ET PLAN D'ACTION PROPOSÉ DANS LE MODÈLE DU SMI-QSE

Le risque de l'instabilité du massif des déchets lié au mode de l'exploitation et à la présence du cours d'eau allongeant le talus côté de l'oued Lârbaa fera l'objet d'un plan d'action d'urgence qui consiste en ce qui suit :

- Le remodelage des zones d'exploitation qui consiste à donner une forme de dôme à chaque zone de la décharge, avec une pente plus importante au niveau des talus qui seront aménagés en gradins ;
- Mise en place d'une couverture provisoire ;
- Mise en place d'une digue de protection argileuse sur le périmètre des zones d'exploitation avec un enrochement au niveau de l'oued Lârbaa, allongeant le talus Nord de la décharge.
- **LES OBJECTIFS :**
- Minimiser les lixiviats en minimisant l'infiltration des eaux pluviales dans le massif des déchets et en favorisant plutôt leur ruissellement vers le fossé d'interception qui sera aménagé après couverture provisoire ;
- Assurer la survie des arbres à planter après couverture finale en évitant leur asphyxie suite aux tassements et à la création de cuvettes ;
- Assurer la stabilité de chaque zone de la décharge en respectant la pente et la forme à donner aux talus de la décharge.

#### 3.2.2 MISE EN ŒUVRE DE LA RÉHABILITATION APPLIQUÉE AU SITE DE JULEIN DE LA VILLE DE TAZA.

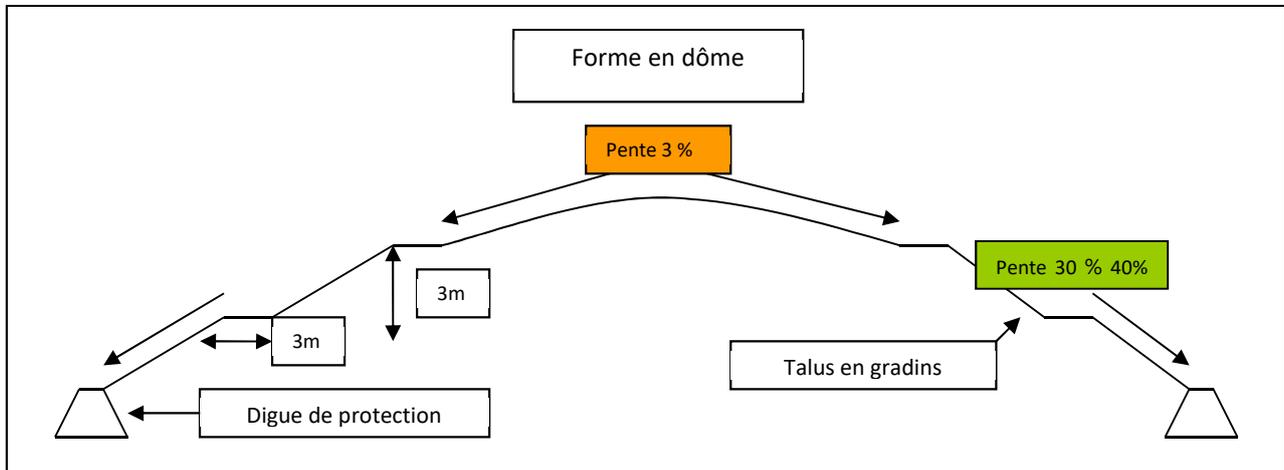
Afin d'atteindre les objectifs fixés par le modèle QSE, et suite à notre étude, nous avons constaté que La forme de la décharge doit permettre le ruissellement des eaux de pluies reçues sur les deux couvertures ; provisoires et finales (semi-imperméable) de la décharge. Ainsi, il faut former une sorte de dôme prévenant la stagnation en surface et évitant la formation de cuvettes où les eaux se concentrent et où les arbres meurent par asphyxie après re-végétalisation.

En raison d'un tassement ultérieur, nous devons donc donner un relief très sensible à la décharge.

- A la partie sommitale du dôme, la pente doit être de 3% à 10 %, tandis que le coté latéral de la décharge est à remodeler en talus avec gradins de 3 m de largeur et de 5 m de hauteur et en pente allant de 2,5 jusqu'à 3%.

- En raison de la superficie limitée de la zone d'enfouissement et de la hauteur élevée du talus escarpé côté Nord de la décharge, nous avons opté pour une pente de 3% pour limiter le volume considérable d'excavation au niveau de ce talus. Aussi cette pente, permettra de limiter l'érosion à la partie sommitale (Figure 3).

