

Département des Sciences de la Terre
Licence ès Sciences et Techniques
Eau & Environnement

Mémoire de projet de fin d'étude

**IMPACT DES FOSSES SEPTIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX
DE LA NAPPE PHRÉATIQUE.
CAS DE DOUAR MOULAY AZZOUC MARRAKECH (MAROC).**

Par
EL MOURABITE Nouhaila
&
BAKERRI Fatima Zahra

Encadré par : A. RHOUJJATI

Soutenu le 1 Juillet 2021 devant la commission d'examen composée de :

Pr. Ali RHOUJJATI, Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech
Pr. Yamina BOURGEOINI, Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech

Année universitaire 2020-2021

Sommaire :

Introduction générale.....	1
I - Cadre général de site d'étude:	2
1. Contexte géographique de la région :.....	2
2. Contexte géologique :.....	3
3-Contexte climatique :	7
3-1 Climat :.....	7
3-1-1 : La température :.....	8
3-1-2- Précipitation :	9
3-2-Hydrologie de surface :.....	9
4 - Hydrogéologie :.....	10
5-Contexte Pédologique :	10
II -Assainissement dans la ville de Marrakech:	12
1-Assainissement autonome dans le cas général :.....	12
1-1 –La définition.....	12
1-2- Objectifs de l'assainissement autonome :.....	13
2-La réalisation d'une fosse septique :	13
2-1- les fosses septiques :	13
2-1-1 : définition :.....	13
2-1-2 Les avantages d'une fosse septique :	14
2-1-3 les inconvénients d'une fosse septique :	14
2-1-4 Principe de fonctionnement d'une fosse septique :.....	14
3-La description de l'assainissement dans le secteur d'étude (Douar Molay Azouze) :.....	16
3-1-Problématique :	16
3-2 : Système d'assainissement au Douar Moulay Azzouz :.....	17
III. Matériels et méthodes :.....	20
1. Travail sur le terrain :	20
1.1 Prélèvements des échantillons d'eau :.....	20
1-2 : Mesure in situ :.....	22
2. Travail au laboratoire :	23
2.1. Analyses chimiques :.....	23
2.2 Les analyses bactériologiques :	31
IV. Résultats et discussion :.....	31
1. Les résultats physico-chimiques :.....	31
2. Les résultats chimiques :	32
3. Les résultats bactériologiques :	33
4. Discussions :.....	34
Conclusion générale :	41

Listes des figures :

Figure 1 : Situation géographique de la plaine du Haouz (Maroc). (Abourida et al., 2009).	2
Figure 2 : Photo de situation du secteur d'étude (prise par Google maps).	3
Figure 3 : Carte géologique simplifié de la région de Marrakech (d'après la carte géologique du Maroc au 1/50000). (Lion Moret., 1930).	6
Figure 4 : Diagramme représentant l'évolution de la température max et min moyenne annuelle durant la dernière décennie de la ville de Marrakech (1998-2011).	8
Figure 5 : diagramme des données représentant l'évolution de précipitation max et min moyenne annuelle durant la dernier décennie de la ville de Marrakech. (ABHT).	9
Figure 6 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tensift. (ABHT).	10
Figure 7 : Carte pédologique Haouz de Marrakech montre les classes du sol (direction de l'agriculture du commerce et des forêts 1951).	11
Figure 8 : Carte pédologique montre les types du sol de la plaine du Haouz. (El mekki., 2017).	11
Figure 9 : réseaux d'assainissement autonome. (RADEEMA)	13
Figure 10 : Coupe transversale d'une fosse septique et principe d'accumulation. (Lampron., juin 1995).	15
Figure 11 : Système d'assainissement individuel par une fosse septique et champ d'épuration (Lampron., juin 1995).	15
Figure 12 : Comparaison entre Douar Moulay Azzouz 1 & 2 selon données de l'arrondissement Ennakhil.	17
Figure 13 : Projection des analyses chimiques des eaux de douar Moulay Azzouz sur un le diagramme de Piper.	38
Figure 14 : Résultats bactériologiques des eaux de puits de douar AZZOUZE après dilution.	39

Liste des tableaux :

Tableau 1 : les informations techniques sur douar Moulay Azouz 1 & 2 (INDH).....	3
Tableau 2 : Série stratigraphiques synthétique de Haouz de Marrakech (AMBROGGI et al., 1952)....	5
Tableau3 : classe et type des sols de la plaine d'EL Haouz. (El mekki., 2017).	12
Tableau 4 : le volume de So4 et l'eau distillée utilisée pour l'étalonnage.	26
Tableau 5 : résultats physico-chimiques des puits 1 et 2 mesurés in situ.....	31
Tableau 6 : information sur les puits des échantillonnages.	32
Tableau 7 : les résultats chimiques des deux puits analysés.....	32
Tableau8: résultats bactériologiques des deux puits.....	33
Tableau 9 : normes de potabilité des eaux selon l'OMS.	35

Liste des photos :

Photo 1 : bassin des eaux ménagères dégagées sur la surface.	16
Photo 2 : Terre agricole (la plante d'artichaut) attaquées par inondation des eaux usées.	17
Photo 3 : bassin de l'eau ménagée au voisinage d'une maison.	17
Photo 4 : Fosse septique réalisé par RADEEMA au Douar Moulay Azouze 1.	18
Photo 5 : Puits perdu inondé réalisé par (RADEEMA) au Douar Moulay Azzouze 1.	19
Photo 6 : Le processus de vidange de puits perdu lie à la fosse septique de douar Moulay Azouze 1 par les techniciens d'hygiènes de RADEEMA.	19
Photo 7 : fosse septique réalisée par association Al Omrane au douar Moulay Azzouze 2.	19
Photo 8 : pH mètre utiliser dans la mesure du potentielle d'hydrogène de l'eau.	20
Photo 9 : conductimètre utilisé pour mesurer la conductivité d'eau.	21
Photo 10 : puits d'eaux situé au jardin d'un des habitants de douar Moulay Azzouz 1.	21
Photo 11 : bouteilles des échantillons d'eau du premier puits.	22
Photo 12 : mesure de température, pH et conductivité d'eau in situ.	22
Photo 13 : Spectrophotomètre portable et les boîtes de kit-LCK.	24
Photo 14 : Test en kit LCK- 339 (Nitrate) et la solution A.	24
Photo 15 : détermination de l'étalonnage et la concentration de sulfate des échantillons.	27
Photo 16 : Dosage de chlorure.	28

Liste des abréviations :

- **INDH** : Indicatif national pour le développement humain.
- **CNEREE** : Centre nationale des études et recherches sur l'eau et l'énergie.
- **FSTG** : Faculté des sciences et techniques Guéliz.
- **FSSM** : Faculté des sciences Semlalia Marrakech.
- **RADEEMA** : Régie autonome de distribution d'eau et d'électricité de Marrakech.
- **ABHT** : Agence des bassins hydrauliques de Tensift.
- **ONE** : Office nationale d'électricité.
- **OMS** : office mondiale de santé.
- **ha** : hectare.
- **hab.** : habitant.
- **L** : litre
- **m** : mètre.
- **nm** : nanomètre
- **t/jour** : tonnes par jour
- **mg/l** : milligramme par litre.
- **ms/cm** : millisimense par centimètre.
- **g/jour** : gramme par jour.
- **UFC** : unité forme colonie.
- **pH** : potentiel d'hydrogène.
- **N.M** : valeur mesuré.
- **N.E.P** : norme d'eau potable.
- **N.I** : norme d'irrigation.
- **GPS** : Global positioning système.
- **DCO** : demande chimique en oxygène.
- **DBO₅** : demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.
- **NO₂⁻** : nitrite ; **NO₃⁻** : nitrate ; **HCO₃⁻** : bicarbonate ; **CO₃⁻** : carbonate ; **Cl** : chlore ;
F : fluoride ; **SO₄²⁻** : sulfate ; **Na²⁺** : sodium ; **Ca²⁺** : calcium ; **K⁺** : potassium ;
PO₄³⁻ : orthophosphate ; **NH₄⁺** : ammonium ; **Mg²⁺** : magnesium.
- **Hcl** : acide chlorhydrique.
- **Bacl₂** : Chlorure de barium.
- **NaSO₄** : sulfate de sodium.

Dédicace :

A nos très chers parents :

Vous avez toujours été pour nous un exemple de parents respectueux, honnêtes, des personnes méticuleuses. Grâce à vous nous avons appris le sens du travail et de la responsabilité. Nous voudrions vous remercier pour votre amour, votre générosité, votre compréhension, votre soutien fut une lumière toute au long tout notre parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que nous avons toujours pour vous.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour notre éducation et formation. Nous implorons le tout-puissant pour qu'il vous accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

A nos chers frères et sœurs :

A tous les moments que vous avez été à notre côté avec votre soutien, nous exprimons notre plus profonde gratitude pour ce que vous avez apporté.

A nos amis :

Nous ne pouvons pas trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer notre affection, notre pensée, vous êtes pour nous des sœurs et des frères. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, nous vous dédions ce travail et nous vous souhaitons une vie pleine de succès et de bonheur.

Remerciement :

Pour ce travail que nous venons d'achever, nous exprimons nos profondes gratitude à tous ce qui nous ont aidé, conseillé et encouragé.

Nos remerciements vont tout d'abord au Dieu, qui nous a donné la santé et la patience pour que nous atteignons cette étape.

nous tenons à remercier premièrement tous nos enseignant de départements des sciences de la terre à la faculté des sciences et techniques Marrakech, et nous voudrions exprimer nos gratitude à notre encadrant **Mr. Ali Rhoujjati** qui nous a accompagné tout au long de ce travail, et surtout sa totale disponibilité à chaque fois que nous exprimons nos besoins et pour son soutien morale, financière, et scientifique à travers de nombreuse discussion fructueuses et instructives ; il a grandement contribué à la réussite de ce mémoire.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à Mademoiselle **Nadia Rhoujjati**, pour ses conseils et son savoir-faire, et de son aide à la réalisation des analyses chimiques nécessaires à notre étude au laboratoire de chimie des matériaux et de l'environnement au département de chimie FSTG.

Sans oublier **Mr. Hejjaj Abdessamad** docteur au Centre National des Etudes et Recherches L'eau et l'Energie (CNEREE), pour ses informations et conseils précieux, et grâce à lui on a eu l'opportunité de bénéficier de quelques analyses au centre.

Nous remercions tous les membres et les employés de l'arrondissement Ennakhil, en particulier **Mr. Mohamed Jawad Charqaoui** et **Melle. Zahira Dannaoui**, pour toutes leurs aides en nous fournissant des informations et en mettant à notre disposition tous les moyens disponibles à la réussite de ce mémoire.

