



Université Cadi Ayyad  
Faculté des Sciences et Techniques Marrakech  
Département des Sciences de la Terre

## Mémoire de Stage de Fin d'Etudes

*Master Sciences et Techniques*  
*Eau et Environnement*



### Etude d'impact de la future zone d'enfouissement des cendres de la centrale thermique de Safi sur l'environnement, Maroc

Par :

**Lamiaie KHALID**

Sous la Direction de :

**RHOJJATI A.** (professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech)

**SAYOURI S.** (Ingénieur Chef au département d'environnement, NOVEC Rabat)

Soutenu le 24 juin 2014 devant la commission d'examen composée de :

**Pr. RHOJJATI A**                      Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech

**Pr. KHAMLI N.**                      Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech

**Ing. SAYOURI S.**                      Ingénieur Chef au département d'environnement, NOVEC Rabat.

*Année universitaire 2013/2014*

## Avant propos

---

- Nom et prénom de l'auteur : **KHALID Lamiae.**
- Intitulé du travail : **Etude d'impact de la future zone d'enfouissement des cendres de la centrale thermique de Safi sur l'environnement.**
- Nom d'organisme d'accueil externe : **NOVEC S.A.**
- Encadrant interne : **M. RHOJJATI Ali.**
- Encadrant externe : **Mme SAYOURI Sakina.**
- Date du commencement de ce travail : **Février 2014.**

## Remerciements

---

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à tous ceux qui m'ont soutenu.

Je tiens à présenter mes reconnaissances et mes remerciements à **Mme. Sakina SAYOURI**, Ingénieur Chef au Département d'environnement à NOVEC, pour le temps consacré à sa lecture et aux réunions qui ont rythmées les différentes étapes de mon travail. Je la remercie aussi pour sa disponibilité à m'encadrer à travers ses critiques, ses propositions d'amélioration et ses conseils fructueux

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à mon co-encadrant **M. Mohammed TAIBI** pour sa disponibilité, son temps et son aide.

J'adresse, à titre personnel, mes profonds sentiments de reconnaissance et de respect à **M. Ali RHOUJJATI**, mon encadrant interne et responsable du Master Eau et Environnement à l'Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques. Je le remercie infiniment pour la transmission de son large savoir, son dévouement, son soutien et d'avoir accordé le plus clair de son temps, son attention et son énergie au suivi de mon travail.

J'exprime également ma gratitude à tous les fonctionnaires du département environnement à NOVEC, et à tous ceux dont les noms ne figurent pas dans ce document, pour l'assistance, l'aide, les conseils et l'esprit de collaboration qu'ils ont manifestés pendant cette période de stage.

## Dédicaces

---

*A mes très chers parents Mohammed et Lalla Rachida,*

*Dont vos mérites, vos sacrifices, vos qualités humaines qui m'ont permis de vivre ce jour. Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté et le profond amour que je vous porte pour les sacrifices que vous avez consenti pour ma réussite, que vous trouviez ici le témoignage de mon attachement ma gratitude et respect, que dieu vous préserve bonne santé et longue vie. Tous mes sentiments de reconnaissance pour vous.*

*A mon frère et ma sœur,*

*En leur souhaitant plein de bonheur et de réussite. Vous éclairez ma voie, je vous aime.*

*A mon oncle Abdelatif et sa femme Soumia,*

*De m'avoir accueilli chez eux le long de ma période de stage, d'avoir su m'apporter aide et soutien aux moments propices. Je vous dédie ce travail.*

*A Yassine BENTÉFOUR,*

*Ma source d'énergie et d'ambition, celui qui a toujours été à mes côtés, qui m'octroyait son expérience et son savoir-être et qui me guidait tout au long du chemin de la réussite, et qui ne cessait de me fournir orientations et encouragements. Mes profonds sentiments.*

*Ce travail est aussi voué à tous les membres de ma grande famille et tous les gens qui m'aiment.*

*Lamiaë.*

## Liste des acronymes

---

**ABH** : Agence de Bassin Hydraulique.

**BAD** : Banque Africaine de Développement.

**BH** : Bore Hole.

**CMD** : Catalogue Marocain de Classification des Déchets.

**CR** : Commune Rurale.

**CSQG** : Canadian Soil Quality Guidelines.

**ECOBA** : Association Européenne des producteurs de Cendre de charbon.

**EIE** : Etude d'Impact Environnemental

**HGI** : Indice de Broyabilité Hardgrove.

**HPA** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

**IEA**: International Energy Association.

**JBIC** : Banque Japonaise pour la Coopération Internationale.

**JEXIM** : Japan Export -Import Bank.

**JFC** : Japan Finance Corporation.

**JICA** : Agence Japonaise pour la Coopération Internationale.

**NEPA**: The National Environmental Policy Act.

**NEXI**: Nippon Export and Investment Insurance.

**OCP** : Office Chérifien des Phosphates.

**OECE** : Fonds de Coopération Economique d'Outre-mer.

**OMS** : Organisation Mondiale de Santé.

**ONCF** : Office national des Chemins de Fer.

**ONEE** : Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable.

**PC** : Charbon Pulvérisé.

**PCI** : Pouvoir Calorifique Inférieur.

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

**PVC** : Polychlorure de Vinyle.

**SAFIEC** : SAFI Energy Company.

**SIBE**: Site d'Intérêt Biologique et Ecologique.

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Installations clés de la centrale thermique à charbon de Safi .....	5
Tableau 2: Teneur en carbone et âge de formation (Ayrinhac, 2005).....	8
Tableau 3 : Minéraux contenus dans la fraction minérale du charbon (WAERD, 2002).....	9
Tableau 4 : Lois et textes des EIE en application.....	16
Tableau 5 : Coordonnés du site d'enfouissement sélectionné « Carrière de Cimenterie de Safi » .....	22
Tableau 6 : Caractéristiques de la Carrière de Cimenterie de Safi .....	26
Tableau 7 : Caractéristiques de la Carrière de Jghadat.....	26
Tableau 8 : Analyses de l'eau in situ.....	39
Tableau 9 : Caractérisation de l'habitat du site d'enfouissement des cendres (Rapport NOVEC) .....	42
Tableau 10 : Répartition de la population de la province de Safi en 2010 (Source : Haut-commissariat au Plan (Centre d'Etudes et de Recherches Démographiques, CERED). .....	45
Tableau 11 : détermination de la sensibilité environnementale. ....	48
Tableau 12 : Détermination de l'importance relative de l'impact.....	49
Tableau 13 : Inventaire des sources d'impact .....	50
Tableau 14 : Sensibilité des éléments du milieu.....	51
Tableau 15 : Matrice d'identification des impacts .....	52
Tableau 16 : Matrice d'évaluations des impacts du projet sur l'environnement .....	57

## Liste des figures

---

Figure 1 : Carte de situation du projet de la future centrale thermique. ....	3
Figure 2: Amenagement de la Centrale thermique (DEC,2012) .....	4
Figure 3 : Principe de fonctionnement d'une centrale thermique (British Electricity International, 1991- modifié).....	6
Figure 4 : Technique de Charbon propre (EIE-Jorf Lasfar, 2010). ....	7
Figure 5: Types de Charbon (Ayrinhac, 2005).....	7
Figure 6 : Morphologie d'une cendre volante (Adamiec <i>et al.</i> 2005) .....	11
Figure 7 : Morphologie d'une cendre de foyer (NCAB, 2006). ....	12
Figure 8 : Voies de valorisation de la cendre de chaudière à charbon en Europe en 2002 (ECOBA). .	12
Figure 9 : Terrain potentiel pour le site d'enfouissement.....	24
Figure 10 : Mode d'exploitation par cellule .....	25
Figure 11 : Carte de situation des sites potentiels d'enfouissement des cendres et les limites communales.....	23
Figure 12 : Délimitation de la zone d'étude .....	27
Figure 13 : Carte d'occupation du sol .....	28
Figure 14 : Carte géologique de du bassin Abda Doukkala et de la zone d'étude .....	29
Figure 15 : Log synthétique du bassin Sahel Doukkala (El Achheb, 1993).....	30
Figure 16: Carte de situation des 11 sondages sur le site d'enfouissement.....	31
Figure 17 : Sept sondages carottés de 5m pour l'analyse des sols. ....	32
Figure 18 : Quatre sondages carottés de 10m pour l'analyse des eaux souterraines. ....	32
Figure 19 : Points de prélèvement des vingt échantillons à partir des carottes de 5m. ....	33
Figure 20: Résultats d'analyse du sol .....	34
Figure 21 : Distribution de la concentration du bore sur le site d'enfouissement .....	37
Figure 22: Résultats d'analyse de l'eau souterraine .....	39
Figure 23 : Carte hydrogéologique du Sahel .....	40
Figure 24 : Schéma hydrogéologique de Sahel (D.R.HT. 1994).....	41
Figure 25 : Pluviométrie et température de la région de Safi (INRA, 2007).....	42
Figure 26 : Rose des vents de la province de Safi (EIE_OCP, 2011). ....	43
Figure 27 : Carte des sites d'intérêt biologique et écologique (SIBE) .....	45
Figure 28 : Disposition générale d'une décharge.....	58
Figure 29 : Système d'étanchéité sanitaire du fond de casier (barrière de sécurité) .....	60
Figure 30 : Drainage périphérique des eaux pluviales .....	61
Figure 31 : les deux figures représentent le Système de collecte et de drainage des lixiviats.....	62
Figure 32 : Dispositif de drainage sanitaire de lixiviat.....	63
Figure 33 : Plan d'aménagement du site d'enfouissement.....	64
Figure 34: Coupe du casier de stockage des cendres.....	67

# Sommaire

---

Avant propos.....	II
Remerciement .....	III
Dédicaces .....	IV
Introduction et objectifs .....	1
CHAPITRE I.....	2
Rappels Bibliographiques .....	2
I.1. Présentation du projet de la centrale thermique à charbon de Safi: .....	2
I.1.1. Justification du projet de la centrale thermique : .....	2
I.1.2. Plan de situation de la centrale thermique à charbon:.....	2
I.1.3. Description du projet : .....	4
I.1.4. Mode de fonctionnement d'une centrale thermique à charbon :.....	6
I.1.5. Caractérisation du combustible et ces dérivés : .....	7
CHAPITRE 2 .....	13
Introduction aux Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE) .....	13
II.1. Historique de l'EIE :.....	13
II.2. Objectifs de l'EIE: .....	14
II.3. Réglementation internationale en matière de l'étude d'impact sur l'environnement :.....	14
II.3.1. Banque mondiale :.....	14
II.3.2. La Banque japonaise pour la coopération internationale (JBIC) :.....	14
II.3.3. Union européenne :.....	15
II.3.4. Banque Africaine de développement(BAD) : .....	15
II.3.5. Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (JICA) : .....	15
II.4. Cadre législatif d'une étude d'impact sur l'environnement : .....	16
II.5. Procédure et cadre institutionnel d'une étude d'impact sur l'environnement : .....	16
II.5.1. Procédure de l'EIE : .....	16
CHAPITRE III.....	18
Etude d'Impact du centre d'enfouissement des cendres de la centrales thermique de Safi .....	18
III.1. Cadre juridique et institutionnel :.....	18
III.1.1.Cadre juridique :.....	18
III.1.2.Cadre institutionnel : .....	21
III.2. Justification et description du projet du centre d'enfouissement des cendres :.....	21
III.2.1. Justification du projet :.....	21
III.2.2. Description du projet :.....	23
III.2.3. Quantité des cendres qui sera produite par la future centrale thermique de Safi : .....	25

III.3. Plan de situation du projet :.....	22
III.3.1.Choix du site : .....	25
III.4. Délimitation de la zone d'étude et zone d'influence:.....	27
III.4.1. Délimitation de la zone d'étude : .....	27
III.4.2. Occupation du périmètre d'étude :.....	27
III.5. Description de l'état initiale du site : .....	29
III.5.1. Milieu physique de la zone étudiée:.....	29
III.5.2. Milieu biologique :.....	43
III.5.3. Milieu humain :.....	45
Chapitre IV.....	47
Méthodologie d'analyse et identification des impacts du centre d'enfouissement sur l'environnement.....	47
IV.1. Méthodologie d'analyse :.....	47
IV.1.1. Identification des interrelations : .....	47
IV.1.2. Evaluation de l'importance des impacts : .....	47
IV.2. Inventaire des sources d'impact :.....	50
IV.3. Sensibilité environnementale des éléments du milieu : .....	51
IV.5. Identification des impacts : .....	51
Chapitre V.....	53
Evaluation des impacts du centre d'enfouissement sur l'environnement.....	53
V.1. Milieu physique :.....	53
V.1.1. Sol : .....	53
V.1.2. Air : .....	53
V.1.3. Eaux : .....	54
V.1.4. Paysage :.....	54
V.1.5. Gestion des déchets :.....	55
V.1.6. Ambiance sonore :.....	55
V.2. Milieu biologique :.....	55
V.2.1. La faune :.....	55
V.2.2. La flore :.....	56
V.2.3. Espace protégés :.....	56
V.2.4. Agriculture : .....	56
V.3. Milieu humain :.....	56
V. 3.1.Population et habitats : .....	56
V.3.2.Activité socio-économique et emploi :.....	56
V. 3.3. Archéologie et patrimoine :.....	57
CHAPITRE VI.....	58
Identification des mesures d'atténuation.....	58

VI.1. Protection du sol : .....	58
VI.2. Protection des eaux : .....	59
VI.2.1. Etanchéité du site : .....	59
VI.2.2. Gestion des eaux pluviales au niveau des casiers : .....	60
VI.2.3. Gestion des lixiviats : .....	61
VI.2.4. Gestion des rejets sur le site : .....	65
VI.3. Protection de l'air : .....	65
VI.2.1. Poussières : .....	65
VI.2.2. Envols : .....	65
VI.4. Qualité visuelle du paysage : .....	65
VI.4.1. Couverture finale : .....	66
VI.4.2. Morphologie finale : .....	67
VI.4.3. Clôture de la décharge : .....	67
VI.5. Mesures pour le milieu humain : .....	67
VI.5. Mesure de protection des terres agricoles avoisinantes : .....	68
VI.6. Protection de la faune : .....	68
VI.7. Ambiance sonore : .....	68
VI.8. Voies de communication : .....	69
VI.8.1. Voies internes de circulation ou de contournement : .....	69
VI.8.2. Voie d'accès à la décharge : .....	69
Plan de surveillance et de suivi .....	70
Bilan et synthèse .....	73
Conclusion et perspective .....	74

## Introduction et objectifs

---

La densité de la population et l'accroissement de la demande d'électricité dans le monde entier et en particulier au Maroc, nécessite la mise en place de moyen de production de cette énergie telle que les centrales thermiques. Dans notre pays, il y a trois grandes centrales thermiques, celles de Jorf Lasfar, Mohammédia et Jerrada et dans les années à venir, Safi accueillera la quatrième.

La future centrale thermique de Safi, dont le fonctionnement sera à base de charbon, répondra à la demande croissante en électricité de la région, mais produira en contre partie différents types de polluants, à savoir les rejets liquides, les émissions atmosphériques et les déchets solides sous forme de cendres. Ces dernières feront l'objet d'une attention particulière, car elles sont produites en grandes quantité.

Puisque l'intérêt porté à la préservation de l'environnement s'est considérablement développé, est devenu à présent une obligation inscrite dans l'action continue des industriels, les cendres issues de la future centrale thermique et qui sont le résultat de la combustion du charbon doivent être gérées d'une manière à minimiser leurs impacts sur l'environnement.

Cette gestion doit reposer sur leur valorisation, mais en absence de partie prenante ce qui est pour ce projet, la solution la plus préconisée est leur élimination dans un centre d'enfouissement. L'exploitation de ce dernier est régie par plusieurs textes réglementaires qui commencent par la gestion de l'eau jusqu'à la préservation de l'environnement avec toutes ses composantes.

Donc, le sujet du présent mémoire vise premièrement à identifier et évaluer les conséquences de l'enfouissement de ces cendres sur l'environnement, et deuxièmement à proposer des mesures d'atténuation des impacts négatifs (s'ils en existent).

Pour la réalisation de cette étude conformément aux exigences de la loi 12-03, nous allons adopter le plan suivant :

- Description de l'état initial du site potentiellement favorable à la réception des cendres,
- Identification et évaluation des sources d'impacts potentiels du projet sur les différentes composantes de l'environnement, depuis la phase de pré-construction jusqu'à la fermeture, par l'intermédiaire d'une matrice d'interrelation,
- Détermination des mesures d'atténuation de ces impacts,
- Elaboration d'un programme de surveillance et de suivi.

# CHAPITRE I

## Rappels Bibliographiques

---

### I.1. Présentation du projet de la centrale thermique à charbon de Safi:

#### I.1.1. Justification du projet de la centrale thermique :

De nos jours, la présence de l'électricité est une nécessité, l'ensemble de nos activités dépendent de sa disponibilité. Pour cette raison les centrales thermiques viennent pour l'assurer. Ces dernières sont capables de produire rapidement de l'énergie et de répondre à l'augmentation forte et soudaine de la consommation de l'électricité.

Suite à la politique marocaine pour la satisfaction de la demande en électricité, l'ONEE (branche Electricité) s'engage dans un projet sur la côte Ouest de Safi pour installer la plus grande centrale thermique au Maroc, celle-ci contribuera à répondre à cette forte demande d'énergie électrique qui s'accroît de 7 à 8% par an.

Pour concrétiser la réalisation de ce projet, un appel d'offre a été lancé par NOVEC aussi bien pour la production que pour la fourniture d'électricité, a été décroché par le Consortium GDF SUEZ S.A. (France), Mitsui et Nareva Holding (Maroc), qui ont créé par la suite une société dénommée Energy Company (S.A) ou SAFIEC avec une gestion de ce contrat pour une durée de 30 ans.

Il est prévu que le Projet soit financé en grande partie par des prêteurs nationaux et internationaux, comprenant à la fois des organismes multilatéraux tels que la Banque japonaise pour la coopération internationale (JBIC) ou le *Nippon Export and Investment Insurance* (NEXI) et des institutions financières privées.

#### I.1.2. Plan de situation de la centrale thermique à charbon:

Cette mégastructure est à environ 200 km au sud de Casablanca, sur la côte Atlantique du Maroc, elle sera située à Jorf Lihoudi au niveau de la commune rurale Ouled Salmane, au Sud de Safi à environ 18 km du centre de la ville et non loin des installations de l'Office chérifien des phosphates (EIE\_OCP) (Figure 1).

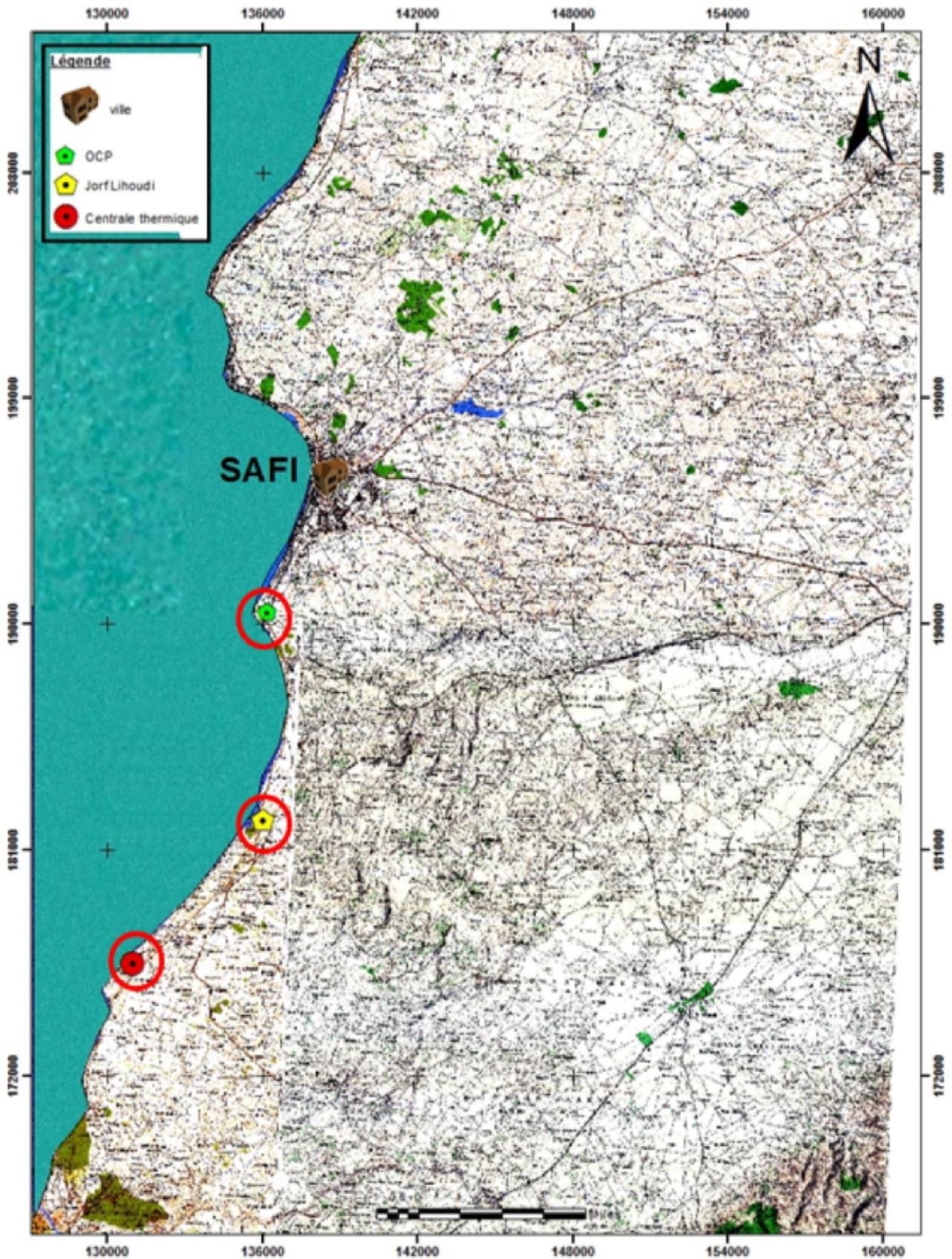


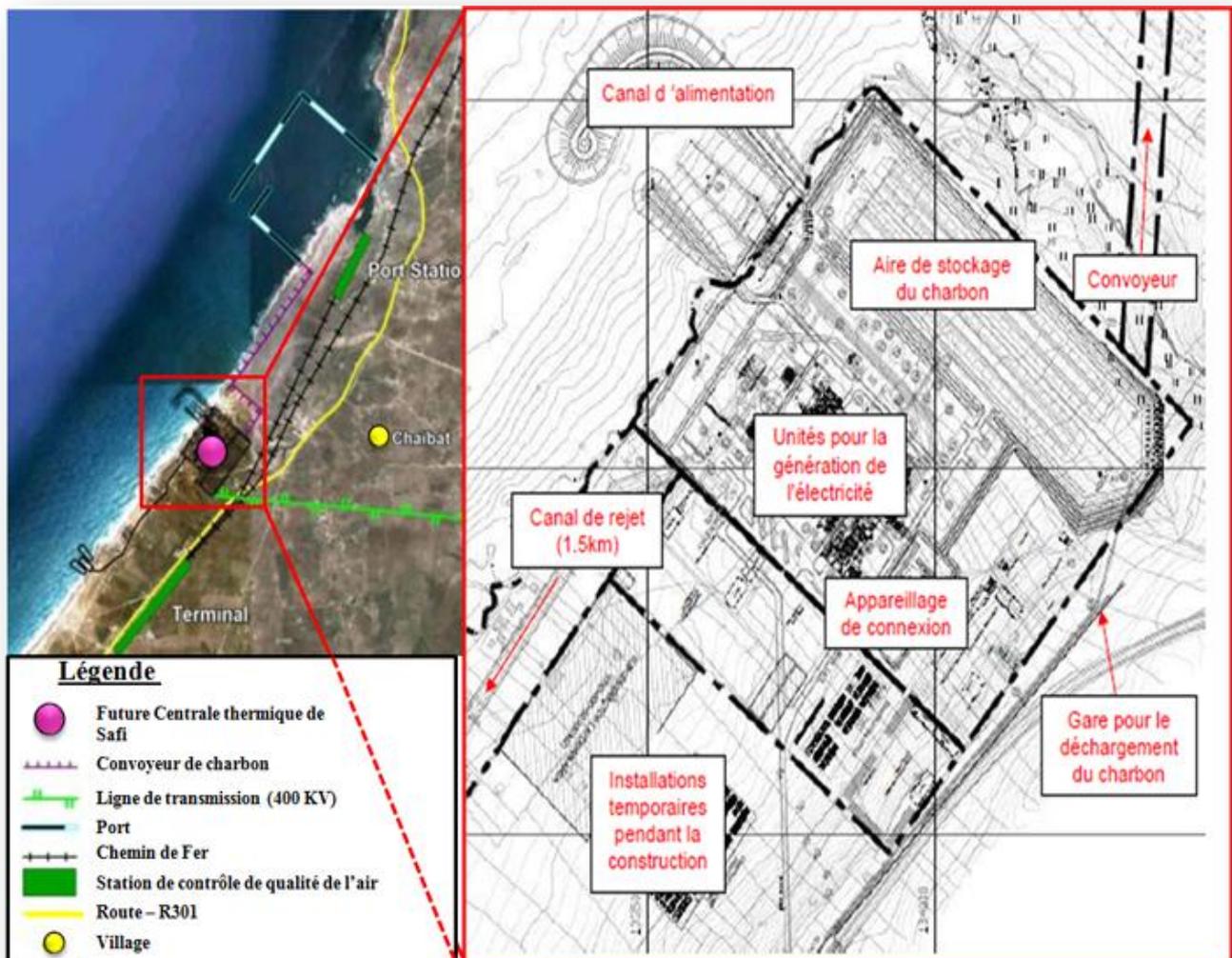
Figure 1 : Carte de situation du projet de la future centrale thermique.

### I.1.3. Description du projet :

La Centrale aura une capacité de production brute d'environ 1386 MW via deux grandes unités électriques d'une puissance de 693MW chacune et l'électricité produite sera injectée sur le réseau par l'intermédiaire d'un poste qui sera connecté à des lignes de haute tension. Il est prévu que la construction de la centrale s'étale sur 46 mois, elle consommera environ 10 milles tonnes de charbon par jour.

La superficie du site est d'environ 90 et 15 hectares, respectivement pour les installations sur terre ferme et maritimes englobant l'alimentation et le rejet de l'eau de mer pour le refroidissement. Le site du Projet est doté d'un ensemble d'installations s'étendant sur environ 5 km le long de la côte (canal d'écoulement et courroie transporteuse du charbon à partir du port) (Figure 2).

La Centrale thermique sera exploitée en utilisant du charbon importé et livré à un port situé à 1.5 km au nord de cette dernière et qui sera construit par l'Autorité nationale portuaire du Maroc. Cette mégastructure comporte plusieurs installations décrites dans le (Tableau 1).



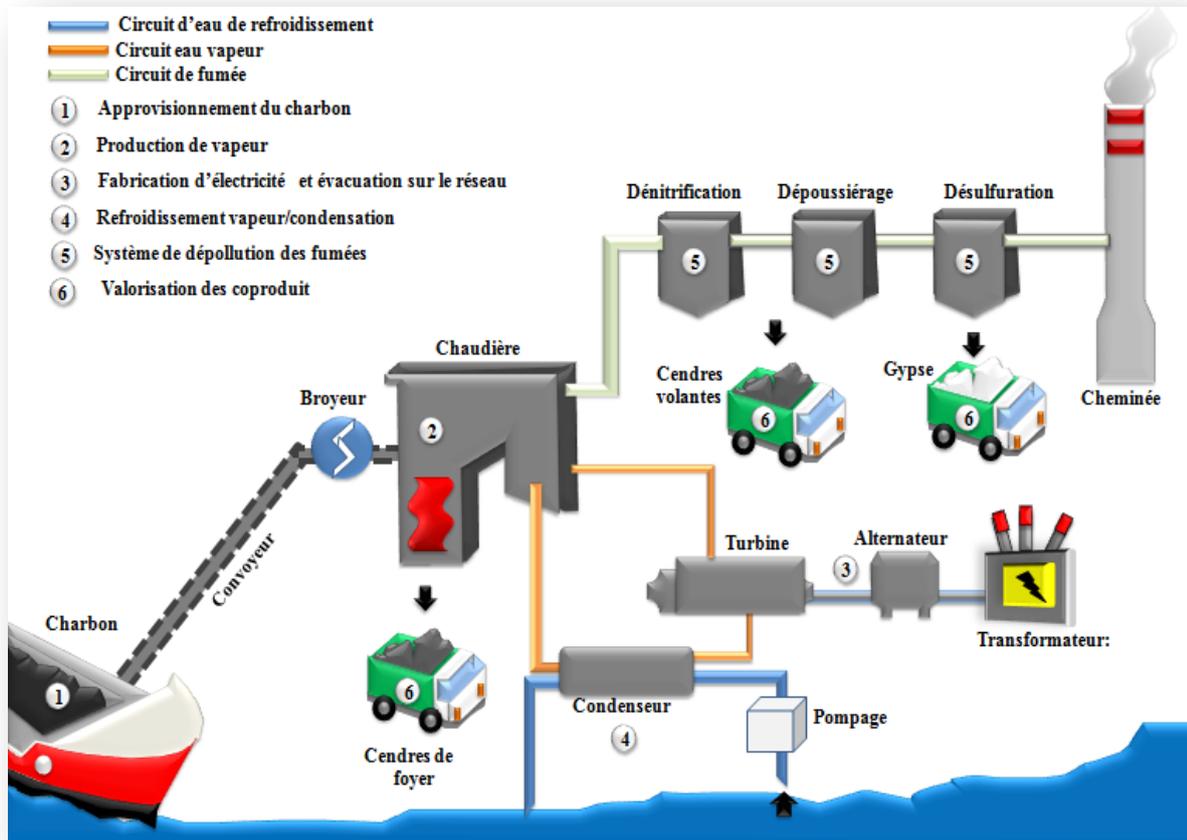
**Figure 2:** Aménagement de la Centrale thermique (DEC,2012)

**Tableau 1 : Installations clés de la centrale thermique à charbon de Safi**

<i>Eléments de l'installation</i>	<i>Description</i>	<i>Responsabilité</i>
Port	Plate forme pour l'importation du charbon	Autorité nationale portuaire du Maroc
Aire de stockage du charbon	Air qui sera consacrée pour le stockage du charbon	Consortium
Chemin de fer	Voie ferroviaire entre la gare de Safi et la centrale thermique (durant la construction du port)	Office national des chemins de fer (ONCF)
Convoyeur pour le charbon	D'une longueur de 1,5 Km, recouvert pour la protection du charbon lors de son transport à partir du port jusqu'à la centrale thermique	Consortium
Installation de déchargement de charbon	Pour le port et pour le chemin de fer	Consortium
Cheminée	1 cheminée d'une hauteur de 200m	Consortium
Canal ouvert d'alimentation en eau de mer	Pour l'eau de refroidissement/ l'alimentation en eau de la centrale, comprenant une station de pompage, filtration	Consortium
Canal ouvert de rejet de l'eau de mer	Pour le rejet d'environ $\geq 185.000\text{m}^3/\text{jour}$ de l'eau de refroidissement vers la mer	Consortium
Unités pour la génération de l'électricité	2 unités pour la génération de l'électricité comprenant chacune : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une chaudière ultra-supercritique,</li> <li>- Un électrofiltre,</li> <li>- Une unité de désulfuration des gaz de combustion à l'eau de mer,</li> <li>- Une unité de réduction catalytique sélective pour le contrôle des émissions d'oxydes d'azote (<math>\text{NO}_x</math>),</li> <li>- Une turbine à vapeur,</li> <li>- Un condenseur et installation de chauffage pour l'eau d'alimentation.</li> </ul>	Consortium
Centre d'enfouissement des cendres	Deux sites préférés ont été identifiés à proximité de la centrale thermique : la carrière de la cimenterie de Safi et les carrières de Jghadate. Le site final sera pour stocker à terme les cendres résiduelles « mâchefers » provenant de la combustion du charbon ainsi que les cendres volantes (particules fines de cendre) en cas de non valorisation.	Consortium
Lignes haute tension	Lignes Connectées à un poste sur lesquelles l'électricité sera injectée.	ONEE
Les systèmes électriques	Appareillages de connexion à haute tension à d'isolation gazeuse	Consortium

### I.1.4. Mode de fonctionnement d'une centrale thermique à charbon :

Le combustible est brûlé dans une chaudière tapissée de tubes à l'intérieur desquels circule l'eau à chauffer. Sous l'effet de la chaleur, l'eau se transforme en vapeur, qui est envoyée sous pression vers la turbine pour la faire tourner. Cette dernière entraîne un alternateur qui produit de l'électricité, injectée sur le réseau à l'aide d'un transformateur de puissance (British Electricity International, 1991) (Figure 3).