Par ailleurs, une digue de protection argileuse sera mise en place sur le périmètre des deux zones d'exploitation de la décharge, pour éviter l'infiltration des eaux dans les deux sens et assurer la stabilité des talus.



**Figure 3: Schéma de la digue du gisement de la décharge après réhabilitation selon le modèle QSE.**

Les travaux de remodelage consistent en trois opérations, à savoir le décapage des talus escarpés ayant une hauteur élevée et l'excavation des déchets, puis le remplissage des creux en enfouissant les déchets nouvellement reçus et ceux excavés, et enfin le nivellement suivant la pente requise pour aboutir à la forme de dôme désirée.

La couverture provisoire, mise en place doit permettre une certaine migration des gaz et favoriser le ruissellement des eaux de surface plutôt que leur infiltration.

### 3.3 DEUXIÈME PHASE DE LA RÉHABILITATION ; COUVERTURE FINALE ET RE-VÉGÉTALISATION

#### 3.3.1 PROPOSITION INITIALE PROPOSÉE DANS LE MODÈLE DU SMI-QSE

En se rapportant aux dispositions techniques recommandées par l'agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie [23], [24], et en prenant en considération des réponses des descripteurs dans notre étude, la couverture adoptée (Figure 4) est supposée être composée du bas vers le haut de :

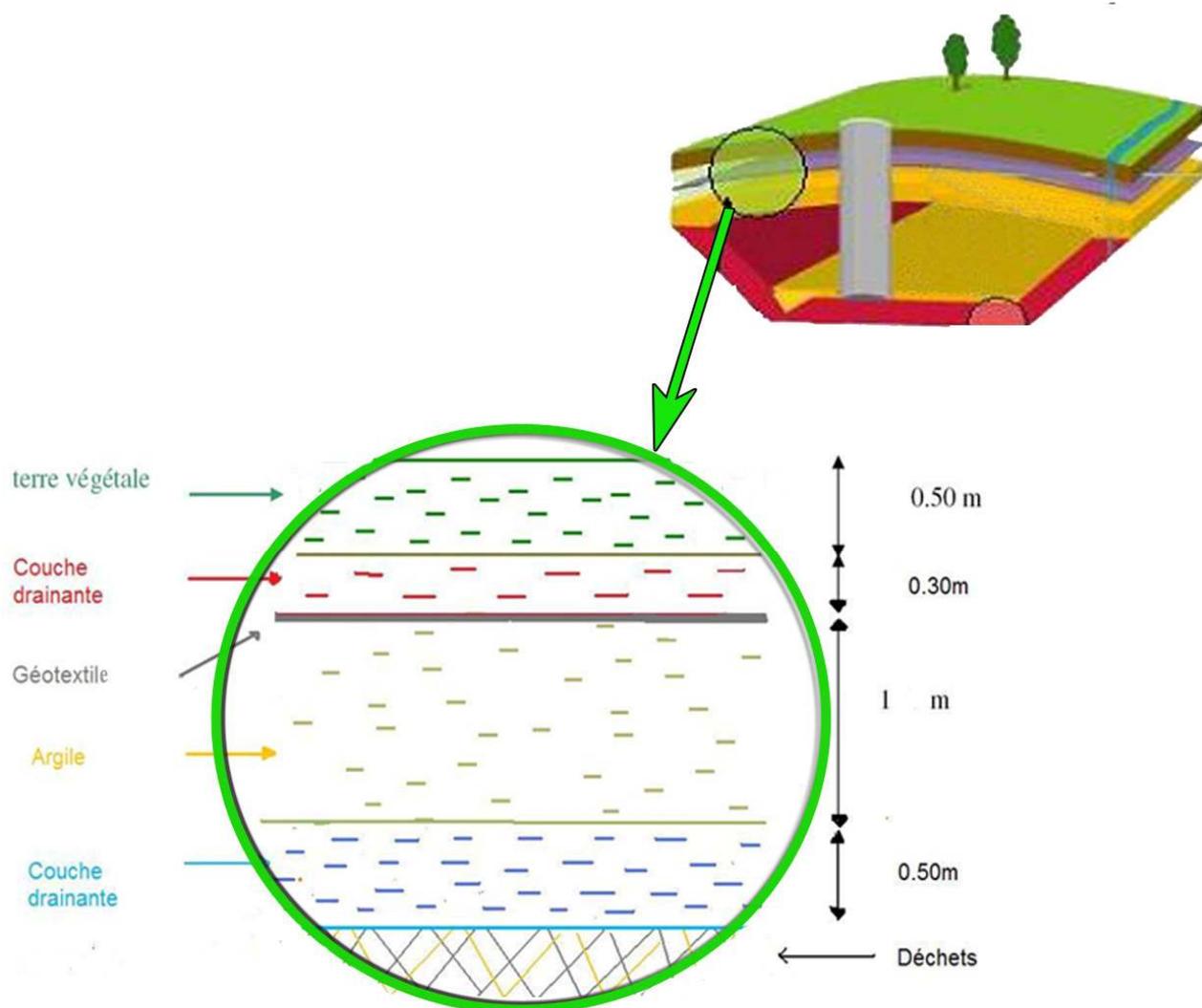


Figure 4: Coupe transversale de la couverture après réhabilitation selon le modèle QSE

