



Année Universitaire : 2020-2021



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Contribution à l' étude de l'impact de la décharge de la commune de
Laatatra (Province d'El Jadida) sur la qualité des eaux souterraines**

Présenté par:

Fatima Ezzahra AFRI

Encadré par:

Pr. BENAABIDATE Lahcen, FST- Fès

Pr. EL KRATI Mohammed, FS – El Jadida

Soutenu Le 10 Juillet 2021, devant le jury composé de :

Pr. RAIS Naoual

Pr. EL GAROUANI Abdelkader

Pr. BENAABIDATE Lahcen

Pr. BENABDELHADI Mohammed

Stage effectué à : FS, El Jadida





Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

AFRI Fatima Ezzahra

Année Universitaire : 2020/2021

Titre : Contribution à l'étude d'impact des activités entropiques sur la nappe phréatique de Doukkala : Cas des eaux souterraines avoisinants la décharge publique de la commune rurale L'AATATRA

Résumé

Laatatra est une commune rurale dans la région de Doukkala. Les activités agricoles et la présence d'une décharge non contrôlée dans la commune constituent une menace de pollution pour les eaux souterraines.

L'objectif principal de ce travail est la contribution à l'étude d'impact des activités anthropiques notamment de la décharge non contrôlée de la commune de Laatatra sur l'état de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique dans la zone, en se basant essentiellement sur la caractérisation physico-chimique de ces eaux souterraines. Dans certains points situés à proximité des agglomérations ou des champs à activité agricole, illustrent bien l'effet de l'action anthropique sur la dégradation de la qualité des eaux. Cette contamination pourrait avoir plusieurs origines dont les plus importantes sont liées à la mauvaise gestion des déchets ménagers et au déversement directement des eaux usées urbaines dans le milieu naturel, sans aucun traitement préalable vu l'absence d'une station d'épuration dans la région, ainsi que l'utilisation excessive des engrais chimiques et des produits phytosanitaires dans les activités agricoles.

Les résultats obtenus pour les eaux souterraines ont montré que les concentrations en éléments analysés restent faibles et généralement dans les normes, mais l'impact de la décharge et des activités agricoles sur les eaux souterraines n'est pas exclu. Des suivis analytiques périodiques s'imposent pour quantifier l'évolution de la qualité de ces eaux et mieux appréhender l'impact des activités anthropiques sur la nappe phréatique.

Mots clés : Eaux souterraines, décharge non contrôlée, déchets ménagers, contamination, paramètres physico-chimiques, compostage, Laatatra.

Dédicace

A

Mes Parents et Ma Famille

Les mots semblent parfois si dénués de sens qu'il est difficile de trouver l'expression qui puisse traduire mon amour, mon attachement, et ma reconnaissance pour tous les efforts que vous consentiez à mon égard.

Ce travail n'aurait pu prendre de forme sans votre soutien inconditionnel conjugué à l'affection dont vous cessé de m'entourer.

Puisse dieu accorder sainte miséricorde, santé et longue vie.

Mes enseignants

Pour votre soutien considérable et pour l'encouragement et les conseils que n'avez jamais cessé de prodiguer.

Tous mes amies (s)

Pour votre disponibilité et votre concours à mon succès.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude avant tout à dieu qui m'a aidé et donné le Courage pour mener à bien ce modeste travail.

*Je tiens d'abord à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements de reconnaissance aux **Pr. BENAABIDATE Lahcen** de la faculté des Sciences et techniques Fès et **Pr. EL KRATI Mohammed** de la faculté des Sciences d'El Jadida, département de chimie, qui ont suivi ce travail dans tous ces détails avec une rigueur scientifique exceptionnelle, ce qui m'a donné le courage pour poursuivre la réalisation de ce projet. Je tiens à les remercier pour leur encadrement exceptionnel, leurs conseils, leurs critiques et leur soutien en mobilisant tous les moyens possibles pour la réalisation de ce travail. Merci pour leur grande chaleur humaine et pour leur disponibilité.*

*Je tiens à remercier également Monsieur **Sofiane TAHIRI** professeur à la Faculté des Sciences et membre du Laboratoire de l'Eau et de l'Environnement pour ses consignes et ses remarques scientifiques et pour sa gentillesse.*

*Je voudrai remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail. J'apprécie très vivement l'aide et le soutien de la doctorante **ILHAM CHENNAK** qui traite ce sujet en thèse ; et qui a bien voulu mettre à ma disposition les données nécessaires pour l'élaboration de ce travail. Je le remercie également de ses qualités humaines et de sa disponibilité.*

*Je remercie Doctorant(e) **SISOUANE Mohammed** et **ZINEB NARIBI** pour leurs aides et leurs conseils enrichissants.*

Mes remerciements vont à tous les enseignants du département de géo ressources de FST Fès.

Je tiens à remercier tous les amis et les collègues qui m'ont aidé et encouragé pour réaliser ce travail. Enfin à tous ceux qui m'ont aidé de proche au de loin.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
<u>Chapitre I : Synthèse Bibliographique</u>	
I. Généralités sur les eaux souterraines au Maroc.....	3
I.1. Réglementation Marocaine pour la protection de l'environnement et ses composantes....	4
I.2. Ressources nationales en eaux souterraines.....	5
I.3. Pollution des ressources hydriques.....	5
I.3.1. Pollution de l'eau	5
I.3.2. Sources de pollution	5
II. Déchets solides et Décharges.....	5
II.1. Définition législative des déchets solides.....	5
II.2. Classification des déchets solides.....	6
II.3. Modes de gestion des déchets solides.....	6
II.4. Différents types de décharge.....	7
II.5. Lixiviats de la décharge publique	7
II.5.1. Définition des lixiviats	7
II.5.2. Composition des lixiviats	8
II.5.3. Types de lixiviats.....	8
<u>Chapitre II : Matériels et méthodes</u>	
II.1. Présentation du milieu d'étude : Commune rurale Laatatra.....	9
II.1.1. Identification de la commune.....	9
II.1.2. Superficie.....	10
II.1.3. Délimitation	10
II.1.4. Population	10
II.1.5. Climat	10
II.1.6. Type de sol.....	10
II.1.7. Occupation des terres	11
II.1.8. Eau potable.....	11
II.1.9. Réseau routier.....	11
II.1.10. Electricité.....	11
II.1.11. Agriculture	11
II.2. Echantillonnage et méthodes d'analyses des eaux.....	12
II.2.1. Echantillonnage des eaux souterraines	12
II.2.1.2. Méthodes d'analyse des eaux.....	12
II.2.1.2. Méthodes d'analyse des eaux	12
II.3. Description de la décharge non contrôlée de Laatatra.....	14
II.3. Caractéristiques physico-chimiques.....	14
II.3.1. Température.....	16

II.3.2. Ph.....	16
II.3.3. Conductivité électrique.....	16
II.3.4. Chlorures (Cl ⁻).....	16
II.3.5. Orthophosphates (PO ₄ ³⁻).....	16
II.3.6. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	17
II.3.7. Nitrites (NO ₂ ⁻)	17
II.3.8. Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	17
II.3.9 Dosage de la dureté total TH.....	17
II.3.10 Dosage de calcium (Ca ²⁺).....	17
II.3.11 Mesure de magnésium (Mg ²⁺).....	17
II.3.12 Dosage des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	17
II.3.13 Oxydabilité au KMnO ₄ : Indice de permanganate.....	18

Chapitre III. Résultats et discussions

III.1.Introduction.....	19
III.2.Nature et qualité physicochimique des lixiviats de la décharge.....	19
III. 3.Evaluation des paramètres physicochimiques des eaux souterraines de Laatra.....	21
III. 3.1.pH	22
III.3.2.Conductivité électrique et salinité.....	23
III.3.3.Chlorure (Cl ⁻).....	24
III.3.4. Ammonium (NH ₄ ⁺).....	25
III.3.5. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	26
III.3.6. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	27
III.3.7. Matières organiques: Indice de Permanganate (IP).....	28
III.3.8. Orthophosphates (PO ₄ ³⁻).....	29
III.3.9. Dureté totale (TH).....	29
III.3.10. Calcium « Ca ²⁺ » et Magnésium « Mg ²⁺ ».....	30
III.3.11. Sulfates	31
III.4. Les Carte d'iso-concentrations	32
Conclusion	39
CONCLUSION GENERALE	41
Références bibliographiques.....	42

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

C% : Carbone organique

C/N : Rapport Carbone sur Azote

Ca²⁺ : Calcium

CE : Conductivité Électrique

Cl⁻ : Chlorure

CO₂ : Dioxyde de Carbone

EDTA : Ethylenediaminetetraacetic

IP : Indice de Permanganate

K₂Cr₂O₇ : Dichromate de Potassium

KMnO₄ : Permanganate de Potassium

LEE : Laboratoire de L'Eau et de L'Environnement

Mg²⁺:Magnesium

NH₃: Ammoniac

NH₄: Ammonium

NO₂⁻: Nitrites

NO₃⁻ : Nitrates

OM : Ordures ménagères

OMS : Organisation Mondial de la Santé

ONEP : Office National de l'Eau Potable

PH : Potentiel Hydrogène

PNDM : Plan National des Déchets Ménagers

PO₄³⁻:Orthophosphates

T° : Température

TH : Dureté Total

Liste des figures

- Figure 1 : Présentation de site d'étude Laatatra « SIDI BENNOUR »
Figure 2 : Photos montrant l'échantillonnage d'eau souterraine et les analyses réalisées
Figure 3 : les déchets de la décharge non contrôlée de Laatatra
Figure 4 : Evolution temporelle du PH aux mois Mai et Juin
Figure 5 : Evolution temporelle du CE aux mois Mai et Juin
Figure 6 : Evolution temporelle de la salinité aux mois mai et juin
Figure 7 : Evolution temporelle du chlorure aux mois Mai et Juin
Figure 8 : Evolution temporelle de l'azote ammoniacal aux mois Mai et Juin
Figure 9 : Evolution temporelle des nitrates aux mois Mai et Juin
Figure 10: Evolution temporelle de nitrites aux mois Mai et Juin
Figure 11: Evolution temporelle de l'indice du permanganate aux mois Mai et Juin
Figure 12 : Evolution temporelle des orthophosphates aux mois Mai et Juin
Figure 13 : Evolution temporelle de la dureté totale aux mois Mai et Juin
Figure 14 : Evolution temporelle du calcium aux mois mai et juin
Figure 15 : Evolution temporelle du magnésium aux mois Mai et Juin
Figure 16 : Evolution temporelle des Sulfates aux mois Mai et Juin
Figure 17 : Distribution spatiales de Ph, TDS, CE et la salinité.
Figure 18 : Distribution spatiale Cl^- , Mg^{2+} , TH et Ca^{2+}
Figure 19 : Distribution spatiale de NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- et NO_2^-
Figure 20 : Distribution spatiale du sulfates et IP.

Liste des tableaux

- Tableau I.1 : Lois nationales et leurs domaines d'application.
Tableau III.1 : Paramètres physico-chimiques analysés du lixiviat de la décharge.
Tableau III.2 : L Tableau III.3 : Classification des eaux d'après leur PH.es normes de potabilisation d'eau
Tableau III.4.1 : Les valeurs des paramètres physicochimiques pour Mois Mai des eaux souterraines de 11 Puits
Tableau III.4.2 : Les valeurs des paramètres physicochimiques pour Mois Juin des eaux souterraines de 11 Puits
Tableau III.4.3 : Classification de la qualité globale des eaux souterraines de l'agence des bassins hydrauliques

Résumé

Laatatra est une commune rurale dans la région de Doukkala. Les activités agricoles et la présence d'une décharge non contrôlée dans la commune constituent une menace de pollution pour les eaux souterraines.

L'objectif principal de ce travail est la contribution à l'étude d'impact des activités anthropiques notamment de la décharge non contrôlée de la commune de Laatatra sur l'état de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique dans la zone, en se basant essentiellement sur la caractérisation physico-chimique de ces eaux souterraines. Dans certains points situés à proximité des agglomérations ou des champs à activité agricole, illustrent bien l'effet de l'action anthropique sur la dégradation de la qualité des eaux. Cette contamination pourrait avoir plusieurs origines dont les plus importantes sont liées à la mauvaise gestion des déchets ménagers et au déversement directement des eaux usées urbaines dans le milieu naturel, sans aucun traitement préalable vu l'absence d'une station d'épuration dans la région, ainsi que l'utilisation excessive des engrais chimiques et des produits phytosanitaires dans les activités agricoles.

Les résultats obtenus pour les eaux souterraines ont montré que les concentrations en éléments analysés restent faibles et généralement dans les normes, mais l'impact de la décharge et des activités agricoles sur les eaux souterraines n'est pas exclu. Des suivis analytiques périodiques s'imposent pour quantifier l'évolution de la qualité de ces eaux et mieux appréhender l'impact des activités anthropiques sur la nappe phréatique.

Mots clés : Eaux souterraines, décharge non contrôlée, déchets ménagers, contamination, paramètres physico-chimiques, compostage, Laatatra.

INTRODUCTION GENERALE

Le développement des activités anthropiques concourt inéluctablement à l'augmentation de la production des déchets qui ont des impacts néfastes sur la santé humaine et animale et sur les ressources en eaux et sols. Le traitement de ces déchets et leur élimination deviennent impératifs.

Bien que le taux de collecte soit en accroissement significatif atteignant près de 70% dans plusieurs localités du Maroc, les déchets collectés sont déposés dans des décharges sauvages ce qui génère des nuisances du point de vue hygiénique et environnemental. Dans les milieux ruraux, les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (GUERGAZI et al. 2005).