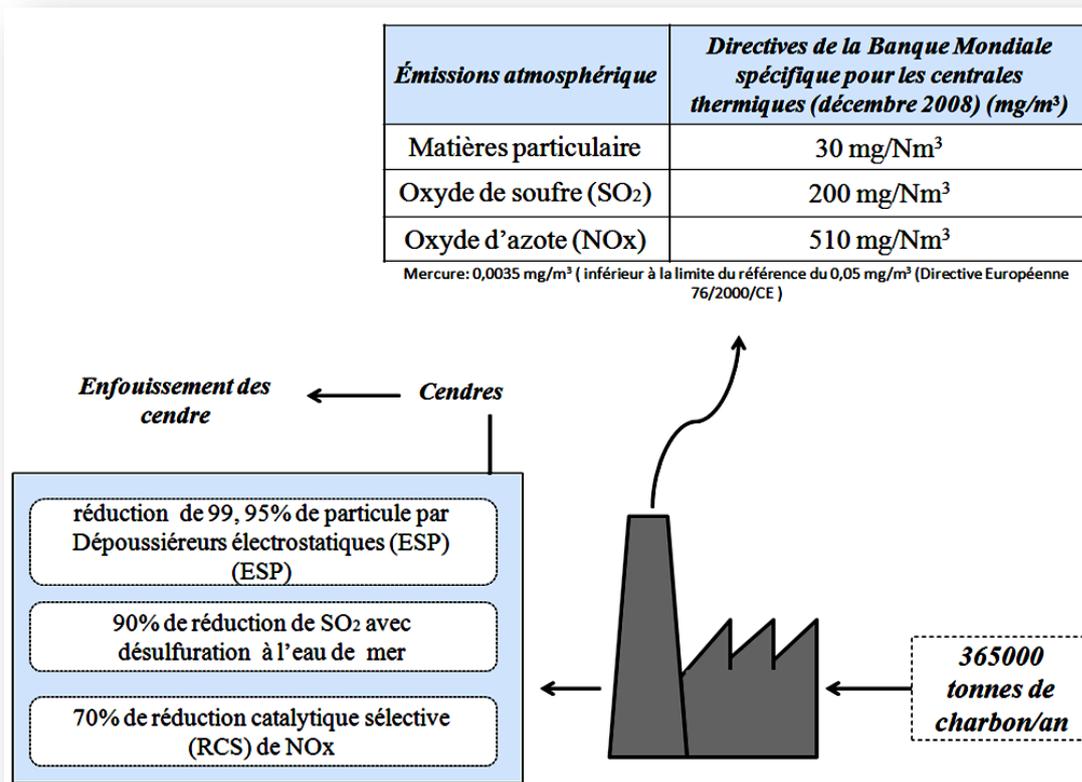


**Figure 3 :** Principe de fonctionnement d'une centrale thermique (British Electricity International, 1991- modifié)

La vapeur qui a été utilisée est envoyée vers un condenseur, dans lequel circule de l'eau froide. Au contact de celle-ci, la vapeur se transforme en eau, qui est récupérée et envoyée à nouveau dans la chaudière. L'eau utilisée pour le refroidissement est restituée au milieu naturel ou renvoyée dans le condenseur.

Pour l'instant, aucune information sur les caractéristiques du charbon et par conséquent des cendres de la future centrale thermique n'est disponible, car le fournisseur du combustible n'est pas encore indiqué.

Pour des fins écologiques, la centrale prévoit l'adoption de la technologie du charbon propre, ce dernier n'est pas un nouveau type de charbon mais un concept : C'est l'ensemble de techniques qui visent à utiliser du charbon pour produire plus d'énergie tout en minimisant la pollution, par la réduction des émissions des polluants ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , etc..), le principe de cette technologie est illustré par la (Figure 4).

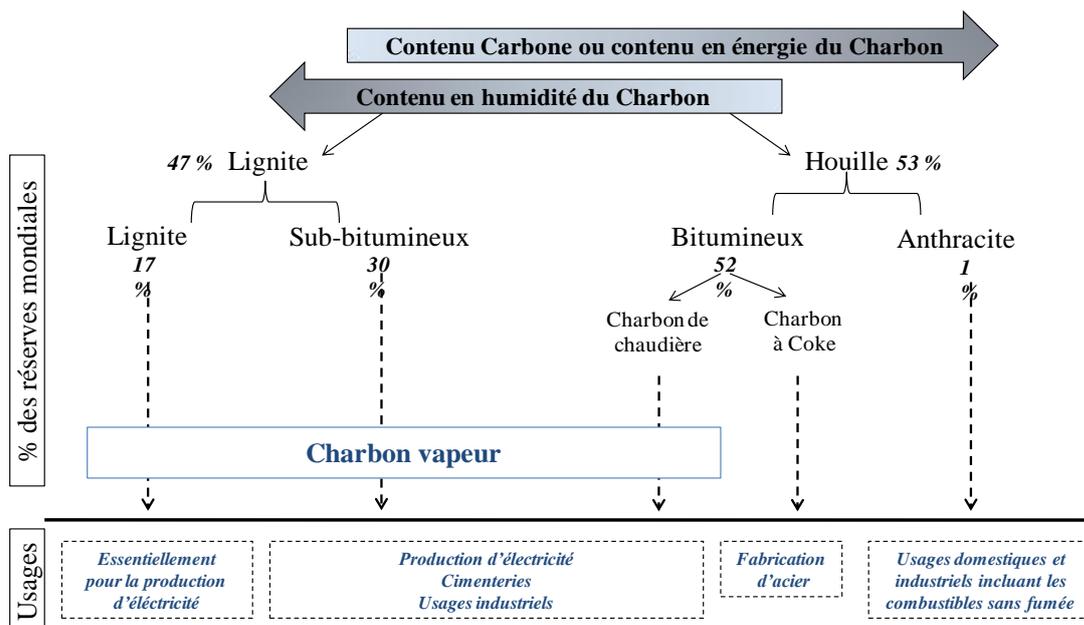


**Figure 4 :** Technique de Charbon propre (EIE-Jorf Lasfar, 2010).

### I.1.5. Caractérisation du combustible et ces dérivés :

#### I.1.5.1. Les différents types de combustibles:

Il existe différent types de combustibles, dont la qualité varie selon la teneur en carbone, ainsi que le contenu en humidité, ceci est illustré par la (figure 5) :



**Figure 5:** Types de Charbon (Ayrinhac, 2005)

### I.1.5.2. Formation du combustible :

Le charbon est une roche carbonée sédimentaire. A l'origine, ce sont des plantes très variées tels que végétaux supérieurs, fougères, spores ou algues. Lors de l'enfouissement de cette matière organique, celle-ci subit un traitement thermique, appelé houillification. La houillification est une carbonisation à basse température, généralement inférieure à 100- 200°C, pendant des durées de quelques centaines de millions à plus d'un milliard d'années. La matière organique libère alors de l'eau, du gaz carbonique et des hydrocarbures, tandis que le résidu s'enrichit en carbone. Cet enrichissement en carbone va conduire à des teneurs en carbone supérieures à 77 % dans les houilles et même à 92 % dans les anthracites (Ayrinhac, 2005). C'est cette teneur en carbone qui va déterminer le rang du combustible comme le montre le tableau 2 suivant.

**Tableau 2:** Teneur en carbone et âge de formation (Ayrinhac, 2005).

Rang de charbon	Age approximatif (années)	% en carbone
Lignite	60 000 000	65-72
Charbon subbitumineux	100 000 000	72-76
Charbon bitumineux Anthracite	300 000 000	76-90
	350 000 000	90-95

### I.1.5.3. Minéralogie et chimie du charbon :

Le charbon est composé d'une fraction organique constituée principalement de carbone,

d'hydrogène, d'oxygène et en plus de faibles quantités de soufre et d'azote, ainsi que d'une fraction minérale, non volatile, qui constituera après combustion la majeure partie des cendres. La composition de ces deux fractions constitue un véritable indicateur des étapes géologiques de la formation du combustible (Vassilev, 1996).

Lors du choix du combustible, un des principaux critères après son Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) et son taux de cendre, est son grade (teneur en soufre du charbon). Celui-ci dépend du type, mais surtout de sa provenance.

La teneur en soufre est comprise entre 0 et 8% du poids total du charbon. Une teneur supérieure à 2% est considérée comme haute, tandis qu'en dessous de 1%, le charbon est de bonne qualité, c'est-à-dire très peu soufré. Cette variation affecte le contenu en sulfure des cendres volantes.

Pour cette raison, la majorité des centrales thermiques optent pour le charbon type Houille, Car en règle générale il très peu soufré, sa teneur en carbone est comprise entre 72 et 76% et sa combustion donne lieu à des cendres silico-alumineuses qui peuvent être valorisées dans différents secteurs industriels, tandis que les autres constituants apparaissent en tant qu'éléments minoritaires (Sudhir.K *et al*, 2006). Ce type de charbon fera éventuellement l'objet de combustible pour la future centrale thermique de Safi.

Selon la littérature, les minéraux contenus dans la fraction minérale du charbon sont reportés dans le (Tableau 3) :

**Tableau 3 :** Minéraux contenus dans la fraction minérale du charbon (WAERD, 2002)

<i>Composition chimique</i>	<i>Minéraux</i>
SiO <sub>2</sub>	Quartz
Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	Kaolinite
K <sub>0.6</sub> (H <sub>3</sub> O) <sub>0.4</sub> Al <sub>1.3</sub> Mg <sub>0.3</sub> Fe <sup>2+</sup> <sub>0.1</sub> Si <sub>3.5</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·(H <sub>2</sub> O)	Illite
CaCO <sub>3</sub>	Calcite
FeS <sub>2</sub>	Pyrite
CaSO <sub>4</sub>	Anhydrite
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Gypse
MgCa(CO <sub>3</sub> )	Dolomite
FeCO <sub>3</sub>	Sidérite

#### **I.1.5.4. Minéralogie et chimie des cendres :**

La cendre est le résidu minéral obtenu par la combustion du charbon pour la production de l'électricité. Suite au lieu de récupération, deux types de cendres sont obtenus :

- **Les cendres volantes** : sont des fines particules captées au niveau des fumées par des dépoussiéreurs électro-statiques. Elles sont stockées dans des silos à l'état sec. A partir de ces derniers, elles sont transportées par des camions, pour être enfouies ou valorisées.

- **Les cendres lourdes ou mâchefer (ou cendres de foyer)** : sont le résidu solide du charbon récupérées au niveau de la chaudière (Mesnaoui M *et al.*, 2011).

D'après Adriano *et al.*, (1980) la nature des cendres dépend des différents paramètres tels que:

- La composition du charbon,
- Le type de combustion,
- La nature des combustibles consommés (les charbons lignites donnent lieu a des cendres sulfocalciques avec un pH basique tandis que les charbons types anthracite ou bitumineux produisent des cendres silicoalumineuses avec un pH acide,
- Le type de chaudière (classique à flamme ou lit fluidise circulant),
- Les systèmes de filtrage et de dépollution des fumées,
- La mise en œuvre ou non d'une désulfuration primaire en foyer classique,
- Le lieu ou sont récupérées les cendres (cendres volantes, cendres de foyer).

D'une façon générale, les minéraux identifiés dans les cendres volantes sont les produits de décomposition des minéraux contenus dans les combustibles ou des minéraux non détruits par les cycles de chauffage (minéraux parentaux). Par conséquent, les cendres volantes (FA : Fly Ash) et, dans une moindre mesure, les mâchefers (BA :Bottom Ash) sont les imbrûlés de la combustion de charbon et de ces matériaux inorganiques qui ne brûlent pas, tels que les oxydes de silicium, d'aluminium, de fer et de calcium (Vassilev *et al.*, 2005).

Mais entre autre, la fraction minérale de la cendre diffère du charbon par la création de nouvelles espèces minérales et la disparition d'autres (Filippidis, 1994 ; Vassilev, 1995 et 1996).

Selon (LERM, 2002), La cendre est un mélange inorganique complexe contenant trois types de minéraux :

***1.1.5.4.1. Des minéraux du charbon réfractaires à la température de combustion:***

- Quartz ( $\text{SiO}_2$ ),
- Des argiles inertes à cette température,
- Mica, telque la muscovite,
- Chlorite,
- Feldspath (aluminosilicates),
- Anhydrite (sulfate de calcium anhydre),
- Apatite (phosphate de calcium).

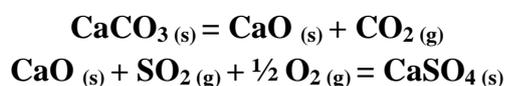
***1.1.5.4.2. Des phases formées durant la montée en température:***

- La kaolinite deviendra de la métakaolinite : ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ) et autres argiles déshydroxylées :

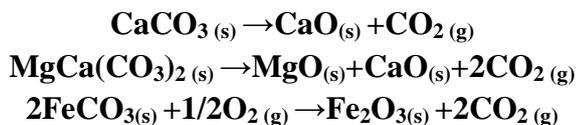


De point de vue chimique : la silice et l'alumine sont les deux éléments majeurs qui constituent la cendre silico-alumineuse, mais elle peut aussi être très calcique. Ce dernière type est soit issu de charbons contenant du calcaire, soit produit par des centrales équipées d'un système de désulfuration primaire.

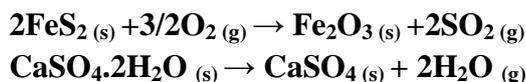
Cependant, le résidu final de la désulfuration est sous forme de grains d'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ) et de chaux vive ( $\text{CaO}$ ) excédentaire, qui seront retrouvés dans la composition minéralogique et chimique de la cendre volante, parce que la calcite se décarbonate puis, transformé en chaux vive ( $\text{CaO}$ ) et capte le soufre selon les réactions suivantes :



La calcite, la sidérite et la dolomite se décarbonatent, pour former des oxydes de calcium (chaux vive,  $\text{CaO}$ ), de magnésium (périclase,  $\text{MgO}$ ) et de fer (hématite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) :



Sous l'effet de la température, le soufre contenu dans la pyrite et dans la matrice organique se transforme en gaz. Le gypse, contenant également du soufre, subira une déshydratation. De ces deux réactions résultent un oxyde de fer et des sels de sulfate, principalement de l'hématite et de l'anhydrite :



Même si la majeure partie des phosphates se volatilise, on les retrouve tout de même dans les cendres (Lerm, 2002).

***1.1.5.4.3. Des phases formées lors du stockage en terril de la cendre:***

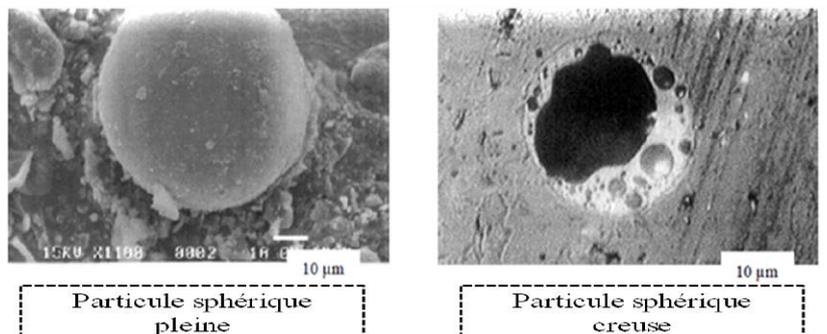
En présence d'eau, l'**anhydrite** ( $\text{CaSO}_4$ ) de la cendre volante s'hydrate pour former du **gypse** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ou de l'**ettringite** ( $3\text{CaO} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ) dans le cas où le sulfate de calcium se combine avec l'alumine de la cendre volante. En présence d'eau, la **chaux vive** ( $\text{CaO}$ ) s'hydrate pour former de la **portlandite** ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), tandis qu'on obtient de la **calcite** ( $\text{CaCO}_3$ ) si elle est conservée à l'air ambiant.

#### I.1.5.5. Morphologie des cendres:

La morphologie des cendres silico-alumineuses varie en fonction du niveau de leur récupération (chaudière ou la cheminée).

- **Cendre volante** : est une poudre grise clair douce au toucher, composée de sphères vitreuses du sous-micron à plus de 100 microns, (98% plus petit que 75 microns, 70% - 80% plus petite que 45 microns) (Ayrinhac, 2005).

De nombreux auteurs tel que (Jarrige *et al.*, 1971), décrivent les cendres comme un ensemble de particules de forme sphérique pleine ou creuse (Figure 6), de composition chimique simple, réduite à trois éléments (silice, alumine, et oxyde ferrique). Ces cendres volantes ont des propriétés puzzolanique (Acquisition de caractère cimentaire des cendres volantes, après leur réaction chimique avec de l'hydroxyde de calcium et de l'eau, résultant en un composé ayant des propriétés cimentaires (ASTM, 2002a)).



**Figure 6** : Morphologie d'une cendre volante (Adamiec *et al.* 2005)

Ce matériau a une densité entre 1.9 à 2.4, une masse volumique apparente d'environ 0,8 à 1 tonne par mètre cube et une masse volumique maximale (modifiée) de 1000 à 1400  $\text{kg/m}^3$ .

Généralement, les cendres volantes contenant des céosphères, qui sont des particules sphériques creuses ayant une faible densité apparente en particulier de 0,4 à 0,6 tonne par mètre cube, sont aptes à être utilisées pour des applications industrielles spéciales (NCAB, 2006).

- **La cendre de foyer ou mâchefer** : a une apparence semblable à du sable grossier gris foncé (Figure 7), ses particules sont des amas de granules de taille micronique dépassant 1mm de diamètre (Ayrinhac, 2005).



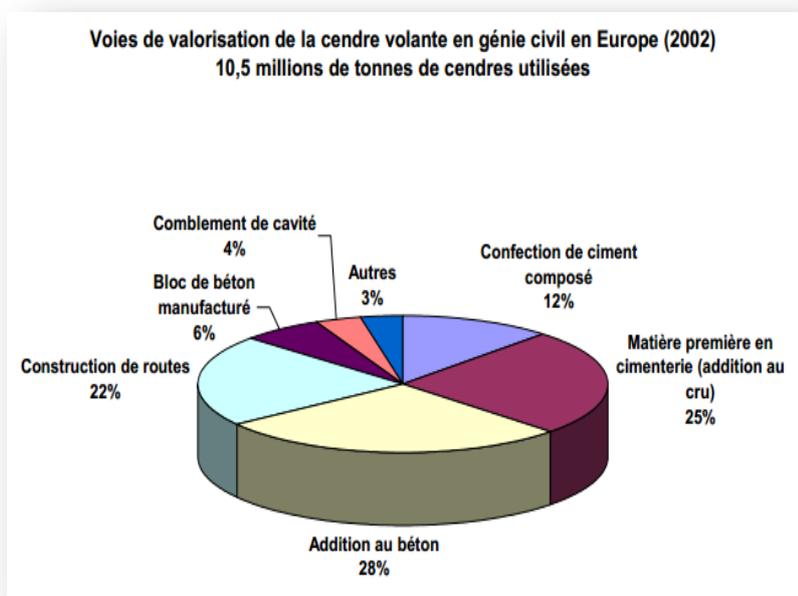
**Figure 7 :** Morphologie d'une cendre de foyer (NCAB, 2006).

#### **I.1.5.6. Modes de Gestion des cendres de charbon dans le monde :**

Suivant le procédé de combustion et le type de combustible, la cendre peut être siliceuse, silico-calcique, silico-alumineuse ou sulfo-calcique, possédant dans certains cas des propriétés pouzzolaniques et hydrauliques.

Sa nature chimique et minéralogique, lui confère des propriétés intéressantes pour être mis à profit dans les quatre secteurs industriels suivants : le génie civil, les applications minières, le traitement d'effluents et l'agriculture.

En Europe, plusieurs organismes étudient les précautions à prendre pour valoriser ce type de déchets (Figure 8). Il s'agit principalement d'ECOBA (Association Européenne des producteurs de cendre de charbon), et de l'IEA Coal research (*International Energy Association* ; Ayrinhac, 2005).



**Figure 8 :** Voies de valorisation de la cendre de chaudière à charbon en Europe en 2002 (ECOBA).

On remarque que la confection du ciment et du béton représente plus de la moitié des voies de valorisation de la cendre de chaudière à charbon. Pourtant, même dans les pays qui incinèrent ou recyclent plus de déchets, l'enfouissement des cendres reste encore inévitable en cas d'absence d'alternative de valorisation (Proske et al., 2005).

## CHAPITRE II

### Introduction aux Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE)

---

S'il est certain que les préoccupations d'ordre environnemental semblent passer au second rang dans la course effrénée vers le développement économique, il n'en demeure pas moins que la pratique de l'étude d'impact lors de la réalisation de projets de développement économique demeure une réalité au Maroc, au delà de multiples controverses que pourra susciter son application.

Sur le plan international, le Maroc est, non seulement partie à plusieurs conventions internationales de protection de l'environnement, mais il participe également de manière très active à une multitude de mécanismes et arrangements internationaux, bilatéraux ou multilatéraux, internationaux, régionaux ou sous régionaux dans le cadre de la protection de l'environnement.

#### II.1. Historique de l'EIE :

L'historique de l'étude d'impact sur l'environnement remonte à un peu plus de deux décennies. Déjà Le rapport de la Commission mondiale de l'environnement et du développement, plus connu sous le nom de rapport Brundtland <sup>1</sup> publié en 1987 préconisait le principe de l'évaluation environnementale.

L'institution de l'étude d'impact environnemental est utilisée pour la première fois aux Etats-Unis d'Amérique dans la loi sur l'environnement de 1969<sup>2</sup>, qui oblige la soumission à une étude d'impact sur l'environnement avant la réalisation de tout projet de développement économique.

Longtemps considéré comme un principe de droit international coutumier, l'étude d'impact environnemental va être consacrée dans une multitude d'instruments juridiques internationaux. D'abord de manière très partielle en 1972 dans la déclaration de Stockholm<sup>3</sup>, puis 20 ans plus tard en 1992 dans la déclaration de Rio et son plan d'action, l'Agenda 21<sup>4</sup>. Il convient de noter que l'étude d'impact est traitée de manière différente dans ces deux Déclarations. La Déclaration de Stockholm ne fait pas expressément référence directe et immédiate à l'étude d'impact sur l'environnement. Stockholm a tout de même le mérite d'avoir impulsé une dynamique dans la consécration de l'EIE sur le plan international et sur le plan interne des Etats. Cette dynamique va se matérialiser notamment par l'élaboration des directives par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)<sup>5</sup>, ainsi que l'adoption de la Charte mondiale sur la nature<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Du nom de la Présidente de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement.

<sup>2</sup> « The National Environmental Policy Act » (NEPA) dans la section 102 (2), qui a consacré les «Environmental Impact Assessment » (EIA).

<sup>3</sup> Déclaration adoptée lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement convoquée à Stockholm.

<sup>4</sup> Déclaration adoptée lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement à Rio en 1992 que l'institution des EIE peut être interprétée de manière abusive par les pays occidentaux afin d'empêcher la réalisation de projets de développement économique dans leurs pays sous le prétexte de la protection de l'environnement.

<sup>5</sup> Programme élaboré en 1987 comprenant 13 dispositions sur les buts et principes de l'EIE, et qui a été approuvé par la Résolution 14/25 du Conseil du PNUE à Nairobi le 17 juin 1987

<sup>6</sup> Charte adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies en 1982 dont le principe 11 consacre l'EIE.

## II.2. Objectifs de l'EIE:

Au niveau national, l'article 5 du Dahir n°1-03-60, portant promulgation de la loi n°12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement (EIE) précise ces objectifs:

- Evaluer de manière méthodique et préalable, les répercussions éventuelles, les effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement et en particulier sur l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et des monuments historiques, le cas échéant sur la commodité du voisinage, l'hygiène, la salubrité publique et la sécurité tout en prenant en considération les interactions entre ces facteurs,
- Supprimer, d'atténuer et de compenser les répercussions négatives du projet,
- Mettre en valeur et d'améliorer les impacts du projet sur l'environnement,
- Informer la population concernée sur les impacts négatifs du projet sur l'environnement.

Il faut souligner que l'EIE ne dicte pas de décisions quant à la réalisation des projets, mais elle fait partie des procédures d'autorisation, et elle est essentielle aux prises de décision futures.

## II.3. Réglementation internationale en matière de l'étude d'impact sur l'environnement :

### II.3.1. Banque mondiale :

La banque mondiale est un acteur de premier plan en matière de gestion environnementale à l'échelle mondiale, elle a mis en place en 1984 des politiques significatives, directives et guides de façon à encadrer ses activités, recommandant de considérer l'environnement au moment de la préparation d'un projet.

La banque mondiale classe le projet dans l'une des quatre catégories établies, selon le type, la localisation, la taille du projet ainsi que la nature et l'ampleur de ses incidences environnementales potentielles. C'est ainsi qu'on distingue :

- *Catégorie A* : un projet qui risque d'avoir des incidences très négatives, multiples et irréversibles sur l'environnement. Dans ce cas, on évoque des projets hautement risqués. L'EIE est l'outil utilitaire primordial pour ce type de projet.
- *Catégorie B* : un projet à effets potentiels préjudiciables sur les populations humaines ou sur les zones importantes de point de vue environnemental, ils sont moins importants en comparaison avec ceux générés par un projet de catégorie A. ces effets sont de caractère très local, et peu d'entre eux si non aucun, sont irréversibles. Dans ce cas, l'évaluation environnementale (EE) a une portée plus étroite que celle réalisée pour la catégorie A.
- *Catégorie C* : un projet à impacts minimes ou nuls et non préjudiciables. Dans ce cas, aucune évaluation n'est requise.
- *Catégorie FI* : un projet qui requiert l'investissement de fonds de la banque par un intermédiaire financier, dans des sous-projets qui peuvent entraîner des incidences environnementales.

### II.3.2. La Banque japonaise pour la coopération internationale (JBIC) :

Egalement connu par son acronyme, **la JBIC**, est une institution japonaise financière publique et organisme d'exportation de crédit qui a été créée le 1er Octobre 1999, par la fusion de la Japan Export -Import Bank (JEXIM) et le Fonds de coopération économique d'outre-mer (OECE).

La JBIC est la branche internationale de la Japan Finance Corporation (JFC) (administré par le ministère des Finances) créée le 1er Octobre 2008. La banque est détenue par le gouvernement japonais, et son budget et le fonctionnement sont régis par la loi de la JBIC.

### **II.3.3. Union européenne :**

La communauté européenne a adopté, en 1985, une directive concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement (Directive du Conseil 85/337/CCE du 27 juin 1985), définissant ainsi les exigences devant s'appliquer à l'ensemble des Etats membres en matière d'évaluation environnementale, et une autre directive en 1997 (Directive 97/11/EC). Les informations à fournir pour l'évaluation environnementale comportent au minimum :

- Une description du projet comportant des informations relatives à son site, à sa conception et à ses dimensions,
- Les données nécessaires pour identifier et évaluer les effets principaux que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement,
- Une description des mesures envisagées pour éviter et réduire les effets négatifs importants et, si possible, y remédier,
- Un résumé non technique des informations précédentes.

Par ailleurs, le conseil européen a mis en place une nouvelle directive nommée la directive 2003/35 du 26 mai 2003 prévoyant la participation du public lors de l'évaluation environnementale.

### **II.3.4. Banque Africaine de développement(BAD) :**

En Avril 1991, la BAD a instauré une nouvelle politique environnementale basée fondamentalement sur l'élaboration de directives et procédures d'évaluation d'impact sur l'environnement, son but capital réside essentiellement dans l'intégration d'une démarche d'évaluation des interrogations environnementales dans les projets et programmes du groupe de la BAD. En ce qui concerne la catégorisation des projets, la démarche de la BAD classe les projets envisagés en trois catégories définies ainsi:

- *Catégorie I* : intègre les projets ayant des impacts environnementaux significatifs, exigeant une analyse scrupuleuse sur le terrain et une étude d'impact sur l'environnement,
- *Catégorie II* : rassemble les projets à impacts environnementaux étroits ou impacts pouvant être limités par la prise de mesures correctives ou par rectification de la conception du projet,
- *Catégorie III* : réunit les projets pour lesquels les effets ne sont pas révélateurs sur l'environnement et qui n'exigent pas une évaluation environnementale.

### **II.3.5. Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (JICA) :**

Le *Japan International Cooperation Agency* (JICA) a instauré le 1<sup>er</sup> Avril 2002 des lignes directrices environnementales concernant son intervention financière internationale et ses actions économiques de coopération, elles ont été mises en application en Octobre 2003.

La catégorisation des projets adoptée par le JICA permet de différencier en 3 catégories, à savoir :

- *Catégorie A* : regroupe les projets pour lesquels la présentation d'un rapport d'EIE est nécessaire. Ce rapport doit être accompagné d'un résumé en anglais ou en japonais,
- *Catégorie B* : bien que la présentation d'un rapport d'EIE ne soit pas requise, le projet visé doit être apprécié à la lumière des lignes directrices adoptées,
- *Catégorie C* : correspond aux projets pour lesquels la présentation d'un rapport d'EIE n'est pas nécessaire.

#### II.4. Cadre législatif d'une étude d'impact sur l'environnement :

L'EIE au Maroc est légiférée par la loi 12-03 et ses décrets d'application (n°2-04-563 et n° 2-04-564) relatifs respectivement (tableau 4):

- Aux attributions et le fonctionnement du comité national et des comités régionaux des EIE,
- A l'organisation et le déroulement de l'enquête publique relative aux projets soumis aux EIE.