- Couche support drainante constituée de graviers d'une perméabilité supérieure ou égale à  $10^{-2}$  m/s et compactée afin d'assurer une assiette stable à la couche faiblement perméable. Elle aura une épaisseur de 50 cm. Cette couche servira à accueillir le réseau de drainage superficiel du biogaz comme elle peut aussi accueillir l'éventuel réseau de recirculation des lixiviats ;
- Couche faiblement perméable de 1m, constituée de couches argileuses compactées dont l'objectif est de limiter l'infiltration d'eau dans les déchets et par la suite la production de lixiviats et d'empêcher la remontée du biogaz ;
- Géotextile comme protection biologique contre l'intrusion des racines et des rongeurs ;
- Couche drainante des eaux d'infiltration sus citées, d'une épaisseur de 30 cm, qui jouera le rôle de stockage de ces eaux et de contrôle des écoulements dans la surface superficielle. Elle sera granulaire avec des graviers de forte granulométrie pour éviter le colmatage minéral ;
- Couche superficielle constituée de terre végétative dont l'objectif est de permettre la réintégration du site dans son environnement naturel.

En plus de son cout élevé, selon le descripteur 6 (tableau 1), nous avons constaté que cette option ne semble pas adaptée au contexte de la décharge de Taza pour des raisons que l'on peut résumer comme suit:

- Les 30 à 50 cm de terre végétale constituent une couche trop faible pour le développement de plantes à système racinaire profond comme les arbres et les arbustes des régions arides. La faible couche de terre végétale suppose, soit que l'on procède à la plantation d'herbacées (engazonnement, prairie...) à enracinement superficiel qui ont alors besoin d'un arrosage soutenu ; soit que l'on plante des arbres et des arbustes dont l'enracinement restera superficiel. Ces plantes resteront donc tributaires d'une irrigation fréquente et seront susceptibles d'être déracinés en cas de vents forts ;
- Il est inutile d'étaler la terre végétale sur la totalité du site, mais plutôt l'affecter aux emplacements destinés à recevoir des plantes.

### 3.3.2 OPTION ALTERNATIVE APPLIQUÉE AU SITE DE JULIEN DE LA VILLE DE TAZA

Dans l'objectif de parvenir à un boisement durable qui permet d'intégrer le site dans son environnement, nous avons opté pour des plantes adaptées aux conditions du milieu. Il s'agit de planter des arbres et des arbustes capables de supporter les inévitables périodes de sécheresse, ainsi que les pics de température accompagnés de baisses du niveau hygrométrique. C'est pour cela qu'il faut s'assurer que les plantes ont un système racinaire extensif capable de s'étendre pour explorer d'importants volumes de sol humide.

Comme solution alternative, nous proposons de procéder de la manière suivante (Figure 5) :