Nous ne manquons pas l'occasion à remercier **Mr. Sadik, professeur** au département de biologie au sein de faculté des sciences Semlalia Marrakech (FSSM), pour son aide et accès à la documentation à la bibliothèque.

Finalement, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont aidé ou contribué de près ou de loin à la réalisation et la réussite de notre mémoire.

Merçi à tous

Résumé

Le présent travail vise à étudier l'impact probable des fosses septiques sur la contamination de l'eau souterraine, utilisée par la population à travers diverses tâches soit pour l'irrigation soit pour les tâches ménagères.

A cet effet, on a choisi l'échantillonnage deux puits situés au niveau d'une agglomération composée de deux douars Moulay Azzouz 1 et 2 non connectés au réseau d'assainissement locale. Afin de mettre en évidence l'impact des fosses septiques sur la nappe phréatique, des analyses physico-chimiques et microbiologiques, ont été réalisées.

Au cours de ce travail, il était nécessaire de prendre connaissance des problèmes liés à la mauvaise construction des fosses qui à priori ne respectent pas les normes de protection de l'environnement en vigueur. Sur le terrain, plusieurs paramètres ont été mesurés à savoir la Température, le pH la conductivité et la profondeur. La valeur de la conductivité montre que les eaux sont très minéralisées. Pour répondre à l'objectif fixé, des analyses chimiques ont été réalisées au laboratoire, avec la mesure de : potassium (K^+), sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}), la demande chimique en oxygène (DCO) et demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5) et Nitrate (NO_3^-), Nitrite (NO_2^-), Fluorine (F^-), carbonate-bicarbonate (CO_3^{2-}/HCO_3^{2-}), chlorure (Cl^-), sulfate (SO_4^{2-}) et analyses microbiologiques (coliforme totaux).

Les résultats obtenus ont été révélés qu'il existe une contamination des eaux souterraines au niveau de douar Moulay Azzouz (1 et 2). Les analyses microbiologiques ont clairement confirmé une forte concentration des germes dans les eaux des deux puits. En raison de la mauvaise construction de la fosse septique, les germes pathogènes ont atteint la nappe phréatique rendant ainsi les eaux souterraines insalubres.

Introduction générale :

Aujourd'hui le traitement des eaux usées domestiques pose un grand problème à l'échelle nationale. De nombreuses régions notamment dans le milieu rural souffrent quotidiennement de ce fléau qui entraîne l'apparition des problèmes sanitaires graves au niveau des populations. En absence d'un réseau d'assainissement, la situation dans ces zones rurales devient de plus en plus néfaste.

La dégradation de l'environnement est très étendue, il est en augmentation surtout dans le monde rural qui s'inscrit dans l'espace de préoccupation par le gouvernement à long terme. Le traitement des eaux usées et parmi les obstacles et les difficultés qui confronte les communes marocaine, cela explique la stagnation des eaux usées dans nombreux douars et villages en précisément dans des zones de faible densité de population et/ ou les ménages sont dispersés, à cause de son manque à des financements pour la construction et l'exploitation des systèmes centralisés de collecte et de traitement des eaux usées.

La défécation dans la nature est la plus courante en milieu rural en raison d'un mauvais assainissement réalisé par la population elle-même et qui ne respecte pas les normes, ce qui conduit à diverses formes de pollution difficile à contrôler.

Dans notre site d'étude (Douar Moulay Azouz), la population utilise des fosses septiques ne respectant pas les normes et en absence de réseaux d'assainissement ; une mauvaise situation environnementale s'installe.

Dans cette perspective, l'objectif de ce travail consiste à déterminer l'impact des fosses septiques sur la nappe phréatique.

I - Cadre général de site d'étude

1. Contexte géographique de la région

Le Haouz désigne la plaine qui est comprise entre les limites naturelles suivantes :

- Au Sud la grande chaîne de Haut-atlas,
- Au Nord les chaînons de Jbilet,
- A l'Est les terminaisons occidentales du moyen Atlas,
- A l'Ouest les Hauts plateaux de Chichaoua.

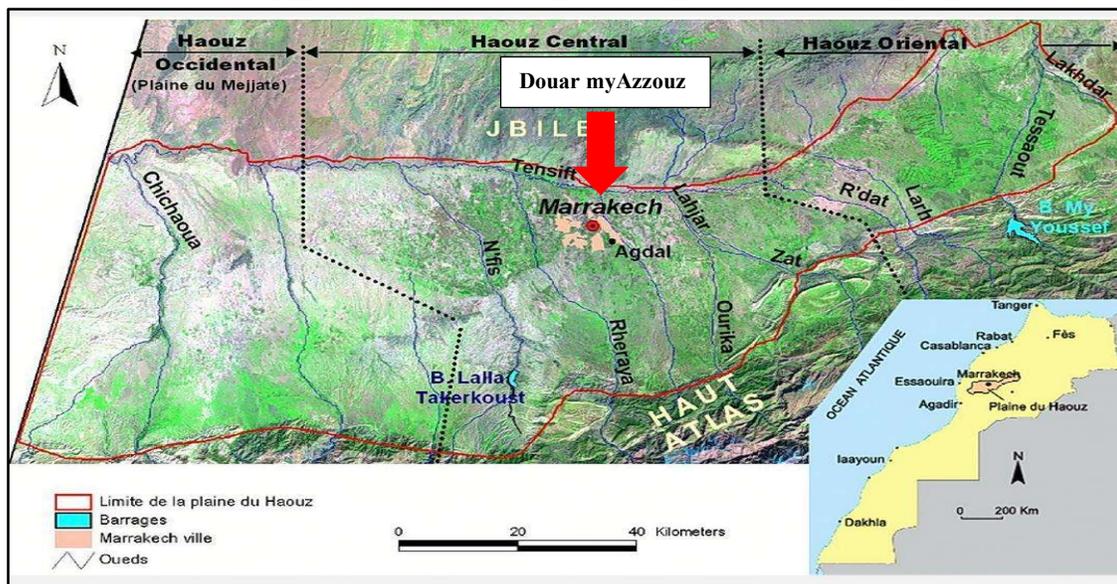


Figure 1 : Situation géographique de la plaine du Haouz (Maroc). (Abourida et al., 2009).

La zone étudiée fait partie de la plaine du Haouz centrale et plus précisément la ville de Marrakech dans l'arrondissement Ennakhil, qui est l'un des cinq arrondissements composant la mairie de Marrakech. L'agglomération s'appelle Douar Moulay Azzouz 1 et 2. Ils sont limités au Nord groupement Ennakhil, et au Sud par Douar Guanoune, à l'Est oued N'fis et Oued Issil à l'Ouest.

L'agglomération s'étend sur une superficie totale de 4.7 ha, elle est divisée en deux parties comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous selon les statistiques de l'Indicatif National pour le Développement Humaine (INDH) :

Tableau 1 : les informations techniques sur douar Moulay Azzouz 1 & 2 (INDH).

	Douar Moulay Azzouz 1	Douar Moulay Azzouz 2
Surface	0.7 ha	1.5ha
Nombre de ménage	45	186
Population	225 hab.	930 hab.
Assiette foncière	Habous/privé	Habous
Infrastructure	Disponible	Non disponible

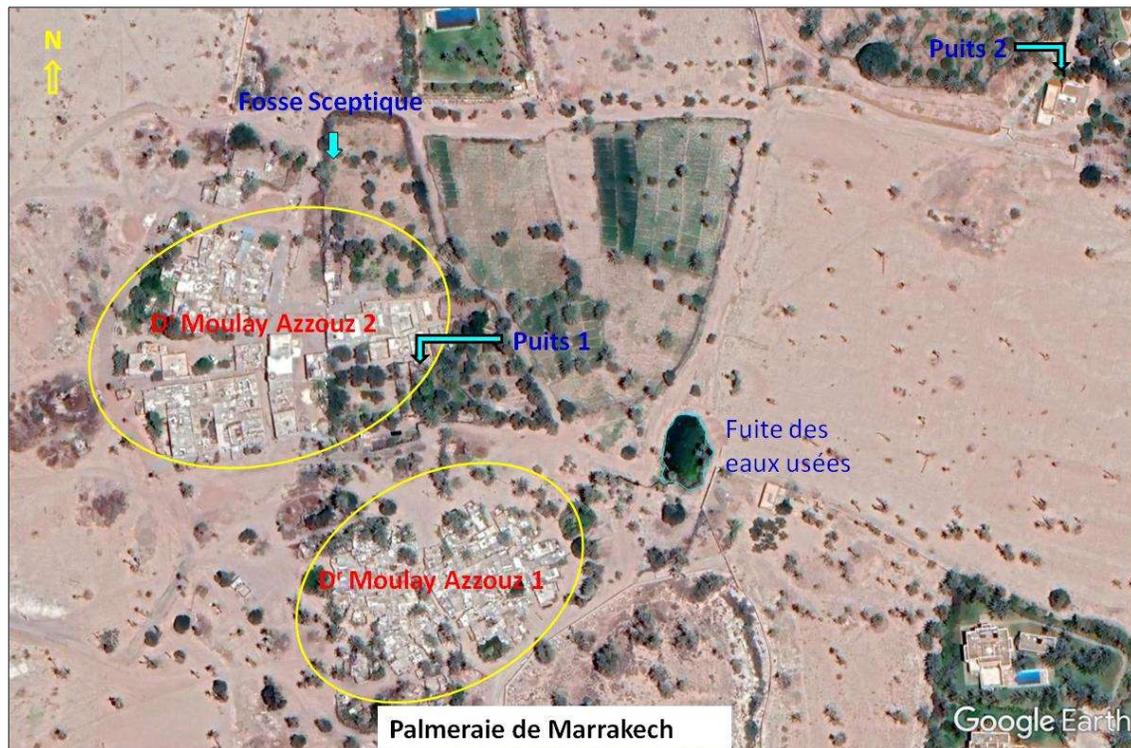


Figure 2 : Photo de situation du secteur d'étude (Google Earth).

2. Contexte géologique

Du côté géologique le Haouz central est constitué du faciès qui ont été observés soit à l'affleurement sur les bordures de la plaine soit dans les forages profonds (Abourida., 2007).

➤ Socle primaire (paléozoïque)

Les terrains du primaire composé essentiellement de schiste, grès, quartzite et argiles, constituent une grande partie du Haut Atlas de Marrakech et Jebilet, avec une épaisseur variant entre 6000 à 800 mètre.