**Tableau 4 : Lois et textes des EIE en application**

<i>Instrument</i>	<i>Date</i>	<i>Titre</i>
		La charte nationale de l'environnement et du développement durable
<i>Loi n° 11-03</i>	12/05/2003	Relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement
<i>Loi n° 12-03</i>	12/05/2003	Relative à l'EIE et ses décrets d'application
<i>Loi n° 13-03</i>	12/05/2003	Relative à la lutte contre la pollution de l'air et son décret d'application
<i>Loi n° 10-95</i>	15/07/1995	Relative à la gestion de l'eau dans les grands bassins versants
<i>Loi n° 28-00</i>	22/11/2006	Relative à la gestion des déchets et leur élimination
<i>Loi n° 07-22</i>	24/10/2010	Relative aux aires protégées
<i>Normes</i>		Normes sur la qualité des milieux

#### II.5. Procédure et cadre institutionnel d'une étude d'impact sur l'environnement :

##### II.5.1. Procédure de l'EIE :

La procédure de l'EIE se déroule généralement comme suit :

- ***Vérification de l'assujettissement du projet à l'EIE :***

Avant de réaliser l'étude d'impact, le pétitionnaire doit d'abord vérifier, sur la liste des projets faisant l'objet d'une EIE de la loi 12-03, si son projet est assujetti à la procédure de l'étude d'impact pour obtenir l'autorisation administrative. Ainsi il pourra réaliser à ses frais l'EIE de son projet.

- ***Dépôt de l'avis de projet :***

C'est une procédure non officielle voire volontariste. Après avoir établi un document de référence définissant les enjeux environnementaux importants dont on doit tenir compte dans l'étude d'impact, dit « termes de références », en collaboration avec le ministère de tutelle du projet, le promoteur est amené à déposer un avis du projet auprès du ministère du tutelle et de l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement

▪ **Réalisation de l'EIE du projet :**

Une étude d'impact sur l'environnement doit être faite au préalable pour présenter ses résultats lors de l'enquête publique. Contenant une description détaillée du projet, ainsi qu'une analyse complète des impacts (positif ou négatif) à court, moyen et long terme, cette étude permettra de mieux approcher l'entourage du projet.

▪ **Ouverture de l'Enquête Publique :**

L'enquête publique est ouverte 15 jours après le dépôt de l'EIE, elle consiste à informer la population sur les impacts éventuels du projet et de synthétiser les observations des citoyens concernant ledit projet. Ensuite la commission chargée d'effectuer cette enquête transmet le rapport au comité national ou régional des EIE.

Les observations et propositions figurant dans le rapport seront prises en considération lors de l'examen de l'EIE.

▪ **Examen de l'EIE :**

Cet examen a pour but la vérification du contenu de l'EIE et l'évaluation de la compatibilité du projet avec les exigences de protection de l'environnement.

Après avoir examiné le rapport de l'EIE et les conclusions de l'enquête publique, le Comité National ou Régional de l'Environnement rédige un rapport sur l'acceptabilité environnementale du projet et émet un avis sur l'acceptabilité environnementale du projet par consensus.

▪ **Décision d'acceptabilité environnementale :**

Les autorités compétentes rendent l'un des avis suivants :

- Avis d'Acceptabilité Environnementale : Le projet est acceptable tel qu'il est présenté dans l'étude d'impact,
- Le projet n'est acceptable qu'à condition que le pétitionnaire prenne certaines mesures supplémentaires pour limiter ou compenser des impacts négatifs de son projet sur l'environnement,
- Avis de non-acceptabilité environnementale : Le projet n'est pas acceptable de point de vue environnemental.

L'acceptabilité environnementale fait partie du dossier d'autorisation du projet.

▪ **Surveillance et suivi de l'environnement :**

Conformément à la loi 12-03, Pendant les phases : d'exploitation, de fermeture et de démantèlement du projet, le pétitionnaire doit assurer la surveillance et le suivi environnementaux du projet.

Le plan de surveillance et de suivi permet de vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation et, en cas de besoin, de corriger ces mesures ainsi que suivre l'évolution de l'état de l'environnement du projet.

Le PSSE est représenté à l'issue de l'examen de l'EIE au comité, et fait foi de cahier des charges liant le pétitionnaire, par ses exigences, à l'autorité environnementale et dont les clauses doivent être respectées.

## CHAPITRE III

### Etude d'Impact du centre d'enfouissement des cendres de la centrales thermique de Safi

---

#### III.1. Cadre juridique et institutionnel :

Dans un cadre réglementaire, la réalisation d'une étude d'impact sur le projet du centre d'enfouissement des cendres, va être élaboré conformément à la législation marocaine en terme de protection de l'environnement qui fait partie du projet de la centrale thermique de Safi, suite à la loi marocaine n°12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement, il est exigé que les projet d'enfouissement des déchets industriels quelque soit leur nature, sont soumises à l'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE), par conséquent, le présent projet doit se soumettre à EIE.

#### III.1.1.Cadre juridique :

L'arsenal législatif marocain se caractérise par un nombre important de textes dont les premiers remontent aux années 1914. Le gouvernement marocain a, récemment, promulgué un certain nombre de lois qui portent notamment sur :

- *Loi 11-03 sur la protection de l'environnement :*

Publié au bulletin officiel n°5118, relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement, a pour objet d'édicter les règles de base et les principes généraux de la politique national dans le domaine de la protection et de la mise en valeur de l'environnement. Ainsi, elle note que la protection, la mise en valeur et la bonne gestion de l'environnement font partie de la politique intégrée de développement économique, social et culturel.

- *Loi 12-03 relative aux EIE :*

Elle stipule que l'EIE constitue l'un des instruments modernes permettant de faciliter l'application des mesures préventives visant la protection de l'environnement et l'intégration des préoccupations environnementales dans les processus de développement socio-économique. Elle délimite le champ d'application de la loi opposable aux projets publics et privés qui, en raison de leurs dimensions ou de leur nature, sont susceptible d'avoir un impact sur l'environnement. En outre, elle conditionne l'octroi de toute autorisation pour la réalisation des dits projets à l'obtention d'une décision d'acceptabilité environnementale.

- *Loi relative 13-03 la pollution de l'air :*

Ce texte de loi a pour but de prévenir, réduire et limiter les émissions de polluants dans l'atmosphère par l'interdiction, d'émettre, de déposer, de dégager ou de rejeter dans l'atmosphère des polluants au-delà des normes fixées par voie réglementaire.

Deux décrets d'application de cette loi sont entrés en vigueur à savoir :

Décret n°2-09-286 du 20 Hija 1430 (8décembre 2009) a pour objet de fixer les normes de qualité

de l'air et de définir les modalités de mise en place des réseaux de surveillance de la qualité de l'air telles que prévues.

- Décret n° 2-09-631 du 6 juillet 2010 définit les valeurs limites de dégagement, d'émission ou de rejet de polluants dans l'air émanant de sources de pollution fixes et les modalités de leur contrôle.

- *Loi 28-00 relative aux déchets solides et leur élimination :*

Cette loi pose les règles et les principes fondamentaux qui doivent désormais constituer le référentiel de base pour tout ce qui se rapporte à la gestion des déchets et à leur élimination. La loi précitée se fixe comme objectif principale de prévenir la pollution, de protéger la santé de l'homme et de l'environnement contre les effets nocifs dus aux déchets en incluant à la réduction de la production des déchets, la valorisation, la mise en décharge contrôlée, l'organisation du transport et la formation du public.

- *Loi 10-95 relative à l'eau :*

L'eau est une ressource naturelle à la base de la vie et une denrée essentielle à la majeure partie des activités économiques de l'homme. Elle est également rare et constitue en fait une ressource dont la disponibilité est marquée par une irrégularité prononcée dans le temps et dans l'espace.

Les eaux souterraines constituent une ressource naturelle importante. Elles représentent un réservoir d'où l'on peut tirer, s'il est bien protégé, une eau de bonne qualité pour l'approvisionnement en eau potable ainsi que pour l'agriculture et l'industrie, les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs, etc) et d'autre part avec d'autres ressources tel que le sol et l'air, tout atteinte pouvant intégrer la qualité de ces derniers, se transmet directement à l'eau souterraine et ceci par conséquent, peut se répercuter sur la pérennité et la qualité écologique des écosystèmes aquatiques et terrestres et la salubrité publique.

Sachant que les eaux souterraines circulent lentement à travers le sous-sol, si bien que les pollutions issues des activités humaines peuvent perdurer sur de longues périodes pouvant aller de quelques années à plusieurs décennies voire plus pour certains aquifères particuliers, il faut assurer la qualité du sol.

Ces dans ce cadre que s'inscrit le projet de la présente étude, il faut à tout point optimiser la protection des ressources en eau de la région d'étude, tout en maîtrisant la pollution qui peut être générée sur les différentes ressources citées. Pour faire face à cette situation, il est indispensable de disposer notamment d'instruments juridiques efficaces.

Publiée au bulletin officiel le 20/09/1995, cette loi prévoit la gestion de l'eau au niveau des grands bassins versants et les dispositions légales et réglementaires pour la rationalisation de l'utilisation de l'eau, de l'accès à l'eau, la solidarité interrégionales et la réduction des disparités entre ville et la campagne.

Cette loi jouit d'un nombre important de textes d'applications, entre autres :

Décret n° 2-97-787 du 4 février 1998 (6 Chaoual 1418) relatif aux normes de qualité des eaux et à

- Décret n° 2-04-553 du 24 janvier 2005 relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines.

- *Loi 7-81 sur l'expropriation :*

Elle a pour cause d'utilité publique et à l'occupation temporaire a été publiée le 6 mai 1982.

Ci-après sont présentés quelques points importants pouvant concerner le projet :

- L'Article 4 de la loi précise : « Ne peuvent être expropriés : les édifices à caractère religieux des divers cultes, les cimetières, les immeubles faisant partie du domaine public et les ouvrages militaires. »
- L'Article 20 précise les règles de fixation de l'indemnité d'expropriation :
- L'Article 50 de la loi autorise l'exécutant de travaux publics à prendre possession provisoire d'un terrain, pour des études et travaux préparatoires, pour des dépôts temporaires, pour des chantiers, des voies nécessaires à l'exécution des travaux ou autres installations, ou pour extraire des matériaux.

Cette adoption a permis de mieux préciser le cadre général de protection de l'environnement au Maroc et de renforcer, d'une manière significative, le cadre juridique et réglementaire en matière de protection des écosystèmes.

Dans le contexte de gestion des déchets dans un cadre réglementaire, la réalisation du centre d'enfouissement des cendres s'inscrit sous la circulaire suivante :

- *Circulaire n° 96-85 du 11/10/96 relative aux cendres issues de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile dans des installations classées pour la protection de l'environnement :*

L'objet de la présente circulaire est de préciser les conditions de valorisation et, dans le cas où elles ne peuvent pas être valorisées, les conditions d'élimination des cendres résultant de la filtration des gaz de combustion de combustibles d'origine fossile dans des installations thermiques soumises aux dispositions de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976. Cette circulaire ne traite pas du cas spécifique des résidus produits lors du traitement de ces gaz de combustion par lavage, injection de réactif ou tout autre moyen équivalent, ni des résidus de combustion dans des lits fluidisés circulants.

#### **- Minimiser la production de cendres**

La combustion de produits d'origine fossile est à l'origine de pollutions atmosphériques diverses : pollutions acides (principalement SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>), contribution à l'effet de serre (principalement CO<sub>2</sub>), pollutions toxiques (principalement émissions particulaires, de métaux lourds et de certains composés organiques persistants).

Des réglementations sont progressivement adoptées afin de couvrir l'ensemble de ces préoccupations : notamment la mise en œuvre de l'arrêté du 27 juin 1990 pour les installations de plus de 50 MW et la préparation d'un texte pour les installations de puissance inférieure à 20 MW. Ces réglementations entraînent la nécessité de systèmes de filtration de poussières plus poussés.

### **- Favoriser la valorisation des cendres de charbon:**

La production de cendres en provenance des installations de combustion fonctionnant avec du charbon est quantitativement très importante. Il ressort, la plupart du temps, que leurs caractéristiques, différentes de celles des cendres issues de procédés plus spécifiques, peuvent permettre de les classer dans la catégorie des déchets inertes, et, en conséquence, de les valoriser autant que possible. Les cendres sont en général utilisées comme constituant du cru de cimenterie, du ciment ou du béton.

Dans tous les cas, il faut veiller en particulier à ce que les caractéristiques physicochimiques des cendres soient bien connues, soit par des analyses périodiques, avant valorisation à l'extérieur, ou à défaut, notamment pour les petites installations, par une première analyse pour chaque type de charbon utilisé, puis par une corrélation entre la composition de ces charbons et celles des cendres produites. Pour le cas où ces cendres auraient des caractéristiques physicochimiques ne leur permettant pas de telles valorisations, il faut veiller à leur imposer des filières d'élimination conformes à celles décrites pour les cendres issues de la combustion du fioul lourd.

#### ***- Le stockage des cendres :***

Dans tous les cas, dès lors que les quantités de cendres pouvant être stockées sont importantes, les stockages correspondants doivent faire l'objet d'une procédure d'autorisation au titre de la rubrique 167 A : station de transit de déchets industriels, si le stockage a vocation à être temporaire, ou de la rubrique 167 B : décharge de déchets industriels, s'il a vocation à être permanent, et doivent faire l'objet des prescriptions adéquates.

### **III.1.2. Cadre institutionnel :**

Les administrations centrales les plus concernées par les aspects environnementaux relèvent essentiellement les institutions suivantes :

- Département de l'environnement,
- Département de l'eau (ONEE, ABH),
- Ministère de l'Équipement et du Transport,
- Ministère de la santé,
- Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies,
- Ministère de l'Intérieur.

Il existe également des organes de coordination représentés par :

- Le conseil de ( l'eau et de climat, national de l'environnement et des forêts).

### **III.2. Justification et description du projet du centre d'enfouissement des cendres :**

#### **III.2.1. Justification du projet :**

La gestion des déchets industriels est une nécessité, elle regroupe l'ensemble des mesures visant la prévention et la réduction des déchets ainsi que leur élimination contrôlée et non polluante.

Même si ces déchets ne sont pas considérés comme dangereux, selon le catalogue marocain de classification des déchets (CMD, 2008), le code 10 01 02 « déchets provenant de procédés thermiques », la nécessité de leur élimination implique la mise en place d'un centre d'enfouissement qui répond aux exigences environnementales.

Dans le cadre du contrat du projet de la centrale thermique de Safi, l'exploitation de la dite centrale générera une quantité importante de cendres, qui sera récupérée à la source à l'aide d'équipement d'épuration. Cette installation sera sous la responsabilité du Consortium, et sa réalisation sera confiée au contractant EPC<sup>7</sup> qui n'est pas encore identifié.

Bien qu'une partie de ces cendres « les cendres volantes », puissent être réutilisées en particulier par l'industrie du ciment (le Consortium essaie de prendre des dispositions avec les sociétés cimentières locales pour valoriser ces cendres), « les mâchefers » ne peuvent eux pas être facilement réutilisés et auraient besoin d'être mis en décharge.

### III.3. Plan de situation du projet :

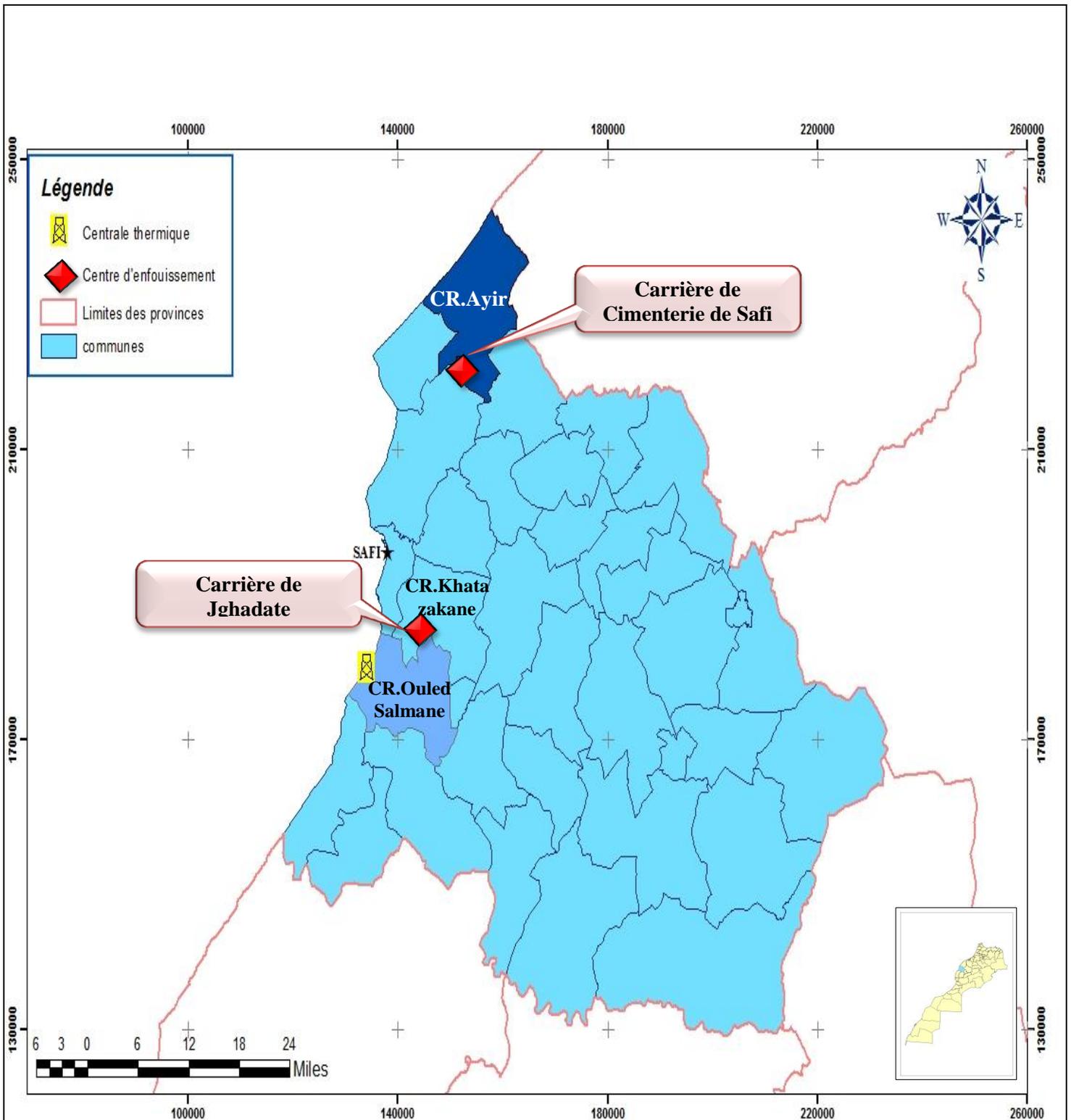
Subordonné au fonctionnement de la centrale thermique, le centre d'enfouissement doit être localisé dans la région de Safi aux alentours de cette mégastructure.

Au départ, deux sites sont sélectionnés par le Consortium : la carrière de cimenterie de Safi et la carrière de Jghadate, situé respectivement sur de la commune « Ayir », et niveau de la commune « Khatazakane » (Figure 9). Le site final sélectionné est celui de la cimenterie de Safi, situé à 58 km Nord-Est de la future centrale thermique, dont les coordonnées figurent au niveau du tableau ci-dessous (tableau 5), ce choix sera justifié dans la partie qui suit.

**Tableau 5 :** Coordonnées du site d'enfouissement sélectionné « Carrière de Cimenterie de Safi »

	<i>Coordonnées Lambert III du site</i>	<i>Coordonnées géographiques du site</i>
<i>X</i>	151466,42	32°32'04.55"N
<i>Y</i>	221346,50	9°06'42.7"

<sup>7</sup> *Engineering, Procurement and Construction*



**Figure 9 :** Carte de situation des sites potentiels d'enfouissement des cendres et les limites communales.

### III.3.1. Description du projet :

La Centrale consommera environ 10.000 tonnes de charbon par jour, en contre partie elle généra 500.000 tonnes par an de cendres qui seront destinés à l'élimination dans un centre d'enfouissement.

Afin de minimiser la quantité d'excavations qui seraient nécessaires, le site d'enfouissement des cendres sélectionné faisait l'objet d'une carrière de cimenterie (Figure 10), cette dernière est située

dans la région Sahel de Doukkala au Maroc, à environ 10 km au sud-est de la côte Atlantique et à 1,5 km au nord-est du village d'Ouled Sidi Ali et à l'Est de Douar Nhilat.

En dehors de son utilisation antérieure en tant que carrière de calcaire, aucune information n'est disponible quant aux activités antérieures du site ou aux volumes extraits de la carrière.

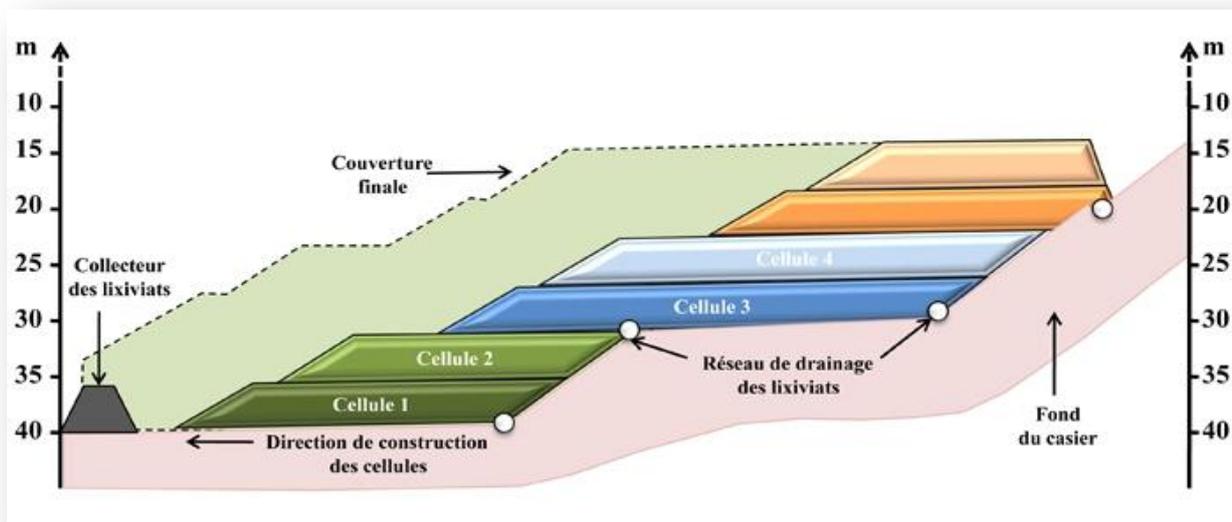


**Figure 10 :** Terrain potentiel pour le site d'enfouissement

L'entrée de la carrière se trouve dans la partie Nord-Ouest du site. Le site a une superficie de 48ha avec une profondeur de 20 à 40 m par rapport aux terres environnantes, la base de la carrière se trouve à environ 35 m au-dessus du niveau de la mer. Le site a une capacité de 19.200.000 m<sup>3</sup>, suffisante pour accueillir les cendres qui seraient générées par la centrale sur une durée d'exploitation de 5 ans.

**- Conception du site :**

La conception du site est subordonnée à son mode d'exploitation, cette dernière sera réalisée par cellule successive (Figure 11). Une série de cellules qui se raccordent les unes aux autres et qui sont hydrauliquement indépendantes, représentent un ascenseur. Un ou plusieurs ascenseurs constituent un remplissage. Il n'y a pas de règles absolues pour leur taille. Ce centre sera équipé par des systèmes de collecte et de traitement des lixiviats afin de minimiser l'impact de ces derniers sur le sol et sur la qualité des eaux souterraines.



**Figure 11 : Mode d'exploitation par cellule**

### III.3.2. Quantité des cendres qui sera produite par la future centrale thermique de Safi :

La Centrale thermique consommera environ 10.000 tonnes de charbon par jour, ce qui implique 3.650.000 tonnes par an. En contre partie la quantité totale des cendres, qui sera produite est de l'ordre de 500.000 t/an. On parle des :

- Cendres volantes, constituées des oxydes métalliques légers et des produits volatils. Elles puissent être réutilisées en particulier par l'industrie du ciment. D'après (Woolley *et al*, 2000), dans les chaudières à charbon modernes, un fort pourcentage des cendres est récupéré sous la forme de cendres volantes, (environ 80 %). Donc, elles sont produites à hauteur de 400.000 t/an:  $50000 \text{ t/an} * 80\% = 400.000 \text{ t/an}$

- Cendres lourdes ou Mâchefers, constituées essentiellement des impuretés, initialement incluses dans le charbon minéral brûlé, sont produites à une hauteur de 100.000 t/an au niveau de la chaudière.

Si les cendres volantes sont réutilisées avec succès, la durée de vie du site d'enfouissement des cendre serait alors prolongée de façon significative : par exemple, 100.000 tonnes de mâchefers par an plutôt que 500.000 tonnes au total (cendre volante + mâchefers). En supposant une capacité de 2 millions de  $\text{m}^3$  sur un site, cela permettrait donc d'enfouir les mâchefers pendant 20 ans (en supposant de façon conservatrice que  $1 \text{ m}^3$  de cendres pèse 1 tonne). Si la capacité du site venait à être saturée, il est prévu soit d'effectuer des travaux d'excavation mineurs pour prolonger la durée de vie du site afin d'utiliser un site unique, soit si cette première option est impossible d'utiliser l'un des autres sites privilégiés.

### III.3.3.Choix du site :

Au départ dix sites de la région ont été examinés en détail afin de déterminer le site le plus approprié. Compte tenu d'un certain nombre de critères, y compris des facteurs environnementaux, sociaux ainsi que financiers, il ressort que deux sites sont privilégiés comme étant les plus appropriés pour l'enfouissement des cendres et qui sont : la carrière de la cimenterie de Safi et la carrière de Jghadate.

Les Tableaux ci-après (Tableau 6 et 7) relève les caractéristiques de ces deux sites:

**Tableau 6 :** Caractéristiques de la Carrière de Cimenterie de Safi

<i>Site</i>	Carrière de cimenterie de Safi
<i>Commune rurale CR</i>	Ayir
<i>Superficie (ha)</i>	48
<i>Etat actuel d'occupation</i>	En activité
<i>Distance par rapport à Safi (Km)</i>	30
<i>Distance par rapport à la centrale thermique (Km)</i>	58
<i>Distance par rapport à la population</i>	Quelques habitations à 400 m
<i>Distance % route goudronnée</i>	0
<i>Nature et état de l'accès au site</i>	Route goudronné en bon état
<i>Statut foncier</i>	Privé
<i>Occupation du sol</i>	Usine de ciment

Source: Etude d'enfouissement des cendres de la centrale à charbon de Safi, mission A. (ADI)

**Tableau 7 :** Caractéristiques de la Carrière de Jghadat

<i>Site</i>	Carrière de Jghadat
<i>Commune rurale CR</i>	Khatazakane
<i>Superficie (ha)</i>	20
<i>Etat actuel d'occupation</i>	En activité
<i>Distance par rapport à Safi (Km)</i>	6 ,5
<i>Distance par rapport à la centrale thermique (Km)</i>	28
<i>Distance par rapport à la population</i>	200 m
<i>Distance % route goudronnée</i>	500
<i>Nature et état de l'accès au site</i>	Piste carrossable de 500m
<i>Statut foncier</i>	Privé
<i>Occupation du sol</i>	Terrains agricole

Source: Etude d'enfouissement des cendres de la centrale à charbon de Safi, mission A. (ADI)

Suite à une comparaison des critères des deux sites présentés sur les Tableaux ci-dessus et compte tenu de la difficulté de pouvoir satisfaire tous les critères de choix, l'important est de trouver un compromis. Il s'avère que la carrière de Cimenterie de Safi est plus adéquate par rapport à celle de Jghadat, en ce qui concerne la superficie, l'occupation du sol et la distance par rapport à (la population, la ville de Safi et à la route goudronnée).

On peut dire que la carrière de Cimenterie de Safi est une zone présentant des faibles contraintes environnementales.

### III.4. Délimitation de la zone d'étude et zone d'influence:

#### III.4.1. Délimitation de la zone d'étude :

En vue d'une analyse pertinente, un périmètre d'étude de 3 km au niveau de la commune d'Ayir est défini afin d'évaluer et de bien cerner les impacts directs et indirects de la réalisation du projet du centre d'enfouissement sur le milieu récepteur (Figure 12).