Au niveau du centre rural de Laaatra, les eaux souterraines sont utilisées comme source d'approvisionnement en eau potable pour la population locale, pour l'abreuvement des animaux et pour l'irrigation des champs agricoles. Les activités agricoles et la présence d'une décharge non contrôlée dans le centre constituent une menace de pollution pour ces eaux. Par ailleurs, l'état d'assainissement liquide dans ce centre est caractérisé par l'absence d'un réseau d'assainissement collectif et une station d'épuration des eaux usées, ce qui engendre une menace pour ce milieu récepteur. Le présent travail s'insère dans un objectif global d'étude de l'état environnemental de la commune rurale Laaatra, ce travail est mené dans le cadre d'une thèse en collaboration entre le Laboratoire de l'Eau et de l'Environnement « LEE » de la faculté des sciences d'El Jadida et le Laboratoire de la Santé et de l'Environnement de la faculté des sciences Ain Chock de Casablanca. L'objectif spécifique de notre étude est l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la commune, à proximité de la décharge et sous l'action des activités agricoles intenses.

Ce travail s'articule en trois parties :

La première partie décrit une synthèse bibliographique sur l'impact des activités anthropiques sur la qualité des ressources hydriques, elle présente aussi la caractérisation des déchets, les décharges et la zone d'étude de point de vue géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et climatologique. Cette partie permet de dégager les paramètres à prendre

en compte dans l'évaluation de la pollution des eaux souterraines et la gestion des déchets ménagers.

La deuxième partie expose les matériels et méthodes utilisés. Elle détaille la technique de l'échantillonnage et les méthodes d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines.

La troisième partie englobe les résultats obtenus et les discussions.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I. Généralités sur les eaux souterraines au Maroc

I.1. Réglementation Marocaine pour la protection de l'environnement et ses composantes

Le droit de tout citoyen à un environnement sain et équilibré implique l'obligation de protéger l'équilibre écologique, de mettre en valeur et restaurer l'environnement. Cela implique la protection du milieu naturel et l'ensemble de ses composantes : l'air, les sols, les eaux souterraines et superficielles, la biodiversité (Conseil économiques, social et environnemental, 2013).

La législation marocaine en matière de protection de l'environnement et ses composantes, remonte au début du XX^{ème} siècle, à travers de l'enrichissement du domaine juridique national par des dahirs et la ratification des conventions internationales portant sur la protection de l'environnement. Durant ces dernières décennies, le Maroc a modernisé sa politique environnementale par la promulgation de nombreuses lois et l'adoption des décrets et arrêtés conjoints pour leur mise en application.

Au Maroc, les textes législatifs et réglementaire relatifs à l'environnement et ses composantes ont deux origines : le secrétariat chargé de l'environnement et les autres départements ministériels en relation avec l'environnement. Depuis la création du premier ministère de l'environnement en 1995, on compte de nombreuses lois et décrets d'application pour la protection de l'environnement et ses composantes. Les principales lois nationales et leurs domaines d'application sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau I.1 : Lois nationales et leurs domaines d'application.

Lois	Intitulé de la loi	Dahir et date de promulgation
Loi n° 11-03	Protection et mise en valeur de l'environnement	Promulguée par le Dahir n° 1-03-59 du 10 Rabii I 1424 (12 Mai 2003).
Loi n° 12-03	Etude d'impact sur l'environnement	Promulguée par le Dahir n° 1-03-06 du 10 Rabii I 1424 (12 Mai 2003).

Loi n° 13-03	Lutte contre la pollution atmosphérique	Promulguée par le Dahir n° 1-03-61 du 10 Rabii I 1424 (12 Mai 2003).
Loi n° 28-00	Gestion des déchets et leur élimination	Promulguée par le Dahir n° 1-06-153 du 22 Novembre 2006
Loi n° 36-15	Eau	Promulguée par le Dahir n° 1-16-113 du 06 du Kaada 1437 (06 octobre 2016).
Dahir 1-69-170	Défense et la restauration des sols	Dahir 1-69-170 du 10 Joumada I 1389 (25 juillet 1969).
Loi n° 81-12	Littoral	Promulguée par le Dahir n° 1-15-87 du 29 Ramadan 1436 (16 juillet 2015).
Loi n° 99-12	Charte nationale de l'environnement et du développement durable	Promulguée par le Dahir n° 1-14-09 du 04 Joumada I 1435 (06 Mars 2014).

I.2. Ressources nationales en eaux souterraines

Au Maroc, les eaux souterraines constituent une part très importante du patrimoine hydraulique du fait de sa constitution géologique (Ben Aakame, 2015). Les données 2006 sur les ressources en eau et bassins versants du Maroc révèlent l'existence de 32 nappes profondes et plus de 48 nappes superficielles. Le total en ressources hydriques nationales comprend 6 milliards mètre cube eaux souterraines et 22,5 milliards mètre cube d'eaux superficielles (Rapport National sur les ressources en eau au Maroc, 2004).

Les eaux souterraines nationales ont un caractère stratégique et jouent un rôle très important dans le développement socioéconomique. Elles constituent la source d'approvisionnement en eau potable de 90% de la population rurale et irriguent près de 40% de la superficie total irriguée de Royaume, de même qu'elles contribuent à plus de 50% de la valeur économique de l'ensemble des superficies irriguées (41^{ème} Congrès de l'association Internationale des Hydrogéologues., 20014). De plus, elles présentent plusieurs avantages, dont une qualité meilleure, un accès libre et facile, une bonne régularité et des coûts faibles aussi bien d'investissements que d'exploitation.

I.3. Pollution des ressources hydriques

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant aux polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou de se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau.

I.3.1. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la biodiversité terrestre et aquatique.

I.3.2. Sources de pollution

Les 3 principales sources de pollution sont:

- Les rejets urbains et domestiques résultant de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages, des activités domestiques, artisanales et tertiaires ainsi que du ruissellement des eaux pluviales dans les zones urbaines et de l'implantation des décharges non contrôlées.
- Les rejets industriels résultant de l'extraction ou de la transformation de matières premières, et de toutes les formes d'activités de production.
- Les rejets agricoles résultant de la percolation des eaux de pluie dans les sols et de son ruissellement, de l'épandage de produits chimiques sur les sols, des activités agricoles et des élevages.

II. Déchets solides et Décharges

II.1. Définition législative des déchets solides

Selon la loi 28.00 relative à la gestion des déchets et leur élimination, un déchet est tout résidu résultant d'un processus d'extraction, exploitation, transformation, production, consommation, utilisation, contrôle ou filtration et d'une manière générale, tout objet et

matière abandonnée ou que Le détenteur doit éliminer pour ne pas porter atteinte à la santé, à la salubrité publique et l'environnement.

II.2. Classification des déchets solides

La loi 28-00, différencie les déchets selon leurs natures et dangers ainsi que leurs lieux de Production. On cite :

- ❖ **Déchets urbains** : Ils correspondent aux déchets dont l'élimination est prise en charge par les communes et les collectivités locales, il regroupe les déchets ménagers Produits par l'activité domestique des ménagers et les déchets provenant des activités économiques, commerciales ou artisanales et qui par leur nature, leur composition et leurs caractéristiques, sont similaires aux déchets ménagers.
- ❖ **Déchets industriels** : tout déchet résultant d'une activité industrielle agroindustrielle, Artisanale ou d'une activité similaire, regroupent les déchets industriels banal(DIB) qui sont des déchets non dangereux, non inertes et non toxiques, assimilables aux ordures ménagères et les déchets industriels spéciaux (DIS) contiennent des éléments nocifs ou dangereux pour l'homme et son environnement.
- ❖ **Les déchets hospitaliers** : Ce sont les déchets qui proviennent des hôpitaux, cliniques, dispensaires, services vétérinaires, laboratoires biologiques... Nous pouvons distinguer trois types de déchets hospitaliers : déchets domestiques, déchets spécifiques assimilables aux ordures ménagères « OM » et déchets à risque (contamination possible).
- ❖ **Déchets agricoles** : Ce sont des déchets provenant de l'agriculture, de la sylviculture, de l'élevage, de l'exploitation forestière et de la pêche. On distingue les déchets organiques (résidus de récolte, déjections animales), des déchets spéciaux (les produits phytosanitaires non utilisés et les emballages vides de produits phytosanitaires)
- ❖ **Déchets toxiques en quantité dispersée (D.T.Q.D.)** : Il s'agit des déchets toxiques produits en petites quantités par les particuliers, les artisans, les industries, les laboratoires et les agriculteurs.

II.3. Modes de gestion des déchets solides

La gestion des déchets solides est devenue un enjeu d'avenir pour les pays en développement. L'évolution des modes de vie, de production et de consommation et la prolifération des quartiers périphériques ont entraîné une croissance importante du volume de déchets solides.

La gestion des déchets de toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final. C'est l'ensemble des opérations comprenant la collecte, le transport, la valorisation, le stockage et le traitement nécessaires à la récupération des matériaux utiles ou de l'énergie, à leur recyclage, ou tout dépôt ou rejet sur les endroits appropriés de tout autre produit dans des conditions à éviter les nuisances et la dégradation de l'environnement (Affoladé, L2017). Pour cela, diverses techniques de traitement existent, dont les principales sont : la mise en décharge contrôlée, l'incinération, le compostage, les collectes sélectives à la source et le recyclage dans les décharges (Souidi et chrifi, 2008).

II.4. Différents types de décharge

Nous pouvons distinguer deux grands types de décharge : décharges contrôlées et décharges non contrôlées. (TOURSI, M 2016)

- **Décharges contrôlées** : Généralement, elles peuvent être classées en cinq grandes familles de mise en décharge dont la décharge contrôlée traditionnelle, la décharge contrôlée compactée, la décharge aérobie, la décharge d'ordures broyées et la décharge en balles.
- **Décharges non contrôlées** : Elles sont très répandues dans les pays du tiers monde. Elles consistent à mettre les déchets sans aucun traitement préalable dans des dépotoirs n'ayant subi aucune étude appropriée du site ni analyse environnementale et les déchets sont mélangés sans tri. Ce sont généralement les anciennes carrières qui sont exploitées comme décharges sauvages.

II.5 Lixiviats de la décharge publique

II.5.1. Définition des lixiviats

Le lixiviat représente la fraction liquide qui provient de la percolation de l'eau à travers les déchets qui y sont déposés. Ce « jus de décharge » résulte donc de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets (Trabelsi S, 2002) Plus communément, les lixiviats proviennent de l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement en substances minérales et organiques dissoutes ou en suspension.

II.5.2. Composition des lixiviats

Le lixiviat est un effluent complexe dont la composition est variée en fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, la technique d'exploitation, les conditions climatiques et la topographie du site (Y. JIROU, M., 2014). Leur charge polluante est souvent importante. Malgré sa complexité, les lixiviats relèvent classiquement quatre groupes de polluants. (Matejka G, R., 2008) La matière organique dissoute ou en suspension, issue de la biomasse (les AGV, les substances humiques et fulviques...)

- La matière organique dissoute ou en suspension, issue de la biomasse (les AGV, les substances humiques et fulviques...);
- Les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...);
- Les composés minéraux majeurs : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} ;
- Les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...) à l'état de traces.

II.5.3. Types de lixiviats

Trois types de lixiviats ont été distingués :

- **Lixiviats jeunes (< 5 ans)**

Ces lixiviats sont constitués principalement par des acides gras volatiles, ils ont une charge organique élevée biodégradable, suite à leur pH qui est relativement bas (< 6,5) ils peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g/l) (Institut de Veille S., 2004)

- **Lixiviats intermédiaires**

Ces lixiviats sont caractérisés par un pH voisin de la neutralité, une charge en métaux qui est négligeable et une faible charge organique qui est due à l'émergence des composés de hauts poids moléculaires, en effet au fur et à mesure que la décharge vieillit les déchets se stabilisent.

- **Lixiviats stabilisés (> 10 ans)**

Ces derniers sont caractérisés par une charge organique très faible et par la présence des composés de hauts poids moléculaire tel que les acides fulviques et humiques. Ils correspondent à la phase de maturation de la décharge (Kulikowska D., 2008).

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Présentation du milieu d'étude : Commune rurale Laatatra

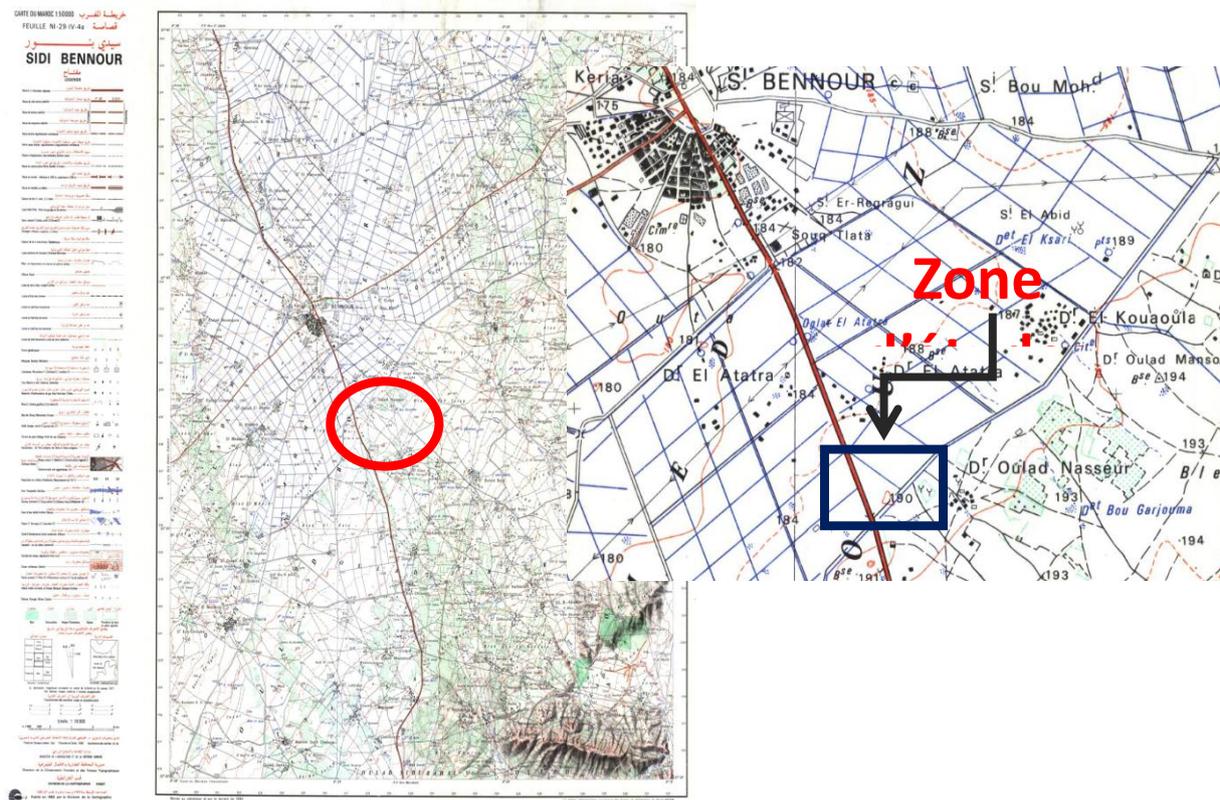


Figure 9 : Présentation de site d'étude Laatatra « SIDI BENNOUR »

II.1.1. Identification de la commune

La commune de Laatatra suit caïdats de Bouhmame dont son Chef-lieu est la ville de Sidi Bennour, sa distance du chef-lieu par rapport au :

- Chef lieu caïdat : 3km
- Chef lieu cercle : 2,5km
- Chef lieu Province : 2,5km

II.1.2. Superficie

La commune de Laatra se caractérise par une superficie de 128Km², subdivisée en 27 douars.