➤ **Couverture secondaire**

Disposé en discordance sur le socle primaire est formé par les faciès suivant :

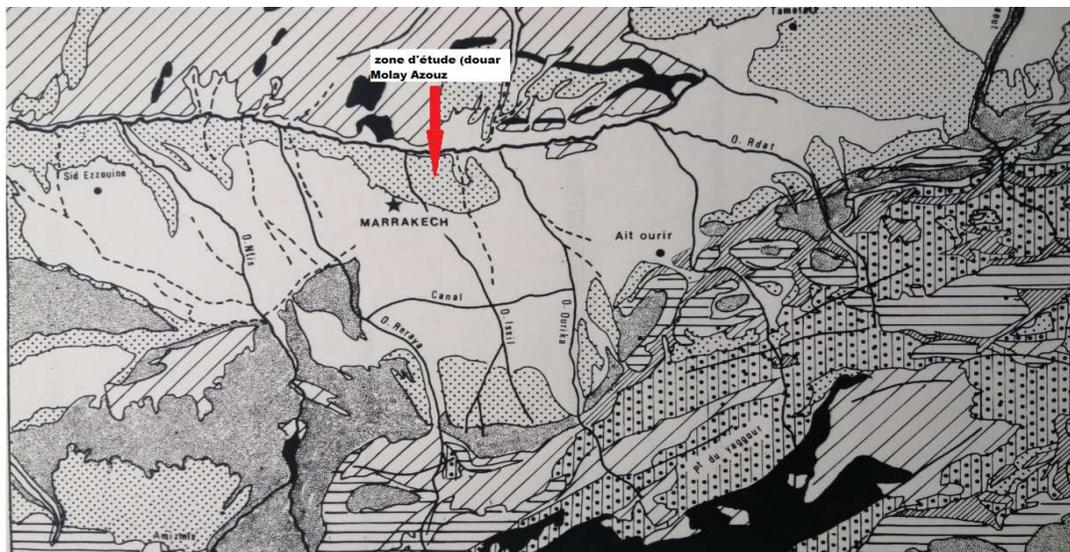
- **Permo-Trias** : ces terrains Permo-Trias au niveau du Haut atlas de Marrakech constitue par une série argileuse salifère très épaisse (1000 m) à la base, et des coulées de basalte dolérotique d'épaisseur (200 m) au sommet,
- **Jurassique**
 - le jurassique inférieur (Lias) : développé dans l'Est du Haut Atlas de Marrakech avec une épaisseur d'environ 400 m dans la région de Tassaout. Les formations de jurassique inférieur sont subdivisées en étages suivants :
 - Lias inférieur : silto-argileux,
 - Lias moyenne : calcaire dolomitique et marneux.
 - Le jurassique moyen : présent au niveau de la cuvette d'Ait Ourir, Demnate et à l'Est de l'oued Tassaout. Il est constitué par l'altération de conglomérat d'épaisseur (15 à 30 m) à la base, des séries silto-argileux d'épaisseur 10 à 20m et des grès à chenaux conglomératique d'épaisseur 80 à 100m.
 - Le jurassique supérieur : absent à l'Est d'Amzmiz.
- **Crétacé**
 - Crétacé inférieur : formé des dépôts silto-gréseux carbonaté d'épaisseur 75m (l'Hauterivien-valanginien), et des faciès gréseux de 35 m d'épaisseur (l'Albien).
 - Crétacé moyen : le cénomanien est caractérisé par des formations argileuses d'épaisseur 50 m, et surmonté par des calcaires dolomitiques d'âge cenomano-turonien d'épaisseur 45m,
 - Crétacé supérieur : le cénomanien constitué d'argile avec des petites intercalations de calcaire crayeux, son épaisseur est de 60 m.
Le Maestrichtien est formé essentiellement par des marnes grises contenant des petites intercalations de calcaire dolomitique, avec des grès et des sables phosphatés au sommet.
- **Éocène** : marqué par une transgression marin venu de l'Atlantique. Les faciès de l'Éocène est de calcaire à coquilles ou à silex avec un passage marneux gréseux, et une épaisseur de 100 m.
- **Mio-Pliocène** : formé par des dépôts continentaux détritiques (des faciès gréseux et des conglomérats,
- **Quaternaire** : les sédiments Quaternaire sont représentés par les limons, les argiles, les cailloux, les alluvions et des conglomérats.

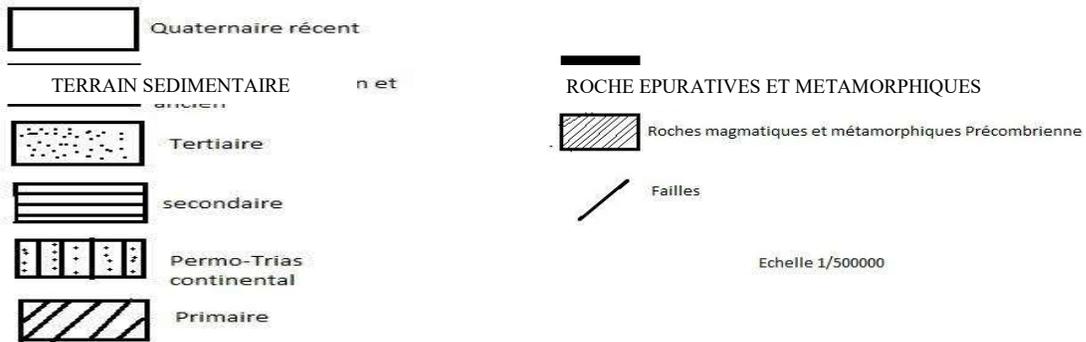
L'examen de la série stratigraphique établie par AMBROGGI et al., 195 montre l'existence de tous les étages de la série géologiques du primaire au quaternaire (figure5).

Tableau 2 : Série stratigraphiques synthétique de Haouz de Marrakech (AMBROGGI et al., 1952).

Division géologique		Faciès	Puissance maximale
Quaternaire récent		Sable, gravier et galets des Oueds. Formations consolidées, des terrasses. Limons de la plaine	50 m
Villafranchien		Çonglomérats ± consolidés. Marnes gréseuses et calcaire lacustre.	100 m
Néogène continental		Marnes gréseuses roses, calcaire lacustre et conglomérats.	600 m
Éocène	Supérieur	Formations rouges continentales.	200 m
	Moyen & inférieur	Calcaire et sables phosphatés avec des niveaux de marnes jaunes.	50 m
Crétacé	Supérieur	Grès et marnes.	100 m
	Moyen	Calcaire, dolomite, marnes et marno-calcaire	100 m
	Inférieur	Marnes vertes et argiles rouges gypsifères.	200 m
Jurassique	Supérieur & moyen	Formations continentales à l'est marine à l'ouest, avec des calcaires et argiles.	200 m
	Moyen & inférieur	Calcaires lités surtout dolomitique à l'est. Marnes calcaires et marnes à gypse.	500 m
Stéphano-Autunien		Coulés de dolérites au sommet, argiles	1200 m
Trias		Conglomérats rouges avec dépôts de gypse et de sel.	-
Primaire		Schistes, grès et quartzites, calcaires du Dévonien.	6000 m à 8000 m

L'agglomération de Moulay Azouz est située dans une zone qui connaît un affleurement du faciès du quaternaire (sable, gravier et galet du oued, des terrasse et limon de la plaine) (Figure 4).





3-Contexte climatique :

Climat

Le climat de la région de Marrakech est subtropicale semi-désertique, avec des hivers doux et des étés torrides. Les données extraites de la station météorologique de l'Aéroport Mènera (LONEM), nous permet de représenter sur un diagramme l'évolution de la température et la précipitation annuelle max, min et moyenne durant la dernière décennie (1998-2017).

3-1-1 : La température :

A partir des données de diagramme, on remarque que la température maximale annuelle de Marrakech ne dépasse pas 30°C (28.6°C en 2011) et température min n'ai pas inférieureà 10°C (13.8°C en 1999), d'autre parts on trouve que la température moyenne varie entre (26°C et 28°C). Ces faibles valeurs sont dues à la situation de Marrakech (460 mètre au-dessus de niveau marin), cette altitude suffisante pour abaisser un peu la température nocturne, d'autre part en raison de la distance de la mer.

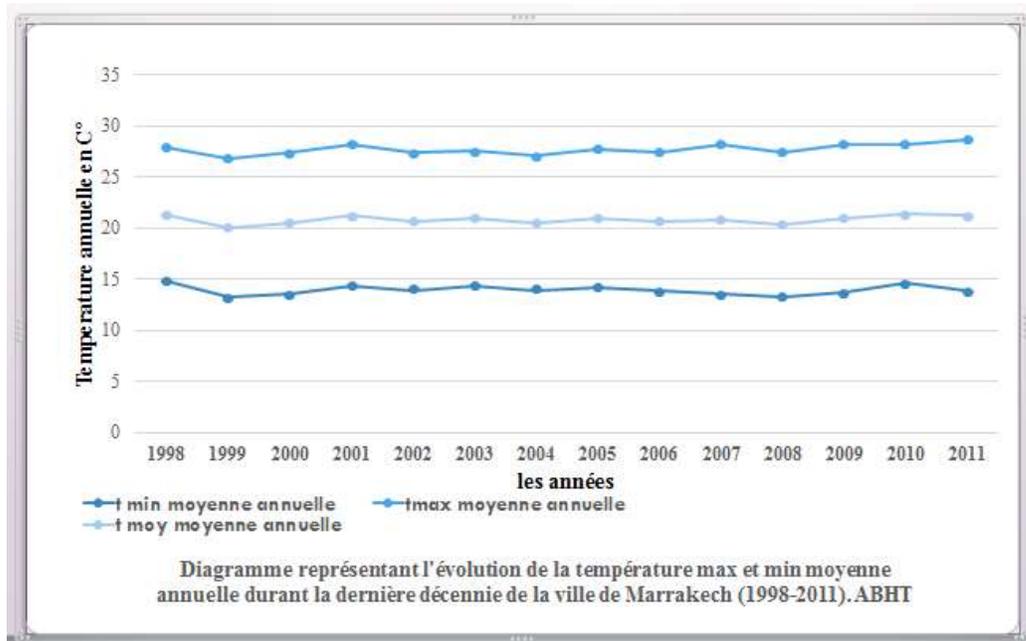


Figure 4 : Diagramme représentant l'évolution de la température max et min moyenne annuelle durant la dernière décennie de la ville de Marrakech (1998-2011).

3-1-2- Précipitation :

Comme pour la température, les précipitations annuelles montrent que les précipitations sont faibles et variables d'une année à l'autre. La moyenne annuelle est de l'ordre 317 mm à Marrakech et l'année la plus pluvieuse est celle de 2009 avec 517.9 mm et la plus sèche correspond à l'année 2000 avec une précipitation annuelle de 102.8mm. La variation de la précipitation moyenne prend des faibles valeurs, ce qui donne à cette ville un caractère presque désertique, et la répartition de cette précipitation sont irrégulier dans le temps et l'espace.