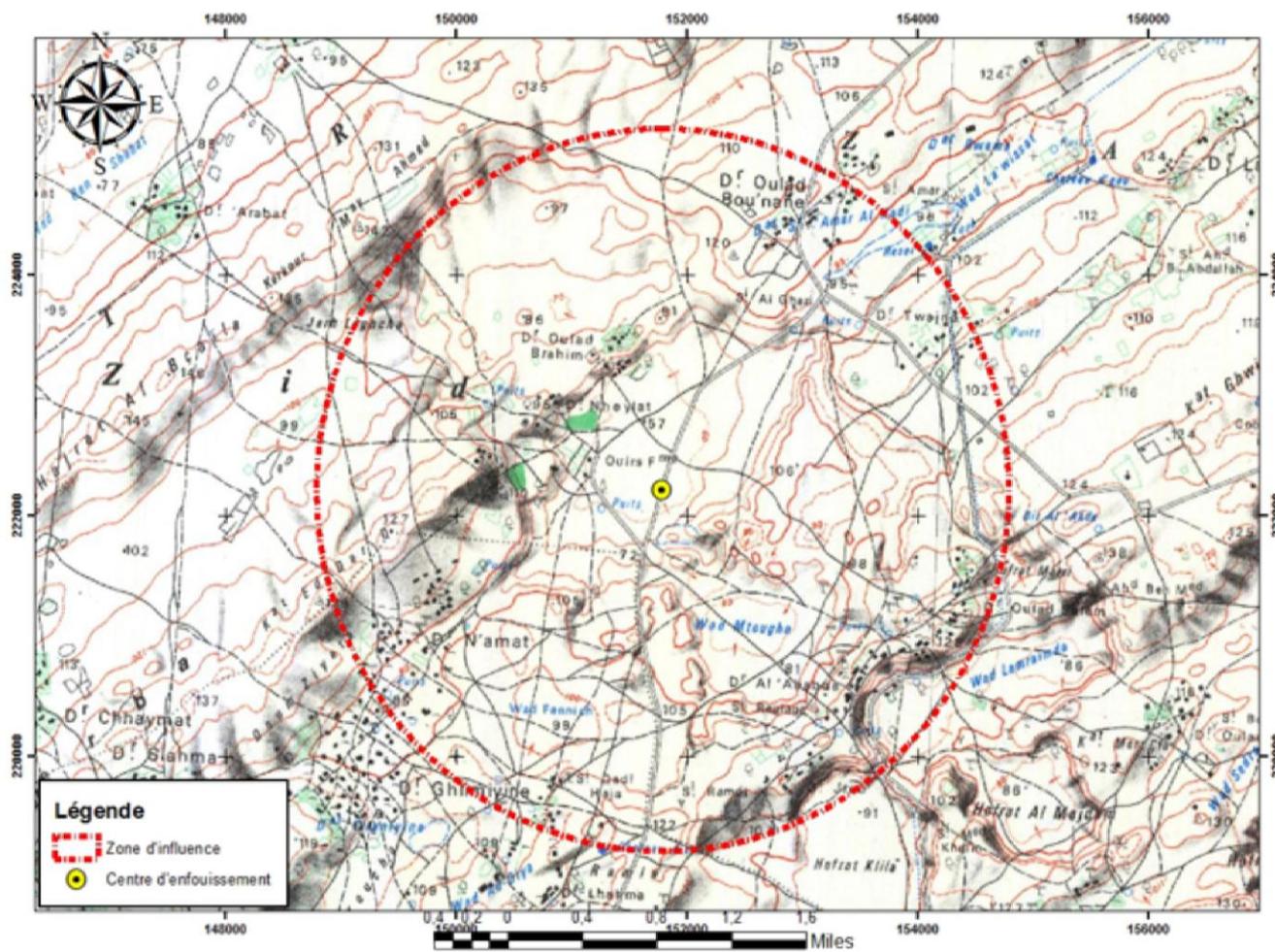


Figure 12 : Délimitation de la zone d'étude

#### III.4.2. Occupation du périmètre d'étude :

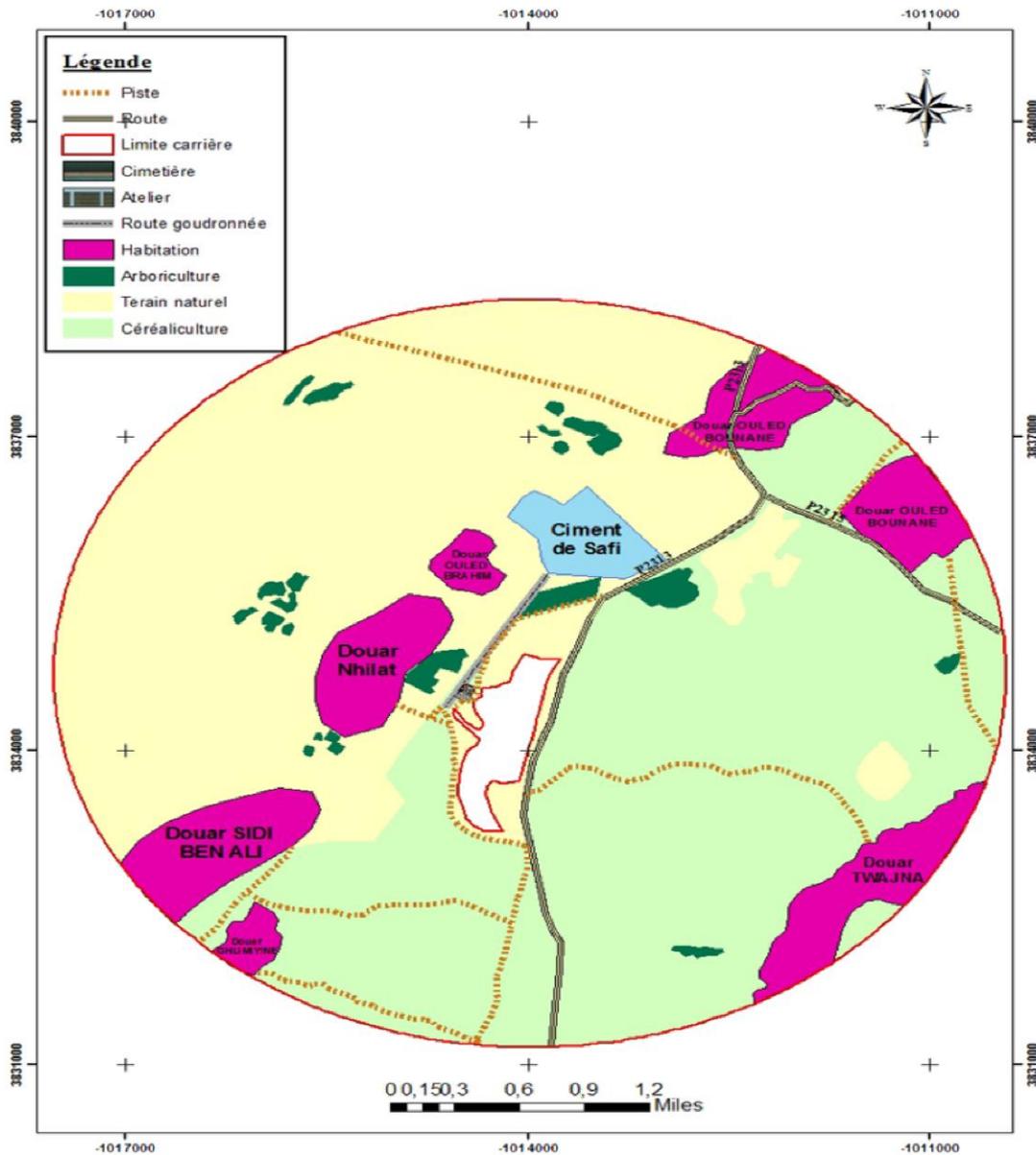
Suite à l'examen de l'entourage du site suivant la délimitation précédente, on constate que la culture des céréales et les sols nus occupent presque la totalité du terrain, mais en présence d'habitats ruraux (Figure 13).

Le Tableau 8 illustre le voisinage du site d'enfouissement (les distances sont calculées à partir du centre du site) :

**Tableau 8:** Voisinage du centre d'enfouissement des cendres

Type	Nom	Distance	Secteur
Activité industrielle	Ciments du Maroc Safi	440 m	Nord
Atelier de réparation abandonné	Atelier	200 m	Nord Ouest
Cimetière	Cimetière	200 m	Nord Ouest
Habitat rural	Douar Nhilat	800 m	Ouest
Habitat rural	Ouled Sidi Ben Ali	2 Km	Sud Ouest
Habitat rural	Twajna	2,44 Km	Sud Ouest
Habitat rural	Ghlimiyine	2,77 Km	Sud Ouest
Habitat rural	Ouled Bounane	3,2 Km	Nord Est

Ainsi à partir d'un rayon de 800m on trouve de l'habitat dispersée autour du site d'enfouissement.



**Figure 13 :** Carte d'occupation du sol

### III.5. Description de l'état initiale du site :

#### III.5.1. Milieu physique de la zone étudiée:

##### III.5.1.1. Géologie :

La région d'étude appartient au bassin Sahel-Doukkala qui fait partie du domaine de la Méseta marocaine qui est encadrée par les chaînes atlasique et rifaine. Le domaine du Sahel-Doukkala comprend deux entités géologiques distinctes, le socle d'âge précambrien et paléozoïque alors que la couverture est formée par des terrains secondaires, tertiaires et quaternaires. La stratigraphie présente des changements latéraux de faciès et de fréquentes variations d'épaisseur qui affectent essentiellement le Crétacé (Oulaaross, 2009).

La région étudiée comprend plusieurs formations géologiques déjà reconnues par plusieurs auteurs (L.Gentil, 1905 ; Choubert, 1955 et Gigout 1951) et illustrée par un log stratigraphique détaillé (Figure 15). Les sols de la zone étudiée sont diversifiés, On y trouve les sols minéraux bruts (croûte calcaire, sable) qui occupent le Sahel au Nord de Safi. Les affleurements rocheux dans les flancs des Mouissates et les sables dunaires au niveau de l'oued Tensift (Figure 14).

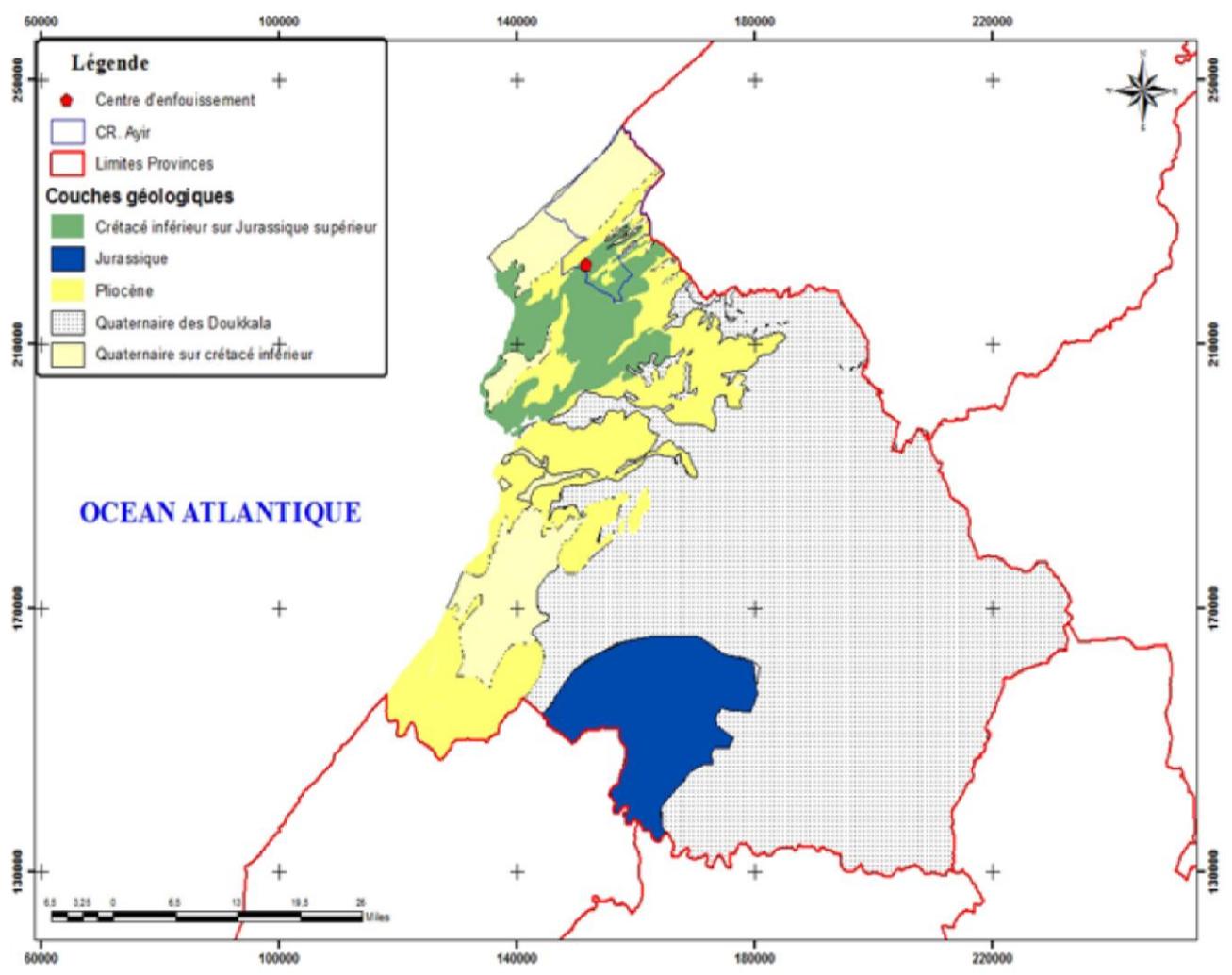
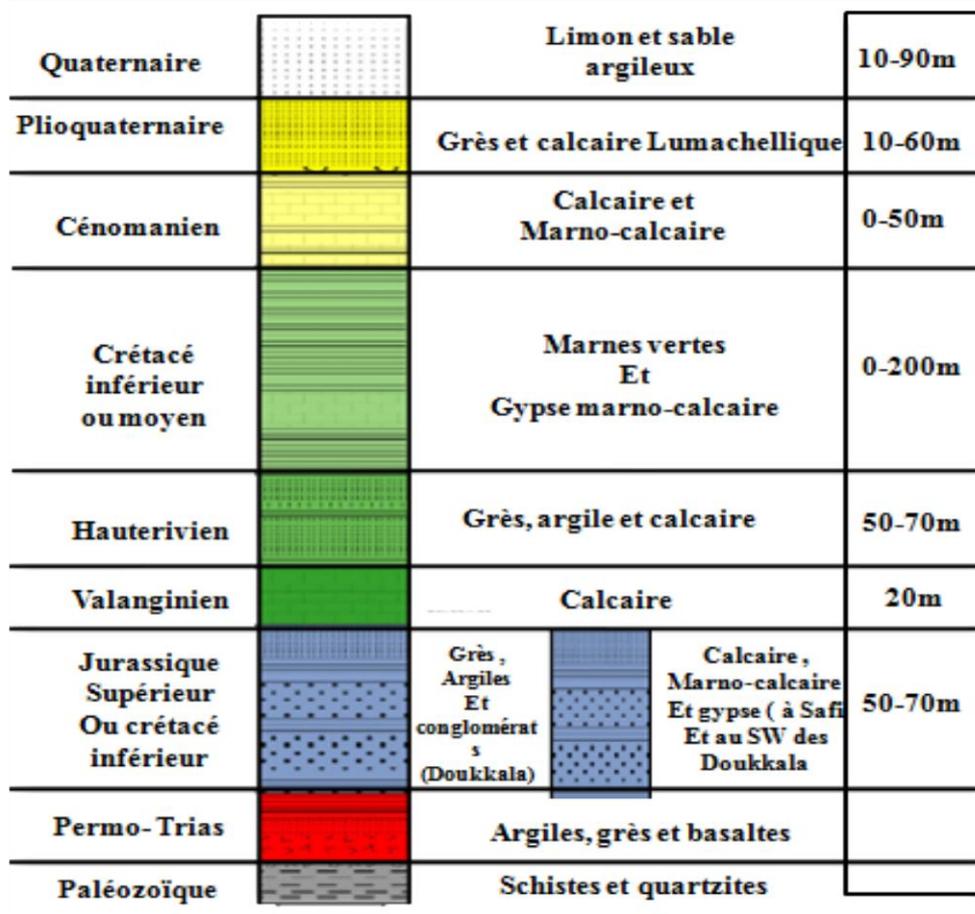


Figure 14 : Carte géologique de du bassine Abda Doukkala et de la zone d'étude

Suite à l'emplacement du centre d'enfouissement, ce dernier se focalise au niveau de la zone du Sahel située entre les localités Oualidia et Safi, dominé par les formations suivantes : Crétacé, Plioquaternaire (marain et dunaire) et Pliocène, le log stratigraphique de la carte géologique est présenté par la (Figure 15).



**Figure 15 :** Log synthétique du bassin Sahel Doukkala (El Achheb, 1993)

### III.5.1.2. Lithologie du site :

Afin de préciser la lithologie ainsi que le chimisme du site, NOVEC a procédé à une campagne de reconnaissance en Août 2013. Elle a consisté à la réalisation de 11 sondages, répartis de telle manière à bien couvrir la zone du site (Figure 16) avec :

- Sept sondages carottés de 5m de profondeur pour l'analyse du sol (Figure 17),
- Quatre sondages carottés de 10m de profondeur pour l'analyse de l'eau (Figure 18).

Pour la réalisation de ces derniers, deux ateliers de sondages ont été installés sur le site, chacun équipé d'une sondeuse rotative munie d'un carottier de diamètre extérieur à 76mm. Tout le matériel (caisses, sondeuses, tiges ...) a été lavé et nettoyé avant commencement des travaux, les carottes de sol ainsi extraites ont été enveloppées dans des films cellophane pour ainsi éliminer toute trace de pollution susceptible de corrompre les résultats des analyses physico-chimiques. Enfin, quatre piézomètres en tubes PVC 50mm crépinés munis de tête de protection chasse d'eau ont été installés, au droit des sondages de 10m, pour la surveillance des éventuelles eaux souterraines.

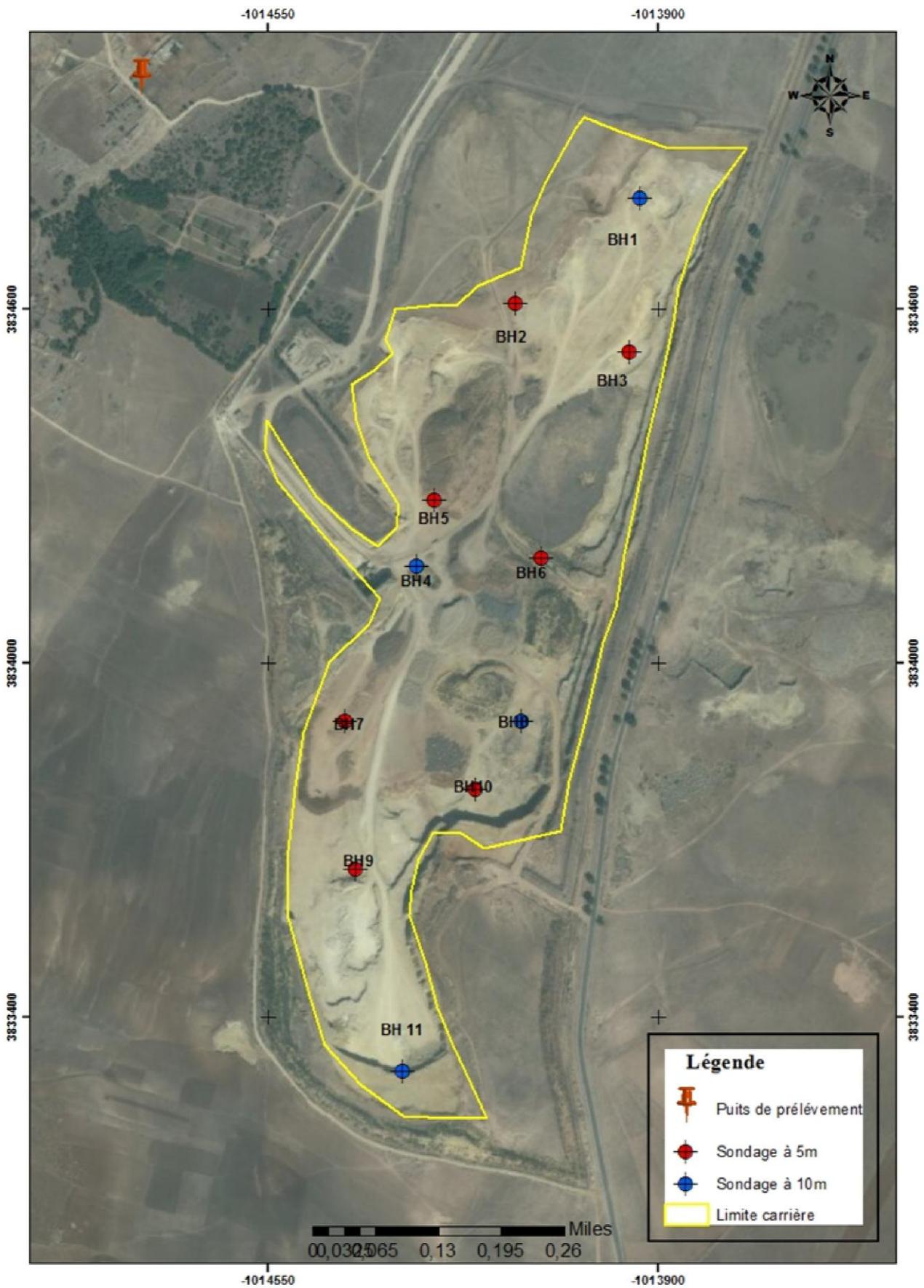


Figure 16: Carte de situation des 11 sondages sur le site d'enfouissement

### III.5.1.2.1. Caractéristiques lithologiques du site :

Dans le cadre de la campagne de reconnaissance du site, des prélèvements d'échantillons ont été effectués à partir des sondages réalisés.

Afin de préciser leurs caractéristiques chimiques, des analyses en laboratoire ont été réalisées sur chacun de ces prélèvements.

#### ➤ Résultats d'investigations :

Les différents sondages réalisés ont permis l'obtention des coupes lithologiques avec :

- 7 sondages carottés de 5m de profondeur pour l'analyse du sol (Figure 17) et 4 carottes de 10m de profondeur Pour l'analyse de l'eau souterraine (figure 18).

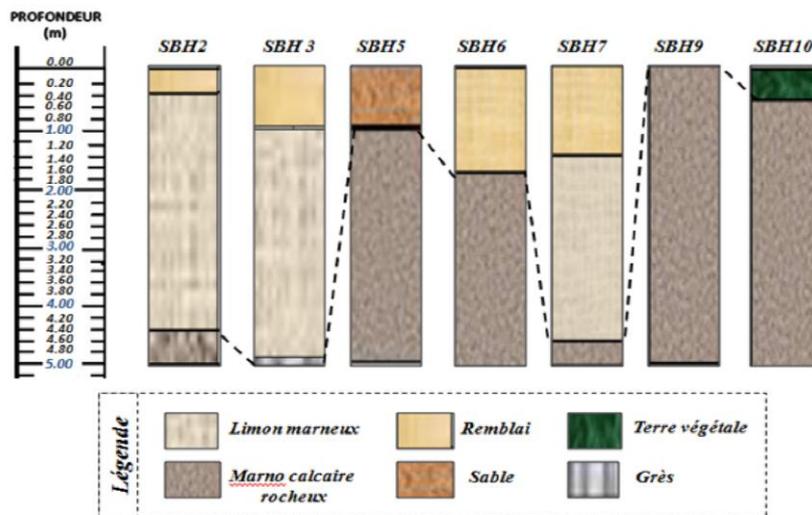


Figure 17 : Sept sondages carottés de 5m pour l'analyse des sols.

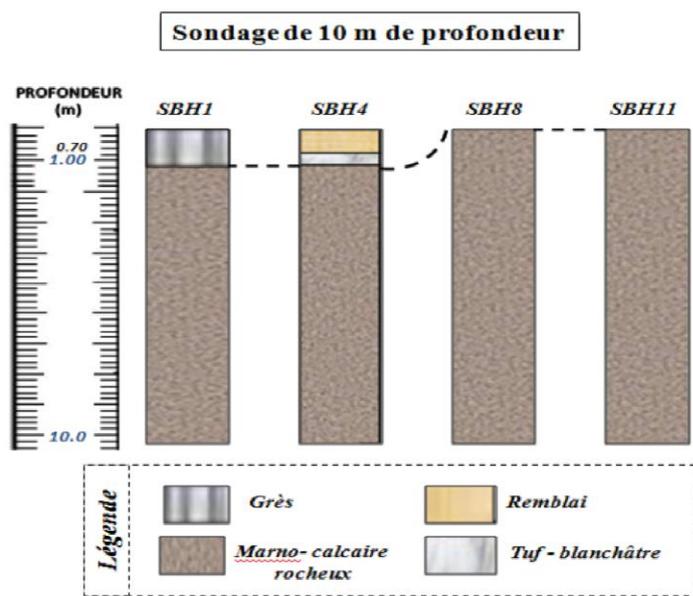
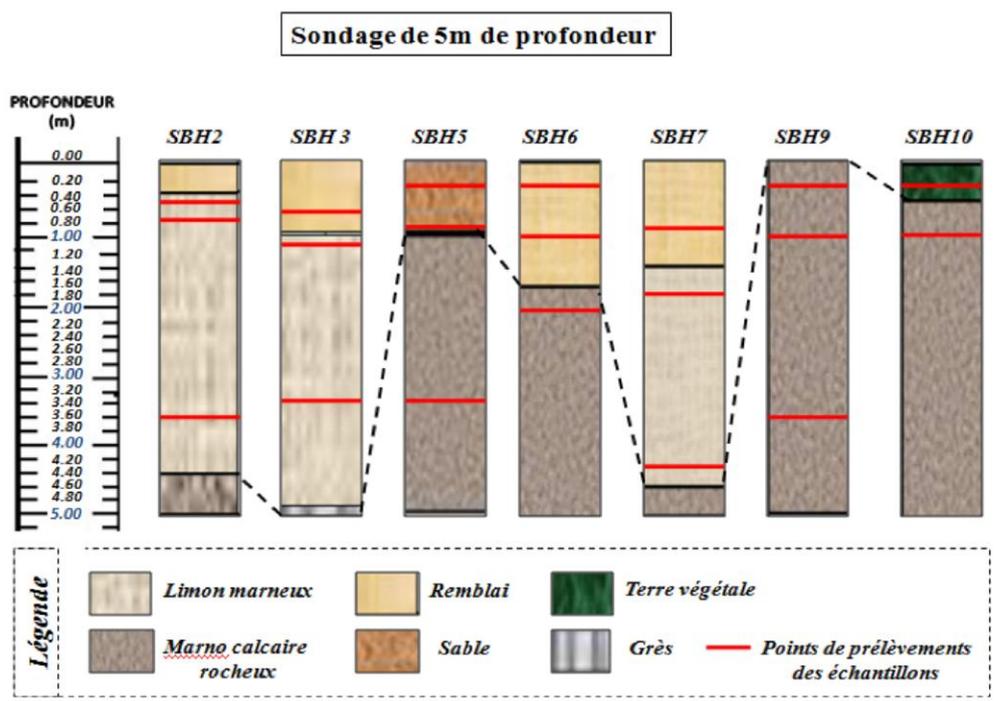


Figure 18 : Quatre sondages carottés de 10m pour l'analyse des eaux souterraines.

La base des différents coupes lithologiques obtenues, est formée essentiellement d'un substratum marno-calcaire rocheux, surmonté par du limon marneux à différentes profondeurs et recouvert par un sol remanié, on trouve rarement du sable et terre végétale à la surface.

D'après l'inspection sur terrain, il s'est avéré que le sol est imperméable mais fracturé (quand il y'a une importante cru, l'eau qui se stabilise à la surface, disparaît rapidement, ce qui implique la forte fracturation du terrain).

A partir des 7 sondages carottés, 20 échantillons de sols ont été récupérés et envoyés au laboratoire « IPROMA<sup>8</sup> » pour l'analyse. Les points de prélèvements au niveau des différents échantillons à partir des sondages effectués sont présentés par la Figure 19:



**Figure 19 :** Points de prélèvement des vingt échantillons à partir des carottes de 5m.

➤ **Résultats d'analyses :**

Afin de mieux illustrer le chimisme du sol du site, les résultats d'analyse sont traités par le logiciel **Sigmaplot (v.11)** et représentés au niveau de la Figure 20.

<sup>8</sup> Une société dédiée à l'analyse en laboratoire et de conseil en environnement et hygiène industrielle, spécialisée dans l'analyse de l'eau, analyse des sols contaminés, les déchets, les sédiments, le biote, l'analyse de l'air, de l'échantillonnage et des études, des rapports et des conseils à la fois pour le gouvernement et pour les entreprises privées