II.1. 3. Délimitation

- **Nord** : C. lamchrek – C oules si bouyahia
- **Sud** : C. MATRANE
- **Ouest** : C. BOUHAME – C SIDI BENNOUR

II.1.4. Population

La commune caractérisée par une population de 17593 selon les statistiques du 2014, sa densité de la population (hab/km²) est 151.58.

II.1. 5. Climat

Laatra est situé dans une zone à caractère climatique méditerranéen semi-aride à hiver tempéré doux et a été généralement chaud et sec, avec moyenne des précipitations annuelles de 275 mm environ et un minimum de 225mm et un maximum de 325mm.

La température moyenne du centre est de l'ordre de 20-25°C, les températures minimums correspondent à 5 à 7 °C et maximum de 45 à 47 °C.

II.1.6. Type de sol

Types du sol	Hamri	Tirs	Rmel	Faid ou hrech	Total
Superficie en Ha	2644.12	7767.08	3603.57	4984.37	18999.14
%	13.9	40.9	19	26.2	100%

II.1.7. Occupation des terres

	Bour	Irrigué (GH)	Forêt	Parcours	Inculte	Total
Ha	9100	9599.14	0	200	100	18999.14
%	48	51	0	1	1	100

II.1.8.Eau potable

La commune de Laatatra, connue par pas un réseau alimentaire en eau potable sachant qu'il existe une couverture de la population très élevé est enregistré dans la commune les autres sources exploitées en trouve que les puits.

II.1.9. Réseau routier

NAUTRE	Longueur Revêtue (en km)	Longueur à l'état De piste (en km)	% de couverture Des besoins	Etat
Route Nationales	12	-	-	Bon
Route Régionales	19.5	-	-	Moyen
Routes Provinciales	25.7	-	-	Moyen
Pistes Rurales	109.70	-	-	Moyen

II.1.10.Electricité

L'Office National de l'Electricité « ONE » gère l'ensemble du réseau électrique de la commune, avec un taux de branchement à 90%, et une moyenne qualité de service, raccordement au réseau à 90%, dont nombre de douars desservis 27, et 3222 foyers desservis.

II.1.11. Agriculture

On trouve dans la commune de Laatatra l'agriculture en bour et en irriguée :

- L'agriculture en bour composée par une superficie s'étend à 9,373 Ha.
- La superficie de l'agriculture en irriguée est de 162 Ha, les méthodes d'irrigation sont

l'irrigation par pompage à moteur, l'irrigation par gravitation et l'irrigation par goutte-à-goutte.

Les eaux d'irrigation proviennent du Barrage de l'oued oum errbiaa, des puits, des lacs (Ouarar et Fretouaw).

Les principales activités agricoles sont les céréalicultures, les cultures maraichères et les cultures industrielles (Betterave-à-sucre). (**COMMUNE RURALE DE LATATRA, Sept 2015**).

II.2 Echantillonnage et méthodes d'analyses des eaux

Les eaux souterraines dans le centre rural de Laatatra constituées

II.2.1 Echantillonnage des eaux souterraines

Les prélèvements des eaux souterraines ont été effectués au niveau des puits situés autour de la décharge non contrôlée de **Laatatra** avec un suivi mensuel, du mois mai 2021 jusqu'au mois Juin 2021. Les points de prélèvements ont été choisis selon leur disponibilité et de manière à avoir une image d'ensemble de l'impact de la décharge non contrôlée située au niveau de la zone sur l'environnement et surtout sur la qualité des eaux souterraines. Nous avons effectué au total 11 prélèvements pour l'analyse physico-chimique des eaux de la nappe phréatique de la zone. Ces puits sont destinés généralement à l'irrigation des cultures maraichères, à l'abreuvement du cheptel et à l'alimentation en eau potable de la population rurale.

II.2.1.2 Méthodes d'analyse des eaux

Les échantillons d'eau des puits sont prélevés dans des flacons de 1.5 litre, Ces flacons sont préalablement lavés. Lors d'échantillonnage et avant chaque prélèvement les flacons sont lavés trois fois par l'eau à prélever et remplies complètement, puis fermées hermétiquement afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Les échantillons sont placés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire pour l'analyse dans les 24 heures qui suivent le prélèvement. Les paramètres de la Température, le pH et la Conductivité électrique sont mesurés sur terrain, alors que les autres sont analysés au Laboratoire de L'eau et de L'environnement « LEE » au département de chimie à la Faculté des Sciences d'El Jadida selon les normes AFNOR pour les eaux (Normes AFNOR., 1989).

La caractérisation physicochimique des eaux souterraines implique l'analyse des paramètres de pollution à savoir les Chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄⁻) la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), Indice de permanganate,

Orthophosphates (PO_4^{3-}), Ammonium (NH_4^+), Nitrites (NO_2^-), Nitrates (NO_3^-), Dureté totale (TH), Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}).



Figure 8 : Photos montrant l'échantillonnage d'eau souterraine et les analyses réalisées

II.3. Description de la décharge non contrôlée de Laatatra

La décharge non contrôlée de Laatatra a été créée en 1987 sous le titre foncier n° 3053 sur une superficie de 71309 m². Elle est clôturée par un mûr de 1100m de longueur et 2.5m d'hauteur. Géographiquement, cette décharge fait partie de la zone rurale du territoire de la commune de Laatatra tout près de la zone urbanisée à 5 Km environ. L'aire environnant du site de la décharge est occupé au Sud par l'habitat du village, au Nord et Ouest par des champs agricoles.

Le diagnostic des déchets sur terrain montre la richesse de ces déchets par la matière organique qui peut aller jusqu'à 80% avec un taux d'humidité très élevé. La production journalière des déchets au niveau de la décharge est d'environ 50 à 60 tonnes par jour de la période hivernale au période estival. La figure 10 présente des photos de la décharge non contrôlée de Laatatra en mai 2021.

Les conditions d'exploitations du site sont les suivantes :

- ❖ Les déchets sont déposés sans contrôle approprié : couverture du sol, compactage des déchets, ect. En plus aucun engin d'enfouissement n'est utilisé sur le site.
- ❖ Tout genre de déchets ménagers, industriels ou hospitaliers (contenant éventuellement des déchets toxiques ou infectieux), est accepté dans le site.
- ❖ Absence de la route d'accès aux différents points du site, l'accès est limité en cas de fortes pluies.
- ❖ Le tri manuel se fait sans la moindre sécurité.
- ❖ Les animaux se font pâturer sans contrôle.
- ❖ La proximité de la décharge de l'agglomération urbaine et du canal d'irrigation.



Figure 10 : les déchets de la décharge non contrôlée de Laatra

II.3. Caractéristiques physico-chimiques

La caractérisation physico-chimique des échantillons liquides sera réalisée par la mesure de différents paramètres, à savoir :

II.3.1. Température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique : plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue.

La température a été mesurée directement après chaque prélèvement à l'aide d'un thermomètre (-10 -100 °C). ((AFNOR NF T 90-100, Thermométrie).

II.3.2. pH

Le potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes dans les échantillons liquides, plus couramment le pH mesure l'acidité ou la basicité échantillons liquides. La mesure du pH est réalisée par un pH-mètre (AFNOR NF T 90-008, Electromètre).

II.3.3. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation des échantillons liquides où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre et exprimée en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. (AFNOR NF T 90-031, Electromètre).

II.3.4. Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. (AFNOR NF T90-014, Méthode de Moher).

II.3.5. Orthophosphates (PO₄³⁻)

En milieu acide les orthophosphates forment avec les molybdates d'ammonium et le tartrate double de sodium et de potassium, un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide

ascorbique et qui développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 880 nm. (AFNORNF T90-023, Spectrométrie).

II.3.6. Nitrates (NO₃⁻)

La méthode AFNOR (T90-012) a permis de doser les nitrates. En présence du salicylate de sodium, les nitrates réagissent et donnent du paranitrosalicylate de sodium de couleur jaunâtre. L'absorbance de la solution obtenue est mesurée par colorimétrie à la longueur d'onde de 415 nm.

Dans notre étude, nous avons analysé les sulfates, les nitrites et les nitrates à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visibletype V-1200 après étalonnage.

II.3.7. Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites sont déterminés selon la norme AFNOR NT F 90-13. Le principe de la méthode est basé sur la base diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en présence de dichlorure de N-1(naphtyl) éthylène diamine. La mesure colorimétrique est faite à une longueur d'onde de 537 nm.

II.3.8. Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Le NH₄⁺ est la molécule d'ammoniac (NH₃) ionisé, elle est exprimée en mg/L. Il se retrouve initialement dans le compost (pH faible). L'origine est essentiellement urinaire dans les eaux usées. En effet l'urée s'hydrolyse rapidement en carbonate d'ammonium dans les réseaux d'assainissement. Il est mesuré selon la norme AFNOR, 1975 (NF T90-015) par la méthode colorimétrique au réactif de Nessler et tartrate double de potassium et de sodium. La mesure colorimétrique est réalisée à une longueur d'onde de 420 nm.

II.3.9 Dosage de la dureté total TH

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'acide éthylène. La disparition des dernières traces d'éléments à doser est décelée par le virage d'indicateur spécifique en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation de Mg, Cette méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. La complexation des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ se fait selon l'équation :



La mesure de la dureté se fait par une réaction de complexation entre les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et une substance d'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) en présence de noir d'Eriochrome est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale (AFNOR NF T90-003).

II.3.10 Dosage de calcium (Ca^{2+})

Le principe du dosage est de complexer les ions calcium avec l'EDTA (acide éthylène diamine tétraacétique). On utilise comme indicateur coloré « le calcon » qui forme un complexe violet avec le calcium. Lors du dosage, les ions calcium réagissent avec l'EDTA ; D'abord les ions libres puis ceux combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleu claire. La complexation des ions Ca^{2+} se fait selon l'équation :



II.3.11 Mesure de magnésium (Mg^{2+})

En pratique on considère souvent que la dureté total d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et la dureté magnésienne : $\text{TH} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})$. Pour calculer la concentration des ions magnésium, nous avons utilisé la loi suivante CaCO_3 .

$$(\text{Mg}^{2+}) = (\text{TH} - (\text{Ca}^{2+}))$$

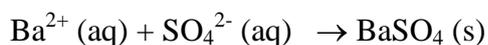
Avec : TH : La dureté total en (méq/l)

(Ca^{2+}) : concentration du calcium (méq/l)

II.3.12 Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

L'ajoute d'une de chlorure de baryum BaCl_2 dans une solution contenant des ions sulfates conduit à la précipitation du sulfate de baryum BaSO_4 avec un aspect blanc opaque.

L'équation significative de la réaction de précipitation est :



Le dosage des ions sulfates est effectué selon la norme AFNOR, 1975 (NF T 90-015)

II.3.13 Oxydabilité au KMnO_4 : Indice de permanganate

Le permanganate de potassium (KMnO_4) introduit en excès dans l'eau est en partie réduit par les matières organiques qu'elle contient. Cette réduction s'effectue à une température d'ébullition en milieu acide ou alcalin.

Le Principe consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène cédé par le permanganate de potassium pour oxyder les matières oxydables contenues dans une eau.

Cet indice est déterminé selon la norme **NF EN ISO 8467** par dosage en retour du permanganate de potassium non consommé par les matières oxydables.

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1.Introduction

Grâce à sa situation géographique, la commune rurale **Laatatra** dispose d'une potentialité agricole, elle se situe entre les périmètres irrigués du haut et du bas service des **Doukkala** où existe une forte productivité agricole. Cette dernière est basée sur l'utilisation intense des amendements, des sels agricoles et des produits phytosanitaires. Au niveau de la commune Laatatra, les eaux souterraines ont constituées jusqu'à maintenant une ressource en eau de boisson pour la population centre et les zones riveraines adjacentes. Ces eaux sont menacées par des sources de pollution telles que le rejet direct des déchets ménagers sans aucun traitement dans la décharge non contrôlée de la commune située juste à proximité de la zone d'habitat. L'évaluation de la qualité des eaux souterraines destinées à la consommation humaine au niveau du centre Laatatra s'est avérée donc nécessaire. Pour ce faire, on a procédé à l'échantillonnage et l'analyse physicochimique des eaux de 11 puits avec un suivi mensuel situés en amont, en aval et à proximité des sources de pollution et la comparaison de leurs caractéristiques avec les normes Marocaines de potabilité (N.M.03.7.001) et celles de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS.,2011)et de l'Union Européenne (UE.,1998).

III.2.Nature et qualité physicochimique des lixiviats de la décharge

La décharge de la commune rurale de Laatatra est dépourvue d'un système de drainage des lixiviats qui, après accumulation au fond dans la décharge, s'infiltrent à travers le sous-sol ou s'écoulent à travers les déchets pour aboutir au fond des carrières. A partir de ces fosses, le lixiviat a été prélevé et analysé. Le tableau III.1 ci-dessous présente quelques valeurs des paramètres physico-chimiques analysés du lixiviat de la décharge.