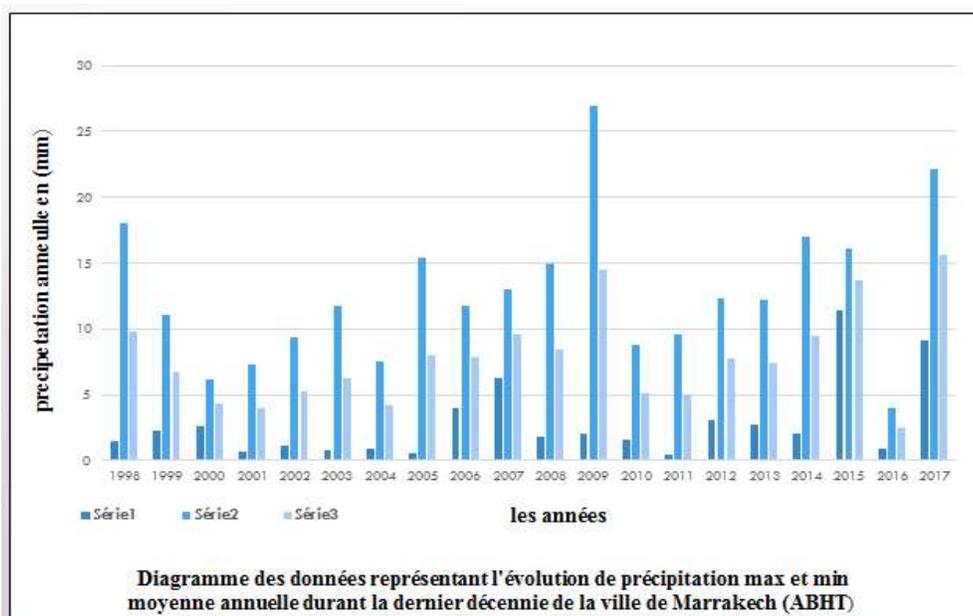


Figure 5 : diagramme des données représentant l'évolution de précipitation max et min moyenne annuelle durant la dernière décennie de la ville de Marrakech. (ABHT).

3-2-Hydrologie de surface

Le réseau hydrographique du Haouz central constitué de l'ensemble des oueds issue du Haut Atlas (N'fis, Riraya, Zat, Ourika, Issil), il débouche dans oued Tensift. Ce dernier orienté vers l'Ouest, joue le rôle de collecteur des eaux de surface. La zone étudiée (Douar Moulay Azouz) a un emplacement stratégique en termes de ressources en eau, car elle est bordée à l'Ouest par Oued Issil et l'Est par la vallée de Tensift ce qui enrichit les eaux souterrain du Douar en période pluvieuse et humide

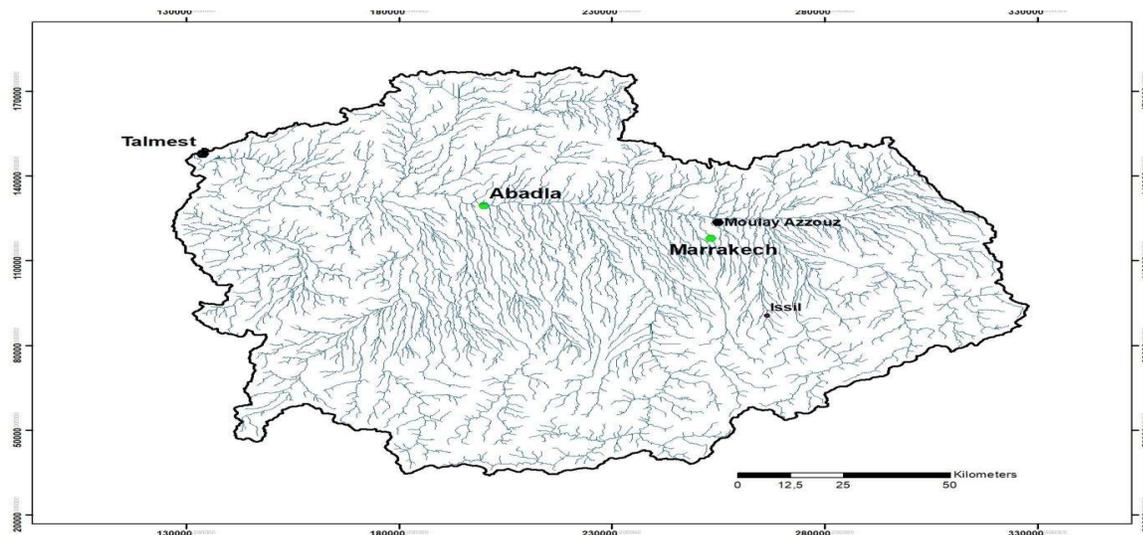


Figure 6 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tensift. (ABHT).

3 - Hydrogéologique

L'histoire géologique de la plaine de la plaine du Haouz donne des propositions sur la présence des réservoirs aquifères à travers l'alternance des couche géologique perméable et imperméable le long de la plaine, sauf pour les bordures du haut atlas qui se compose par des schistes du primaire qui portent des dépôts néogène et quaternaire qui constitue les limites de la nappe du Haouz.

Le Haut Atlas joue un rôle très important grâce à sa position méridionale qui connaît une pluviosité assez important (658 mm), ce qui conduit à un bonne arrosage pour tous les prolongements de montagne, et leur influence atteint jusqu'à la plaine, ainsi que la présence du réseau hydrographique qui rassemble de nombreuses oueds, les plus importants Ourika, Riraya, N'fis et Zat orientés de l'Ouest vers l'Est (Essini, 1987).

La zone étudiée (douar Moulay Azouz) appartient au Houz centrale ; elle est alimentée par deux oueds Riraya et Ourika pendant la période des inondations et par les infiltrations au niveau de la rivière.

5-Contexte Pédologique

La carte pédologique du sol réalisée en 1951 au niveau de la plaine de Haouz a donné quatre classes du sol dominant dans la plaine : **rouge, gris, châtain et brun**. Il varie entre trois types de textures : **limono-argileuse, limoneuse et limono sableuse** (figure 8) (Abourida., 2007).

- **Sols rouges ou châtaîns** développés au centre d'EL Haouz orientale et à proximité du centre de Tahanaout,

- Les sols **châtains** couvrent la partie centrale et orientale d'EL Haouz,
- Les sols **gris** se développent à l'ouest de la plaine d'EL Haouz,
- Les sols bruns sont localisés en basse plaine,

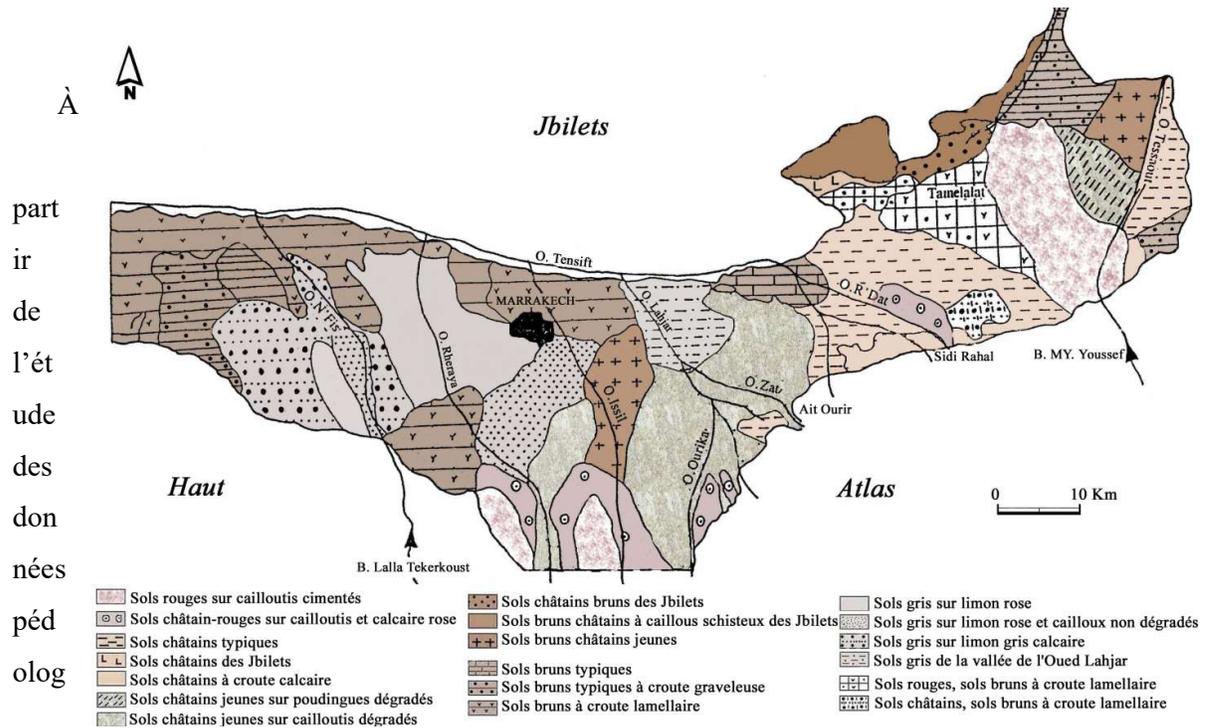


Figure 8 : Carte pédologique Haouz de Marrakech montre les classes du sol (direction de l'agriculture du commerce et des forêts 1951).

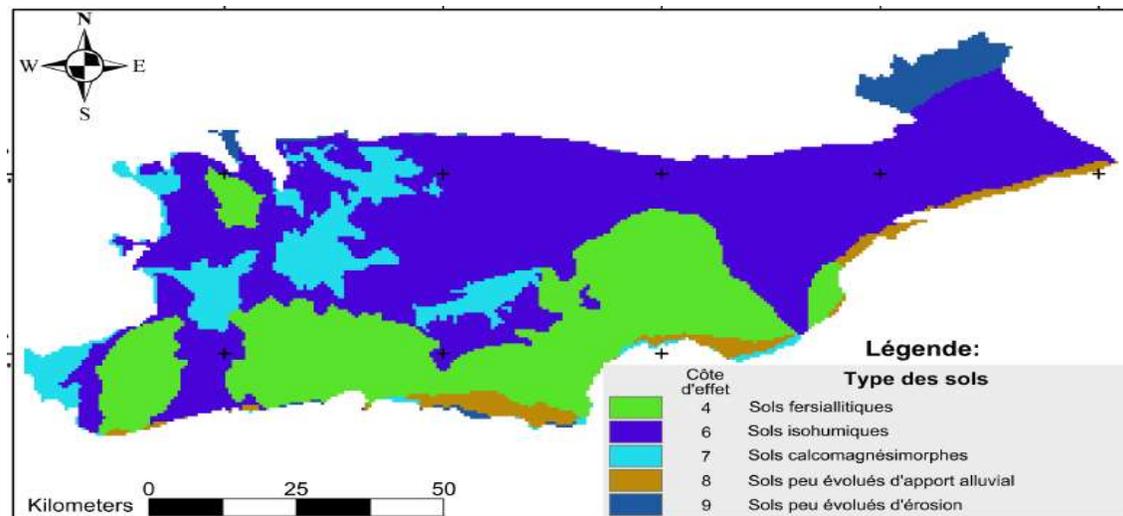


Figure 7 : Carte pédologique montre les types du sol de la plaine du Haouz. (El mekki., 2017).

iques des deux cartes du sol de la plaine, on remarque que la région d'étude fait partie du Haouz central ; elle se caractérise par la dominance du sol de classe châtain et plus précisément du type **isohumique** qui est un type évolué (formé des horizons A, B, C) assez riche en matière organique presque constante dans tous le profile.