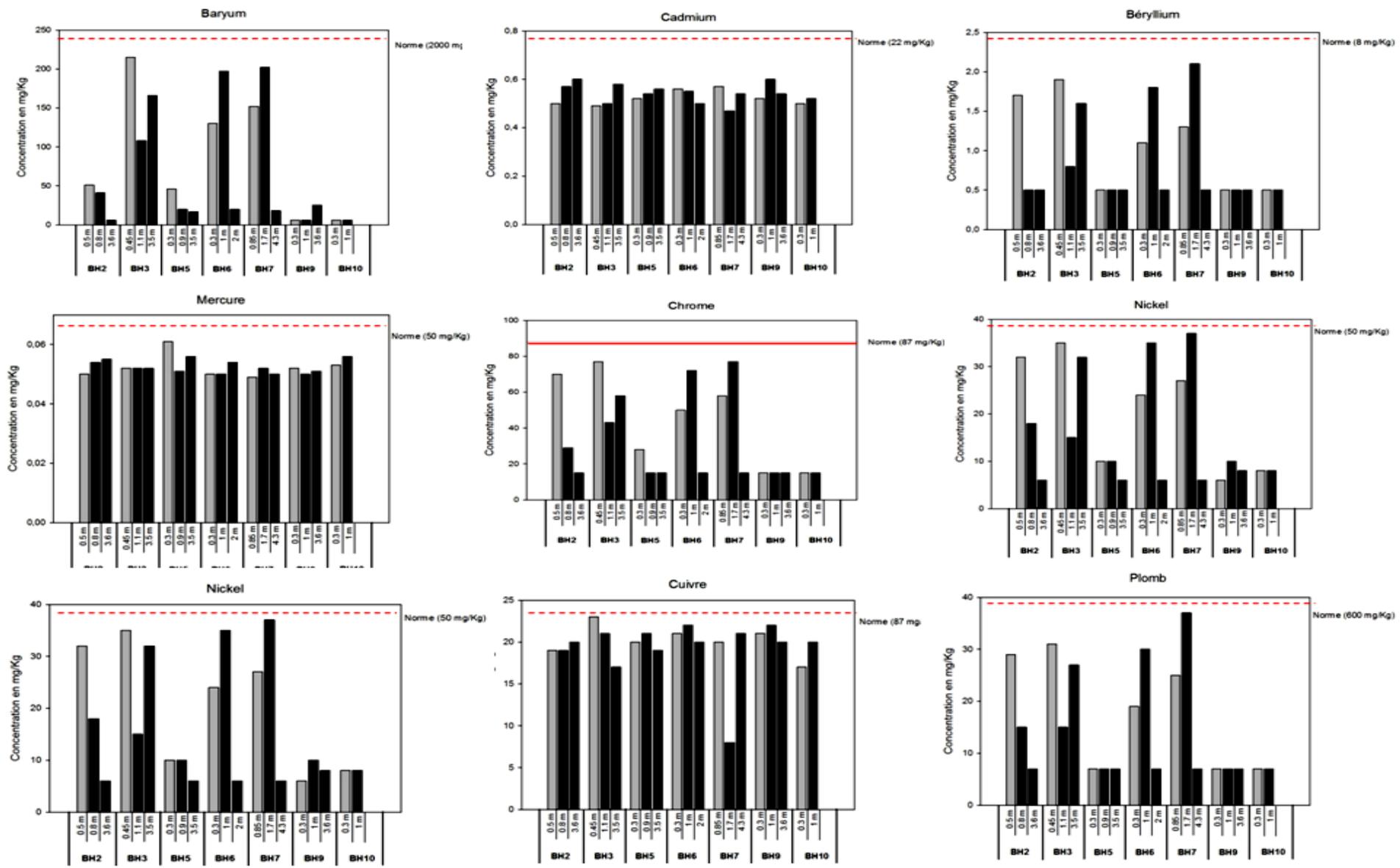


Figure 20: Résultats d'analyse du sol

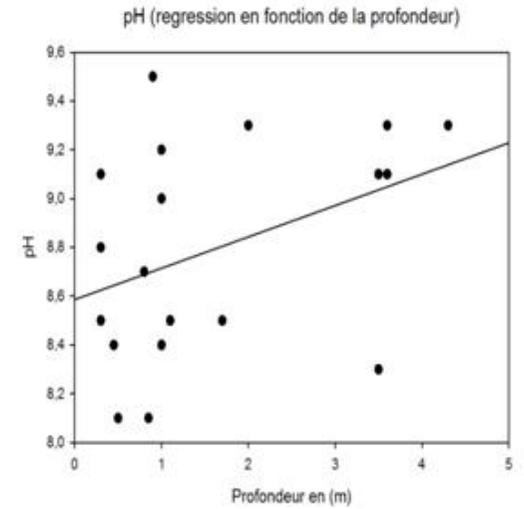
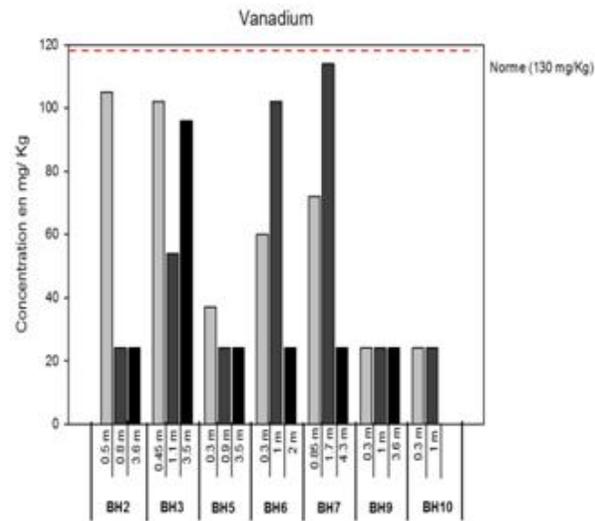
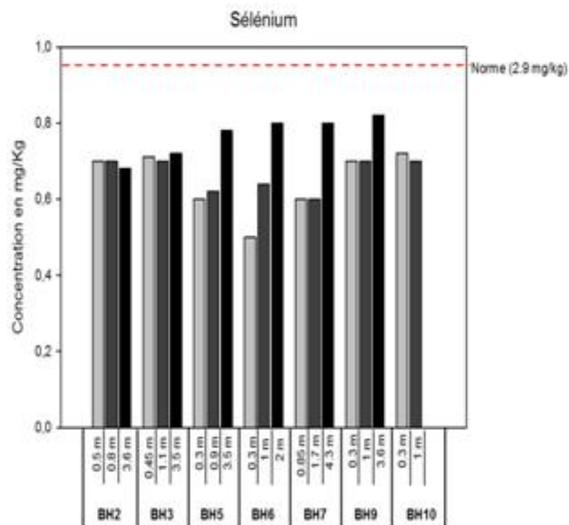
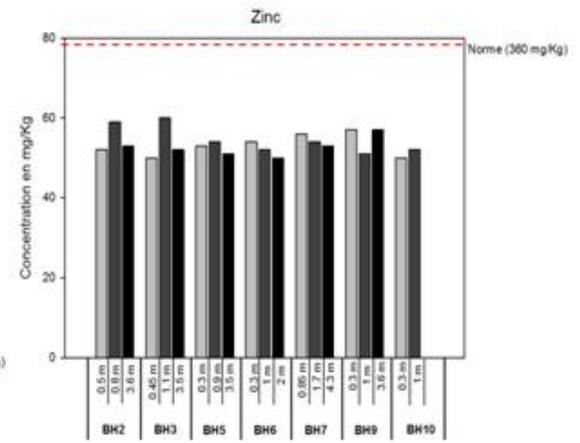
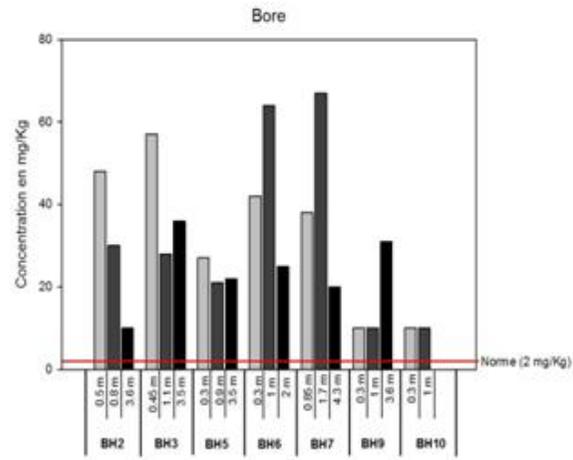
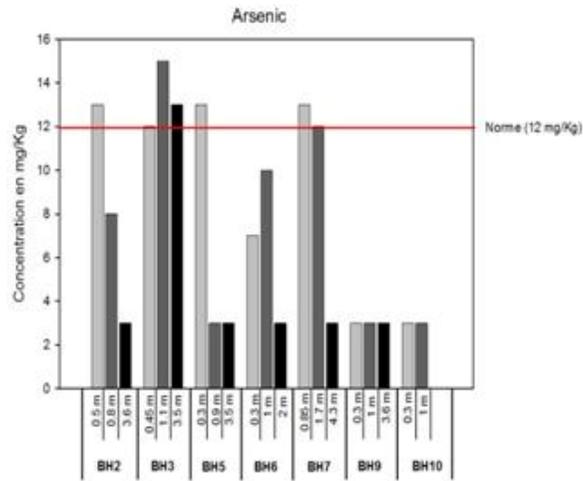


Figure 20 : Suite de résultats d'analyse du sol

### **III.5.1.2.2. Discussion :**

D'après la comparaison des résultats d'analyse avec la norme mondiale CSQG (**Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, 2007**), la majorité d'éléments chimiques analysés sont placés en dessous des valeurs limites indiquées par cette dernière, à l'exception des éléments suivants :

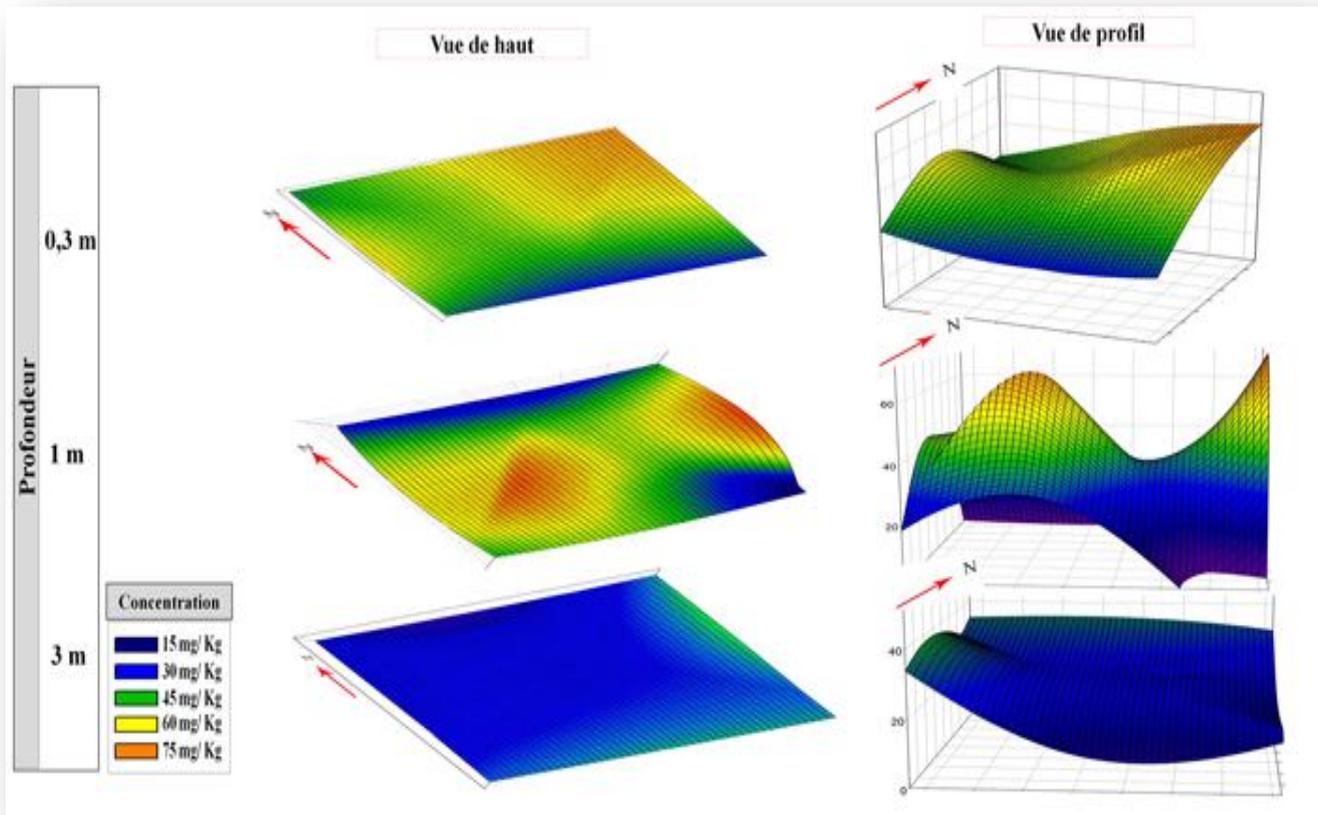
- Le pH du sol, il dépasse la limite de (6 à 8) à des valeurs de (9 à 9,5) au niveau de la couche marno-calcaire, tandis qu'il vari légèrement autour de 8 pour la couche du limon-marneux. Cette basicité du sol peut être liée essentiellement à l'effet de l'encaissant ( $\text{CaCO}_3$ ), celui-ci est purement basique.
- L'Arsenic, qui dépasse légèrement la valeur de (12 mg/Kg) à des valeurs proches de (13 à 15 mg/Kg).
- Le Benzène, est à son tour est placé au dessus de la limite (0,0068 mg/Kg) à des concentrations  $\leq 0,02$  mg/Kg.
- L'Ethylbenzène, celui-ci présente des concentrations  $\leq 0,05$  mg/Kg dépassants la limite de 0,018 mg/Kg.
- Le Bore, en particulier, enregistre des concentrations significatives pour l'ensemble des sondages, allant de (20 à 46 mg/Kg), tandis qu'il ne doit pas dépasser 2 mg/Kg<sup>(9)</sup>. A fin d'illustrer la variation de cet élément en fonction de la profondeur, on a procédé à une présentation en trois dimensions par le logiciel « **Sigmaplot** » (Figure 21).

Les concentrations du Bore varient de la manière suivante :

- A la surface (au alentour de 0,3), elles oscillent entre 30 et 60 mg/Kg.
- A une profondeur voisine à 1m, elles s'élèvent jusqu'à 75 mg/Kg.
- Vers 3m, elles se limitent entre 15 et 45 mg/Kg

---

<sup>9</sup> La limite du Bore est déterminée par une norme Canadienne nommée ALBERTA TIER 1 SOIL AND GROUNDWATER REMEDIATION GUIDELINES



**Figure 21 :** Distribution de la concentration du bore sur le site d'enfouissement

Les concentrations les plus élevées sont illustrées par les pics. Ces derniers sont localisés au niveau des sondages BH7, BH6, BH3 et BH2 qui représentent les extrémités du site d'enfouissement.

- *Hypothèses sur l'origine du Bore:*

Les hypothèses pouvant expliquer l'origine du Bore au niveau du site sont les suivantes :

- *Première hypothèse :*

Le Bore est un oligo-élément qui peut être présent naturellement dans la roche, mais généralement les activités humaines renforcent son accumulation. Puisque le voisinage du site comprend des terres à vocation agricole, il se peut que ces dernières utilisent le Bore pour l'amélioration des rendements de leur culture. Donc la source qu'on peut suspecter est le lessivage des éléments chimiques riches en Bore.

La présence d'une forte concentration du Bore au niveau des remblais et limon-marneux à une profondeur de 1m, suspecte le retardement ou la rétention de cet élément par ces couches superficielles.

- *Deuxième hypothèse :*

Les concentrations du bore les plus importantes se focalisent au niveau des sondages BH2-BH3-BH6 et BH7, ces derniers sont distingués des autres par la présence de sol remanié

(remblai) à leur surface, dont l'ancien exploitant ne prononce l'origine. Vu l'absence de cette couche au niveau du reste des sondages, on peut admettre que les remblais sont la source de cette contamination.

A l'issue de l'analyse des différents échantillons et suite à la comparaison des résultats obtenus avec les normes indiquées ci dessus, celle-ci atteste une contamination significative du sol par le Bore, et une légère variation de l'arsenic par rapport à la valeur limite de la norme.

### **III.5.1.3. Hydrologie :**

Au niveau de la région du Sahel-Doukkala, le réseau hydrographique est dominé par le bassin versant de l'oued Oum Rbia (34.400 Km<sup>2</sup>) dont les débits d'étiage sont les plus importants et les plus réguliers du Maroc. La topographie peu tourmentée permet l'existence de véritables nappes de plateaux s'écoulant conformément à l'inclinaison générale de la topographie, de l'Est vers l'Ouest, ceci met en évidence l'existence d'une zone de fort gradient près du littoral, en direction de l'océan, de la cote +60 m à la cote +20 m (EIE\_OCP, 2011).

#### ***III.5.1.3.1. Hydrologie de surface :***

Le réseau hydrographique est déprimé, seul l'oued Tensift se jette dans l'Océan Atlantique au niveau de Souira Qdima et son écoulement ne s'effectue que sous forme de crues hivernales. Au niveau du Sahel, les eaux de ruissellement se concentrent dans les couloirs inter dunaires et alimentent les nappes perchées du Plioquaternaire (INRA, 2007).

#### ***III.5.1.3.2. Hydrologie souterraine :***

Au niveau de la région Doukkala Abda, la nappe du jurassique supérieur est très profonde, le matériau calcaire est perméable et les eaux pluviales s'infiltrent jusqu'au niveau marneux. Globalement, la nappe s'écoule d'Est en Ouest en direction de l'océan.

Dans la plaine des Abda, la nappe est très profonde et de faible débit, le substratum géologique est constitué de calcaire jurassique recouvert par le limon à faible perméabilité, les eaux de ruissellement se rassemblent dans les « dayas » où l'infiltration est possible mais ces limons constituent, un écran et limitent l'alimentation de la nappe profonde du jurassique.

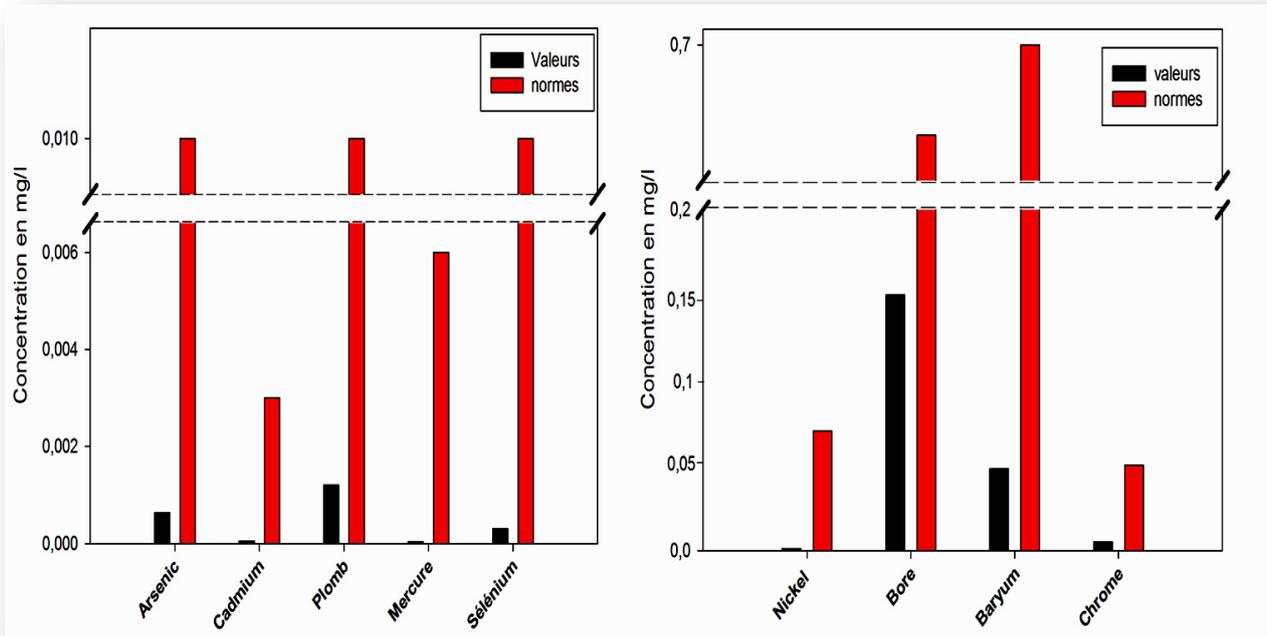
Le site d'enfouissement se situe au niveau du Sahel, dont les nappes perchées du Plioquaternaire et du crétacé inférieur ont une extension limitée en fonction de l'existence d'un niveau argileux imperméable, celui-ci constitue un plancher pour la nappe du crétacé appelé aussi « nappe de Dridrat » (INRA, 2007). Suite aux investigations de NOVEC sur le site, la nappe souterraine est à 70 à 120m à partir du fond du casier.

#### ***III.5.1.3.2.1. Analyse des eaux souterraines du site :***

Comme indiqué précédemment, des sondages de 10m de profondeur ont été réalisés au niveau du site d'enfouissement afin d'évaluer la qualité de l'eau souterraine. Mais suite au

déroulement de la campagne de reconnaissance, aucun niveau d'eau n'a été détecté à cette profondeur. Pour cette raison deux échantillons d'eaux souterraines ont été prélevés à partir d'un puits de captage au niveau du village (Douar Nhilat) adjacent du centre d'enfouissement. L'emplacement du puits est présenté au niveau de la (Figure 16).

Un des deux échantillons a été envoyé au laboratoire « IPROMA » pour être analysé, tandis que le deuxième a été analysé in situ. Le traitement des résultats obtenus est effectué par le logiciel **Sigmaplot (v.11)** (Figure 22):



**Figure 22:** Résultats d'analyse de l'eau souterraine

Les résultats des paramètres mesurés in situ sont représentés dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Analyses de l'eau in situ

<b>Résultats de paramètres in situ :</b>
Température in situ : 22 °C
pH in situ : 7,4
Oxygène dissout in situ (saturation %) : 103 %
Conductivité à 25 °C in situ : 980 µS/cm

### III.5.1.3.2.2. Discussion :

Sachant que l'eau souterraine est prélevée à partir d'un puits situé au niveau du village adjacent du site et que celui-ci est destiné à l'alimentation en eau potable du village ainsi que pour l'irrigation, on s'est basé sur les Normes indiquées par l'OMS comme référence.

Suite à cette comparaison, il s'avère que tous les paramètres analysés, sont conformes aux normes. Hormis, la dureté fait une particularité avec une valeur de 370 ppm, celle ci est

faiblement élevé par rapport à la norme (200ppm). Cette dureté est liée en principe à la présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dans la roche mère.

Pour les paramètres suivants : (HPA, Phénols et phénols chlorés, composés organiques volatils, acétones, chlorure de vinyle), les résultats d'analyse sont en dessous des valeurs indiquées par l'OMS. Pour conclure, les paramètres de l'eau souterraine analysée, ne montrent aucune contamination.

#### III.5.1.4. Hydrogéologie :

Les réserves en eaux souterraines de la province de Safi sont estimées à  $88.000.000 \text{ m}^3$  dont  $50.000.000 \text{ m}^3$ , seulement sont exploitées à des fins agricoles ou domestiques. Ces eaux se trouvent à des profondeurs importantes séparées généralement de la surface terrestre par des couches argileuses et marneuses défavorisant leur exploitation (EIE\_OCP, 2011). L'aquifère du Sahel s'étend sur une bande étroite de  $3100 \text{ km}^2$  longeant l'océan atlantique. Les limites de cet aquifère sont : Oued Oum-Er-Rbia au Nord, l'océan Atlantique à l'Ouest, la plaine des Doukkala à l'Est, les collines de Mouissate au Sud.

La nappe du Sahel circule dans des formations dunaires du Plioquaternaire et des formations calcaires du crétacé (Figure 23). La recharge de la nappe provient des infiltrations directes des eaux de pluie et l'écoulement de l'eau souterraine se fait en direction de l'océan (Oulaaross, 2009).

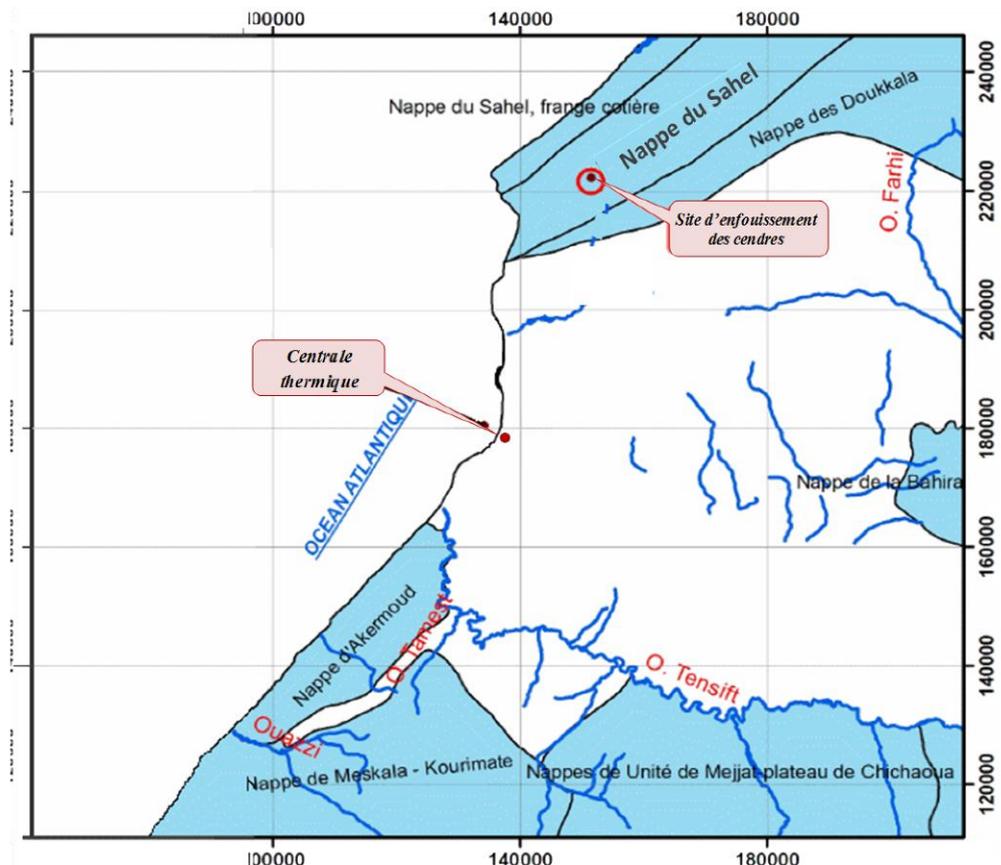


Figure 23 : Carte hydrogéologique du Sahel

#### III.5.1.4.1. Les nappes du Sahel :

Dans le Sahel, il n'y a pas de nappe générale à cause de la structure des terrains et de l'absence de continuité hydraulique pour une même couche. Dans cette région, on distingue trois zones ayant des caractéristiques aquifères différentes et qui sont du Sud au Nord : le Sahel central, le plateau d'El Jadida et le Sahel de l'Haouzia. Suite à l'emplacement du site d'enfouissement on va s'intéresser au Sahel central (Oulaaross, 2009).

##### - Sahel central :

Le Sahel est un bassin côtier aréique. A l'ouest, il constitue une barrière naturelle à l'écoulement des eaux superficielles issues des plaines des Abda Doukkala et des massifs des Rhamna vers l'océan. Les aquifères principaux sont constitués par les calcaires de Dridrat de l'Hauterivien moyen et les calcaires détritiques du Plioquaternaire. Les argiles brunes constituent le plancher général étanche isolant ces deux aquifères.

L'épaisseur des argiles est maximum dans les axes synclinaux où elles constituent un écran imperméable entre l'aquifère Plioquaternaire et celui des calcaires de Dridrat. Dans les axes anticlinaux, ces argiles sont complètement érodées (Figure 24). Les essais de pompages réalisés dans ces calcaires conduisent à estimer une perméabilité moyenne de  $5.10^{-3}$  m/s et des valeurs de transmissivité variant entre  $1,2 \cdot 10^{-1}$  et  $6.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (Oulaaross, 2009).

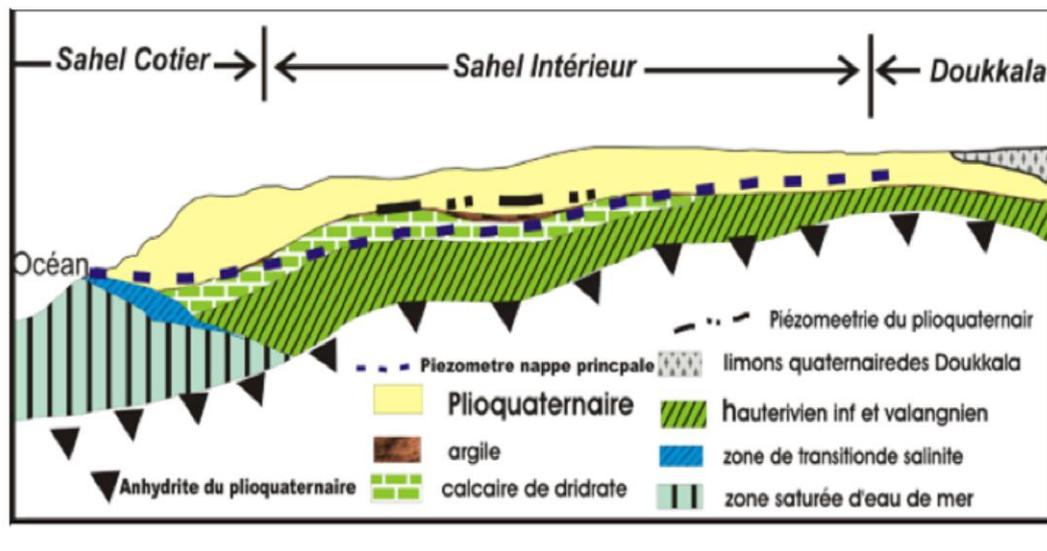


Figure 24 : Schéma hydrogéologique de Sahel (D.R.H.T. 1994)

#### III.5.1.5. Paysage

Il s'agit d'une région plus ou moins agricole et faiblement industrialisée, la seule activité industrielle avoisinante est l'usine du Ciment de Safi. Au sein du site d'enfouissement cinq habitats de valeur de conservation négligeable ou faible ont été identifiés (Tableau 9).

**Tableau 9** : Caractérisation de l'habitat du site d'enfouissement des cendres (Rapport NOVEC)

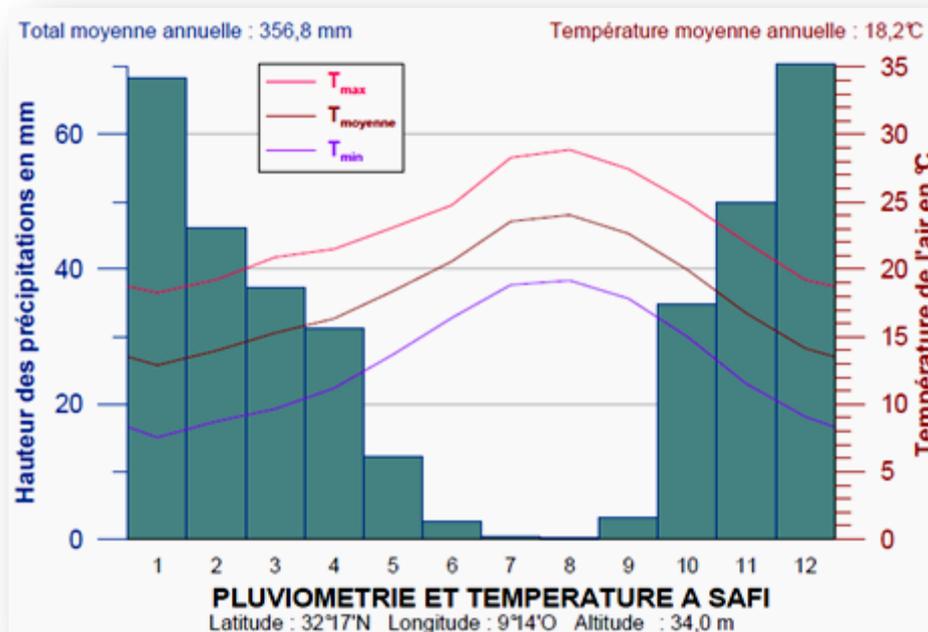
<i>Habitat</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Valeur de conservation</i>
<i>Terres incultes dispersées à rudérales</i>	61,7	Négligeable
<i>Front de falaise artificielle</i>	6,6	Négligeable
<i>Terres incultes arides</i>	4,4	Négligeable/ Faible
<i>Végétation adaptée à une humidité modérée au sein d'une dépression</i>	0,5	Négligeable
<i>Plantation d'eucalyptus et d'acacias</i>	0,3	Négligeable

### III.5.1.5. Climat :

La province de Safi est caractérisée par un climat semi-aride malgré sa proximité de l'océan Atlantique (Figure 25).

- **Précipitation** : Dans l'ensemble de la région, la saison pluvieuse s'étale entre Octobre et Mai pour une moyenne annuelle se situant entre 300 et 500 mm (INRA, 2007).

- **Température** : Les mois les plus chauds sont Juillet et Août avec une moyenne de 28 à 30 °C. Les mois les plus froids sont Décembre, Janvier et Février où la moyenne annuelle est de 6 à 8 °C sur la côte et de 2 à 6 °C vers l'intérieur du pays (INRA, 2007).



**Figure 25** : Pluviométrie et température de la région de Safi (INRA, 2007).

Les données climatiques utilisées concernent la période 1971-2000

### III.5.1.5.3. Rose des vents :

La rose des vents de la Province de Safi est présentée par la (Figure 26). On relève la prédominance des vents de nord-est dont la fréquence atteint près de 65 %. Ces derniers sont très violents au cours de la saison d'hiver (EIE\_OCP, 2011).

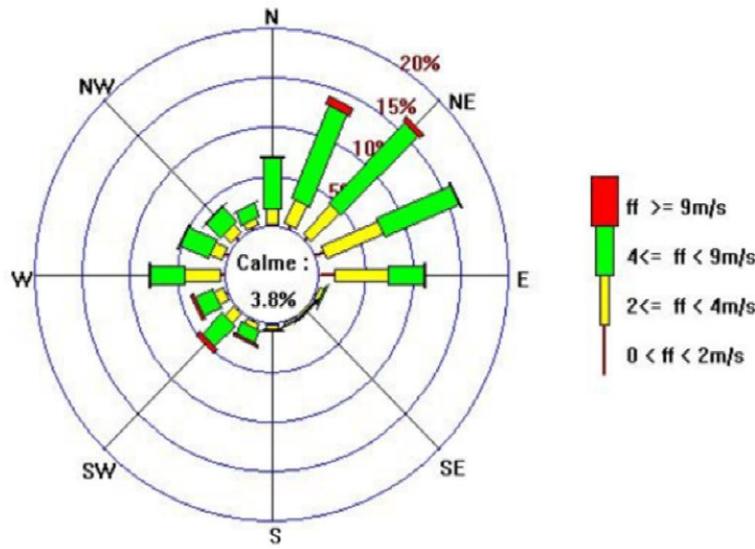


Figure 26 : Rose des vents de la province de Safi (EIE\_OCP, 2011).