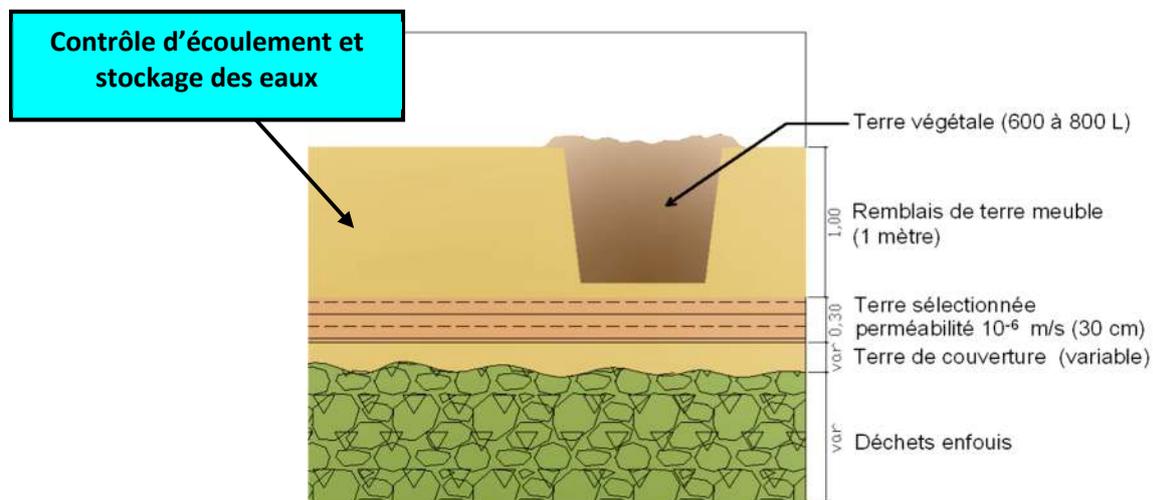


Figure 5: Coupe transversale de l'option alternative.

- De la terre sélectionnée de très faible perméabilité devra être étalée et compactée pour obtenir une couche d'isolation de 30 cm d'épaisseur entre le corps des déchets et les horizons superficiels ;
- Au-dessus de cette couche, il faudra apporter de la terre de remblais meubles sur une épaisseur d'un mètre environ, en veillant à ce qu'elle soit exempte de gros cailloux. Elle servira pour le contrôle des eaux d'infiltration et leur stockage et sera renforcée sur les pentes par des géo-synthétiques de renforcement (géo-grille ou géotextile) pour faire face à l'érosion ;
- La terre végétale sera apportée en fonction du plan de plantation. Elle sera disposée dans les trous de plantation selon les espacements prévus. La quantité par trou de plantation dépendra de l'espèce plantée.

## 4 CONCLUSION

Ce présent travail, avait pour objectif principal l'élaboration et la validation, d'un modèle intégré pour prédire le comportement à long terme d'un site d'enfouissement des déchets et par suite son scénario de réhabilitation, à la fois du point de vue biodégradation et géotechnique. Pour cela, le modèle de management intégré QSE est appliqué pour une proposition des scénarios de réhabilitation favorables du site d'enfouissement dit Julien. Ensuite, l'appropriation de ce modèle proposé grâce aux descripteurs a été évaluée et validée pour le cas d'étude, et par suite les comportements prédits de ce modèle QSE

peuvent raisonnablement simuler les descripteurs du comportement à long terme du gisement enfoui et qu'ils se comparent favorablement aux descripteurs mesurés.

Les résultats obtenus, nous permettent de conclure que le modèle de management intégré QSE pluridimensionnel utilisé dans cette étude pourrait limiter les risques majeurs liés à la contamination du milieu physique et biologique par les rejets directs.

Pour conclure, les résultats de modélisation de la réhabilitation sont en bon accord avec les données prédits par ce modèle. Il indique que le modèle QSE proposé permet une modélisation pratique des descripteurs de la mise en décharge et de la réhabilitation du site de Julien de la ville de Taza.

En perspectives, nous proposons de procéder à réaliser des études sur la compréhension de l'ampleur de la pression du gaz interstitiel et des propriétés géotechniques des déchets qui sont utiles pour affiner la prédiction. Pour la décharge dans laquelle un système d'extraction de gaz est installé, en perspective aussi, un modèle QSE à deux ou même à trois dimensions pour simuler le nombre, l'emplacement et les puissances des puits de ventilation de gaz fournirait un meilleur résultat de simulation. La simulation peut être effectuée sur la base du modèle QSE proposée.