Tableau III.1 : Paramètres physico-chimiques analysés du lixiviat de la décharge.

Paramètres	Valeurs	Norme des rejets au marocaine
Ph	7.72	6.5 - 8.5
CE (ms/cm)	39.53	2.7

Turbidité NTU	3230	****
TDS	15	
Cl ⁻ mg/l	4000	750
SO ₄ ⁻ mg/l	1325	500
Ca ²⁺ mg/l	123	100
Mg ²⁺ (mg/l)	278	100
TH (mg/l)	401	****
NTK	138	40
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1243	50
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.4	0.5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	159	0.5
PO ₄ ³⁻	125	
DCO mg d'O ₂ /l	5570	500
DBO ₅ mg d'O ₂ /l	1480	120
DCO/DBO ₅	3.7	
DBO ₅ /DCO	0.26	

Les lixiviats étudiés sont caractérisés par un pH relativement basique (7.72) avec une conductivité très élevée (39.53 ms/cm) due à la présence des ions inorganiques tels que les sulfates (1325mg/l) et les chlorures (4000 mg/l).

La valeur de DCO est très élevée (5570 mg d'O₂/L) avec un rapport DCO/DBO₅ varie autour de 3. Cela révèle que les lixiviats se trouvent chargés en matières organiques biodégradables et ils sont dans l'étape réactionnelle de dégradation anaérobie correspondant au début de la phase méthanique. Le pH mesuré permet de tenir compte de cette phase d'évolution biochimique (Kjeldsen P. et al, 2002).

Le calcul du rapport DBO₅/DCO nous a permis de caractériser l'âge et l'état de la décomposition des déchets. Il faut rappeler que DBO₅/DCO est un rapport qui évolue dans le temps. Il indique le degré de biodégradabilité et donne des informations sur la nature des transformations biochimiques qui règnent au sein de la décharge. Le rapport DBO₅/DCO est de l'ordre de 0,5 pour les lixiviats jeunes et décroît jusqu'à 0 pour les lixiviats stabilisés, on en déduit que les lixiviats étudiés (R =0.26) sont soit intermédiaires.

Il est aussi à signaler que ces lixiviats contiennent une quantité assez importante des Orthophosphates 125 mg/l ; de l'azote ammoniacal 0.4 mg/l ; du nitrate 1243mg/l et du nitrite 159 mg/l. Ces caractéristiques ne permettent de faire ni un traitement biologique ni un traitement membranaire efficace. Par conséquent, un traitement préliminaire est nécessaire pour réduire le taux élevé de la turbidité afin d'éviter le colmatage des membranes.

III. 3.Evaluation des paramètres physicochimiques des eaux souterraines de Laatra

L'étude de la contamination des eaux souterraines consiste à entreprendre deux sortes de mesures en considération : les mesures hydrauliques qui conditionnent la pénétration des polluants jusqu'aux nappes phréatiques et les mesures de qualité qui sont biologiques et physicochimique (Henri et Schoeller., 1971). Le transfert des polluants vers les nappes se fait généralement de surfaces du sol à travers des puits ou des forages. L'évaluation de la qualité physicochimique des eaux souterraines de Laatra a été effectuée pendant deux mois par l'analyse des eaux de 11 puits situés en amont, en aval et à proximité des sources de pollution.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau III.2 et sont comparés avec les normes de potabilité susmentionnées.

Tableau III.2: Les normes de potabilisation d'eau

Paramètre	Unité	Moyenne	Normes de potabilité de l'eau destinée à la consommation		
			OMS	MAROC	UE
pH	-	6.89	6.5-9	6.5-9.5	6.5-8.5
Conductivité	ms/cm	5.18	0.25	2.7	0.25
Oxydabilité	mg d'O2/l	1.023	5	<2	-
Dureté total	mg/l	11.18	50	30	-
Calcium	mg/l	191.50	-	<100	-
Magnésium	mg/l	6.41	-	<100	-
Chlorures	mg/l	986.81	250	<750	250
Nitrates	mg/l	0.55	40	<50	50
Nitrites	mg/l	0.58	3	<0.1	0.5

Ammonium	mg/l	0.16	1.5	<0.5	-
Salinité	g/l	2.63	0.2-0.35	-	-

III. 3.1.pH :

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 (HCEFLCD, 2007). Les eaux de 11 puits prélevées et analysées affichent des valeurs de pH qui varient entre 6.73 et 7.71. L'intervalle des valeurs de pH recommandées par les normes de potabilité est compris entre 6.5 et 8.5. Cela montre que les eaux souterraines utilisées par la population de Laatatra répondent aux normes nationales de potabilité, du Maroc, de l'OMS et de l'U.E. l'histogramme du pH dans la zone d'étude est illustré par la Figure 4.

Tableau III.3 : Classification des eaux d'après leur PH.

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neuter
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

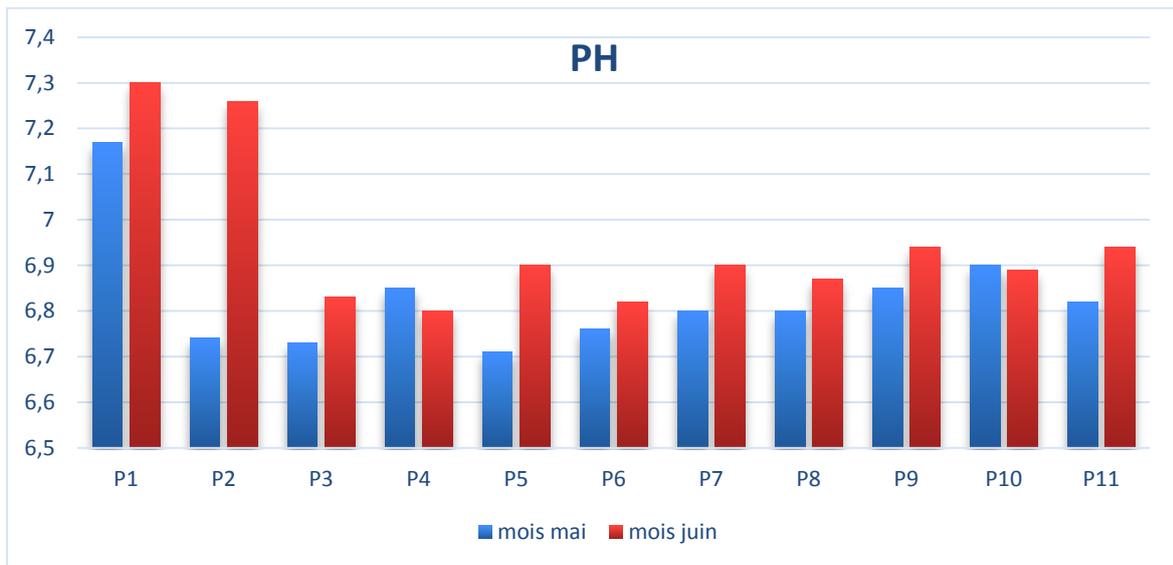


Figure 4 : Evolution temporelle du PH aux mois Mai et Juin

III.3.2. Conductivité électrique et salinité

La conductivité électrique donne une idée sur la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). La conductivité électrique (CE) pour l'ensemble des puits varie entre 3.85 et 6.12 ms/cm. La comparaison des résultats obtenus avec les normes de potabilité d'eau destinée à la consommation humaine montre que la CE des puits étudiés dépasse la valeur limite acceptable fixée à 2.7 ms/cm par la norme Marocaine. Cela met en question l'origine de cette salinisation observée. Les valeurs de salinité enregistrées varient entre 1.9 et 3.15 g/l. Ces valeurs enregistrées dépassent la gamme des normes de l'OMS (0.2-0.35g/l). Sur le plan spatial, la salinisation de l'eau augmente graduellement avec le sens d'écoulement de la nappe et principalement en aval des sources de pollution. D'après ces résultats, on peut conclure que les eaux analysées sont fortement minéralisées. Cette minéralisation peut être naturelle (dissolution de la roches réservoir, du substratum et des roches de l'aquifère) ou d'origine agricole (lessivage des métabolites de sels et des fertilisants agricoles) ou bien d'origine domestique (eaux usées et lixiviats de la décharge non contrôlée de la commune).

L'histogramme de la CE et salinité dans la zone d'études est illustré par les Figures 5 et 6.

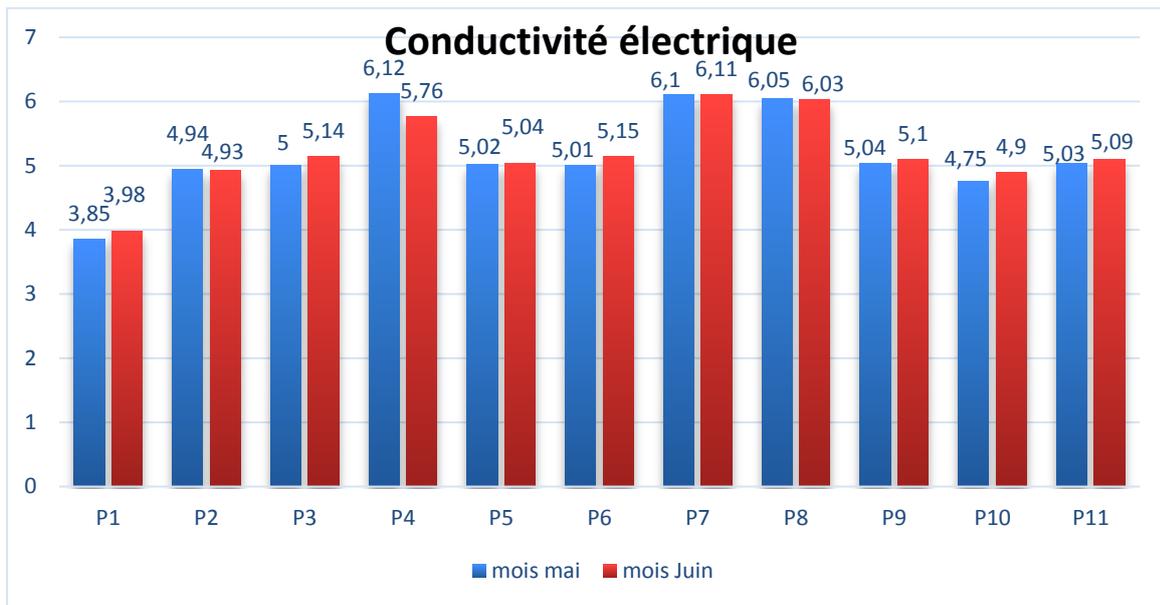


Figure 5 : Evolution temporelle du CE aux mois Mai et Juin

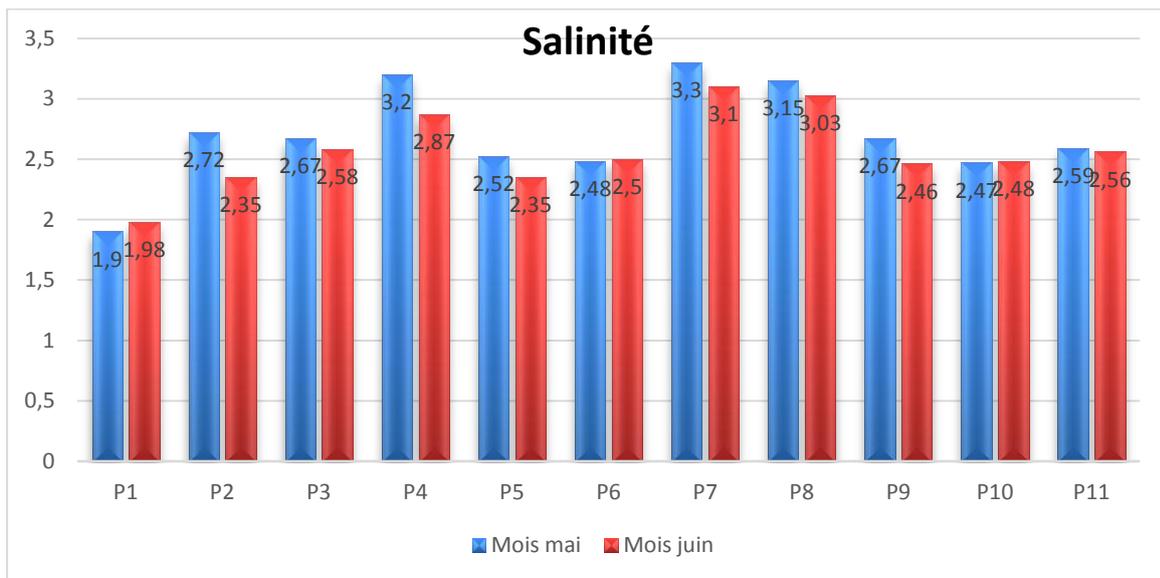


Figure 6 : Evolution temporelle de la salinité aux mois mai et juin

III.3.3. Chlorure (Cl⁻)

L'ion chlorure est un élément très mobile qui migre facilement vers les nappes sous-jacentes, il n'est pas affecté par les phénomènes d'adsorption ou d'échanges d'ions, il n'intervient pas dans les équilibres acido-basiques ou d'oxydoréduction et il n'est pas retenu par les complexes argilo humiques du sol. C'est pourquoi, il est fréquemment utilisé comme traceur conservatif qui permet de mettre en évidence l'impact des lixiviats d'une décharge sur la qualité physico-chimique des nappes phréatiques (KHATTABI et al, 2002) Dans notre

périmètre d'étude on a trouvé des valeurs entre 648 et 1197.42 mg/l, donc l'évolution spatiale des chlorures montre que les valeurs des concentrations en chlorures dépassent la valeur limite acceptable pour l'eau de boisson fixée à 250 mg/l (OMS., 2011).

L'histogramme du Cl⁻ dans la zone d'études est illustrée par la Figure 7.