### III.5.2. Milieu biologique :

#### III.5.2.1. Faune :

##### III.5.2.1.1. Invertébrés :

Au total, 26 espèces d'invertébrés ont été observées dans la zone d'étude, dont deux sont endémiques au Maroc (Buprestidés et Tenebrionidae). Le groupe d'invertébrés le plus fréquemment rencontré dans la zone d'étude est celui des orthoptères (grillons et sauterelles).

##### III.5.2.1.2. Oiseaux :

Au total, 25 espèces d'oiseaux ont été observées dans la zone étudiée, dont 12 se trouvaient dans le site et 13 à de 200 mètres autour du site. Le site n'est généralement pas considéré comme un terrain de reproduction potentiel pour les oiseaux du fait des activités de la carrière .cependant, il a été confirmé qu'une espèce remarquable s'y reproduisait, à savoir le faucon crécerellette (*Falco naumanni*). La population estimée d'oiseaux se reproduisant sur le site est composée de 15 à 20 couples.

##### III.5.1.6.1.4. Mammifères :

Aucune espèce de mammifères n'a été observée lors de l'étude, hormis deux espèces de chauves-souris, la pipistrelle commune (*Pipistrellus*) et le murin du Maghreb (*Myotis*). Les deux espèces de chauves-souris ont été localisées acoustiquement.

### **III.5.2.2. Flore :**

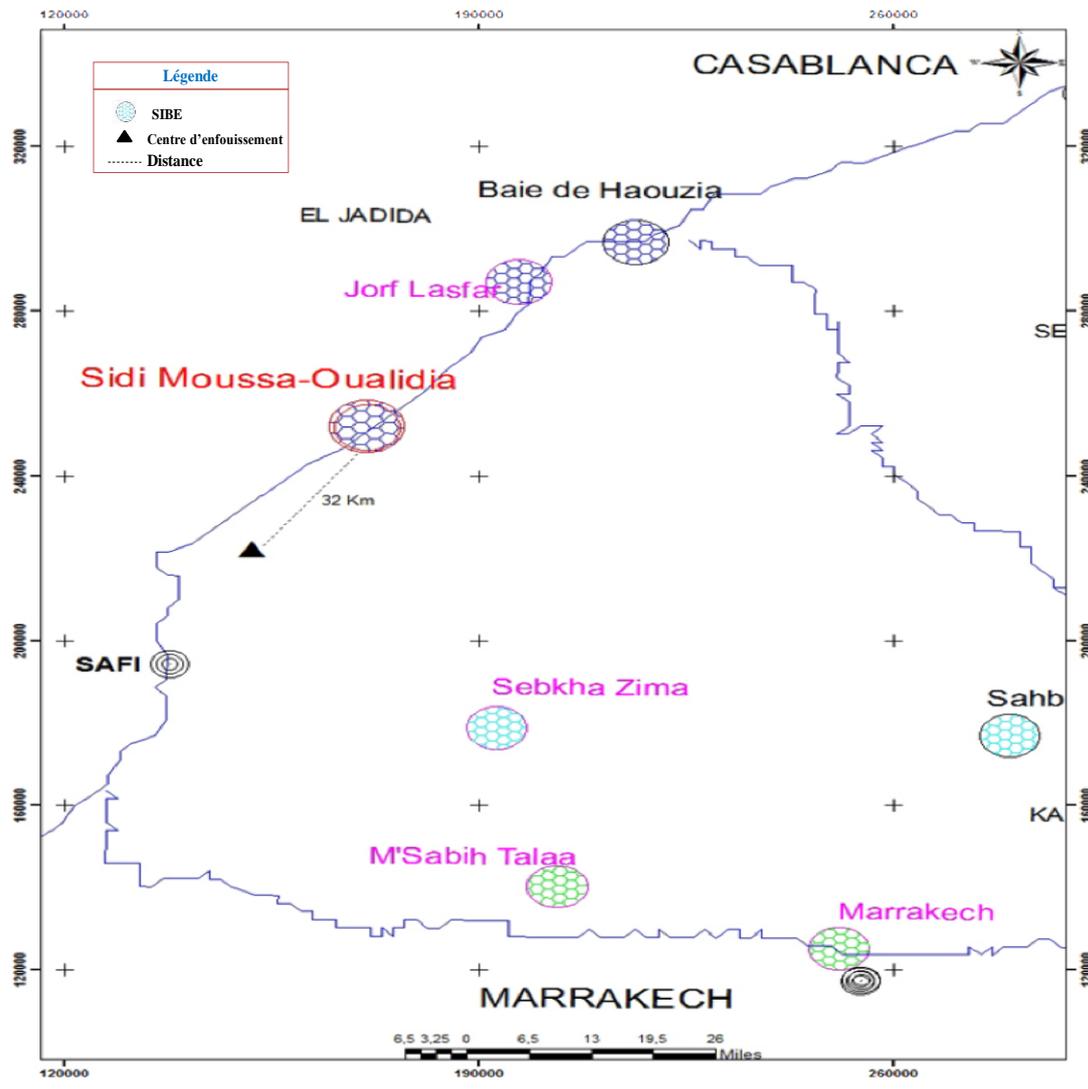
Au total, 78 espèces de plantes vasculaires ont été observées dans la zone d'étude, la plupart d'entre elles étant considérées comme communes ou très communes au Maroc. L'espèce *Hippocrepis neglecta* est endémique au Maroc, où elle intervient en tant qu'espèce pionnière dans les climats semi-arides et subhumides. Elle est répandue, mais sporadique et peu abondante dans son aire de distribution.

Quelques spécimens de *Hippocrepis neglecta* ont été trouvés sur le site dans une dépression de la carrière. La valeur de conservation globale de cette espèce sur le site est considérée comme faible compte tenu de sa faible abondance, c'est-à-dire que le nombre d'individus présents sur le site n'est pas significatif pour la population de l'espèce.

Les espèces *Kickxia commutate* et *Verbenasupina* sont communes au Maroc, mais rares dans la région, elles ont été localisées dans la zone d'étude dans des dépressions végétalisées de la carrière. Deux espèces non indigènes ont été observées dans la zone d'étude (*Acacia retinoides* et *Eucalyptus globulus*), ainsi qu'une espèce naturalisée (*Nicotiana glauca*).

### **III.5.2.3. Espaces protégés :**

Selon l'étude des aires protégées réalisée au Maroc en 1995, la zone en question n'abrite aucune aire protégée classée. Le site d'intérêt biologique et écologique (SIBE) le plus proche est éloigné de la limite du site d'enfouissement par une distance approximative de 32Km, il s'agit du SIBE Sidi Moussa Oualidia (SIBE de la zone littorale- L24) (Figure 27).



**Figure 27 :** Carte des sites d'intérêt biologique et écologique (SIBE)

### III.5.3. Milieu humain :

#### III.5.3.1. Population :

La population de la province de Safi selon le recensement de 2010 est de 658.600 habitants, répartie comme suit (Tableau 10):

**Tableau 10 :** Répartition de la population de la province de Safi en 2010 (Source : Haut-commissariat au Plan (Centre d'Etudes et de Recherches Démographiques, CERED).

Population	Nombre d'habitat 2010
Urbaine	354.200
Rurale	304.400
Total	658.600

L'industrialisation de la région de Safi est à l'origine de l'augmentation de la population durant les dernières années.

### **III.5.3.2. Industrie :**

L'industrie Safiote est dominée par :

- Les industries chimiques d'OCP liés à la valorisation des minerais locaux,
- Les industries de la conserve de poisson liée au secteur de la pêche,
- Les industries para-chimiques (cimenteries, briqueteries, plâtreries...),
- Les industries textiles et cuir,
- Les industries mécaniques et la construction navale.

L'usine le plus proche du site d'enfouissement est celui de « Ciments du Maroc Safi », situé à 440m au Nord-Ouest du site.

### **III.5.3.3. Patrimoine culturel et archéologique :**

Safi dispose de l'une des plus anciennes mosquées islamiques au royaume, ainsi que des monuments portugais datant de plus de cinq siècles telle que la forteresse portugaise, les murs de la Caserne (El Kelchla). Le Marabout de Sidi-Bouzid est situé sur la falaise (4 km au Nord de Safi), à 120 m d'altitude et celui de Sidi Bou Danien est situé à 12 Km de la ville de Safi. Tous les monuments cités ci-dessus sont situés à plus de 30 km au Sud du site d'enfouissement.

### **III.5.3.4. Tourisme :**

En dépit des potentialités touristiques que recèle la province, le tourisme est resté peu développé et constitue une activité secondaire. Même si elle dispose de l'une des plus anciennes mosquées islamiques du royaume, ainsi que des monuments portugais datant de plus de cinq siècles telle que la forteresse portugaise, deux églises situées dans l'ancienne Médina, le château de mer, la muraille qui entoure l'ancienne médina.

La province est connue également par ses stations balnéaires d'estivage (Souira Qdima, Cap Bedouza, Lalla Fatna, Sidi Kouram Daif). L'artisanat, principalement la poterie, est considérée parmi les principaux secteurs d'attraction des visiteurs de la ville de Safi.

### **III.5.3.5. Voies de communication extérieure :**

Les principales voies de communication routières autour du site sont :

- La route principale Had Hrara P2313 passant directement à l'est du site d'enfouissement.
- La route côtière de Jorf El Youdi R301 reliant la centrale thermique de Safi et le site.

L'emplacement du centre d'enfouissement des cendres nécessitera l'examen des routes de transport adéquates en évitant les communautés et récepteurs sensibles dans la mesure du possible. En attendant la fixation du nouveau itinéraire, le trajet temporaire à adopter à partir de la centrale jusqu'au centre d'enfouissement suivra la route de Had Hrar

## **Chapitre IV**

### **Méthodologie d'analyse et identification des impacts du centre d'enfouissement sur l'environnement**

---

#### **IV.1. Méthodologie d'analyse :**

##### **IV.1.1. Identification des interrelations :**

L'analyse des impacts consiste à segmenter le projet en composantes principales, extraites de la description du milieu naturel et humain, qui sont relatives à la phase de réalisation et à la phase d'exploitation. Celles-ci sont ensuite confrontées aux différents éléments du milieu à l'aide d'une grille d'interrelations, laquelle permet d'identifier toutes les répercussions possibles du projet. Il s'agira en fait de faire ressortir les éléments inventoriés qui pourraient être modifiés d'une façon ou d'une autre par le projet.

Une fois ces deux groupes d'éléments connus, la grille d'interrelations est établie. À l'intérieur de ce Tableau, on identifiera chacun des éléments du milieu pouvant être affectés par une source d'impact donnée.

##### **IV.1.2. Evaluation de l'importance des impacts :**

L'évaluation des impacts est réalisée à l'aide de la méthode intégrant à la fois, la nature, la durée, l'étendue et l'intensité de la perturbation d'un élément du milieu ainsi que la valeur de l'élément sensible affecté. Les indicateurs (nature, durée, étendue et intensité) caractérisent l'impact lui-même tandis que (la valeur ou sensibilité) caractérisent l'élément subissant l'impact. L'évaluation globale des impacts s'exprime par un indicateur synthèse qui permet de porter un jugement global sur l'impact probable causé à la composante environnementale perturbée par le projet.

###### **IV.1.2.1. Nature de l'impact :**

Un impact peut être positif ou négatif. Un impact positif engendre une amélioration de la composante du milieu touchée par le projet, tandis qu'un impact négatif contribue à sa détérioration.

###### **IV.1.2.2. Sensibilité du milieu :**

La sensibilité d'un élément de milieu exprime l'opposition qu'il présente à l'implantation du projet dans toutes ses composantes. Ce critère permet de faire ressortir, d'une part, les espaces qu'il est préférable d'éviter et d'autre part, de déterminer ceux qui seraient davantage propices à l'implantation des équipements. Le degré de sensibilité environnementale attribué à un élément d'inventaire, tient compte du niveau d'impact appréhendé du projet sur cet élément, ainsi que de la valeur qui lui est accordée (Tableau 11).

###### **IV.1.2.2.1. Impact appréhendé :**

L'impact appréhendé correspond à la propriété d'un élément des milieux naturel, physique ou humain d'être modifié à la suite de la construction de l'ouvrage ou d'être la source de difficultés techniques au regard de son implantation. On compte trois niveaux d'impact appréhendé :

- L'impact appréhendé est **fort** lorsque l'élément est détruit ou est fortement modifié par la réalisation du projet. Ce qui occasionne des difficultés techniques majeures qui augmentent sensiblement les coûts du projet ou diminuent l'efficacité ou la fiabilité de l'équipement.
- L'impact appréhendé est **moyen** lorsque l'élément est altéré par la réalisation du projet, qui en diminue la qualité sans mettre en cause son existence et occasionne des difficultés techniques notables qui ne remettent pas en cause la faisabilité économique ou technique du projet.
- L'impact appréhendé est **faible** lorsque l'élément est un peu modifié par la réalisation du projet. Occasionne des difficultés techniques mineures pour l'implantation de l'équipement.

#### IV.1.2.2.2. Valeur accordée :

La valeur d'un élément est un jugement global qui reflète sa valeur intrinsèque, sa rareté, son importance, sa situation dans le milieu ainsi que les prescriptions de la loi à son égard. On distingue quatre niveaux (Tableau 11):

- **Valeur légale** : l'élément est protégé par une loi qui interdit ou contrôle rigoureusement l'implantation d'ouvrages ou en absence d'autorisations gouvernementales pour le faire.
- **Valeur forte** : l'élément présente des caractéristiques exceptionnelles dont la conservation ou la protection font l'objet d'un consensus.
- **Valeur moyenne** : l'élément présente des caractéristiques dont la protection représente un sujet de préoccupation important sans faire l'objet d'un consensus général.
- **Valeur faible** : la conservation ou la protection de l'élément est l'objet d'une faible préoccupation.

**Tableau 11** : détermination de la sensibilité environnementale.

Impact appréhendé	Sensibilité			
	Fort	Absolue	Forte	Forte
Moyen	Absolue	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Absolue	Moyenne	Faible	Faible
	Légal	Forte	Moyenne	Faible
	Valeur			

#### IV.1.2.3. Intensité de l'impact :

Elle correspond à tout effet négatif qui pourrait toucher l'intégrité, la qualité ou l'usage d'un élément. On distingue trois niveaux d'intensité : forte, moyenne et faible.

- **Intensité forte** : l'impact détruit l'élément, met en cause son intégrité, diminue fortement sa qualité et en restreint l'utilisation de façon très significative.
- **Intensité moyenne** : l'impact modifie l'élément sans en remettre en cause l'intégrité, en réduit quelque peu sa qualité et conséquemment, en restreint l'utilisation.
- **Intensité faible** : l'impact altère peu l'élément et malgré l'utilisation restreinte, elle n'apporte pas de modification perceptible de sa qualité.

#### IV.1.2.4. Etendue de l'impact :

L'étendue de l'impact est fonction de l'étendue géographique susceptible d'être touchée par l'impact, et du nombre de personnes ou d'individus susceptibles de le ressentir. On distingue quatre niveaux:

- **Etendue locale** : l'impact sera ressenti par la population d'une localité.
- **Etendue ponctuelle** : l'impact ne se fera sentir que de façon ponctuelle et ne concerne qu'un groupe restreint d'individus.
- **Etendue nationale** : l'impact sera ressenti sur l'ensemble du territoire national tant par la population que par les divers autres éléments du milieu.
- **Etendue régionale** : l'impact sera perceptible par la population de toute une région.

#### IV.1.2.5. Importance de l'impact :

L'importance est un critère qui permet de porter un jugement partiel sur l'impact, c'est-à-dire avant que la durée ne soit prise en compte. On distingue quatre catégories d'importance :

- **Importance inadmissible** : l'impact occasionne des répercussions appréhendées ne pouvant être acceptées en raison d'une sensibilité absolue.
- **Importance majeure** : l'impact occasionne des répercussions fortes sur le milieu.
- **Importance moyenne** : l'impact occasionne des répercussions appréciables sur le milieu.
- **Importance mineure** : l'impact occasionne des répercussions réduites sur le milieu.

#### IV.1.2.6. Durée de l'impact :

L'importance absolue de l'impact est déterminée en intégrant la durée, soit la période pendant laquelle l'impact se fera sentir. On distingue trois durées :

- **Longue durée** : impact ressenti de façon continue pour la durée de l'ouvrage, et au-delà.
- **durée moyenne** : impact ressenti de façon continue pour une période de temps inférieure à la durée de l'ouvrage, soit d'une saison à quelques années (1 à 5 ans).
- **courte durée** : impact ressenti à un moment donné et pour une période de temps inférieur à une saison.

#### IV.1.2.6. L'importance relative à l'impact :

La matrice présentée permet de déterminer l'importance relative de l'impact. Celle-ci permet de porter un jugement global sur l'impact en les comparant les uns avec les autres sur la base de leur durée (Tableau 12).

**Tableau 12** : Détermination de l'importance relative de l'impact

Durée	Importance relative			
	Majeure	Moyenne	Mineure	Moyenne
Longue	Majeure	Moyenne	Mineure	Moyenne
Moyenne	Majeure	Moyenne	Mineure	Faible
Courte	Moyenne	Mineure	Mineure	faible
	Majeure	Moyenne	Mineure	Faible
	Importance			

## IV.2. Inventaire des sources d'impact :

Les sources d'impact se définissent comme l'ensemble des activités et des installations prévues lors des différentes phases du projet susceptibles d'engendrer des modifications de l'environnement (Tableau 13).

**Tableau 13 : Inventaire des sources d'impact**

Sources d'impacts	Description de l'activité
<b>Phase de pré-construction</b>	
<b>Prospections préliminaires</b>	Correspondent aux travaux de reconnaissances topographiques et géotechniques effectués sur le terrain pour l'identification de ces caractéristiques morphologiques, géologiques et mécaniques des sols dans l'emprise du projet.
<b>Signalisation</b>	Elle permet l'identification définitive de l'emprise du projet et les aires annexes. Des travaux de balisage sont notamment réalisés pour une limitation physique de l'emprise et l'identification des chemins d'accès et éventuellement des voies de contournement pour les usagers.
<b>Installation du chantier</b>	Cette étape induira la présence et l'utilisation d'engins de construction, des mouvements de terres, excavations et dépôts provisoires de matériaux de construction, l'apport de matériels et outillages spécialisés pour l'installation et l'entretien des engins de chantier.
<b>Défrichage et ouverture des accès</b>	L'ouverture de pistes d'accès et de voies pour accéder au chantier, peut occasionner des impacts divers, notamment une modification des chemins usuels de déplacement des populations et leurs biens.
<b>Transport et circulation</b>	Cette étape correspond principalement à l'ensemble des aspects relatifs au transport et à la circulation des différents outils mis en service pour l'installation du chantier et durant les prospections préliminaires.
<b>Phase de réalisation</b>	
<b>Transport et circulation</b>	Cette activité est similaire à celle de la phase précédente, avec l'introduction de nouveaux types d'engins pour les travaux d'excavation, de forage, de réalisation des ouvrages en béton, etc.
<b>Terrassement</b>	Correspond aux travaux de talutage, afin de préparer dans l'art du métier les casiers abritant les déchets.
<b>Ouvrage</b>	Il concerne la construction des différents ouvrages impliqués dans la mise en œuvre de la future décharge
<b>Pose de géomembrane et système de drainage</b>	Il s'agit principalement des opérations relatives à l'installation de l'étanchéité du casier ainsi que le système de drainage pour l'évacuation et la récupération des eaux de ruissellement et du lixiviat
<b>Remise en état</b>	Elle correspond à la remise en état des aires affectées par les travaux. Les voies de contournement pour la circulation sont fermées et la circulation est rétablie, les terrains non occupés sont remis à leur état initial, en fonction de leur affectation antérieure.
<b>Phase d'exploitation et entretien</b>	
<b>Transport et circulation</b>	Cette activité correspond à la circulation des engins de manipulation des déchets.
<b>Présence des équipements</b>	Elle correspond à la présence physique des bâtiments et des installations techniques (Ouvrage de prise, de support et de protection des conduites, etc.) et induit un changement du cadre visuel.
<b>Mise en œuvre (Enfouissement des cendres)</b>	Ce volet comprend les différentes activités reliées aux opérations journalières au niveau du site, et qui incluent la réception, la disposition et le recouvrement des déchets dans les cellules d'enfouissement.
<b>Gestion des déchets (lixiviat et eaux pluviales)</b>	Cette activité comprend les aspects reliés à l'aménagement des fossés périphériques et à l'écoulement pluviaux, ainsi que la collecte de lixiviat pour un traitement avant rejet.
<b>Entretien et intégration du paysage après fermeture</b>	Il s'agit essentiellement des interventions pour des petites réparations (regard, branchements, descentes...), et de toutes les formes d'étanchéité et la remise en état du paysage après fermeture

### IV.3. Sensibilité environnementale des éléments du milieu :

Les composantes de l'environnement qui sont potentiellement susceptibles de subir des impacts sont scindées en groupes selon le milieu concerné et classées selon leur sensibilité. Cette sensibilité est le croisement de deux éléments à savoir : l'impact appréhendé et la valeur de l'élément. La valeur de l'élément est fonction de sa valeur intrinsèque, de sa rareté, de son importance et de sa situation dans le milieu. La sensibilité environnementale des éléments du milieu est présentée sur le Tableau 14 :

**Tableau 14** : Sensibilité des éléments du milieu

<i>Milieu</i>	<i>Eléments</i>	<i>Impacts appréhendé</i>	<i>Valeur</i>	<i>Sensibilité</i>
<i>Milieu physique</i>	Sol	Moyen	Moyenne	Moyenne
	Air	Moyen	Moyenne	Moyenne
	Qualité de l'eau	Moyen	Moyenne	Moyenne
	Paysage	Moyen	Moyen	Moyenne
<i>Milieu biologique</i>	Flore	Moyen	Faible	Faible
	Faune	Moyen	Fort	Forte
	Espace protégés	Faible	Faible	Faible
<i>Milieu humain</i>	Population /habitation	Moyen	Moyen	Moyenne
	Usage agricole	Moyen	Moyen	Moyenne
	Santé publique	Forte	Forte	Forte
	Ambiance sonore	Faible	Moyenne	Faible
	Activité économique et emploi	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Infrastructures et équipements	Faible	Faible	Faible
	Archéologie et patrimoine	Faible	Faible	Faible

### IV.5. Identification des impacts :

L'identification des impacts du projet sur l'environnement est réalisée en croisant les éléments du milieu (milieu physique, biologique et humain), potentiellement touchés par les différentes composantes du projet et actions du projet (phase de pré-construction, réalisation et exploitation). Ceci afin de déterminer les perturbations subies par les différentes composantes de l'environnement. Tous les impacts prévisibles du projet sur l'environnement (positifs ou négatifs) vont être répertoriés et évalués pour les différentes phases du projet : pré-construction, construction et exploitation.

La matrice générale d'identification ou d'interrelation des impacts est donnée dans le tableau ci-dessous (tableau 15).

**Tableau 15 : Matrice d'identification des impacts**

Milieu	Eléments	Source d'impact														
		Phase Pré-construction					Phase réalisation					Phase exploitation				
		Prospection préliminaire	Signalisation	Installation du chantier et ouverture des pistes d'accès	Défrichement et ouverture des pistes d'accès	Transport et circulation	Transport et circulation	Terrassement	Ouvrages	Pose de drains et géomembrane	Remise en état	Transport et circulation	Présence des équipements	Mise en œuvre (enfouissement des cendres)	Gestion des déchets (solides, lixiviat et eu x pluviales)	Entretien et intégration du paysage après fermeture
Milieu physique	Sol	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Air			x	x	x	x	x	x	x			x			
	Eaux			x	x			x	x	x			x	x		
	Paysage		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
	Ambiance sonore			x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
Milieu biologique	Flore			x	x			x	x	x			x			
	Faune			x	x			x	x			x				
	Espaces protégés															
	Agriculture			x		x		x					x	x		
Milieu humain	Population et habitats			x	x	x	x	x				x		x		
	Activité socio-économique/Emplois			x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	
	Infrastructures et équipements							x	x				x	x		
	Archéologie et patrimoine															

x	Impact positif	x	Impact négatif
---	----------------	---	----------------

## Chapitre V

### Evaluation des impacts du centre d'enfouissement sur l'environnement

---

Après l'identification des impacts vient leur évaluation. Au niveau de ce chapitre, le projet sera initialement évalué. On pourra dès lors identifier et qualifier, dans la mesure du possible, les répercussions de chacune des opérations à réaliser au cours de la construction et l'exploitation de la décharge.

#### V.1. Milieu physique :

##### V.1.1. Sol :

La création d'un nouveau casier génère par définition des perturbations envers l'état naturel du sol et du proche sous-sol.

La géologie du sol a été confirmée par la campagne de prospection de NOVEC. L'étude montre la présence d'une couverture de limon marneux, un peu de sable et des amas de remblai sur un substrat essentiellement marno-calcaire rocheux, mais ce terrain n'est pas cohérent et présente un problème naturel d'instabilité à cause de sa forte fracturation.

***Pendant la phase de réalisation***, Il s'agit particulièrement des préoccupations relatives aux travaux requis pour l'exploitation, de transport des matériaux, remblayage et d'entreposage de terres meubles qui nécessiteront l'utilisation d'équipements lourds, ce qui entrainera une certaine compaction du sol à travers les mouvements des engins.

Mais puisque le terrain acquis faisait déjà l'objet d'une ancienne carrière de Cimenterie, celui-ci n'impliquera pas d'importante excavation et modification de profils, à part quelques travaux d'aménagement, tel que le décapage de la couverture superficielle pour la création de plates-formes de dépôt horizontales.

Ces activités pourraient également entraîner une contamination des sols par un déversement accidentel de produits pétroliers en raison d'un bris mécanique. Ceci étant, il est à noter que le potentiel de contamination est cependant minime en raison des faibles quantités généralement impliquées et de la durée courte de la construction estimée à 6 mois. L'impact est donc estimé faible.

***Au cours de la phase d'exploitation***, la présence de précipitation en contact des cendres, pourrait lessiver les composants toxiques de ces résidus, et par conséquent contaminer le sol et sous sol.

Le sol ne pourra être contaminé par lixiviat qu'en cas de défaillance des casiers. Ceci dit, le projet prévoit une conception de casiers étanches conformes aux normes et standards et à la réglementation en vigueur. Ainsi l'impact serait faible sinon nul.

##### V.1.2. Air :

***Durant la phase de pré-construction et réalisation***, la qualité de l'air est associée aux émissions de particules de poussière et gaz d'échappement lié à la circulation des véhicules. Il s'agit surtout de la combustion du gasoil par les engins de chantier. A ceci, s'ajoute, les travaux de terrassement, cet

effet dépend essentiellement de la vitesse du vent qui est moyenne allant de 4 à 9m/s, sa prédominance est Nord-Est.

Les vents sont très violents au cours de la saison d'hiver. Deux périodes peuvent être considérées dans l'année :

- l'été : l'alizé du Nord-Est règne en général, toutefois dévié vers le Nord-Ouest dans la journée par l'action de la brise de mer
- l'hiver : les vents de secteur Nord/Nord-Est sont toujours fréquents mais ils sont souvent interrompus par des vents de secteur Sud-Ouest à Ouest associés aux perturbations.

Suite à la délimitation de la zone d'étude les habitats pouvant être atteints sont ceux les plus proches du site à savoir (Douar Nhilat, Douar Ouled Brahim, Douar Sidi Ben Ali, Douar Ouled Bounane, Douar Ghlimiyine).

Puisque cet impact se sentira seulement en ces deux phases qui ne dureront que 6 mois et surtout vu que la population la plus proche est située à 800m, l'impact est jugé de faible à moyen.

***Au cours de l'exploitation,*** Vu la nature des déchets à enfouir, ces derniers ne sont pas organique, donc ne produiront aucune odeur désagréable qui peut nuire à la salubrité des habitants avoisinants.

Les émissions atmosphériques sont principalement liées à la circulation des engins de chantier lors du transport et entreposage des cendres. Les vols des particules de ces derniers y sont toujours à craindre et surtout pendant les périodes de grand vent. De ce fait, l'impact du projet sur la qualité de l'air au cours de cette phase est jugé moyen.

### **V.1.3. Eaux :**

Au cours de la phase d'exploitation, et particulièrement la mise en décharge des cendres, si ces derniers ne sont pas exploités proprement, la présence de précipitation peut mobiliser leurs composantes toxiques tel que les métaux lourds, en les initiant à l'environnement terrestre, et si lessivé, causer la contamination des sols et des eaux souterraines. Ceci pourrait entraîner des problèmes environnementaux et d'utilisation des terres.

Selon l'hydrographie prédominante au niveau du site, aucun cours d'eau n'a été identifié. Pour les eaux souterraines, la nappe est très profonde de 70 à 120 m à partir du fond de la carrière, le substratum géologique est constitué de marne et calcaire jurassique recouvert par le limon à faible perméabilité.

En plus du fait que la mise en décharge des cendres est prévue d'être propre, l'importance des impacts prévisibles sur cette composante du milieu est estimée faible.

### **V.1.4. Paysage :**

L'ouverture des accès temporaires, la circulation des engins dans le chantier, les travaux de terrassements et d'aménagement de la décharge constituent autant d'éléments qui peuvent avoir un impact sur la qualité visuelle du paysage. Compte tenu de la durée de construction, l'impact est jugé faible

En phase d'exploitation, la présence de la décharge est un impact visuel permanent, la remise en état

du paysage induira une mutation d'ordre paysagère, du fait qu'il y aura une transformation d'une carrière à un paysage naturelle. L'importance d'impact du projet pour cette étape est jugé positive.

### V.1.5. Gestion des déchets :

**La phase de réalisation** est une source de production de déchets provenant des activités de terrassement, de construction, de présence de base de vie, etc. Ainsi s'accumulent les déchets ménagers, inertes et dangereux, en plus des déchets liquides. L'impact est de faible à moyen, en raison de la grandeur du chantier.

**Durant la phase d'exploitation**, les effluents les plus importants à gérer sont les eaux pluviales et les lixiviats.

- Les eaux pluviales constituent une menace sérieuse pour la décharge contrôlée, pour deux raisons : le risque de glissement des terrains de la décharge ou son voisinage, et la contribution d'augmentation du débit des lixiviats.
- Les lixiviats qui résultent de la lente percolation des eaux de pluie à travers les déchets, présentent une charge polluante forte, susceptible de polluer le sol et l'eau souterraine suite à son infiltration en cas de fuite.

Compte tenu de la nature inorganique des cendres, ces rejets seront relatifs à la présence de précipitation lors de l'exploitation du site et même après sa fermeture. En absence de dispositif de réduction et protection du sol et eau souterraine, l'impact anticipé est jugé fort. Dans le cas du projet de la décharge sujet de l'EIE, l'impact est jugé faible.

### V.1.6. Ambiance sonore :

**En période de réalisation**, il s'agit essentiellement de nuisances temporaires relatives à l'augmentation des niveaux normaux de bruit, l'ambiance sonore sur le site des travaux est principalement associé aux différents travaux mécanisés et la circulation des engins. En général, une construction engendre une augmentation des niveaux sonores du jour. Compte tenu que la population la plus proche du site est à 800m, l'impact est jugé faible.