Tableau3:classe et type des sols de la plaine d'EL Haouz. (El mekki., 2017).

Classe des sols	Type des sols
Sols d'érosion schisteux	Sols peu évolués d'érosion
Sols châtain sur glacis	Sols peu évolués d'érosion
Sols châtain	Sols isohumiques
Sols Iso humiques bruns	Sols isohumiques
Sols fersiallitiques	Fersiallitiques
Sols sur formation synclinale	Sols peu évolué d'apport alluvial
Sols avec encroûtement calcaire	Sols calcomagnésimorphe
Sols sur plateaux calcaire	Sols calcomagnésimorphe

Remarque : Selon le dictionnaire français Larousse le sol isohumique est caractériser par sa structure grumeleuse qui assure les meilleures conditions du développement du sol grâce à la forme arrondis des grains qui permettre la présence des pores, et à partir des données (Figure 3) on trouve que le faciès géologique du quaternaire constitué par : sable, gravier des oueds et limon de la plaine. De ces informations on peut déduire que le sol de la région d'étude est perméable et cultivable.

II -Assainissement dans la ville de Marrakech

1-Assainissement autonome dans le cas général

1-1 –La définition

L'assainissement est l'ensemble des procédés qui collecte, transporte et traite les eaux usées avant leur rejet dans les milieux naturels (rivière, surface, sous-sol...). L'assainissement autonome est une démarche qui consiste à améliorer la situation de l'environnement de l'évacuation des déchets et toutes les matières naturellement évacuées par l'homme sous forme solide ou liquide. Elle se fait généralement par un dispositif de traitement préalable, qui peut être soit par une fosse septique soit par micro station d'épuration. Ce type d'assainissement se réalise dans les zones non raccordées au système d'assainissement

collectif ou public.

1-2- Objectifs de l'assainissement autonome :

- ✓ L'évacuation et le traitement des eaux usées pour réduire les risques sur la santé et l'environnement,
- ✓ Inclure l'objectif sanitaire et protéger efficacement le captage d'eau destiné à la consommation humaine (protection de la nappe phréatique),
- ✓ La réduction de pollution et la dégradation de l'environnement.

2-La réalisation d'une fosse septique

2-1- les fosses septiques

2-1-1 : définition

La fosse septique étanche (en 2 compartiment : fosse septique + puits perdu) est l'une des éléments constitutifs d'une installation d'assainissement non collective, généralement construite en béton ou en matériaux préfabriqués. Le premier compartiment auquel les eaux usées séjournent 3 à 4 jours afin d'y subir une décantation, une flottation et une digestion anaérobie partielle. Son rôle consiste à éliminer par décantation la fraction sédimentable contenue dans les eaux usées, et la partie de la pollution organique (de l'ordre 30% à 50%), plus que la liquéfaction de la matière organique.

Le deuxième compartiment : puits perdu ou puits d'infiltration ou ce qu'on appelle aussi filtre d'épuration ; c'est une fosse généralement circulaire dans la profondeur de la partie filtrante, d'environ 4 mètres avec une paroi en maçonnerie purifiante et remplie des matériaux aussi filtrants en plusieurs couches successives, de dimensions décroissantes vers le fond. Le puits sert à une chambre de rassérénation les eaux usées provenant de la fosse septique afin d'améliorer encore la sédimentation avant de l'injecter dans le sous-sol. (RADEEMA)

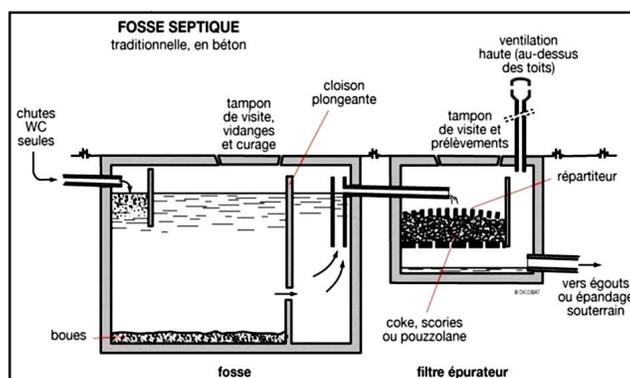


Figure 9 : réseaux d'assainissement autonome (RADEEMA)

2-1-2 Les avantages d'une fosse septique

Les fosses septiques sont largement utilisées par nombreuses personnes qui n'ont pas accès au système d'assainissement public (comme le cas des milieux ruraux). Elles peuvent être une excellente solution pour le traitement des eaux usées grâce à ses nombreux avantages :

- L'espace d'installation est réduit,
- Le système d'installation est simple, facile et ne nécessite pas d'être hautement qualifié pour l'utiliser,
- Assure un prétraitement efficace et une liquéfaction du rejet indispensable à la phase d'épuration de l'eau qui suit la fosse,
- L'entretien de la fosse septique est très économique.

2-1-3 les inconvénients d'une fosse septique

Comme tous les ouvrages la fosse septique a des inconvénients qui se manifestent :

- Elles peuvent entraîner une contamination sur les eaux souterraines (nappe phréatique),
- Mauvaises odeurs causées par une mauvaise constriction,
- Une fosse septique mal entretenue peut être un terrain fertile pour les mouches et les insectes qui peuvent transmettre des maladies infectieuses pour la population,
- Le mauvais entretien des fosses septiques peut créer un impact négatif sur la végétation et la fertilité du sol.

2-1-4 Principe de fonctionnement d'une fosse septique

Les eaux usées dégagées par la population sont acheminées à la fosse septique qui contribue essentiellement à faire décanter et à épurer par digestion les solides contenus dans les eaux usées, ces solides peuvent flotter sur la surface de la phase liquide et former une couche de solide appelée écume ou décanter à la profondeur et former une couche solide appelée les boues. Ces deux couches ont suivi une digestion anaérobie qui a eu lieu à l'intérieur de la fosse afin de solubiliser une partie de la matière solide accumulée dans la fosse (Figure 11)

La décomposition anaérobie engendre également la production de gaz du méthane. Cette digestion des solides est plus faible dans les premières années de construction de la fosse, elle augmente avec le temps.

Malgré tout, il y a une condensation plus ou moins rapide des solides dans la fosse,

qui est relative à la décantation, la compaction et la dégradation de la matière solide. Donc il est nécessaire d'établir une vidange périodique pour éviter l'accumulation qui conduit à un dysfonctionnement de la fosse.

Lorsque le niveau de liquide dans la fosse dépasse la hauteur de la conduite de sortie, l'eau rejetée vers le champ d'épuration se compose d'un ensemble de tuyaux poinçonnés permettant de répartir sur une surface définie de sol l'effluent de la fosse. (Figure 12) (Lampron, 1995).

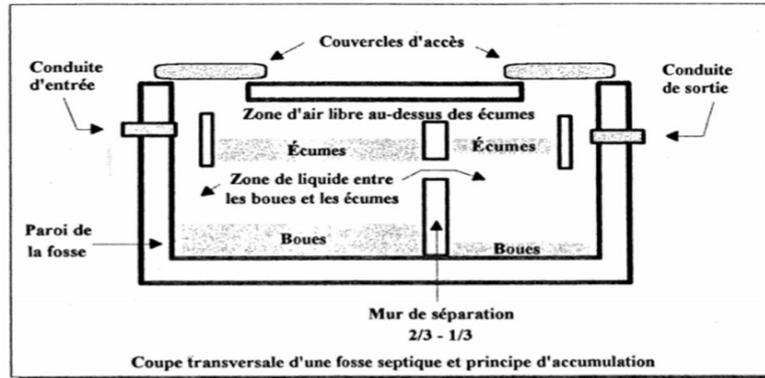


Figure 10 : Coupe transversale d'une fosse septique et principe d'accumulation. (Lampron., juin 1995).

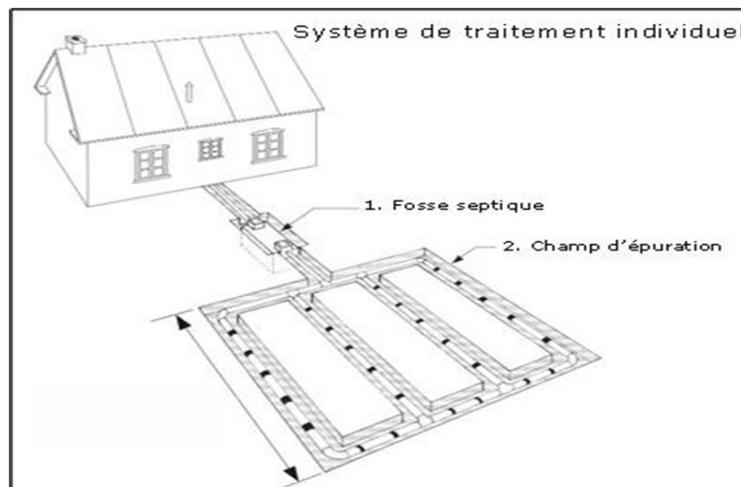


Figure 11 : Système d'assainissement individuel par une fosse septique et champ d'épuration (Lampron., juin 1995).

3-La description de l'assainissement dans le secteur d'étude (Douar Molay Azouz)

3-1-Problématique

Dans les quartiers marginaux presque la totalité de population ne dispose pas d'alimentation d'eau potable, ni l'infrastructure, et ne sont pas reliés aux réseaux d'assainissement public.