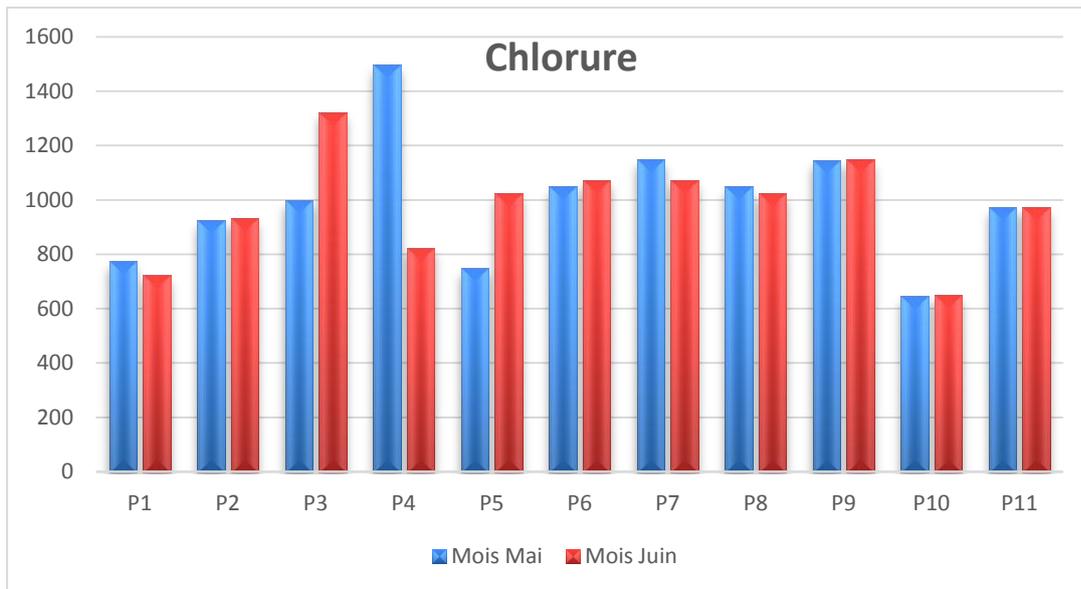


Figure 7 : Evolution temporelle du chlorure aux mois Mai et Juin

III.3.4. Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal dans les eaux naturelles peut provenir du lessivage des terres agricoles et des minéraux argileux ainsi que des eaux d'épuration municipales, des lixiviats et rejets industriels. Sa concentration est généralement faible dans l'eau souterraine puisqu'il s'adsorbe sur les particules du sol.

Les teneurs en ammonium varient entre 0.0032 et 0.981 mg/l, Généralement les eaux des puits étudiés présentent des valeurs inférieures aux normes Marocaines de potabilisation (<0,5 mg/l) à l'exception du puits P9 qui représente une teneur en ammonium qui dépasse la valeur limite fixée à <0,5 mg/l selon aux normes Marocaines, Généralement P9 présente une valeur inférieure aux normes de potabilisation selon l'OMS fixées à 1.5 mg/l. Ceci indique que les eaux étudiées sont de bonne qualité, Sauf pour le puit P9 qui présente une eau de qualité moyenne, d'après la classification de l'agence des Bassins Hydrauliques d'Oum-Rbia. La présence de cette forme d'azote en trace dans les eaux souterraines pourrait être d'origine domestique ou agricole.

L'histogramme du NH_4^+ dans la zone d'études est illustrée par la Figure 8.

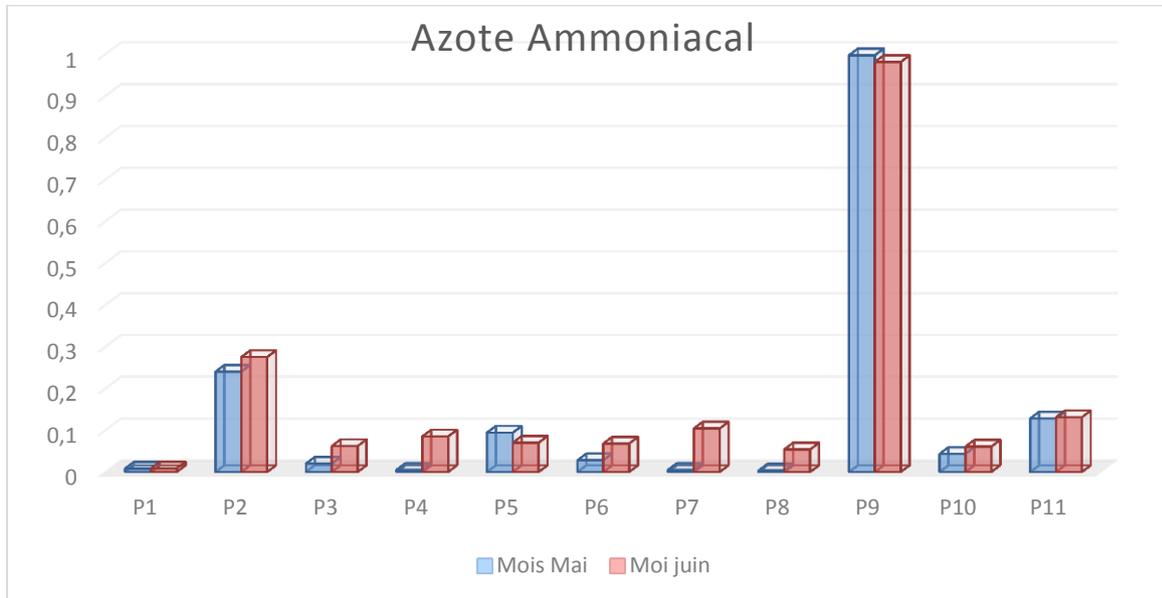


Figure 8 : Evolution temporelle de l'azote ammoniacal aux mois Mai et Juin

III.3.5. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates pouvant provenir de différentes origines anthropiques et représentent le polluant majeur des eaux souterraines. Dans le domaine aquatique, l'azote existe sous forme moléculaire (N_2) ou ionisée : Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+) ainsi que sous forme organique dissoute ou particulaire (protéine, acides aminés, urée, etc.). Les formes azotées passent de l'une à l'autre par des processus physico-chimiques et surtout biochimiques, Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites puis leur oxydation en nitrates grâce aux bactéries nitrifiantes. Généralement les nitrates ne représentent qu'une des multiples formes de l'azote présent dans l'eau, tout en constituant, en général, la forme la plus abondante de l'azote minéral. Les valeurs extrêmes enregistrées dans le milieu d'étude oscillent entre 0.183 et 0.987 mg/l. Ces valeurs sont largement inférieures aux valeurs maximales acceptables fixées à 50 mg/l selon L'OMS. D'après la classification de l'agence des Bassins Hydrauliques d'Oum-Rbia, les eaux souterraines de Laatatra ont une excellente qualité.

L'histogramme du NO_3^- dans la zone d'études est illustrée par la Figure 9.

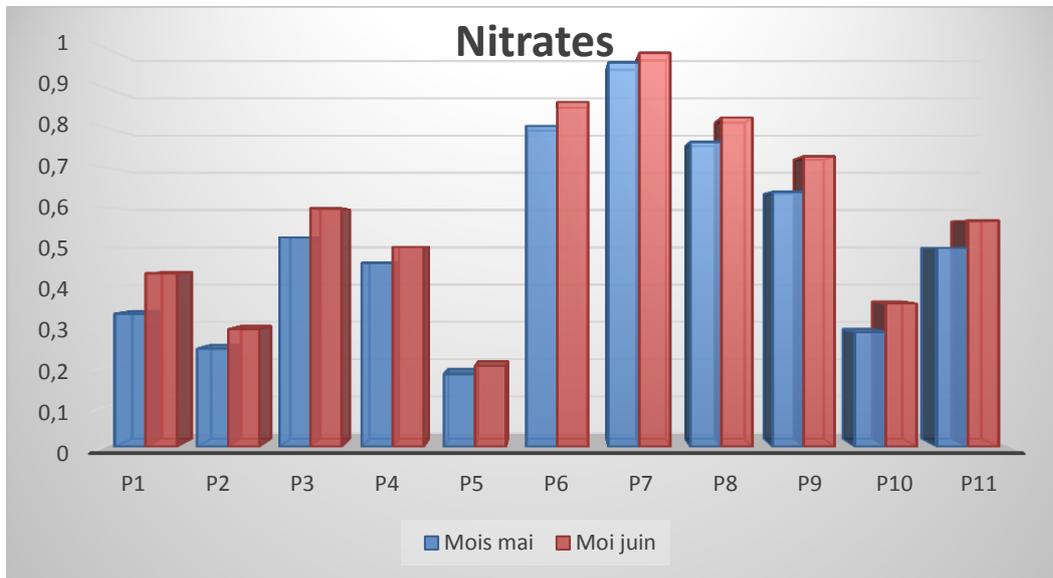


Figure 9 : Evolution temporelle des nitrates aux mois Mai et Juin

III.3.6. Nitrites (NO_2^-)

Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs en nitrites correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfite-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (BENGOUMI et al., 2004). Les teneurs en nitrites varient dans le périmètre d'étude entre 0,012 et 0,128 mg/l. Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1 mg/l selon l'OMS et inférieur à 0,1 mg/l selon les normes Marocaines.

La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Tous les puits enregistrent des valeurs inférieures aux normes recommandées ($>0,1$ mg/l, Normes Marocaines), sauf le puits (P2) qui enregistre la valeur 0,128 mg/l.

L'histogramme du NO_2^- dans la zone d'études est illustrée par la Figure 10.

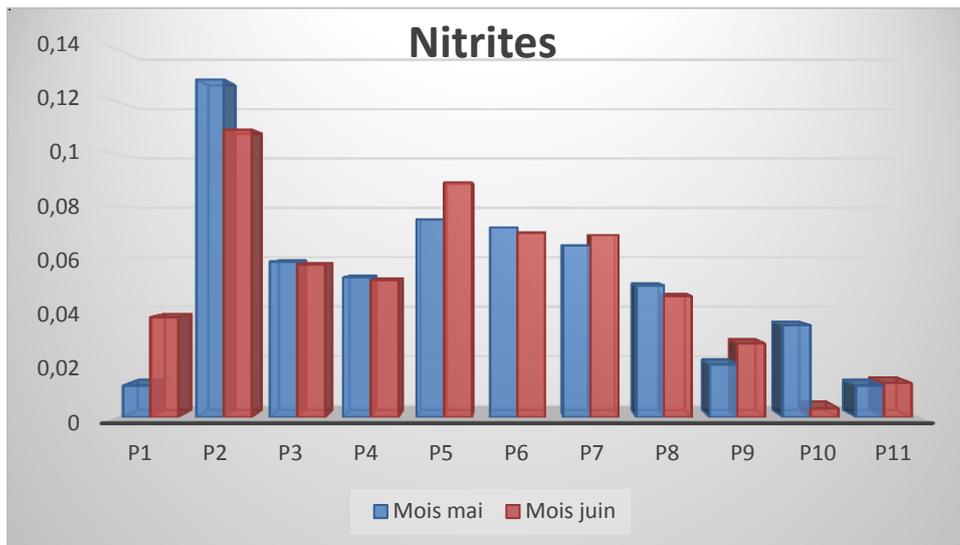


Figure 10: Evolution temporelle de nitrites aux mois Mai et Juin

III.3.7. Matières organiques: Indice de Permanganate (IP)

En général, les eaux souterraines sont très peu chargées en matières organiques. Généralement, les eaux souterraines caractérisées par un IP inférieur à 3 mg d'O₂/l sont de qualité bonne. De 5 à 8 mg d'O₂/l sont de qualité moyenne et celle dont l'IP est supérieur à 8 mg d'O₂/l sont considérées de mauvaise qualité (Agence des Basins Hydrauliques d'Oum Er-Rabia, 2007). Sur cette base, on peut constater que les puits analysés sont de bonne à excellente qualité. Les valeurs d'IP dans le milieu d'étude varient de 0.136 à 4.13 mg d'O₂/l et présentent des valeurs inférieures aux normes de potabilisation adoptées par l'OMS (5 mg d'O₂/l). L'histogramme du KMNO₄ dans la zone d'études est illustré par la Figure 11.

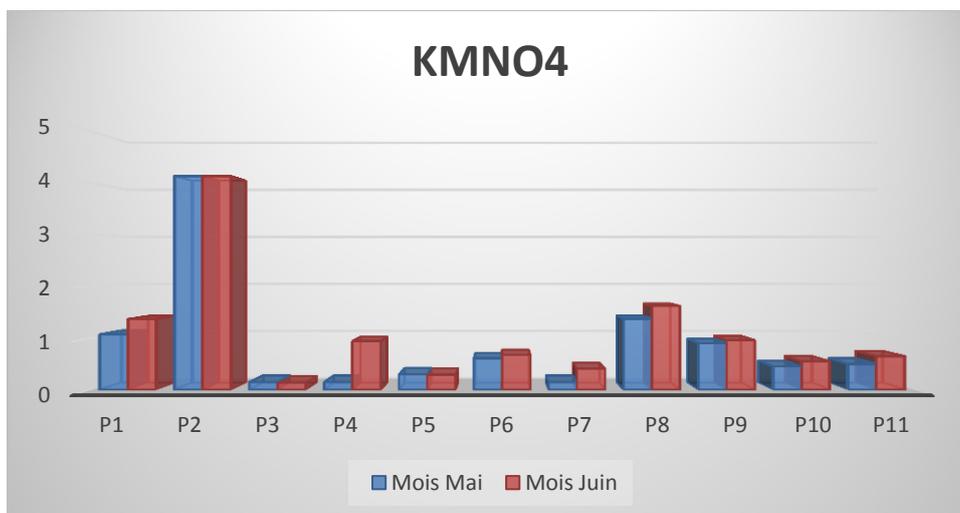


Figure 11: Evolution temporelle de l'indice du permanganate aux mois Mai et Juin

III.3.8. Orthophosphates(PO_4^{2-})

Les Orthophosphates représentent la forme minérale du phosphore la plus simple et la plus répandus dans l'eau. Toutefois, on note que les eaux de quatre puits présentent des valeurs légèrement supérieures à la valeur limite de potabilité qui est de 0,2 mg/l. L'existence des traces de pollution au niveau de ces quatre puits, pourrait s'expliquer par la non protection et alors la contamination directe par des polluants contenant des phosphates.