**Au cours de l'exploitation**, la pollution sonore va être moins importante, car elle sera liée seulement au fonctionnement de quelques équipements et aux engins de transport de cendres, donc à ce stade, l'importance de l'impact sera faible.

## V.2. Milieu biologique :

### V.2.1. La faune :

La présence sur le site des espèces faunistiques tel que (les mammifères, les reptiles, les invertébrés) n'est pas significative, à l'exception d'une espèce d'oiseau nommé le faucon crécerellette (*Falco naumanni*), il a été confirmé que celle-ci se reproduisait au niveau des fronts de taille dans la partie Est du site.

Cette espèce est considérée par la convention Africaine (Convention d'Alger, 1968), comme une espèce en voie de disparition.

**La phase de pré-construction**, ne nécessite pas le défrichement de son habitat (front de taille).

***Pendant la phase de construction***, les impacts sont liés essentiellement à la présence humaine et à la circulation des engins pour l'exécution des travaux. La valeur donc de l'impact sur la composante faunistique s'avère d'un ordre moyen.

### **V.2.2. La flore :**

Au sein du site plusieurs espèces de plantes ont été observées, mais de manière sporadique et peu abondante dans son aire de distribution, et leur valeur de conservation globale est considérée comme faible compte tenu de leur faible abondance sur le site. Vu que le site est déjà excavé, ces impacts sur la flore seront de faible importance.

### **V.2.3. Espace protégés :**

D'après l'étude des aires protégées, la zone d'étude n'abrite aucun site d'intérêt biologique et écologique (SIBE), le site d'intérêt biologique et écologique le plus proche de la zone d'étude est éloigné de la limite de la zone d'étude par une distance de 32 Km, il s'agit du SIBE Sidi Moussa Oualidia, ainsi l'impact du projet sur cette composante est inexistant.

### **V.2.4. Agriculture :**

Le voisinage de la zone d'étude est à vocation agricole, généralement il s'agit de champs de céréale, l'impact du projet est qualifié faible pendant ***la phase de pré-construction et réalisation***, vue que les terres agricoles ne seront pas atteintes ni par la préparation du chantier ni par la construction.

***Au cours de la phase d'exploitation***, et en fonction de l'intensité du vent prédominant, l'envol des particules de cendre, peut affecter la qualité du sol des terres agricoles et par conséquent celle des cultures, donc l'impact est jugé de moyen à fort.

## **V.3. Milieu humain :**

### **V. 3.1.Population et habitats :**

Le site faisait déjà l'objet d'une carrière, donc personne ne sera délogé et aucune construction ne sera démolie. Normalement, la distance légale minimale qui doit séparer les premières habitations de la limite de site est estimée à 200 mètres. Les habitations les plus proches au site sont à 800 m, ces agglomérations sont représentées par Douar Nhilat, celui-ci sera affecter en grande partie par le bruit et la diffusion des gaz d'échappement et des poussières, lors de la construction, ainsi que l'envol des particules de cendres pendant leurs mise en place, l'impact est jugé moyen.

Par contre, le projet est porteur au niveau socio-économique, et aura un impact positif majeur sur la population locale par la création d'emplois pour la région.

### **V.3.2.Activité socio-économique et emploi :**

Les principaux retombés économiques au cours des travaux, sont associés aux créations d'emplois. La gamme des offres d'emploi sera large et couvrira tant les ingénieurs spécialisés que les travailleurs non qualifiés. De ce fait, les travaux de construction nécessiteront l'embauche de travailleurs dont la plupart proviendront de la région même du projet.

### V. 3.3. Archéologie et patrimoine :

Le projet du futur site d'enfouissement sera prévue sans affectation de l'archéologique ou de patrimoine local car aucun vestige archéologique, qui aurait à souffrir des effets de la réalisation du projet, n'a été identifié. Donc l'impact est inexistant. La matrice d'évaluation des impacts est présentée au niveau du Tableau 16 :

**Tableau 16 :** Matrice d'évaluations des impacts du projet sur l'environnement

Milieu	Eléments	Source d'impact														
		Phase Pré-construction					Phase réalisation					Phase exploitation				
		Prospection préliminaire	Signalisation	Installation du chantier et ouverture des pistes d'accès	Défrichement et ouverture des pistes d'accès	Transport et circulation	Transport et circulation	Terrassement	Ouvrages	Pose de drains et géomembrane	Remise en état	Transport et circulation	Présence des équipements	Mise en oeuvre (enfouissement des cendres)	Gestion des déchets (solides, lixiviats et eaux pluviales)	Entretien après fermeture
Milieu physique	Sol															
	Air															
	Eaux															
	Paysage															
	Ambiance sonore															
Milieu biologique	Flore															
	Faune															
	Espaces protégés															
	Agriculture															
Milieu humain	Population et habitats															
	Activité socio-économique/Emplois															
	Infrastructures et équipements															
	Archéologie et patrimoine															

	Impact positif		Impact négatif moyen
	Impact négatif faible		Impact négatif fort

A partir de la grille d'évaluation ci-dessus, on peut constater que les impacts négatifs du projet sur l'environnement sont de faible à moyen, ils touchent essentiellement le milieu physique avec ces différentes composantes. De ce fait, l'adaptation de mesure d'atténuation s'avère indispensable.

## CHAPITRE VI

### Identification des mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation préconisées, permettront de mettre en place des solutions de compensation des impacts négatifs éventuels du site en question. Ces mesures sont à considérer lors des différentes phases du projet.

#### VI.1. Protection du sol :

Les mesures d'atténuation proposées pour protéger la qualité du sol ont principalement pour but de prévenir les risques de contamination lors des différentes phases.

##### - *Pendant la phase de pré-construction :*

Il faut réglementer de façon stricte la circulation des véhicules lourds et restreindre le nombre de voies d'accès. Avoir en tout temps tout le matériel nécessaire disponible (matières absorbantes, contenants, etc.) en vue de circonscrire tout déversement éventuel.

Suite à la description de l'état initial du site, il s'est avéré qu'il est contaminé en Bore, ce dernier se concentre au niveau d'une profondeur allant jusqu'à 1m, pour des fins de protection et prévention contre cette pollution, on propose un décapage de cette couche superficielle, constituée essentiellement de sol remanié, lors des travaux de terrassement.

##### - *Lors de la phase d'exploitation et même de la fermeture :*

Afin de limiter au maximum la migration des polluants, en cas de fuite à cause d'un problème d'étanchéité, le centre d'enfouissement technique se doit de constituer un site étanche, dont le schéma général est celui représenté par (la Figure 28) :

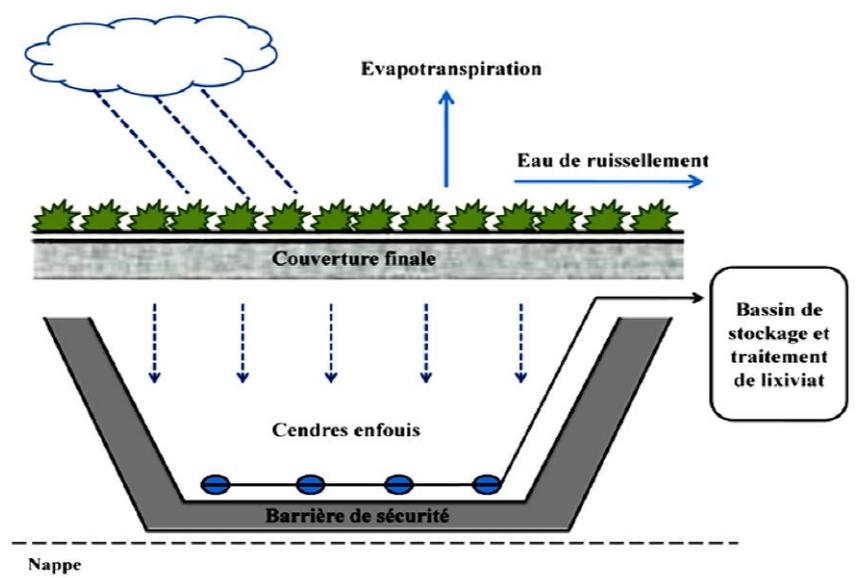


Figure 28 : Disposition générale d'une décharge

La barrière de sécurité géotechnique en conjonction avec barrières géologiques (argile compacté) contribue considérablement à l'isolement à long terme des substances nocives de la biosphère.

Elle doit arrêter ou tout au moins retarder au maximum la migration des polluants dans le sol et, s'il y a lieu, dans la nappe phréatique, située sous la décharge.

Il faut prévoir le réaménagement du site après les travaux. Donc vers la fin, il faut compacter les sols remaniés et y favoriser l'implantation d'une strate herbacée stabilisatrice.

## **VI.2. Protection des eaux :**

### **VI.2.1. Etanchéité du site :**

A part les formations superficielles récentes de faible compacité et souvent remaniées au niveau du site, la nature du terrain marno-calcaireux est évalué comme étant imperméable mais fracturé, et connaît parfois des émergences temporaires.

Il apparaît par conséquent que l'imperméabilité du substratum, ne répond pas seule et de manière naturelle à toutes les exigences de l'aménagement des casiers. Des mesures compensatrices sont donc indispensables, pour assurer la préservation de la qualité des eaux souterraines tout en limitant considérablement les éventuels effets de l'installation sur l'environnement hydrogéologique du site.

Ces mesures se présentent par le renforcement de l'étanchéité du fond du casier, l'imperméabilisation de ce dernier et des parois latérales est absolument nécessaire. Elle doit être particulièrement robuste puisque sa durée de vie doit être supérieure à la vie du casier d'au moins une vingtaine d'années. Deux barrières étanches peuvent être développées : la barrière passive et la barrière active (Figure 29).

#### **VI.2.1.1. Une barrière passive :**

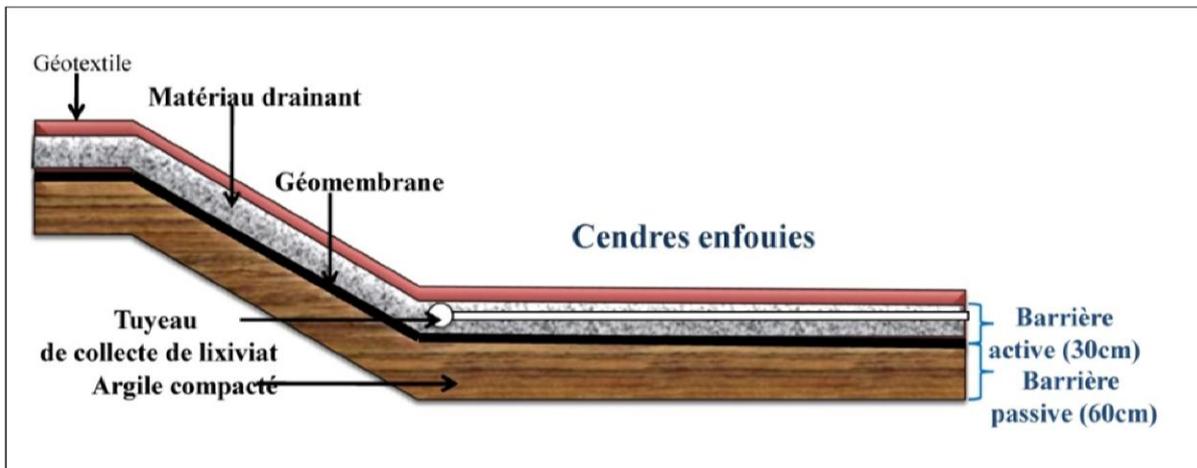
L'objectif est de disposer au moins d'une épaisseur de 60 cm, parfaitement homogène, de sol présentant une perméabilité de  $10^{-10}$  m/s, généralement on utilise de l'argile. Une autre technique consiste à incorporer de la bentonite, cette solution exige des moyens de mélange importants.

#### **VI.2.1.2. Une barrière active :**

Cette barrière a pour but d'assurer une évacuation contrôlée des lixiviats. Elle est constituée d'un système de drainage adapté aux conditions d'exploitation :

- ↳ Un réseau de drainage des lixiviats.
- ↳ Une couche de matériaux drainant d'à peu près 30cm d'épaisseur.
- ↳ Une géomembrane et géotextile.

La pose de la géomembrane devra être contrôlée lors des travaux et avant la réception. Un poseur certifié devra être disponible sur le chantier durant toute l'opération.



**Figure 29 :** Système d'étanchéité sanitaire du fond de casier (barrière de sécurité)

Considérant le scénario d'échec des barrières ouvragées au niveau de la décharge, à cause de défaut de fabrication ou accident au cours du stockage, du transport ou de la pose. Dans ce cas, si les obstacles techniques échouent, la contamination des eaux souterraines va être réduite au minimum, car l'argile va jouer son rôle de barrière passive et va absorber les lixiviats, et puisque la nappe phréatique se trouve à une grande profondeur (70 à 120 m), ces lessives auront au moins un effet minime sur l'environnement.

Mais il sera impératif de vérifier la qualité des eaux de la nappe en amont et le suivi en aval de la décharge, par la réalisation d'un piézomètre de contrôle. Cependant, il est clair que les normes particulièrement élevées doivent être tenus pour le fonctionnement à long terme de la barrière géologique.

A titre préventif, la qualité des puits les plus proches, dont le puits situé au niveau de Douar Nhilat, et qui a fait source des échantillons prélevés, sera également contrôlé. Malgré les très faibles risques de contamination en présence de ces différentes mesures, l'utilisation de l'eau de ce puits à des fins alimentaires, sera à titre préventif déconseillée.

### **VI.2.2. Gestion des eaux pluviales au niveau des casiers :**

#### **VI.2.2.1. Phase de préparation des casiers :**

Avant le début de l'exploitation de ces casiers, les eaux de ruissellement seront considérées comme non polluées et pourront être dirigées vers le bassin de stockage via un dispositif de collecte indépendant. Un contrôle sera cependant effectué avant rejet, et à tout moment en cas de doute, les débits pourront être versés au bassin de lixiviat, puis traitées comme des effluents.

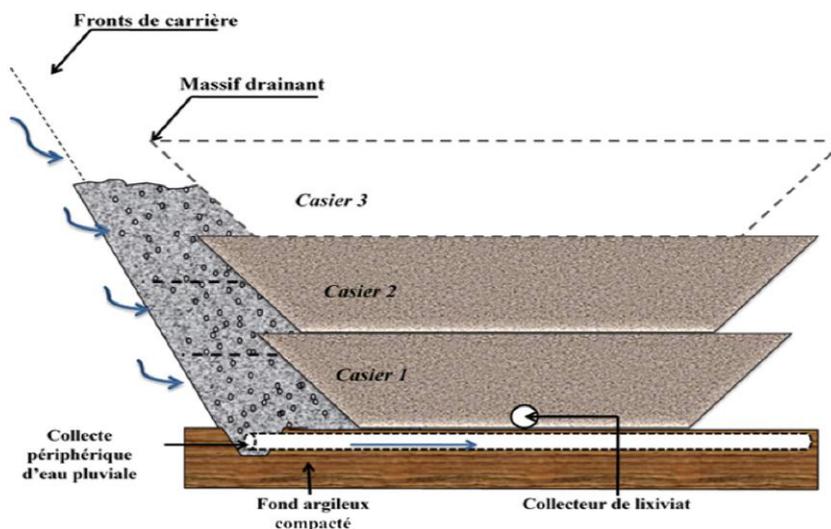
Chaque casier sera alors équipée d'une pompe permettant d'évacuer les eaux de ruissellement vers le bassin des eaux propres pour être éliminer ou déverser dans le milieu naturel.

#### **VI.2.2.2. Phase d'exploitation des casiers :**

La gestion des casiers sera conduite avec le souci de réduire le plus possible le contact des déchets avec les eaux, afin de limiter la production du lixiviat en cours d'exploitation

La poursuite de l'exploitation nécessite la maîtrise de l'ensemble des circulations qui apparaissent sur les fronts encore visibles et qu'on les évacue avant qu'elles entrent en contact avec les déchets.

Pour cela, la collecte et le stockage des eaux de ruissellement seront assurés respectivement par un réseau de fossés et on mettra en œuvre entre les fronts et les futurs dépôts un dispositif permettant de drainer les eaux dans des massifs de pierres et de blocs, enveloppé par un film anti-contaminant, ce qui évitera leur cheminement dans les casiers (Figure 30). Ce drainage périphérique aboutira à un réseau de drains au fond du casier.



**Figure 30 :** Drainage périphérique des eaux pluviales

### **VI.2.3. Gestion des lixiviats :**

L'un des aspects les plus importants dans la gestion d'un site d'enfouissement est la collecte et le traitement des lixiviats générés par le lessivage des déchets.

Le lixiviat résulte de la lente percolation de l'eau à travers le déchet permettant la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Ces écoulements entraînent et dissolvent une partie des éléments solubles et des matières en suspension.

La composition physico-chimique du lixiviat généré dépendra de la nature des cendres, le mode de remplissage, l'âge du dépôt.

De ce fait, la décharge sera contrôlée c'est-à-dire que les zones de stockage de déchets seront aménagées comme des unités hydrauliquement indépendantes, empêchant toute percolation des lixiviats vers le milieu extérieur et tout ruissellement d'eau au contact des déchets.

#### **VI.2.3.1. Volume de lixiviat produit :**

Le volume du lixiviat qui va être collecté, va dépendre de plusieurs facteurs dont notamment les précipitations et l'évapotranspiration, le contenu en eau des déchets et leur capacité d'absorption, le taux de compactage, l'étanchéité des sols, l'âge du casier, etc.

Puisque la centrale thermique qui fournira les cendres n'est pas encore mise en œuvre, aucune analyse des cendres n'est disponible. Plusieurs approches existent pour prédire le taux de génération du lixiviat à long terme. Généralement on considère que cette dernière représente 10% du tonnage annuel des déchets enfouis.

Après la fermeture de la décharge, seul l'infiltration des pluies à travers le couvert final, peu percoler à travers les déchets pour former du lixiviat.

### VI.2.3.2. Système de gestion des lixiviats :

A mesure de l'avancement de l'exploitation, les eaux de transit percoleront à travers les déchets en place, de ce fait, ils seront considérés comme des lixiviats et seront drainés vers le fond du casier, ce dernier sera muni d'une épaisseur de 30 cm de matériaux (gravier).

Pour améliorer le drainage, l'écoulement des lixiviats vers le bassin sera assuré gravitairement par la forme de pente marquée au cours des terrassements du fond de casier, et la présence de plusieurs rangs de tuyau perforés installés dans la couche de gravier assurant la collecte, et une pompe pour leur évacuation vers le bassin de stockage (Figure 31).

Le réseau de drains sera espacé, et relié à un puits de pompage du lixiviat positionné dans le point bas du casier. Les extrémités des différents drains seront équipées d'un regard de surveillance pouvant, éventuellement, servir au nettoyage.

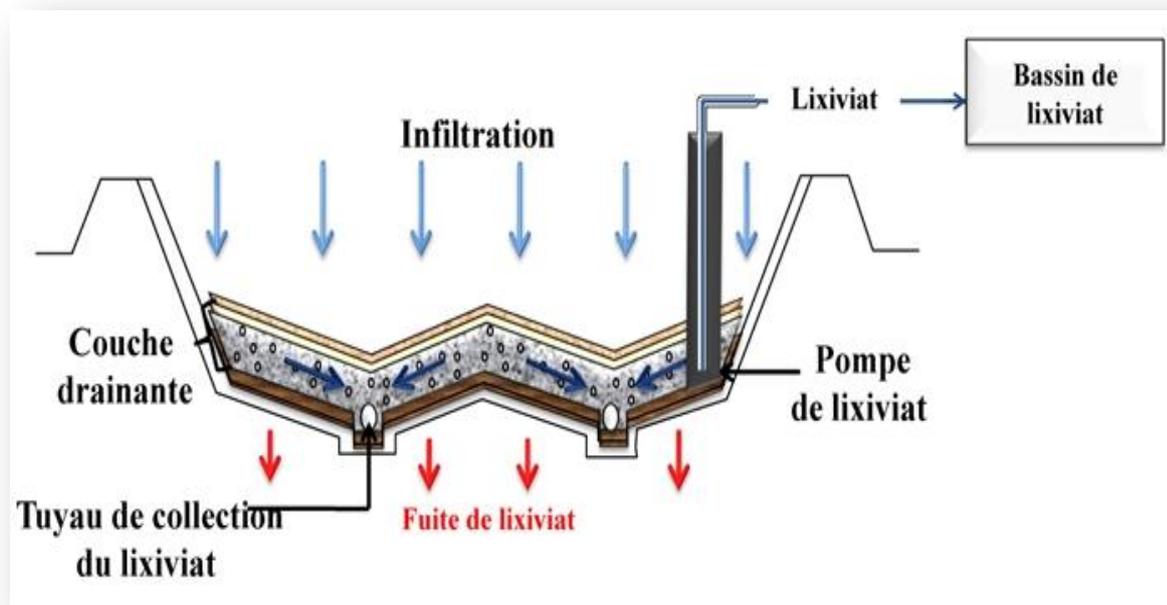
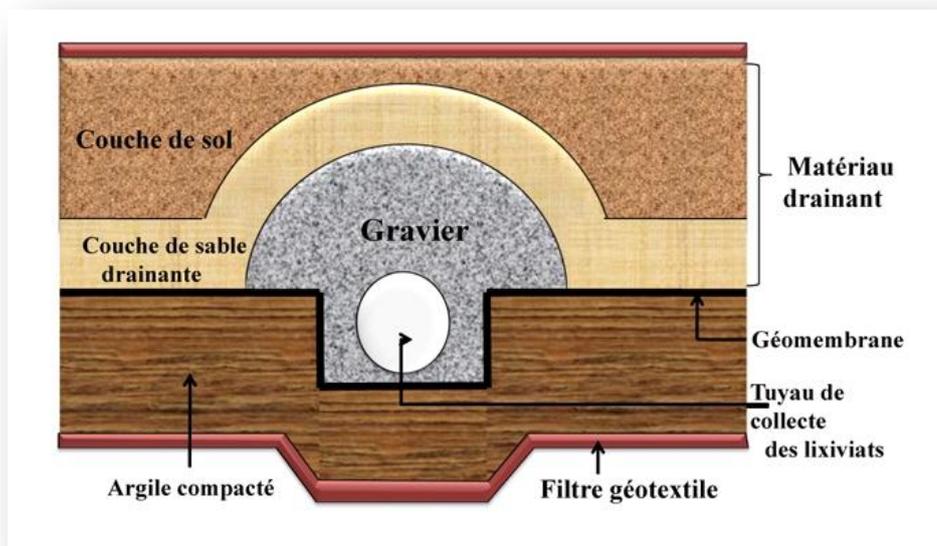


Figure 31 : Système de collecte et de drainage des lixiviats

Le système de drainage de lixiviat sera surmonté par du matériel drainant, et entouré par un revêtement géosynthétique, composé d'argile compactée, de géomembrane et géotextile filtrant évitant tout colmatage du drain par les fines. Les détails typiques pour ce système sont présentés dans la Figure 32.



**Figure 32** : Dispositif de drainage sanitaire de lixiviat

#### **VI.2.2.3.3 Réalisation d'un bassin de stockage des lixiviats :**

Le bassin de stockage de lixiviat devra être réalisé dans la partie sud du site. Afin de maîtriser les risques de débordement, des caniveaux d'interception doivent être réalisés assurant leurs raccordements au bassin qui doit être conçu selon les exigences minimales suivantes :

- Le bassin devra être équipé d'un géotextile de protection anticontaminant, suivi d'une géomembrane en PEHD résistante aux UV, soudée rendant totalement étanche ce dernier.
- Afin d'éviter tout débordement, le bassin sera ceinturé d'un cordon d'une hauteur minimale de 50 cm au-dessus du terrain naturel.
- Le cordon périphérique du bassin devra être recouvert par la géomembrane du bassin.

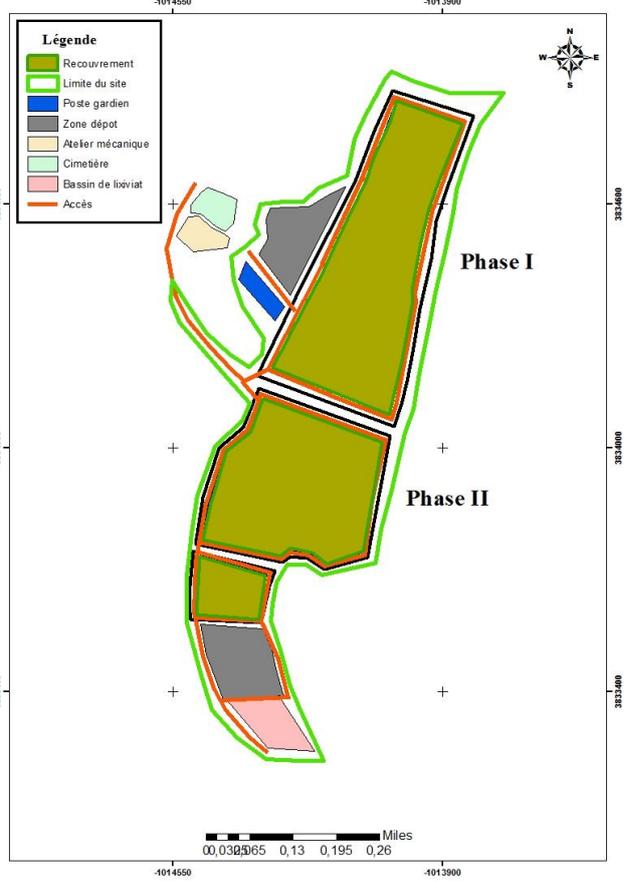
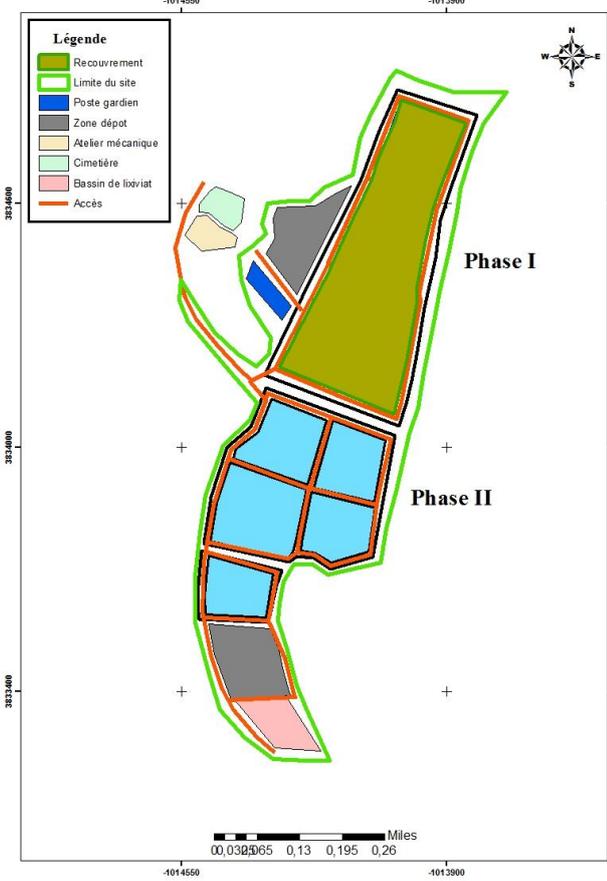
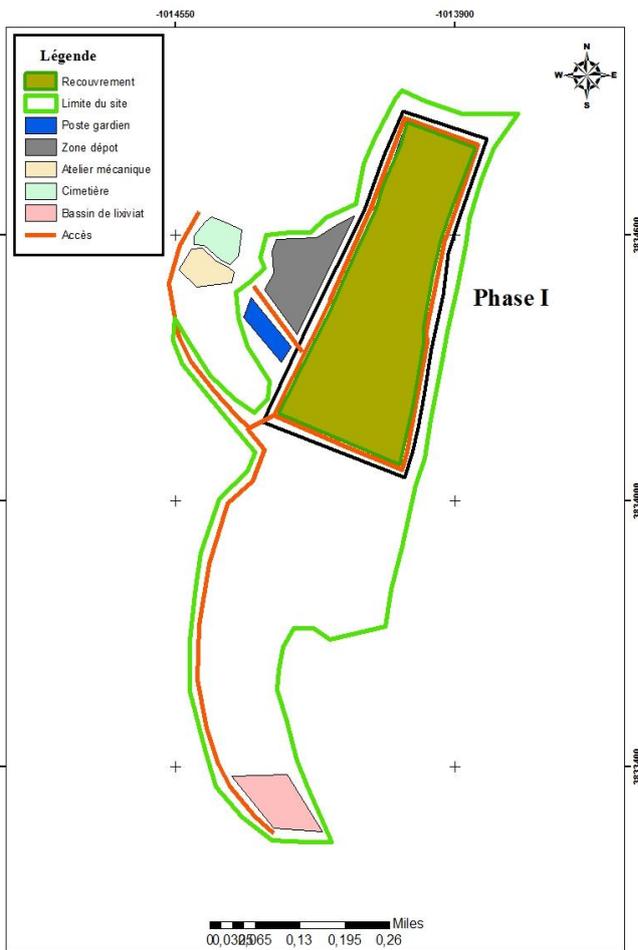
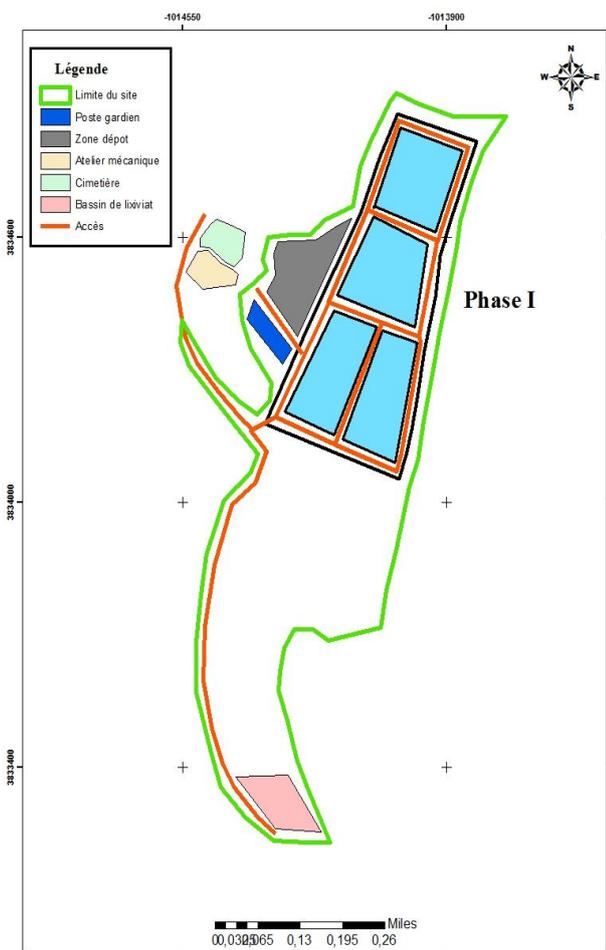
#### **VI.2.2.3.4. Traitement des lixiviats :**

Pour le traitement, il peut se faire de différentes manières :

- Le traitement physicochimique du lixiviat par chaulage, ce qui permet de précipiter les métaux lourds.
- Evaporation dans un bassin, puis remise en décharge des résidus.
- La recirculation au niveau de la décharge, ce qui permet de l'évaporer partiellement. Cette façon de la traiter consomme de l'énergie dans le pompage mais ne nécessite pas un traitement. Mais cette technique conduit à l'augmentation de l'humidité des déchets enfouis. La recirculation du lixiviat doit nécessairement être accompagnée, lorsqu'il y a lieu, d'un ajustement du pH et la précipitation des métaux.