L'agglomération de Moulay Azzouz est un exemple de ces quartiers qui souffrent de ces problèmes. Il a subi une opération de mise à niveau dans le cadre de la convention des travaux complémentaires de l'habitat insalubre, à la commune de Marrakech arrondissement Ennakhil. La société Alomran a pris en charge la création et la réalisation d'une fosse septique pour résoudre le problème provisoirement jusqu'à ce qu'une solution soit trouvée aux problèmes qui concernent la propriété foncière du douar, dont une grande partie appartient à Ahbass et il a été intrusive par la population. A cause de tout cela la fosse septique a eu après des problèmes sur la population et l'environnement. Elle est mal construite, sous dimensionnée et n'a pas supporté la quantité énorme des eaux usées à cause de leur petite taille et l'élévation de recensement dans le douar. Elle atteint le seuil de remplissage aspire depuis l'accrétion, par conséquent la fosse est inondée elle dégage les eaux usées sur la surface avoisinante en raison de cela un bassin d'eau polluée nous est apparu.

Ce bassin a créé un environnement propice à la reproduction des bactéries pathogènes qui engendrent des problèmes sanitaires graves sur la population, avec l'apparition des insectes qui contaminent les habitats et transmettent des maladies dangereuses (maladie oculaire, maladie dermatologique, l'asthme, maladie du rein, etc.).

Différents impacts sur les composantes de l'environnement sont notés

- **l'air** : dégagement de mauvaise odeur,
- **le sol** : n'est plus arable,
- **nappe phréatique** : infiltration des eaux usées entraînant sa contamination.



Photo 1: bassin des eaux ménagères déversées sur la surface.



Photo 2 : Terre agricole (la plante d'artichaut) attaquées par inondation des eaux usées.



Photo 3: bassin de l'eau ménagée au voisinage d'une maison.

3-2 : Système d'assainissement au Douar Moulay Azzouz

L'agglomération de Moulay Azzouz est divisée en deux sous agglomérations Moulay Azzouz 1 et Moulay Azouz 2. Ces deux douars connaissent une grande différence entre eux, au niveau de référence foncière, nombre de ménages, superficie, services publiques (école, mosquée) et l'infrastructure et services nécessaires, etc.

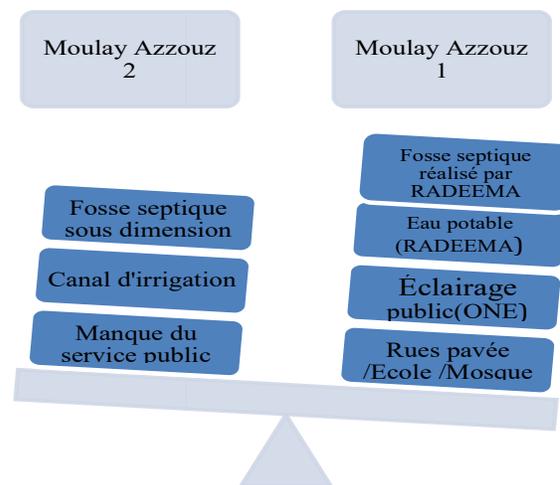


Figure 12 : Comparaison entre Douar Moulay Azzouz 1 & 2 selon les données de l'arrondissement Ennakhil.

Cette distinction dans la structuration et la qualification est dû au fait que la commune de Marrakech ne peut faire aucune réforme jusqu'à ce qu'ils trouvent une solution pour régler la situation foncière du douar Moulay Azouz 2 avec les habitants. Actuellement elle est en train d'étudier un projet de relogement de la population du douar Moulay Azouz 2 qui vit dans des conditions difficiles précaires.

Les eaux de la nappe phréatique sont utilisées par la population depuis longtemps pour la boisson (les hommes et les animaux), tâches ménagères et dans l'agriculture. Dernièrement la population a remarqué un changement dans la nature de l'eau : elle a une mauvaise odeur et un goût désagréable. Pour cela les habitants évitent de le boire et ne l'utilisent plus maintenant que pour l'agriculture et les travaux de nettoyage.

Depuis quatre ans, ils utilisent l'eau d'irrigation provenant du douar Moulay Azzouz 1 qui dispose d'un réseau d'eau potable réalisé par Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech (RADEEMA).

Dans le douar on trouve deux types de fosses la première se trouve au douar Moulay Azzouz 1 réalisée par (RADEEMA), qui est dimensionnée ; elle est soumise à cinq conditions :

- ✓ Un temps de séjour maximum de 2 jours (il est aspiré chaque jour avec une moyenne de 20 tonnes/jour),
- ✓ Une capacité de stockage des boues varie de 3 à 5 ans en fonction d'un optimum économique,
- ✓ Un volume de boue, avant vidange, ne dépassant pas 50% du volume immergé,
- ✓ Un rapport de longueur / largeur 2 et 3,
- ✓ Une hauteur du volume immergé comprise entre 1,5 et 3m.



Photo 4 : Fosse septique réalisé par RADEEMA au Douar Moulay Azouz 1.



Photo 5 : Puits perdu inondé réalisé par (RADEEMA) au Douar Moulay Azzouz 1.



Photo 6 : Le processus de vidange de puits perdu lie à la fosse septique de douar Moulay Azouze 1 par les techniciens d'hygiène de RADEEMA.

Le deuxième type de fosse se trouve dans le douar Moulay Azouze 2, elle est réalisée par société Al Omrane pour résoudre passagèrement les problèmes d'assainissement dans le douar. Cette fosse a des normes de construction inconnues, mal construite et a entraînée nombreux problèmes sur la population et surtout sur l'environnement.



Photo 7 : fosse septique réalisée par association Al Omrane au douar Moulay Azzouz 2.

En raison de cet état pitoyable on essaiera de montrer s'il y a un impact de ces fosses sur l'eau de la nappe phréatique. C'est ce qu'on va mettre en évidence à partir des analyses

physiques, chimiques et bactériologiques des eaux de nappe phréatique.

A partir de ce qui précède plusieurs questions peuvent être étalées :

Quel est l'impact de fosse septique de ce douar sur les eaux souterraines ? Est ce qu'il y a une contamination ou non ? Si oui quel est leur degré de danger ? Quelles sont les solutions proposées ?

III. Matériels et méthodes

1. Travail sur le terrain :

1.1 Prélèvements des échantillons d'eau

Pour montrer l'impact de fosse septique du douar sur les eaux de la nappe phréatique, il faut prélever des échantillons de ces eaux pour mesurer la concentration des éléments chimiques et bactériologiques qui sont un indicateur de pollution. Après avoir pris les outils nécessaires pour ce travail qui sont :

- ✓ Seau pour prélever les eaux du puits,
- ✓ Bouteilles d'eau en plastique de 0.5 L pour prendre les échantillons,
- ✓ Un thermomètre pour mesurer la température sur place,
- ✓ Un pH mètres pour mesurer le potentiel d'Hydrogène,
- ✓ Un conductimètre pour mesurer la conductivité,
- ✓ Une corde avec une roulette de mesure pour mesurer la profondeur,
- ✓ Marqueur, les étiquettes et carnet pour prendre des notes,
- ✓ Scotch pour assurer la fermeture des bouteilles afin de ne pas être contaminée par l'extérieur.



Photo 8 : pH mètre utiliser dans la mesure du potentielle d'hydrogène de l'eau.



Photo 9 : conductimètre utilisé pour mesurer la conductivité d'eau.

Pour cela, on a fait une enquête sur le terrain qui nous permet de ressortir l'existence de deux puits qui sont proches, de quelque mètre de la fosse. Le premier puits se trouve à l'intérieur du jardin d'un des habitants de douar Moulay Azzouz 1 qu'ils utilisaient avant quatre ans pour boire, arroser des terres agricoles et les travaux de maison, mais maintenant leur utilisation est limitée uniquement à l'agriculture, et le nettoyage. Le deuxième puits est d'une villa (BELLA) qui se situe aussi à proximité.



Photo 10 : puits d'eaux situé au jardin d'un des habitants de douar Moulay Azzouz 1.

Le prélèvement a une grande importance car la crédibilité des résultats finale des analyses dépend principalement du bon prélèvement : si les échantillons ont été pris d'une manière correcte.

Après le pompage de l'eau de puits, nous avons rempli le seau directement de la source après l'avoir rincée par l'eau de même puits pour éviter toute contamination par des apports externes, on a rempli deux bouteilles de 0,5 L après les avoir rincée par l'eau du puits. Sur les deux bouteilles on a mentionné le nom du puits plus la date et l'heure du prélèvement.



Photo 11 : bouteilles des échantillons d'eau du premier puits.

1-2 : Mesure in situ

Après avoir prélevé les échantillons nécessaire aux analyses chimiques et bactériologiques, nous avons commencé à mesurer les paramètres physico-chimique qu'on doit prendre in situ : température de l'eau et de l'air, conductivité, pH et aussi la profondeur de puits ainsi que les coordonnées du site (longitude/ latitude) à l'aide d'un GPS GARMIN. Le processus se fait en plaçant les électrodes de thermomètre, pH mètre et conductimètre dans le seau d'eau et après un court instant un note la valeur directement sur l'écran de l'appareil.



Photo 12 : mesure de température, pH et conductivité d'eau in situ.

- Les analyses physiques

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des gaz, les sels, et l'oxygène nécessaire à la vie aquatique. L'augmentation de température peut entraîner une

accélération des réactions chimique et biochimique, la valeur de ces paramètres est influencée par la température ambiante et aussi par le rejet des eaux résiduaire chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C sont souvent néfastes.

- Les analyses physico-chimiques

Le potentiel d'hydrogène (pH) est la concentration des ions H^+ dissous dans l'eau, il donne l'acidité de la solution mesurée. Il varie généralement entre (0-14), cette valeur passe de plus acide (0 à 6) jusqu'au plus basique (8 à 14) en passant par le pH neutre (pH=7). Les faibles pH peuvent engendrer une augmentation des métaux sous forme ionique plus toxique. Selon les normes marocaines la valeur maximale admissible de pH des eaux naturelles ne dépasse pas 9,2 et la valeur maximale recommandée entre 6,5 et 8,5.

La conductivité est la capacité d'une eau à laisser passer le courant électrique. Les sels sont des bons conducteurs du courant électrique, par contre aux composés organiques, il est exprimé en milli siemens par centimètre (ms/cm). La mesure de la conductivité donne idée sur la salinité de l'eau, si la conductivité est élevée donc l'eau est très salée et vice versa. La valeur maximale admissible de la conductivité de l'eau naturelle selon les normes marocaines est de 2700 μ s/cm.

2. Travail au laboratoire

2.1. Analyses chimiques :

Les analyses chimiques ont été divisées en deux parties : une partie réalisée aux Centre National d'Etude et de Recherche sur l'Eau et l'Energie (CNEREE), pour les éléments suivant : potassium (K^+), sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}) et la demande chimique en oxygène (DCO) et demande biochimique en oxygène pendant 5 jours(DBO_5) et les analyses bactériologiques (coliformes totaux).