L'histogramme du PO_4^{2-} dans la zone d'études est illustré par la Figure 12.

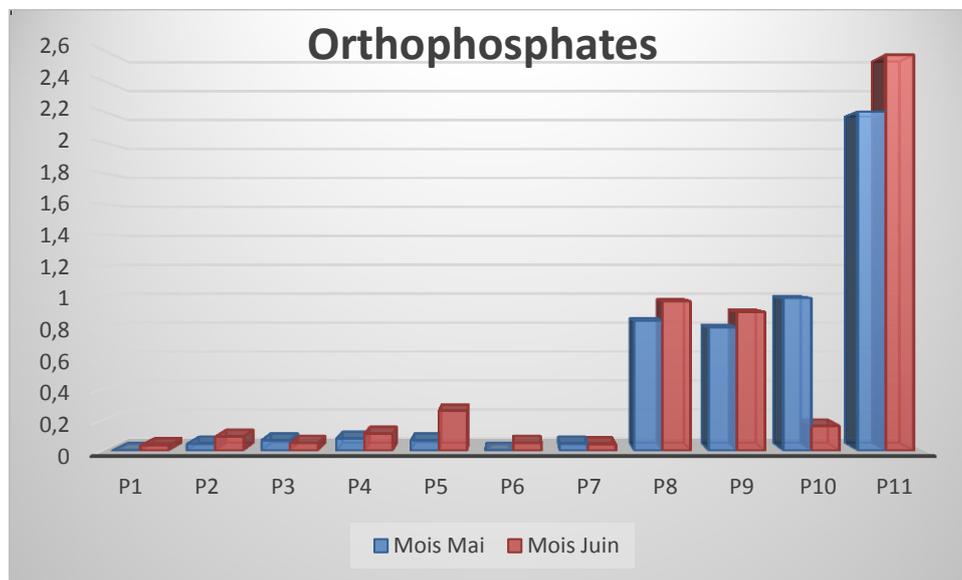


Figure 12 : Evolution temporelle des orthophosphates aux mois Mai et Juin

III.3.9. Dureté totale (TH)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en (még/l) de carbonate de Calcium dans un litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses.

Les valeurs des puits étudiés sont variées généralement entre 9.2 et 1 3,6 még/l, ces valeurs trouvées restent inférieures aux normes recommandées par l'OMS (50 mg/l).

L'histogramme du TH dans la zone d'études est illustré par la Figure 13.

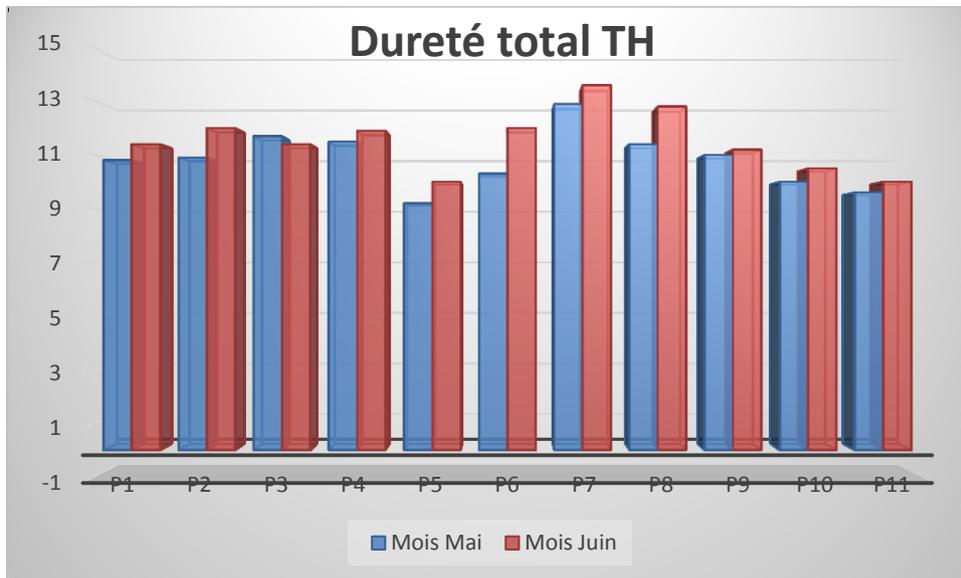


Figure 13 : Evolution temporelle de la dureté totale aux mois Mai et Juin

III.3.10. Calcium « Ca^{2+} » et Magnésium « Mg^{2+} »

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (RODIER et al., 2009). Le calcium est un élément caractérisant les eaux douces, il est lié généralement au lessivage des formations carbonatées. Dans la zone étudiée, il provient de la dissolution des aquifères carbonatés du Pliocène et du Cénomane (calcaire marneux et calcaire détritique). Les teneurs en calcium varient entre 100.9 et 265.35mg/l et entre 4.2 et 10.24 mg/l pour le magnésium. Pour le calcium, tous les puits étudiés dépassent la valeur limite fixée par la norme Marocaines à 100mg/l. Par contre, les valeurs de magnésium sont généralement sous la valeur limite fixée à 100 mg/l.

L'histogramme du Ca^{2+} et Mg^{2+} dans la zone d'études est illustrée par les Figures 14 et 15.

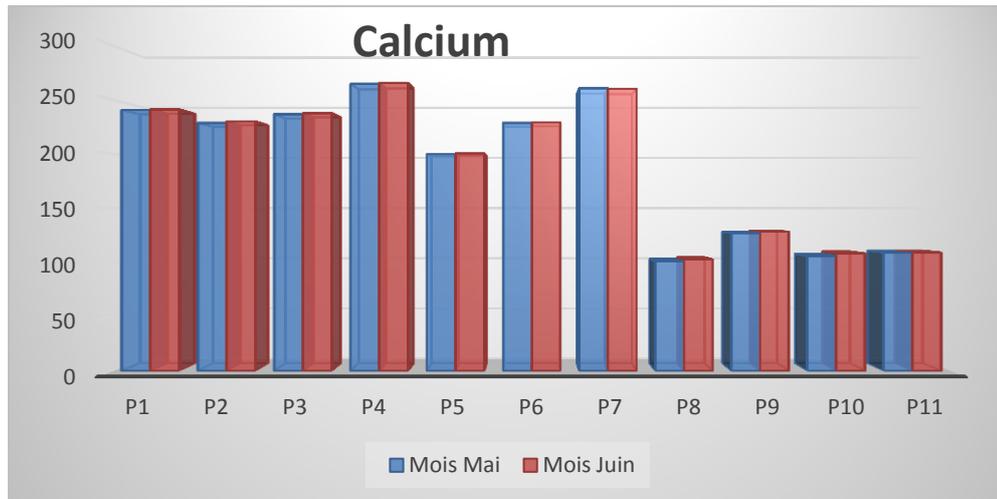


Figure 14 : Evolution temporelle du calcium aux mois mai et juin

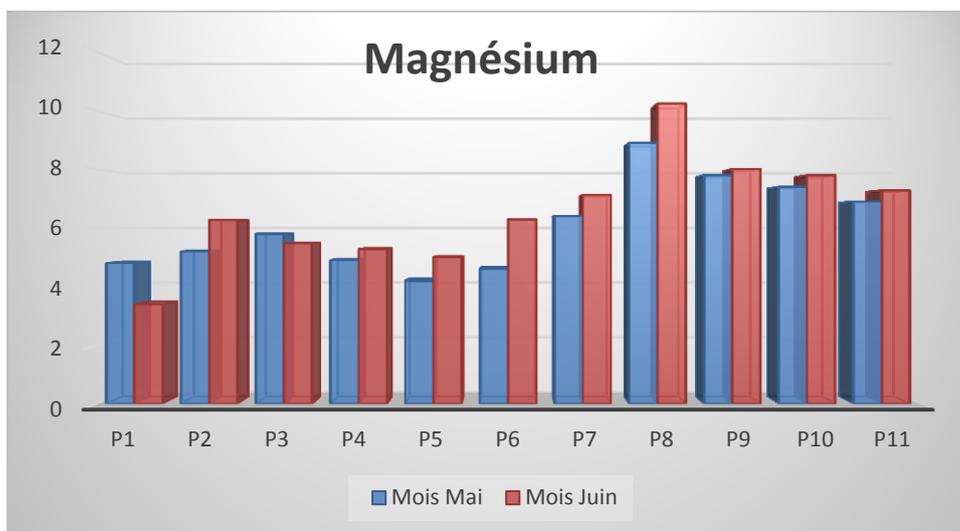


Figure 15 : Evolution temporelle du magnésium aux mois Mai et Juin

III.3.11. Sulfates

Les sulfates sont présents dans l'eau en quantités variables. Ils peuvent provenir de la solubilité des formations gypseuses ou du lessivage des niveaux argileux et marneux de la nappe ou par les rejets d'eaux usées et industrielles contenant de l'acide sulfurique (H_2SO_4), ou par l'utilisation d'engrais chimiques. Les valeurs des sulfates dans le milieu d'étude varient entre une teneur minimum 0.0411 et maximum 0.8786 g/l. La comparaison des résultats obtenus avec les normes de potabilité d'eau selon l'OMS montre que le sulfate de la

majorité des puits étudiés dépasse la valeur limites acceptables fixée à 0.25 g/l, à l'exception des puits P1, P2, P4 et P10 présentent des valeurs entre dans la gamme des normes de l'OMS.

L'histogramme des sulfates dans la zone d'études est illustré par la Figure 16.

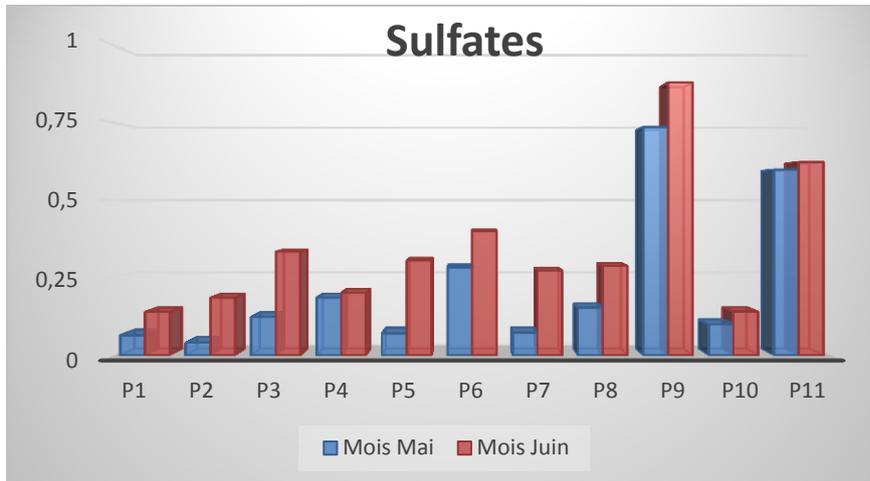


Figure 16 : Evolution temporelle des Sulfates aux mois Mai et Juin

III.4. Les Carte d'iso-concentrations

Les eaux de 11 puits prélevées et analysées affichent des valeurs de pH qui varient entre 6.73 et 7.71. L'intervalle des valeurs de pH recommandées par les normes de potabilité est compris entre 6.5 et 8.5. Cela montre que les eaux souterraines utilisées par la population de Laaatra répondent aux normes nationales de potabilité, du Maroc, de l'OMS et de l'U.E. Ce qui concerne la conductivité électrique (CE) pour l'ensemble des puits varie entre 3.85 et 6.12 ms/cm. La comparaison des résultats obtenus avec les normes de potabilité d'eau destinée à la consommation humaine montre que la CE des puits étudiés dépasse la valeur limite acceptable fixée à 2.7 ms/cm par la norme Marocaine. Cela met en question l'origine de cette salinisation observée. Les valeurs de salinité enregistrées varient entre 1.9 et 3.15 g/l. Ces valeurs enregistrées dépassent la gamme des normes de l'OMS (0.2-0.35g/l).