Suite aux différentes à la conception prévue pour la décharge, ainsi que les différentes mesures qui seront adoptées, on propose le plan d'aménagement illustré par la (Figure 33).

Selon la configuration du site, il est favorable d'effectuer l'exploitation en deux phases. L'exploitation au niveau de chaque phase, va s'opérer par l'aménagement de plusieurs casiers, dont l'exploitation s'effectuera en cellules successives.



**Figure 33 : Plan d'aménagement du site d'enfouissement**

#### **VI.2.4. Gestion des rejets sur le site :**

La présence de personnes sur le site de la décharge est une source de production d'eaux usées domestiques. En absence de réseau d'assainissement, il est recommandé d'évacuer ces eaux vers une fosse sceptique aménagée à cet effet, dont la taille dépendra du nombre de personne sur le chantier.

Faire l'entretien des engins de chantier et des véhicules et leur ravitaillement en carburant et lubrifiant, dans un lieu désigné à cet effet. Ceci est prévu au niveau de l'atelier mécanique abondonné dans la partie Nord Ouest du site (Figure 33). Il faut Prévoir sur place une provision de matières absorbantes ainsi que les récipients étanches bien identifiés, destinés à recevoir les résidus pétroliers et les déchets, en vue de circonscrire tout déversement éventuel. Ceci permettra d'éviter toute contamination du sol par des déversements accidentels des hydrocarbures.

#### **VI.3. Protection de l'air :**

##### **VI.2.1. Poussières :**

Pendant la phase des travaux, les émissions de gaz d'échappement et poussière sont liées à la circulation des véhicules, ce ci peut être géré efficacement en utilisant les bonnes pratiques de construction, y compris l'arrosage des routes et la sélection des équipements appropriés et leur maintenance.

##### **VI.2.2. Envois :**

Au cours de l'exploitation, les cendres transportés par les camions, à partir de la centrale thermique, sont recouvert à fin de limité leur envol, une fois arrivée au site, elles sont déposées, étalées et compactées en couches minces aussi étroitement que possible par une machine comme un tracteur à chenilles.

Afin de réduire et maîtriser leur volume pour une utilisation efficiente de l'espace disponible, le contrôle des envois sera effectué, à la fin de chaque journée, par le recouvrement régulier des déchets par des terrains meubles et ainsi compactés.

Généralement, chaque couche de déchets de 2m d'épaisseur nécessite une couche de 25cm de couverture de gravats ou de terre intermédiaire, déposée et ainsi compactée. A coté de son rôle cité dessus, celle-ci assure aussi l'atténuation de l'infiltration et la génération du lixiviats. Le total du recouvrement intermédiaire est estimé à 1/6 du volume total des déchets.

#### **VI.4. Qualité visuelle du paysage :**

L'implantation d'un centre de stockage des déchets est souvent perçue comme une mutilation. Les communes possédant un tel centre peuvent parfois perdre de leur attrait touristique. De plus, pour les riverains, la vue sur la décharge constitue une gêne. Pour cette raison, l'atténuation des impacts concernant l'aspect paysager est conditionnée par une remise en état adéquate du site.

En effet la remise en état permet d'atteindre une morphologie finale acceptable pour les riverains, et nécessite la mise en place d'une couverture semi étanche, limitant la percolation des eaux et vers la fin une couche de terre fertile permettant la reprise d'une végétation locale, stabilisatrice des sols.

Cette réhabilitation doit être réalisée à l'avancement du remplissage des casiers.

#### **VI.4.1. Couverture finale :**

A la fin de son exploitation, le site d'enfouissement doit être aménagé. Cette opération comprend la mise en couverture de la décharge dont la fonction est multiple :

- ↪ Imperméabilité.
- ↪ Support de végétation.
- ↪ Confinement des déchets
- ↪ Assise des pistes de services.
- ↪ Canalisation des eaux pluviales.

Le dispositif sera en fait constitué de couches multiples permettant d'assurer ces différentes fonctions. Il comprendra au minimum :

##### **VI.4.1.1. Une couche drainante et couche d'argile :**

Une couche support drainante de 10 cm d'épaisseur environ, celle ci viendra en recouvrement des derniers déchets enfouis. Elle doit avoir une perméabilité élevée de  $10^{-3}$  cm/s pour permettre un drainage rapide et éviter ainsi l'effet de glissement par saturation.

Elle constitue une couche de roulement pour les véhicules amenés à travailler sur le site et permet d'assurer le confinement final de la dernière couche de déchets.

Cette couche sera constituée de matériaux granulaires, qui seront mis en œuvre entre deux géotextiles filtrants. Celle-ci sera surmontée par une couche d'argile imperméable de 60 cm.

##### **VI.4.1.2. Une couche de sol organique végétalisable :**

Il s'agira de mettre en œuvre des sols à forte composante organique, qu'ils soient naturels, ou recomposés sur la base d'un mélange de sables, limons et compost, servant comme support pour les racines de la végétation, permettant ainsi sa reprise sur les pentes et talus externes du casier. Son épaisseur varie de 40 à 50cm. Une bonne recolonisation végétale passe par la plantation de jeunes plantes (meilleure capacité d'adaptation au milieu) avec une densité importante (5 000 à 10 000 plants par ha).

Les griffes de sorcières (*Carpobrotus acineaciformis* et *Carpobrotus edulis*) et l'*Acacia*, peuvent être très bien adaptées. Ce sont des plantes aguerries à tige rampante qui ne souffrent ni de la sécheresse, ni du froid. Leur reproduction est facile par bouturage<sup>10</sup> ou grâce aux graines éparpillées par les oiseaux. Elles permettent une très bonne stabilisation des talus. La seule condition à leur survie est l'ensoleillement.

Après la fermeture de la décharge, l'entretien de la végétation doit être effectué au minimum pour une période d'un an, par l'arrosage périodique et l'enlèvement des plantes morts.

---

<sup>10</sup> Consiste à donner naissance à un nouvel individu (individu enfant de la plante mère) à partir d'un organe ou d'un fragment d'organe isolé.

**NB :** Il faut noter que le volume de lixiviat est réduit de façon significative après la fermeture de la décharge, pour deux raisons principales :

1. Développement de la végétation qui augmente l'évapotranspiration.
2. La faible perméabilité de la couverture finale.

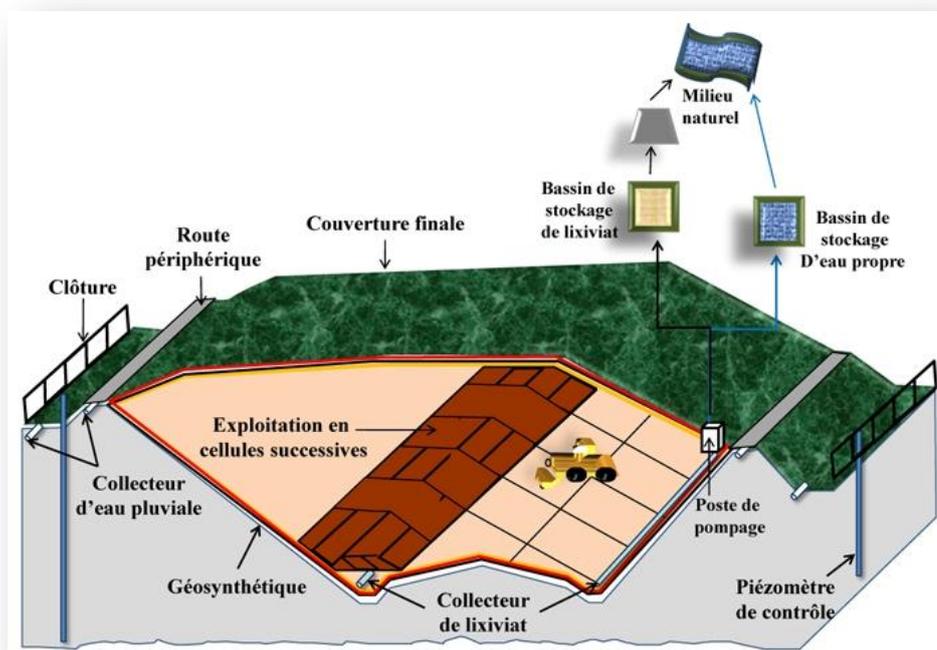
#### VI.4.2. Morphologie finale :

Avant de recouvrir la décharge, celle-ci devra être nivelée là où nécessaire afin d'éliminer les formations irrégulières et les dépressions. Toutes les sections de la décharge devront être nivelées de manière à assurer le drainage vers les bords. En général, une inclinaison de 2 à 4 % suffit à assurer un bon drainage.

Pour cette raison, la morphologie finale du site à adopter peut être sous forme de dôme, elle devra permettre de favoriser l'écoulement des eaux superficielles et de limiter l'impact paysager (Figure 34).

#### VI.4.3. Clôture de la décharge :

La clôture de la décharge, fait partie des conditions pour que celle-ci soit considérée comme contrôlée. Cette clôture permet d'éviter l'intrusion d'animaux sauvages et du public à l'intérieur du site. Elle consiste généralement en un grillage de 2 à 2,5m de hauteur. La longueur de la clôture dépend du périmètre du terrain à clôturer (Figure 34).



**Figure 34:** Coupe du casier de stockage des cendres

#### VI.5. Mesures pour le milieu humain :

Les risques pour la sécurité publique et le bien-être du personnel sont liés principalement au site par exemple, accidents qui surviennent au cours de la construction, de l'exploitation et du

démantèlement, et exposition à divers produits qui peuvent être dangereux, pour cette raison les mesures relatives au milieu humain sont principalement :

- Informer la population avoisinante de la nature et du calendrier des travaux.
- Informer le personnel du chantier des mesures environnementales qui seront appliquées pendant la phase des travaux
- Respecter, autant que possible, le calendrier des travaux tel que présenté aux populations.
- Contrôler l'accès au chantier.
- Encourager l'emploi et la formation de la main-d'œuvre locale.
- Établir un plan d'urgence contre des déversements accidentels et prévoir le matériel d'intervention nécessaire.
- Réparer tout dommage à la propriété privée et indemniser.
- Concevoir l'horaire des activités de transport et des travaux de construction de façon à ne pas perturber la circulation routière.
- Éviter la circulation de véhicules lourds et l'exécution de travaux bruyants en dehors des heures normales de travail de jour.

#### **VI.5. Mesure de protection des terres agricoles avoisinantes :**

Compte tenu de la présence d'exploitations agricoles proches, la qualité des eaux souterraines servant à l'irrigation de ces cultures devra être régulièrement contrôlée afin de s'assurer que le dispositif d'étanchéité de la décharge empêche toute pollution de ces eaux par les lixiviats.

De plus, compte tenu du dispositif d'étanchéité mis en place, l'infiltration des eaux dans le sous-sol sera nulle sur toute la surface de la décharge ce qui empêchera la recharge des nappes et ainsi limiter le débit de certains puits situés à proximité et utilisés pour l'irrigation. Le suivi régulier et sur le long terme de la piézométrie sur les puits situés à proximité du site permettra de vérifier cette hypothèse et, en cas échéant, de quantifier ce phénomène.

#### **VI.6. Protection de la faune :**

L'espèce présente au niveau du site avec une valeur de conservation, est le faucon crécerellette (*Falco naumanni*), ce dernier se reproduit au niveau des fronts de taille dans l'extrémité Est du site d'enfouissement. Comme mesure d'atténuation de cette espèce, on propose d'éviter d'ouvrir d'accès à travers les fronts de taille, éviter les travaux à leur proximité surtout en période de nidification. En cas de nécessité de l'exploitation de ces fronts, il faut faire appel à un expert pour assurer une solution écologique à ce fait.

#### **VI.7. Ambiance sonore :**

Pour lutter efficacement contre le bruit et faire face aux infrastructures de transport, des mesures relatives à l'ambiance sonore doivent être adoptés à savoir :

- Le maintien des voies d'accès bien nivelées afin de réduire les bruits d'impact des camions.
- Le contrôle de l'état mécanique général des camions à fin de minimiser les gaz d'échappement et le bruit.
- Le maintien des silencieux des équipements en bon état.

- La mise en place d'une haie périphérique comme type d'écran autour de la décharge.

- **Référentiel réglementaire :**

En matière de valeurs limites des émissions sonores, l'arrêté ministériel français du 23 janvier 1997, *relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement*, est pris en référence (Tableau 18). Cet arrêté fixe les valeurs limites suivantes :

**Tableau 17 :** l'arrêté ministériel français du 23 janvier 1997

Niveau de bruit ambiant aux limites de propriétés	Emergence admissible pour la période 7h à 22h, sauf Dimanche et jours Fériés	Emergence admissible pour la période 22h à 7h ainsi que les Dimanches et jours Fériés
70 dB (de jour)	< 6 dB	< 4 dB
60 dB (de nuit)	< 5 dB	< 3 dB

**VI.8. Voies de communication :**

**VI.8.1. Voies internes de circulation ou de contournement :**

Ces voies ont pour fonction, l'accès au casier, pour le déversement des déchets, l'apport en matériel ou l'inspection du casier. Lorsque le site est de petite taille, la voie d'accès aux casiers contourne le site. Lorsque la surface du site est importante, l'accès aux casiers se fera par voie de circulation interne, ce dernier est notre cas, car la superficie du site est de 48 ha.

Le routage sur place des camions à la face de travail doit être planifié afin de minimiser les temps d'attente sur le site. Dans les deux cas la largeur habituelle de ces voies est de 8m et leur longueur dépend de la superficie du site.

**VI.8.2. Voie d'accès à la décharge :**

La conception de la voie d'accès à la décharge obéit uniquement au tracé optimal permettant de réduire son coût de construction et les impacts environnementaux. Cette voie doit être conçue de manière à permettre le croisement de deux camions. Pour ce faire la largeur habituelle est de 8m. La voie doit également être goudronnée pour minimiser les émanations de poussier.

## Plan de surveillance et de suivi

---

### *VII.I. Plan de surveillance environnemental :*

Dans une perspective de préservation de l'environnement, la suggestion d'un plan de surveillance et de suivi s'avère incontournable afin de garantir, dans la mesure du possible, une meilleure insertion du projet dans son environnement.

Le plan de surveillance environnementale a pour but de s'assurer du respect des mesures d'atténuation et ou de compensation proposées dans la présente étude et des exigences relatives aux lois et règlements pertinents. Ces mesures comprennent plusieurs volets. De façon plus particulière, trois phases distinctes feront l'objet de cette surveillance environnementale à savoir :

- La phase de construction.
- La phase d'exploitation.
- La phase post-fermeture.

#### **VII.1 Phase de construction :**

La surveillance de cette phase vise les éléments suivants :

- La fabrication et la qualité des matériaux composants les ouvrages.
- La qualité des méthodes d'installation et de mise en place.
- Le respect des documents de construction (rapports et plans).

L'ensemble des travaux sera exécuté sous la surveillance de professionnels qui verront à s'assurer du respect des prescriptions des documents et de la conformité des ouvrages. Cette conformité fera l'objet d'un rapport lorsque ces derniers seront complétés et ce, pour chacune des phases de développement du projet. Dans le cas de la construction des cellules proprement dites, elles seront régies par un manuel de contrôle qualitatif. Ce document précise notamment:

- Les procédures et normes de qualifications des installateurs.
- L'ensemble des mesures de contrôle et de vérification depuis la fabrication jusqu'au moment où l'installation est complétée.
- Toutes les procédures de déploiement et d'installation autorisée.
- Toutes les procédures d'essai in situ et hors-site, les normes d'acceptabilité.
- Les procédures à suivre en cas de problème et de non respect des normes pour corriger les déficiences.

Tous les autres éléments des ouvrages feront l'objet d'une surveillance et d'essais aux besoins afin de s'assurer que les travaux soient réalisés selon les règles de l'art en conformité avec les plans, devis, lois et règlements applicables. De ce fait, les matériaux naturels réemployés pour la réalisation de l'étanchéité et du drainage, feront l'objet d'une caractérisation géotechnique en laboratoire, tel que :

- Analyse granulométrique du matériau utilisé.
- Mesure de perméabilité du matériau naturel.
- Vérification des conditions de mise en œuvre du compactage.
- Effectuer des planches d'essai, ...etc.
- Établir et appliquer les procédures d'urgence en cas de contamination accidentelle (ex.: déversement d'hydrocarbures).

## **VII.2. Phase d'exploitation :**

Pendant l'exploitation et après la fermeture des cellules, on applique un propre plan de gestion environnemental et un programme de suivi environnemental, afin de vérifier la qualité des eaux de surface et souterraines, la qualité de l'air, le niveau du bruit et l'efficacité des systèmes de traitement du lixiviat.

### **VII.2.1. Levé topographique :**

Un levé topographique du site sera effectué périodiquement au moins tous les deux ans. Il sera transmis aux autorités locales chargées du dossier (Commune, Province...) pour information sur l'évolution de la morphologie du site.

### **VII.2.2. Contrôle de la qualité du sol :**

L'étanchéité des ouvrages assure la protection de la qualité de sol vis-à-vis de toute infiltration de contaminants, notamment celle des conduites du système de captage et stockage des lixiviats situées à l'extérieur des zones de dépôt des déchets sera vérifiée fréquemment. Elles devront être soumises annuellement à un essai d'étanchéité conforme à leurs conditions de conception entre un regard à la sortie de la zone d'enfouissement et le bassin de collecte.

### **VII.2.3. Contrôle de la qualité des eaux souterraines :**

Des méthodes de surveillance (essentiellement des prélèvements d'échantillons d'eau) doivent être effectuées au niveau du site et des recommandations pour la mise en place d'un réseau de suivi (piézomètres) et doivent être formulées, notamment sous forme de fiches.

Un réseau typique de surveillance doit inclure :

- Un ou des forage(s) en amont pour déterminer tout changement de qualité initiale de l'eau.
- Des forages latéraux pour suivre les changements de qualité des eaux.
- Un ou des forage(s) localisés immédiatement en aval de la décharge pour être en mesure de détecter immédiatement toute migration de polluants s'il y'en a.
- Suivi en continue des paramètres de la qualité de l'eau souterraine après l'installation de la décharge tel que l'eau ( pH, alcalinité, le fer, le sulfate), pour une suite complète de métaux potentiellement associé aux cendres, il faut établir des analyses pour (aluminium, arsenic, le bore, le baryum, le béryllium, le cadmium, le chrome, le cobalt, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium, le thallium, l'uranium, le vanadium, le zinc). Bien que cette liste semble longue, il est important que le fond des eaux souterraines soit analysé pour une gamme complète de métaux et métalloïdes parce que les caractéristiques des résidus de combustion de charbon qui seront placés dans le casier ne peuvent pas être connues en précision à l'avance.

- Des campagnes d'échantillonnages, d'analyses et de mesure se rapportant aux lixiviats seront programmées selon une fréquence adéquate. Les paramètres recherchés sont : sulfates, chlorures, fluorures et métaux lourds.
- Le sol fait également l'objet d'un suivi

Dans le cadre du suivi, les seuils d'alerte et de déclenchement peuvent être proposés par le bureau d'étude concerné par le cas (Un exemple de seuil d'alerte correspond à la concentration aval supérieure à deux fois la concentration amont, pour le seuil de déclenchement les valeurs).

#### **VII.2.5. Plan de Contrôle de la Qualité de l'air :**

Etablir un système de mesure de la qualité de l'air, à l'aide de capteurs de mesure en continu pour les total des particules en suspension (TPS) et matières particulaires inférieur a 10 microns (MP10) et qui garantit le respect des limites de la qualité de l'air en vigueur, ainsi que des mesure des paramètres météorologiques.

#### **VII.3. Suivi post exploitation :**

En fin d'exploitation, le site fera l'objet d'un suivi portant sur la qualité des eaux et la stabilité des talus. Le plan de surveillance sera maintenu pour la période post-fermeture en conformité avec les exigences juridiques. Au cours de cette période, la surveillance environnementale comprendra notamment :

- Le maintien de l'intégrité du recouvrement final.
- Le contrôle, l'entretien et le nettoyage des systèmes de captage des lixiviats, du système de collecte et des systèmes de puits de contrôles.

## Bilan et synthèse

Dans la mesure où chaque projet de développement suscite des impacts environnementaux, le projet de construction du futur centre d'enfouissement au niveau de la province ne fera pas l'exception. Donc, à l'issue de cette étude, les principaux points forts et points faibles du projet peuvent être synthétisés comme suit :

### VIII.1. Aspects positifs :

**Tableau 18 :** Objectif et aspects positifs de la future décharge

<i>Eléments de l'environnement</i>	<i>Aspects positifs</i>	<i>Objectifs</i>
Air	Réduction des envols par le recouvrement des déchets.	Préservation de la bonne qualité de l'air.
Eau	Collecte et traitement des lixiviats.	Protection des ressources en eau.
Sol	Préservation de la qualité du sol par l'étanchéité des ouvrages de construction de la décharge	Protection du sol qui peut constituer la première source potentiel de diffusion des contaminants apportés par les résidus enfouis.
Paysage	- Recouvrement des déchets - Clôture de la décharge.	Intégration du site au paysage local.
Humain	- Création d'emplois directs liés à l'exploitation de la décharge. - Création d'emplois indirects liés à la sous-traitance (travaux de terrassement, de gardiennage, d'aménagement...)	Création d'activités économiques bénéfique pour la population locale.

### VIII.2. Aspects négatifs :

Suite aux respects des réglementations et des mesures désignées au paragraphe précédent, les aspects négatifs du futur centre d'enfouissement surtout après fermeture seront faibles, à part la nuisance qu'il peut causer au cours la phase d'exploitation, ainsi que sa proximité d'habitations.

### VIII.3. Points délicats à traiter:

- Aménagement d'une nouvelle voie entre la centrale thermique et le centre d'enfouissement.
- Sachant que le site est déjà excavé, lors de la phase d'exploitation, la technique de recouvrement est consommatrice de matériaux inertes, pour cette raison la gestion de la décharge pourra être déléguée à une société privée expérimentée et une recherche de matériaux inertes, extérieurs au site.
- Insertion paysagère raffinée.

## Conclusion et perspective

---

Le projet de mémoire intitulé « Etude d'Impact sur le centre d'enfouissement des cendres de la future centrale thermique de Safi » a été certes, une opportunité pour discerner l'ensemble des aspects liés aux EIE au Maroc, en se penchant sur le cas de gestion sanitaire des déchets solides provenant d'activités industrielles.

De nos jours, la gestion intégrée des déchets solides dans le cadre d'une décharge contrôlée est un processus complexe posant une préoccupation croissante, impliquant ainsi l'incorporation d'une multitude d'informations concernant le déchet et le milieu récepteur.

Dans notre cas, 500.000 tonnes de cendres volantes et mâchefers seront produites suite à la combustion du charbon de la future centrale thermique de Safi. En absence d'un moyen de leur valorisation, l'alternative la plus adéquate pour leur élimination, c'est leur enfouissement sanitaire qui s'impose. Ceci est confirmé par la loi 28-00 relative à la gestion des déchets solides et leur élimination. Sauf que le centre de stockage est souvent victime d'une mauvaise image, ainsi, y vivre à proximité est considéré comme une atteinte grave à la qualité de la vie. Dans cet intérêt, la présente étude d'impact vient dans le but d'intégrer ce projet dans un contexte environnemental.

Cette étude débute par la description de l'état initiale du site d'enfouissement, en caractérisant ces différentes composantes. Cette description est enrichie par l'intégration de l'analyse de différents paramètres du sol et de l'eau souterraine, ces derniers ont révélé une contamination du sol en Bore, dont les terres remaniés ou l'agriculture avoisinante sont suspectés comme origine.

Cette partie s'achève par l'identification et l'évaluation des impacts potentiels de cette décharge sur les différentes composantes de l'environnement. Des mesures d'atténuation sont proposées pour diminuer au maximum ces impacts, tout en préservant le milieu récepteur. Vers la fin, un plan de suivi de surveillance est élaboré pour suivre l'état d'évolution après fermeture et réhabilitation du site.

En conclusion, il ressort après l'identification et l'évaluation des impacts des différentes composantes du projet sur l'environnement, que ceci produira un impact global compatible, maîtrisable à condition que les mesures préventives et correctives soient mises en œuvre ainsi que le programme de surveillance environnementale soit respecté. Pour que notre étude soit plus complète, et à fin de pousser la gestion de ces déchets vers un niveau plus raffiné, on propose de :

- Compléter les analyses du site, précisément le Bore, par des prélèvements d'échantillons à partir des terres avoisinantes à fin de confirmer une des hypothèses proposées et pour adopter des mesures correctives adéquates.
- Après la mise en marche de la future centrale thermique, une caractérisation des cendres basée sur un ensemble d'analyse doit être réalisée à fin de mieux cerner leur gestion.
- La caractérisation des cendres permettra de projeter la composition du lixiviat à générer lors de leur enfouissement et par conséquent la simulation d'un modèle d'interaction de cette eau polluée avec les paramètres chimiques du site en cas de fuite, ainsi que la définition de la voie de traitement la plus sanitaire du lixiviat.

## Références bibliographiques

---

- Adriano D C., Page A. L., Elseewi A. A., Chang A. C., Straughan I., 1980. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: *A Review. Journal of Environmental Quality*, 9: 333-344.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2009. Canadian Soil Quality Guidelines : Selenium. Environmental and Human Health. Scientific Supporting Document. PN 1438 ISBN 978-1-896997-90-2ASTM, 2002a. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. C618-03. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Bok Lee Y., Ha Ho Sung, Lee C. H., Kim P. J., 2008. Coal flyash and phosphor-gypsum mixture as an amendment to improve rice paddy soil fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39 :1041-1055.
- Bulletin officiel n°5118. Du 19 juin 2003. Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement. Dahir n° 1-03-60 du 10 rabii I 1424 (12 mai 2003).
- KLEIN C., 1998. Etude bibliographique internationale sur la valorisation des cendres de LFC en trois volumes : Asie, Europe, Amérique du Nord. Rapport interne EDF.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. 2007. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health: Summary tables. Updated September, 2007. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- Carles-Gibergues A., 1983. Contributions minéralogiques à l'étude des propriétés pouzzolaniques dans les cendres volantes, Thèse de Doctorat de 3ème cycle, INSA UPS Toulouse.
- El Acheb, A., 1993. Etude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine des Doukkala. Thèse de 3ème cycle, Fac. Sc. Semlalia-Marrakech.
- Ayrinhac, A., 2005. Valorisation des cendres volantes de chaudière à lit fluidisé circulant dans la filière du génie civil. Thèse à l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- Gehrs, C.W., Shriner, D.S., and Herbes, S.E., 1979. Environmental health and safety implications of increased coal utilization . In: Elliot, M.A. (ED.) *Chemistry of coal utilization*. Second supplementary volume, 2194-2219.
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 2007 .Vocation agricole des terres de la zone de Safi Rapport et cartes.
- Jarrige A., 1971. Les cendres volantes. Propriétés et applications, Ed Eyrolles, Juris-Classeur Marocain. 18 Juillet 2008. Décret n° 2-07-253 du 14 rejeb 1429 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux. (B.O. n° 5654 du 7 juillet 2008). Catalogue Marocain des Déchets (CMD).
- Kaid Rassou K., 2009. Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia. Thèse de 3ème cycle, Fac. Sc. Semlalia-Marrakech.
- LERM, 2001-2002. Caractérisation d'une cendre calcique LFC en vue d'une valorisation dans la filière cimentière. Rapport interne EDF/TEGG 2002.

- Mesnaoui M A., Hakima A., Mesnaoui M., and Musso J. A., 2011. Characterization and vitrification of fly ashes from incineration of waste of infectious risk cares (wire). *Sustain. Environ. Res.*, 21(3), 195-201.
- Ministère délégué auprès du Ministère de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement, 2013. Directives pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement, pour les projets de : décharge contrôlée, les projets de STEP.
- Normes de l'OMS sur l'eau potable. Mises à jour en 2006.
- EIE-OCP, 2011. Analyse des effets directs et indirects des installations (MAROC PHOSPHORE) – Mesures envisagées pour les réduire.
- Adamiec P., Benezet J.C., Benhassaine A., Relation entre une cendre volante silico-alumineuse et son charbon, Ecole des Mines d'Alès 6.
- Proske, H., Vicko, J., Rosenbaum, M.S., Dorn, M., Culshaw, M., Marker, B., 2005. Special purpose mapping for waste disposal sites, Report of IAEG Commission: engineering geological maps. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 64 (1), 1–54.
- WUST R.A.J., WARD C.R., BUSTIN R. M., HAWKE M. I., 2002. Characterisation and quantification of inorganic constituents of tropical peats and inorganic-rich deposit from Tasek Bera (Peninsular Malaysia) : implications for coal . *International journal of coal geology* 49 (2002), pp215-249 et "Analysis and significance of mineral matter in coal seams". *International journal of coal geology* 50 (2002), pp135-168
- Russel Mezeme MBA, 2008. L'étude d'impact en droit international de l'environnement: sa mise en oeuvre dans les projets de développement au Gabon. Université de Limoges.
- S. Bouasria , O. Sadki, L. Benaabidate, H. Oummaggard and N. Hamoumi, 2007. Geochemistry of heavy metals in the Moroccan Atlantic Coastline (Area of Safi City). Vol 13:73-92
- Souhel A. et El Achheb A., 2000. Cadre géologique des principaux aquifères de la plaine des Doukkala. Actes de la 2ème session de l'Université de Printemps des Doukkala Abda, Pub. Univ. Chouaib Doukkali-El Jadida, n° 3, pp. 71-73.
- Stanislav V. Vassileva, Christina G. Vassilevaa, Ali I. Karayigitb, Yilmaz Bulutb, Andres Alastueyc, Xavier Querolc. 2005. Phase–mineral and chemical composition of composite samples from feed coals, bottom ashes and fly ashes at the Soma power station, Turkey. *International Journal Of Coal Geology* 61, 1-2.
- Sudhir.K et al. 2006. Effect of flyash incorporation on soil properties and productivity of crops. A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*. Vol. 65, May 2006, pp. 383-390.
- Venuat M.,1981. « Les cendres volantes », *Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles* 86,
- Woolley G. R., Goumans, J. J. J. M. & Wainwright, P. J. (Ed(s))., 2000. *Waste Materials in Construction: The Science and Engineering of Recycling for Environmental Protection*, Pergamon/Elsevier, ISBN 0-08-043790-7, Amsterdam.
- OULAAROSS Z., 2009. Etude climatologique, hydrogéologique et géophysique du Sahel Côtier des Doukkala (Maroc). Apport de l'analyse statistique et de l'inversion des données géoélectriques à l'étude du biseau salé de la lagune de Sidi Moussa. Thèse à L'universite Chouaib Doukkali Ufr Environnement, Amenagement Et Gestion Intergree Des Espaces Littoraux