L'autre partie réalisée par pour les éléments suivant : Nitrate (NO_3^-), Nitrite (NO_2^-), Floride (F^-), carbonate-bicarbonate (CO_3^{2-}/HCO_3^{2-}), chlorure (Cl^-) et sulfate (SO_4^{2-}) au laboratoire des matériaux et l'environnement du département de chimie à la faculté des sciences et technique Marrakech (FSTG).

Nitrate (NO_3^-) et Nitrite (NO_2^-) sont : le résultat naturel d'une nitrification de l'ion Ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en Nitrites par les bactéries du type Nitrosomonas, puis elle est oxydée en Nitrate par des bactéries du type Nitrobacter. L'eau naturelle non polluée peut contenir le nitrate en petite concentration, ils ne sont pas toxiques en lui-même mais leur intoxication vient des réactions qu'il subit à l'intérieur de

l'organisme. Pour mesurer la concentration de Nitrate et Nitrite et Fluorid au laboratoire on utilise le spectrophotomètre portable, selon le mode opératoire suivant :

➤ **Nitrate (NO₃) :**

Selon les normes marocaines, l'eau de bonne qualité doit contenir 50 mg/l de nitrate.

● **Mode opératoire :**

- Pipeter soigneusement 1 ml d'échantillons,
- Ajouter 0,2 ml de solution A dans la cuvette de LCK-339,
- Fermer la cuvette et y retourner plusieurs fois jusqu'à ce qu'il n'est plus tracé,
- Après 15 minutes, nettoyer soigneusement l'extérieur de la cuvette et évaluer,
- Insérez la cuvette dans la porte couverte,(DR 1900 : aller à Méthode LCK/TNT plus sectionner le test Nitrate et appuyer sur lire et noter la valeur).



Photo 13 : Spectrophotomètre portable et les boîtes de kit-LCK.



Photo 14 : Test en kit LCK- 339 (Nitrate) et la solution A.

➤ **Nitrite (NO₂⁻) :**

Selon les normes marocaines, l'eau de bonne qualité doit contenir 0,1 mg/l de nitrite.

● **Mode opératoire :**

- Enlever délicatement la feuille de la protection du DosiCap Zip,
- Dévisser le DosiCap Zip,
- Pipeter soigneusement 2ml d'échantillons ajouter dans la cuvette de LCK-341,
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip en dirigeant les cannelures vers le haut,
- Secouer énergiquement jusqu'à lyophilisat se soit complètement dissous,
- Après 10 min, retourner de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer,
- Insérer la cuve dans le compartiment porte cuve,
(DR 1900 : aller à Méthode LCK/TNT plus sectionnez le test Nitrite et appuyer sur lire et noter la valeur.)

➤ **Fluorines (F⁻) :**

Les fluorures sont des sels minéraux qu'on peut naturellement avoir dans l'eau, ou on peut aussi l'ajouter artificiellement dans l'eau des zones qui sont dépourvues en fluorures, grâce à leur effet à la diminution de l'action des bactéries qui causent la carie, et rendre les dents plus résistant à leur action si la concentration ne dépasse pas 1.5mg/l selon (normes marocaines), en général ils réduisent la carie de 20% à 40% dans les populations. Si la concentration en fluorure dépasse cette valeur, elle affecte négativement la santé du consommateur et provoque des maladies telles que la fluorose et l'ostéoporose.

● **Mode opératoire :**

- Pipeter soigneusement 3 ml de l'échantillon et ajouter dans la cuvette de kit LCK-323,
- Fermer la cuvette est la tourner à droite et à gauche jusqu'à bien mélanger,
- Après une minute, nettoyer la cuvette de l'extérieur et évaluer,
- Insérer la cuve dans le compartiment porte cuve,
(DR 1900 : aller à Méthode LCK/TNT plus sectionnez le test fluorure et appuyer sur lire et noter la valeur).

➤ **Sulfate (SO₄²⁻) :**

Les sulfates sont parmi les anions les plus importants dans les eaux naturelles, leur concentration dans l'eau est variable selon la composition des terrains. Parmi les problèmes causés par les sulfates on peut citer les suivant :

- Les diarrhées entraînent à la longue une grave déshydratation,
- les troubles digestifs ainsi que les nausées, peuvent entraîner chez certaines personnes des douleurs abdominales aiguës,
- Problèmes sérieux d'odeur par dégagement de H_2S .

● **Mode opératoire :**

Préparation des réactifs : (solution Hcl, solution Bacl, solution Na_2SO_4)

- Solution d'acide chlorhydrique Hcl :
 - 10 ml de Hcl
 - 90 ml d'eau distillé
- Solution chlorure de baryum anhydre $Bacl_2$:
 - 2.5 g de $Bacl_2$
 - 20 ml de Tween 20
 - 100 ml d'eau distillé
- Solution sulfate de sodium Na_2SO_4 :
 - 0.0885 g de Na_2SO_4
 - 500 ml d'eau distillé

Préparation des solutions des étalonnages :

- Dans 7 erlenmeyer on ajoute :
 - 1 ml Hcl (déjà préparer)
 - 5 ml $Bacl_2$
 - SO_4 et l'eau distillée (selon le tableau suivant)

Tableau 4 : le volume de SO_4 et l'eau distillée utilisée pour l'étalonnage.

N°d'échantillon	Témoin	I	II	III	IV	V	VI
SO_4 (ml)	0	1	3	5	7	9	10
Eau distillé (ml)	39	38	36	34	32	30	29

Préparation des échantillons :

- Dans deux erlenmeyer en ajoute :
 - 1 ml d'Hcl

- 5 ml de BaCl₂
- 39 ml de l'échantillon

Agiter énergiquement les neuf (9) erlenmeyer, après 15 min de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à longueur d'onde 650 nm.

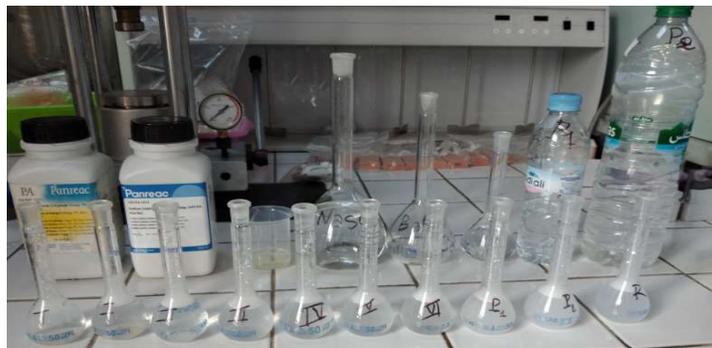


Photo 15 : détermination de l'étalonnage et la concentration de sulfate des échantillons.

➤ **Dosage de chlorure** : (AFNOR T90-014), méthode de Mohr (filtré)

Le chlore est un gaz très réactif c'est un élément que l'on rencontre facilement dans la nature, on peut contaminer par le chlore soit par inhalation lorsque l'air est contaminé, ou par ingestion si on consomme l'eau ou les nutriments riche en chlore. Les effets du chlore sur l'environnement dépendent de leur quantité. Parmi les problèmes causés par le chlore on peut citer les suivant :

- Peut affecter le système immunitaire, le sang, le cœur et le système, respiratoire des animaux,
- Le chlore provoque des dommages environnementaux à des concentrations faibles.

● **Mode opératoire :**

- Prise d'essai de 25 ml d'eau filtrée.
- 3 gouttes de chromate de potassium à 10 %.
- Dosage avec nitrate d'argent, virage du jaune au rouge.

● **Calcul :**

$$\text{Cl (mg/l)} = V \cdot 0.1 \cdot 1000 \cdot 35.5 / 25 = 142 \cdot V$$

$$\text{Puits 1 : Cl (mg/l)} = 4.95 \cdot 0.1 \cdot 10^3 \cdot 35.5 / 25 = 142 \cdot 4.95 = \mathbf{702.9 \text{ mg/l}}$$

$$\text{Puits 2 : Cl (mg/l)} = 8.30 \cdot 0.1 \cdot 10^3 \cdot 35.5 / 25 = 142 \cdot 8.30 = \mathbf{1178.6 \text{ mg/l}}$$



Photo 16 : Dosage de chlorure.

➤ **Dosage carbonate-bicarbonate (HCO_3^-) :**

Les carbonates-bicarbonate jouent un rôle très important dans la réduction d'acidité dans le corps. Ils agissent sur l'acidité gastrique, et ils permettent de donner au sang un pH stable. Le bicarbonate aide à réguler le pH lorsqu'un estomac est trop acide et aussi facilite la digestion. D'un autre côté le bicarbonate est utile pour diminuer de l'acidité de l'organisme lié à la production d'acide lactique pour les sportifs.

Il n'y a pas vraiment d'inconvénient pour l'utilisation des eaux bicarbonatées, mais il faut éviter l'utilisation des eaux gazeuses par les gens qui souffrent de ballonnement.

Mode opératoire

- 25 ml de l'échantillon
- Ajouter 3 gouttes de phénolphaléine :
- **Coloration mauve** (réaction positive)
- **Pas coloration** (pas de réaction)
- Faire le dosage par (H_2SO_4) et noter le volume
- Ajouter 3 gouttes de méthyle orange et faire titration par (H_2SO_4) et noter le volume.

Calcul

A partir de : $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$

On obtient:

$$[\text{HCO}_3^-] = [N \cdot M(\text{HCO}_3^-) \cdot 10^3 \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)] / V(\text{Échantillon})$$

On donne :

- ✓ $M(\text{H}) = 1$
- ✓ $M(\text{C}) = 12$

- ✓ M (O) = 15.99
- ✓ N (H₂SO₄) = 0.02 N
- ✓ V (Échantillon) = 25 ml

→ Résultats du dosage:

	V (H ₂ SO ₄) en ml	V(H ₂ SO ₄) en ml	Moyenne en ml
Puits 1	11.9	11.3	11.6
Puits 2	12.9	10.9	11.9

EX- Puits 1: [HCO₃⁻] = (0.02*60.98*10³*11.6)/25 = **565.90 mg/l**

EX-Puits 2 : [HCO₃⁻] = (0.02*60.98*10³*11.9)/25 = **580.52 mg/l**

➤ **Calcium Ca²⁺** :

Le calcium est un sel dont le fonctionnement principal est la minéralisation des os, il est très abondant dans l'organisme des êtres vivants. Il assure la solidité et la croissance du squelette, la dureté des dents, plus que son participation à l'entretien du capital osseux, il contribue à la contraction musculaire et conduction nerveuse, etc.