## RÉFÉRENCES

- [1] MATEE, "Situation actuelle et perspectives de développement", Rapport : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Secrétariat d'Etat chargée de l'eau et de l'environnement - Maroc, 2003.
- [2] Revue Stratégique du Programme National d'Assainissement, Royaume du Maroc, rapport n°, année 2009
- [3] MATEU, "Plan d'aménagement de la ville de Taza", Agence urbaine de Taza, Rapport : Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement et de l'urbanisme et de l'habitat - Maroc, 2002.
- [4] MATEE, "Etude de choix d'un site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza". Rapport : Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement. Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques – Maroc, 2005.
- [5] El Fadel H., "Traitement physico-chimique et biologique des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès : Application des procédés de filtration, de coagulation-floculation et du SBR", Thèse de doctorat - Faculté des sciences, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-Fès - Maroc, 2013.
- [6] Ben Abbou M., El Haji M., Zemzami M. et Fadil F. 2014. Impact des lixiviats de la décharge sauvage de la ville de Taza sur les ressources hydriques (Maroc) ", Afrique SCIENCE 10(1) : 171 – 180.
- [7] MATEE, "Etude de choix d'un site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza ", Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement. Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques, Royaume du Maroc, 2003.
- [8] Baccini P., Henseler R., Figi H., Belevi H. 1987. Water and element balances of municipal solid waste landfills. Waste Management & Research. 5 (4) : 583–599.
- [9] Talouizte H., "Traitement physique et biologique des effluents de textile de la ville de Fès et évaluation de leurs effets génotoxique et phytotoxique", Thèse de doctorat - Faculté des sciences, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-Fès - Maroc, 2014.
- [10] Benyoucef F., El Ghmari A., and Ouattmane A. 2015. Problématique des lixiviats des déchets ménagers et traitement par UASB: Cas de la ville de kasba tadla. Innovative Space of Scientific Research Journals, 13 (2) : 289-298.
- [11] Schwarzbauer J., Heim S., Brinker S., Littke R. 2002. Occurrence and alteration of organic contaminants in seepage and leakage water from a waste deposit landfill. Water Research, 36 (9) : 2275–2287.
- [12] Baun A., Ledin A., Reitzel L. A., Bjerg P.L., Christensen T. H. 2004. Xenobiotic organic compounds in leachates from ten Danish MSW landfills – chemical analysis and toxicity tests. Water Research, 38 (18) : 3845–3858.
- [13] El Bada N., Assobhei O., Kebbab A., Mhamdi R. et Mountadar M. 2010. Caractérisation et prétraitement du lixiviat de la décharge de la ville d'Azemmour. DECHETS, SCIENCES et TECHNIQUES – N°58 – 2<sup>ème</sup> TRIMESTRE : 30-36.
- [14] Ez Zoubi Y., Merzouki M., Bennani L., El Ouali Lalami A., Benlemlih M. 2010. Procédé pour la réduction de la charge polluante du lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès. DECHETS, SCIENCES et TECHNIQUES - N° 58 – 2<sup>ème</sup> TRIMESTRE : 22-29.
- [15] Merzouki H., Hanine H., Lekhlif B., Latrache L., Mandi L., Sinan M. 2015. Physicochemical Characterization of Leachate Discharge Fkih Ben Salah from Morocco. J. Mater. Environ. Sci. 6 (5) : 1354-1363.
- [16] MATEE, "Etude de la gestion des déchets ménagers et assimilés au Maroc ", Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement, de l'Urbanisme et de l'Habitat, Secrétariat d'Etat chargée de l'Environnement, Royaume du Maroc, 2004.

- [17] Saadi K., Dahmani J., Zidane L., et Belahbib N., 2018. *Orthothecium intricatum* (Hartm.) Schimp et *Stegonia latifolia* (Schwägrichen) Venturi ex Brotherus var. *latifolia*, DEUX ESPECES NOUVELLES POUR LA BRYOFLORE DU MAROC (PARC NATIONAL DE TAZEKKA, MOYEN-ATLAS). *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 6(2): 71-75
- [18] Zalaghi A., Lamchouri F., Toufik H., Merzouki M. 2014. Valorisation des matériaux naturels poreux dans le traitement des Lixiviats de la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza. *J. Mater. Environ. Sci.* 5(5) 1643-1652.
- [19] Zalaghi A., Contribution à l'élaboration et validation d'un système de management intégré et traitement physique et biologique des lixiviats". Thèse de doctorat - Faculté des sciences, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-Fès - Maroc, 2014.
- [20] Tobias R., "Enjeux d'une gestion durable de déchets solides ménagers dans les villes moyennes du Minas Gerais (Bresil) ", Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon - France, 2003.
- [21] Shubhrasekhar C., Kshitij R., Mohini V., Jawed I. and Naresh K. R., "Assessing the feasibility of co-treatment of landfill leachate and municipal wastewater in sequencing batch reactor (SBR) ". *Proceedings of International Conference on Sustainable Energy and Built Environment*, Organized by: School of Mechanical and Building Sciences, VIT University, Vellore – 632014, TN, 12-13 March, 2015.
- [22] Rassam A., Bourkhiss B., Chaouch A., El. Watik L, Chaouki H. and Ghannami M. 2012. Caractérisation de lixiviats des décharges contrôlées au Maroc et solutions de traitement : cas de lixiviats de la ville d'AL Hoceima. *Environnement ScienceLib*, vol 4, N ° 120204, ISSN 2111-4706.
- [23] ADEME, "Les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés : techniques et recommandations", ADEME Editions - Paris, 1999.
- [24] ADEME, "Guide méthodologique pour le suivi de tassements des centres de stockage de classe II : déchets ménagers et assimilés", ADEME Editions, Paris, 9-11 p, 2005.