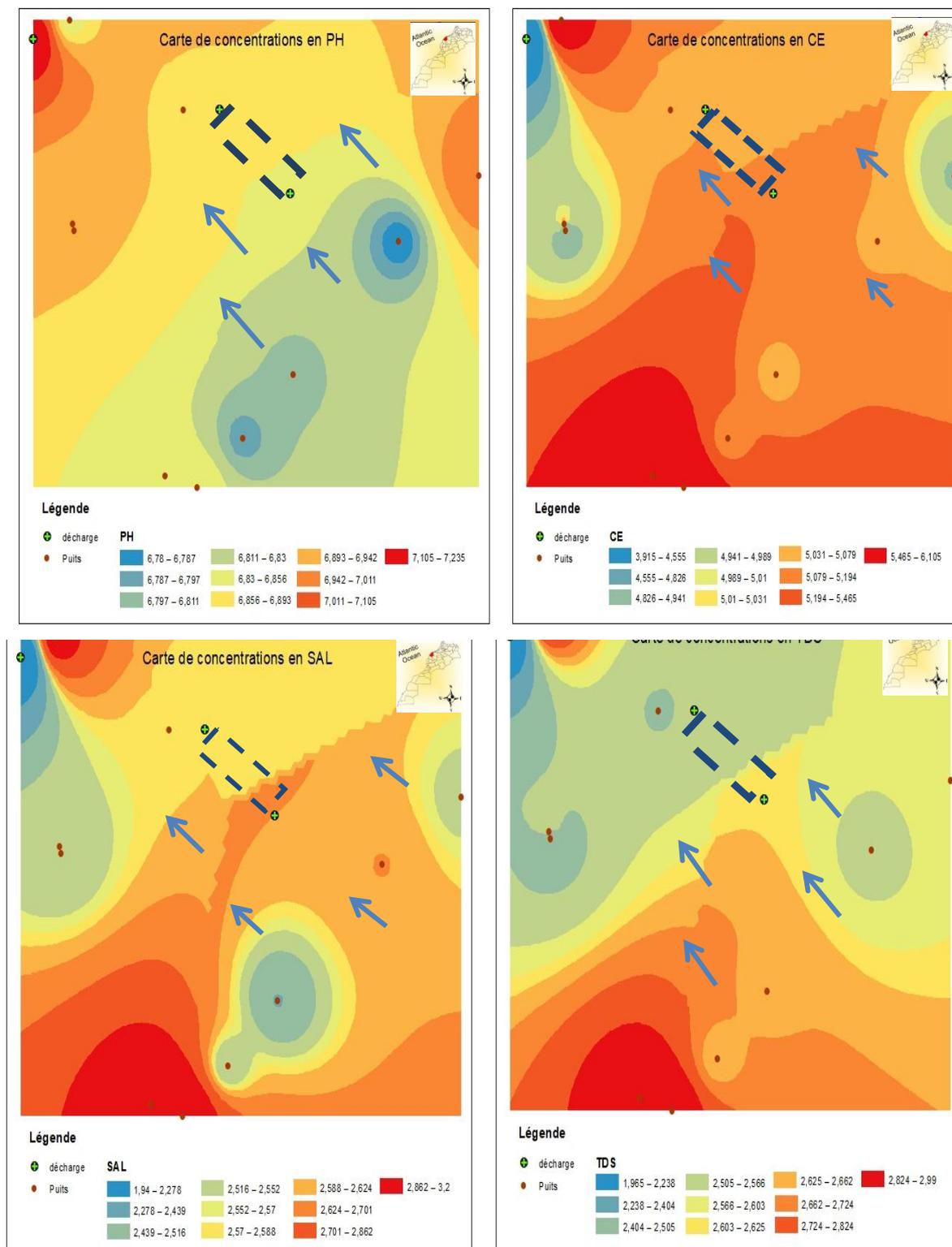
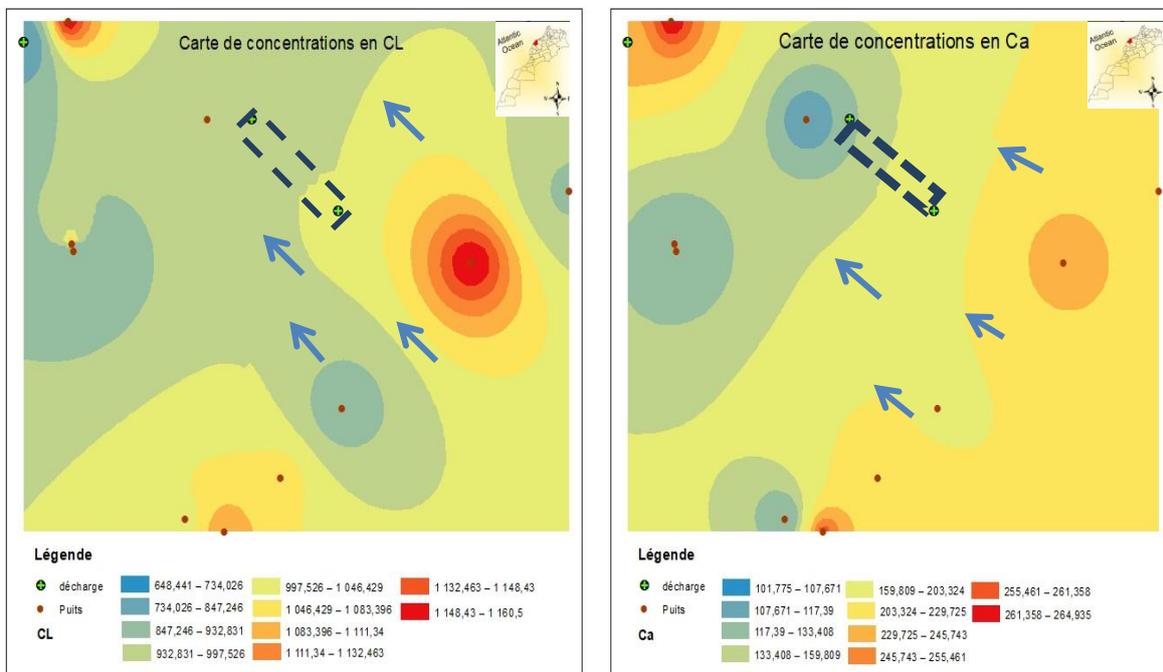


Figure 17 : Distribution spatiales de Ph, TDS, CE et la salinité.

Dans notre périmètre d'étude on a trouvé des valeurs entre 648 et 1197.42 mg/l, donc l'évolution spatiale des chlorures montre que les valeurs des concentrations en chlorures dépassent la valeur limite acceptable pour l'eau de boisson fixée à 250 mg/l (OMS., 2011). Les teneurs en calcium varient entre 100.9 et 265.35mg/l et entre 4.2 et 10.24 mg/l pour le magnésium. Pour le calcium, tous les puits étudiés dépassent la valeur limite fixée par la norme Marocaines à 100mg/l. Par contre, les valeurs de magnésium sont généralement sous la valeur limite fixée à 100 mg/l. Ce qui concerne la dureté total (HT) Les valeurs des puits étudiés sont variées généralement entre 9.2 et 13,6 méq/l, ces valeurs trouvées restent inférieures aux normes recommandées par l'OMS (50 mg/l).



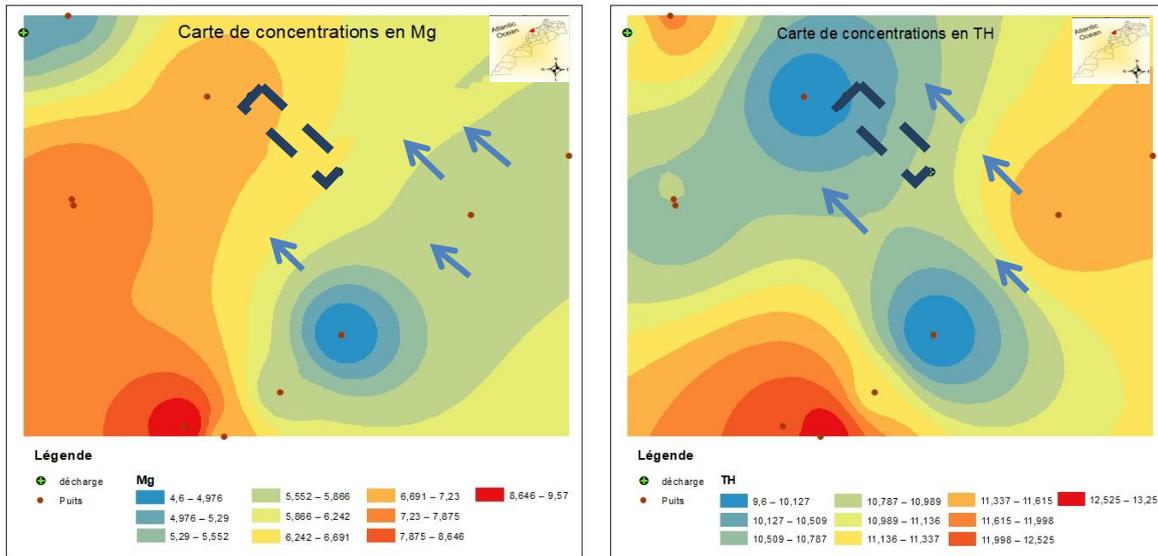


Figure 18 : Distribution spatiale Cl⁻, Mg²⁺, TH et Ca²⁺

Les teneurs en ammonium varient entre 0.0032 et 0.981 mg/l, Généralement les eaux des puits étudiés présentent des valeurs inférieures aux normes Marocaines de potabilisation (<0,5 mg/l) à l'exception du puit P9 qui représente une teneur en ammonium qui dépasse la valeur limite fixée à <0,5 mg/l selon aux normes Marocaines, Généralement P9 présente une valeur inférieure aux normes de potabilisation selon l'OMS fixées à 1.5 mg/l.

Et on constate au niveau des eaux de quatre puits présentent des valeurs en orthophosphates légèrement supérieures à la valeur limite de potabilité qui est de 0,2 mg/l.

La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Tous les puits enregistrent des valeurs inférieures aux normes recommandées (>0.1 mg/l, Normes Marocaines), sauf le puits (P2) qui enregistre la valeur 0,128 mg/l. Les valeurs des nitrates extrêmes enregistrées dans le milieu d'étude oscillent entre 0.183 et 0.987 mg/l. Ces valeurs sont largement inférieures aux valeurs maximales acceptables fixées à 50 mg/l selon L'OMS.

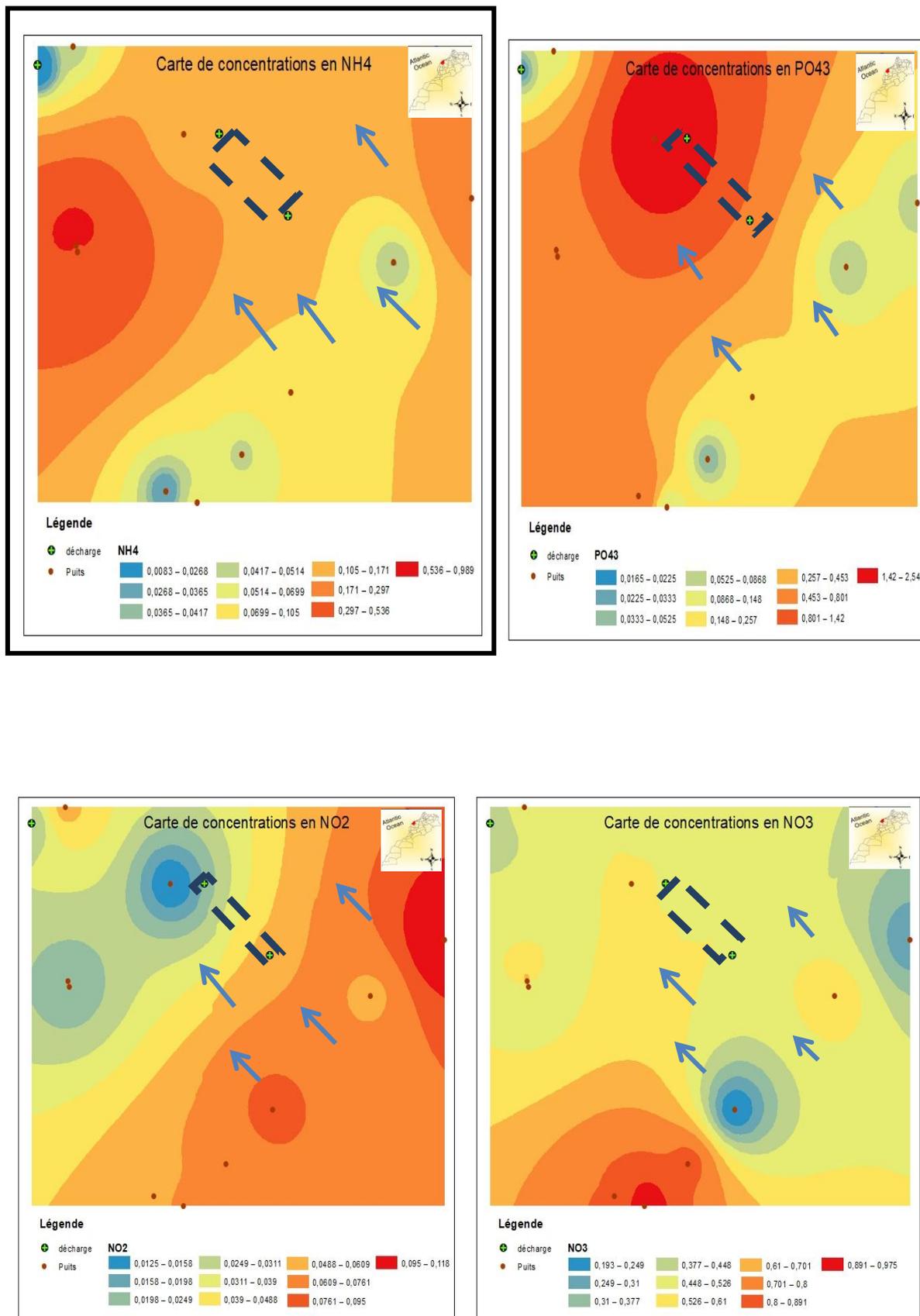


Figure19 : Distribution spatiale de NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- et NO_2^-

Les valeurs des sulfates dans le milieu d'étude varient entre une teneur minimum 0.0411 et maximum 0.8786 g/l. La comparaison des résultats obtenus avec les normes de potabilité d'eau selon l'OMS montre que le sulfate de la majorité des puits étudiés dépasse la valeur limites acceptables fixée à 0.25 g/l, à l'exception des puits P1, P2, P4 et P10 présentent des valeurs entre dans la gamme des normes de l'OMS. Les valeurs d'indice de permanganate dans le milieu d'étude varient de 0.136 à 4.13 mg d'O₂/l et présentent des valeurs inférieures aux normes de potabilisation adoptées par l'OMS (5 mg d'O₂/l).

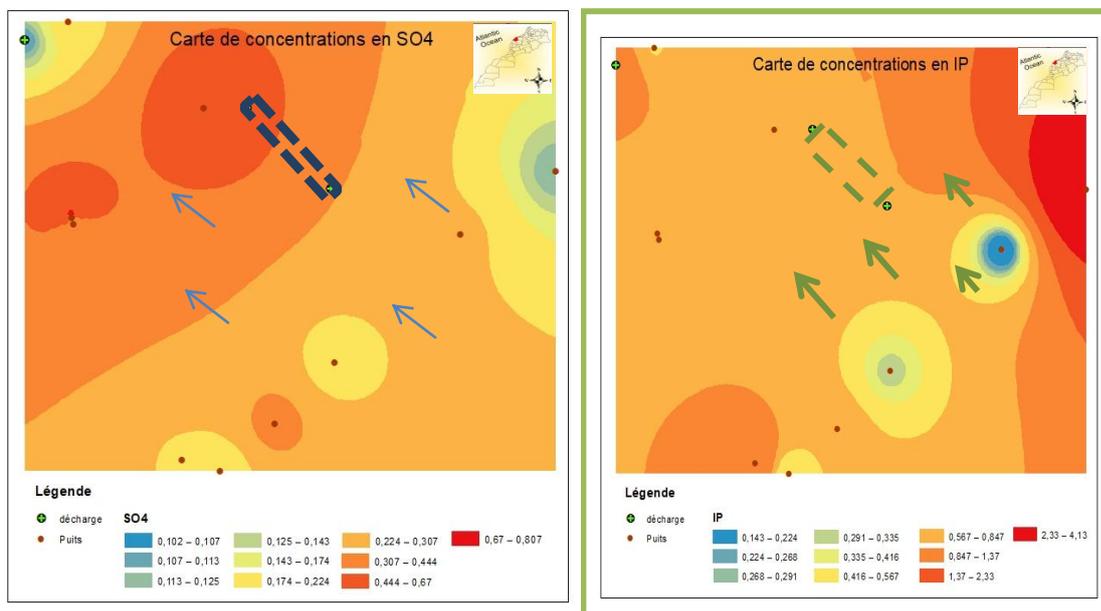


Figure 20 : Distribution spatiale du sulfates et IP.

Tableau III.4.1 : Les valeurs des paramètres physicochimiques pour mois Mai des eaux souterraines de 11 Puits

Usage	Irrigation + Eau potable + Usage personnel										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
PH	7.17	6.74	6.73	6.85	6.71	6.76	6.8	6.80	6.85	6.9	6.82
CE (ms/cm)	3.85	4.94	5	6.12	5.02	5.01	6.10	6.05	5.04	4.75	5.03
TDS (ppt)	1.93	2.58	2.52	3.06	2.60	2.59	2.9	2.98	2.53	2.37	2.47
Salinité	1.9	2.72	2.67	3.2	2.52	2.48	3.3	3.15	2.67	2.47	2.59

(g/l)											
Chlorure (mg/l)	773.67	923.41	998.28	1497.42	748.71	1048.19	1148.02	1048.194	1147.02	648	972.79
Dureté total (méq/l)	10.8	10.9	11.7	11.5	9.2	10.3	12.9	11.4	11	10	9.6
Calcium (mg/l)	240.48	228.45	236.47	264.52	200	228.45	260.52	100.9	126.98	105.83	108.98
Azote Ammoniacal (mg/l)	0.008	0.240	0.020	0.005	0.094	0.028	0.005	0.0032	0.997	0.0432	0.128
Ortho phosphates (mg/l)	0	0.044	0.067	0.077	0.066	0	0.044	0.843	0.8	0.99	2.50
Sulfates (g/l)	0.0649	0.0411	0.124	0.1859	0.0712	0.2838	0.0726	0.1532	0.735	0.0996	0.598
Nitrates (mg/l)	0.334	0.246	0.525	0.461	0.183	0.804	0.963	0.764	0.639	0.287	0.498
Nitrites (mg/l)	0.012	0.128	0.059	0.053	0.075	0.072	0.065	0.050	0.020	0.0349	0.012
KMnO4 (mg d'O2/l)	1.07	4.13	0.15	0.15	0.30	0.61	0.15	1.37	0.9	0.45	0.5
Magnésium (mg/l)	4.8	5.2	5.8	4.9	4.2	4.6	6.4	8.9	7.8	7.4	6.9

Tableau III.4.2 : Les valeurs des paramètres physicochimiques pour mois mai et Juin des eaux souterraines de 11 Puits

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P10

PH	7.3	7.26	6.83	6.8	6.9	6.82	6.9	6.87	6.94	6.89	6.94
CE (ms/cm)	3.98	4.93	5.14	5.76	5.04	5.15	6.11	6.03	5.10	4.9	5.09
TDS (ppt)	2	2.58	2.56	2.89	2.69	2.65	3.01	3	2.64	2.42	2.53
Salinité (g/l)	1.98	2.35	2.58	2.87	2.35	2.5	3.10	3.03	2.46	2.48	2.56
Chloru re (mg/l)	723. 75	923. 41	1322 .72	823. 58	1023 .23	1073.15	1073	1023.24	1148.0 2	648.8 82	973.32
Dureté total (méq/l)	11.4	12	11.4	11.9	10	12	13.6	12.8	11.2	10.5	10
Calciu m (mg/l)	240. 98	229. 9	237. 55	265. 35	200. 4	229.06	260	102.65	128.21 6	108.2 16	109.02
Azote ammon iacal (mg/l)	0.00 86	0.27 5	0.06 2	0.08 5	0.07 0	0.068	0.104	0.054	0.981	0.060 7	0.131
Orthop hospha tes (mg/l)	0.03 3	0.09	0.05	0.11	0.26	0.05	0.04	0.97	0.90	0.16	2.57
Sulfate s (g/l)	0.14	0.18 57	0.33 38	0.20 16	0.30 59	0.4005	0.273	0.2885	0.8786	0.140 7	0.6226
Nitrate s (mg/l)	0.43 5	0.29 5	0.59 8	0.50 1	0.20 3	0.864	0.987	0.825	0.728	0.359	0.567
Nitrites (mg/l)	0.03 8	0.10 9	0.05 8	0.05 2	0.08 9	0.07	0.069	0.046	0.028	0.003 5	0.013
KMnO 4 (mg d'O2/l)	1.36 7	4.13	0.13 6	0.94	0.29 6	0.673	0.410	1.62	0.957	0.547	0.65

Magnésium (mg/l)	5.39	6.27	5.48	5.28	5	6.29	7.12	10.24	8.01	7.8	7.28
------------------	------	------	------	------	---	------	------	-------	------	-----	------

Tableau III.4.3 : Classification de la qualité globale des eaux souterraines de l'agence des bassins hydrauliques

Qualité des eaux	Chlorures (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Conductivité (us/cm)	Ammonium (mg/l)	Matières oxydables (mg/l)
Excellente	0 à 200	0 à 5	0 à 400	0 à 0.1	0 à 20
Bonne	200 à 300	5 à 25	400 à 1300	3 à 5	20 à 2000
Moyenne	300 à 750	25 à 50	1300 à 2700	5 à 8	2000 à 20000
Mauvaise	750 à 1000	50 à 100	2700 à 3000	>8	>20 000
Très mauvaise	>1000	>100	> 3000	-----	-----

Conclusion

L'étude menée sur les eaux souterraines de la région de Laatatra nous a permis d'évaluer leur qualité sur le plan physico-chimique. En effet, il ressort selon les résultats obtenus que les valeurs des paramètres testés (Température, pH, Conductivité, chlorures, Calcium, Dureté totale, Nitrates, nitrites...) sont toutes conformes aux normes admises et par conséquent nous pouvons conclure que la quasi-totalité des puits renferment des eaux d'une bonne qualité physicochimique. Néanmoins, L'analyse a révélé dans certains puits, qui sont au nombre de 11, la présence des teneurs anormales en chlorures et en calcium, orthophosphates et sulfates dans certain puits constituant ainsi, une pollution effective pouvant nuire à la santé du consommateur. A cet effet, des recommandations afin de lutter contre la pollution des eaux de puits, s'avèrent utiles et se résument dans la réduction du recours aux engrais et leur utilisation qu'en période appropriée tout en respectant leur mode d'emploi ainsi que la

limitation du ruissellement et l'érosion des sols, de manière à réduire les apports de sédiments et d'éléments nutritifs dans le bassin hydrographique.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis une évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la zone d'étude en analysant les eaux des puits en amont, à proximité et en aval des sources de pollution. L'analyse des résultats obtenus a révélé que les eaux des puits sont affectées par une pollution minéralogique souvent géologique et une légère contamination par la pollution domestique et agricole justifiée par la présence faible des nitrates, ortho phosphates et matières oxydables. Certains éléments tels que les ions chlorures et sodium dépassent les valeurs limites acceptables de la potabilité d'eau.

L'étude préliminaire de la pollution des eaux souterraines se trouvant à proximité des agglomérations, des champs à activités agricoles, en amont et en aval de la décharge non contrôlée de la commune de Laatra illustrent bien l'effet de l'action anthropique sur la dégradation de la qualité des eaux. L'étude a montré que les zones à faible profondeur de la nappe sont observées en aval de la décharge. Ce sont des zones, considérées a priori comme les plus sensibles à la contamination. Cette contamination pourrait avoir plusieurs origines dont les plus importantes sont liées aux déchets ménagers et aux eaux usées déversés, sans aucun traitement préalable respectivement dans la décharge, et à l'utilisation des engrais dans les domaines agricoles.

En générale Les paramètres physico-chimiques analysés sont dans les normes de l'eau potable. Des teneurs anormalement élevées ont été observées principalement dans les puits situés à proximité et à l'aval de la décharge, dans le sens d'écoulement de la nappe. La contamination des eaux souterraines dépend de plusieurs facteurs tels que les précipitations, la nature des sols, la profondeur de la nappe, la distances des puits par rapport à la décharge...

Cependant, même si les teneurs des éléments analysés restent généralement dans les normes et non nocives pour les consommateurs, les impacts de rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel, des lixiviats de la décharge non contrôlée et des activités agricoles sur les eaux souterraines sont non exclus et pourraient avoir des effets potentiels sur la qualité des eaux souterraines.

Références bibliographiques

Bulletin officiel (2006) : loi 36-15 édition du bulletin officiel n° 6494 de 21 kaada 1437 (25 aout 2016). http://www.sgg.gov.ma/Portals/0/lois/Loi_36-15_Fr.pdf?ver=2018-11-28-153115-853

La législation et la réglementation de l'eau au Maroc (2002) : Source : <http://www.riob.org/ag2000/maroc.htm> Auteur : Madame Elabedloubna , responsable du bureau Eau Potable, eaux fluviales, Lacustres et phréatique (<http://www.isiimm.agropolis.fr/OSIRIS/doc/moLegRegIEauMaroc2002.pdf>)

Loi_dechets (2006) : le Secrétariat d'état chargé au ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, en charge de l'eau et l'environnement, le secteur de l'environnement, textes juridiques relatifs à la gestion des déchets au Maroc :

La loi n° 28-00 : Relative à la gestion des déchets et à leur élimination

Affoladé, L. (20017) : Optimisation de la gestion des déchets solides ménagers en milieu urbain : cas de la ville de Dapaong au Togo, rap master Eau et Assainissement / 2iE p :16 .

(BOUCENNA N., 2007). Impact de la décharge publique sur la qualité des eaux souterraines cas de ZEF-ZEF (SKIKDA) .Doc .Master, Univ .Badji Mokhtar-ANNABA. P : 33,34

Monographie de la COMMUNE RURALE DE LATATRA, (Sept 2015).

ORMVAD., (2003). La monographie de la région des DOUKKALA-ABDA.

KENDOUCI, M. (2018) : étude de risque de pollution des eaux souterraines de la ville de Béchar et valorisation du sable en vue de son utilisation en traitement des eaux usées. Thèse. Univ des sciences et de technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf.

Mamoudou, D. (2010) : Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits en fonction du traitement à l'hypochlorite de sodium. Thèse. FACULTE DE MEDECINE, DE PHARMACIE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE

HCEFLCD., (2007). Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.

KHATTABI H., ALEYAI L., LOVY C et MANIA J., (2002). Evakuation de l'impact des lixiviats d'une décharge d'ordures ménagères sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un ruisseau de franche-Conté. Déchets : Revue francophone d'écologie industrielle n°24, pp.1-10.

O.M.S., (1984). Environmental health criteria 32. Methylenechloride. OMS, Genève.

O.M.S., (1988). Traitement des déchets solides aux pays en voie de développement, traduit en arabe par l'office régional de la Méditerranée orientale, Alexandrie, 285p.

BENGOUMI M., TRAOURE A., BOUHRITI N., BENGOUMI D et EL HRAIKI A., (2004). Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1, Maroc ; pp 5-25.

RODIER et al., (2009). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 6ème édition, 1196p.

GUERGAZI, S., ACHOUR S., (2005). Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Université de Biskra B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie

AFNOR., (1987). Qualité des sols méthodes d'analyses ; Recueil de normes françaises.

AFNOR., (1994). Qualité de l'eau. Ecueil de normes Françaises.

(Kjeldsen P. et al., 2002):Kjeldsen P., Barlaz M. A., Rooker A. P., Baun A., Ledin A. and Christensen. (2002) Present and Long-Term Composition of MSW Landfill leachate: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 32, 297-336.

(Y.JIROU, M., 2014):Y.JIROU, M.C. HARROUNI, M. BELATTAR, M. FATMI & S. DAOUD.,2014. Traitement des lixiviats de la décharge contrôlée du Grand Agadir par aération intensive Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. 2 (2):59-69.

(Matejka G, R., 2008):Matejka G., Rinke M, Mejbri R., Bril H., 2008. Pollution engendree par un lixiviat de décharge d'ordures ménageres: Bilan hydeique et caracterisation. EnvironmentalTechnology,15:4, 313-322.

(Institut de Veille S., 2004) :Institut de Veille Sanitaire, Stockage des Déchets et santé publique. Synthèse et recommandation. Rapport rédigé à la demande des ministères respectivement chargés de l'environnement et de la santé Françaises (2004).

(Kulikowska D., 2008) : Kulikowska D., Klimiuk E., 2008. the effect of landfill age on municipal leachate composition, Bioresource. Technol. 99: 5981-5985.

Ben Aakame, R., Caractérisation hydro-chimique, toxicologique et évaluation des risques sanitaires des eaux souterraines de la région de Sidi-kacem (Maroc). Thèse de doctorat, Université Mohammed V, Rabat-Maroc

Soudi ,B et chrifi, H., 2008 : Options de gestion des déchets solides municipaux adaptées aux contextes des pays du sud. Programme d'appui aux initiatives de gouvernance environnementale et territoriale, Enda Maghreb et d'Enda Tiers Monde.