La consommation surdose du calcium (plus que 205g/jour) peut créer des turbulences comme :

- ✓ Développement de collants ruraux.
- ✓ Scléroses rénales.
- ✓ Problèmes des vaisseaux sanguins.

La consommation sous dose peut aussi résulter des maladies comme : L'ostéoporose...

➤ **Sodium Na⁺** :

Le sodium est un sel minéral se situant dans les organismes par une grande concentration dans le sang et le liquide interstitiel qui entoure la cellule, il est contrôlé par des hormones l'aldostérone et hormone antidiurétique. Il est nécessaire à la transmission de l'influx nerveux et contraction musculaire, contrôle l'osmose de la cellule et le volume sanguin et favorise la survenue d'une hypertension artérielle.

D'un autre côté, le sodium peut détruire le système nerveux, peut causer une faiblesse musculaire, une hypotension, déshydratation et peut couper l'appétit chez les adultes plus que des problèmes au niveau des reins.

➤ **Magnésium Mg^{2+} :**

Le magnésium est une source d'énergie pour le consommateur. Il joue aussi le rôle d'activateur de quelques réactions chimiques qui se passent dans notre organisme surtout les échanges qui se déroulent entre les cellules et son milieu, aussi il intervient dans les mécanismes immunitaires, réactions inflammatoires et allergies. Mais la consommation surdosage de magnésium peut provoquer un effet laxatif et un hypertenseur.

➤ **Potassium K^+ :**

Le potassium est une clé de réaction de contraction des muscles et du cœur, il intervient dans la transmission d'influx nerveux en plus que le fonctionnement des neuromusculaires. Le potassium s'élimine dans les urines en cas d'excès, mais la consommation surdose peut être toxique pour le cœur, et peut provoquer un arrêt cardiaque.

➤ **Ortho phosphate PO_4^{3-} :**

L'ortho phosphate est la forme la plus fréquente de phosphate, il a un rôle très important dans le fonctionnement des écosystèmes, grâce à sa forme bio disponible la seule pour les végétaux.

➤ **Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène est la quantité de l'oxygène nécessaire pour dégrader chimiquement, et à l'aide d'un oxydant la matière organique présente dans l'eau. C'est un paramètre qui permet de définir le taux de pollution de l'eau par la matière organique. Si la valeur de DCO de l'eau est élevée, cela signifie que la qualité d'eau est minimale.

➤ **Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours (DBO5) :**

La demande biochimique en oxygène en 5 jours est la quantité d'oxygène en (mg/l) nécessaire aux micro-organismes pour décomposer et minéraliser la matière organique en 5 jours présente dans un litre d'eau. La DBO5 varie en proportion avec la concentration de matière organique présente dans l'eau. Si la valeur de DBO5 est élevée, donc l'eau a mauvaise qualité.

Remarque :

- La différence entre la DCO et DBO :

Généralement la DCO représente l'ensemble des matières oxydables par une voie chimique, et la DBO5 représente la matière organique dégradée par une voie biologique

(par les microorganismes), donc la différence représente la charge en matières organiques peu ou pas biodégradable. Le rapport entre DBO5 et DCO constitue une mesure indicative à la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau.

Matière oxydable : $(MO) = (2DBO5 + DCO)/2$

2.2 Les analyses bactériologiques :

➤ Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux est un groupe de bactéries que l'on peut trouver dans la nature (sol, végétation, eau, les intestins des mammifères et des êtres humains). En général, ils ne sont pas dangereux, mais s'il est présent dans l'eau on peut dire que la source de ce dernier peut être contaminée par des micro-organismes plus néfastes. Les coliformes totaux a pour objectif de mesurer le degré de la pollution, et la détermination de la qualité d'une eau de puits. L'existence des bactéries et des parasites pathogène dans l'eau provoque des intoxications et des maladies exemples :

- Nausée.
- Vomissements et diarrhée.
- Peut provoquer des symptômes graves chez les enfants et les adultes qui se plaignent d'un système immunitaire faible.
- Certains pathogène peuvent infecter les poumons, la peau, les yeux, le système nerveux et les reins.

IV. Résultats et discussion

1. Les résultats physico-chimiques :

Les résultats des mesures réalisées in-situ le 07/06/2021 sont présentés dans le tableau 4 avec V.M : Valeur mesurée, N.E.P : Norme d'eau potable et N.I : Norme d'irrigation :

Température de l'air : 22 C°

Tableau 5 : résultats physico-chimiques des puits 1 et 2 mesurés in situ.

	Température (C°)			pH			Cond. électrique (ms/cm)		
	V.M	N.E.P	N.I	V.M	N.E.P	N.I	V.M	N.E.P	N.I
Puits : 1	22.6	25	35	6.19	6.5-8.5	6.5-8.4	3.64	2.7	12
Puits : 2	26	25	35	6.40	6.5-8.5	6.5-8.4	5.30	2.7	12

(V.M : Valeur mesurée. / N.E.P : Norme d'eau potable. / N.I : Norme d'irrigation.)

Tableau 6 : information sur les puits des échantillonnages.

	Profondeur en (m)	Temps de prélèvement	Coordonnées
Puits N°1(population)	23.8	12h10min	Lat :031°40'39N° Log :007°58'53W
Puits N°2(Villa)	-	12h53min	-

2. Les résultats chimiques :

Les résultats de concentration de quelques éléments chimique en (mg/l) dans l'eau des puits de douar Moulay Azzouz :

(Les normes sont prend selon OMS : l'Office Mondiale de Santé et les normes marocaines).

Tableau 7 : les résultats chimiques des deux puits analysés.

	teneurs limites	puits 1	puits 2
HCO₃⁻	V.M	565,9	580,52
	N.E.P	250	250
	N.I	518	518
Cl⁻	V.M	702,9	1178,6
	N.E.P	750	750
	N.I	350	350
NO₃⁻	V.M	2,09	1,68
	N.E.P	50	50
	N.I	310	310
NO₂⁻	V.M	0,025	0,072
	N.E.P	0,5	0,5
	N.I	-	-
F⁻	V.M	< 0,1	< 0,1
	N.E.P	1,5	1,5
	N.I	1	1
SO₄²⁻	V.M	50,92	73,61
	N.E.P	200	200
	N.I	250	250
PO₄³⁻	V.M	4,77	12,12
	N.E.P	-	-
	N.I	-	-

CO ₃ ⁻	V.M	0	0
	N.E.P	-	-
	N.I	-	-
Mg ²⁺	V.M	98,64	201,7
	N.E.P	100	100
	N.I	-	-
Na ⁺	V.M	174,2	191,6
	N.E.P	150	150
	N.I	69	69
K ⁺	V.M	3,4	4,4
	N.E.P	12	12
	N.I	-	-
Ca ²⁺	V.M	5442	4053
	N.E.P	200	200
	N.I	-	-
NH ₄ ⁺	V.M	6,96	8,82
	N.E.P	0,5	0,5
	N.I	-	-
DCO	V.M	119,88	143,33
	NEP	5	5
	N.I	52,95	52,95
DBO ₅	V.M	63,1	2,1
	N.E.P	3	3
	N.I	18,23	18,23

(V.M : Valeur mesurée. / N.E.P : Norme d'eau potable. / N.I : Norme d'irrigation.)

3. Les résultats bactériologiques :

Les résultats bactériologiques des deux puits de douar Moulay Azzouz obtenu par CNEREE :

Tableau8 : résultats bactériologiques des deux puits.

Répétition	P1 (UFC/100 ml)	P2 (UFC/100 ml)	P1 U log10	P2 U log10
1	5040	580	3,70243054	2,76342799
2	5680	480	3,75434834	2,68124124
3	4480	760	3,65127801	2,88081359
Moyenne	5 066,67	606,67	3,70	2,78
Ecart type	600,44	141,89	0,05	0,10
Résultats finaux	-	-	P1 = 3.70	P2 = 2.78

On remarque à partir de ces résultats que l'eau des deux puits contient une forte concentration de bactéries tandis qu'on a avant la dilution plus que 5066 unité forme colonie (UFC) pour puits 1 et plus que 606 unités forme colonie(UFC) pour puits 2. C'est ce qui nous a causé un obstacle pour dénombrer exactement les nombres des unités forme colonie, pour cela en a réalisé une dilution à 10 pour minimiser la concentration de bactéries.

4. Discussions

A partir des résultats de tableaux ci-dessus on remarque que pour :

➤ Les eaux de Puit 1 :

Les mesures du pH révèlent que les eaux du puits 1 sont plus au moins neutres avec un pH de l'ordre de 6,19. La température de ces eaux est proche à celle de l'air ambiant qui est de 22,6°C.

Les valeurs de température et le pH ne dépassent pas les teneurs limites liées à l'irrigation ainsi à la consommation humaine.

Les eaux du puits 1 enregistrent une valeur élevée de la conductivité (3,64ms/cm) qui dépasse les normes des eaux destinées à la consommation humaine (2,7ms/cm). Cette valeur élevée de la conductivité de ces eaux serait liée à leur forte minéralisation due à la présence des roches évaporitiques (halite.)

Les eaux de ce puits enregistrent des concentrations très élevées en bicarbonates (565 mg/l), sodium (174,5 mg/l), calcium (5442 mg/l) et en ammoniac (6,96 mg/l). Ceci peut être expliqué par la dissolution de faciès qui délimite la nappe phréatique de la zone d'étude où le faciès est chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne selon le diagramme de Piper.

Les concentrations en nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), fluorures (F^-) et sulfates (SO_4^{2-}) sont conformes aux normes marocaines et aux normes mises par l'OMS avec les valeurs enregistrées sont 2.09, 0.025, <0.1, 50.92 respectivement.

➤ Les eaux de puits2 :

Les résultats des mesures *in-situ* des eaux de puits 2 montrent que ces eaux enregistrent un pH plus au moins neutre avec une valeur de 6,40 et une température de 26°C supérieure à celle de l'air ambiant.

Les eaux de puits 2 présentent une valeur de conductivité supérieure (5,64 ms/Cm) à celle enregistrée au niveau des eaux de puits 1. Ceci peut être expliqué par la forte minéralisation qui due soit à la forte concentration des sels dissous dans l'eau ou le faciès chimique rencontrée ou à cause de l'emplacement de puits qui se situent en aval, en connaît déjà que la minéralisation augmente de l'amont vers l'aval. Les concentrations en bicarbonates (580mg/l), magnésium (201mg/l), sodium (191mg/l) et ammoniac (8,662mg/l) sont élevées.

Un enregistrement remarquable en calcium (4053 mg/l) et Chlorures (1178 mg/l) a été identifiée. Ces valeurs enregistrées dépassent les normes de potabilité et d'irrigation.

Par contre, ces eaux présentent des concentrations très faibles en potassium (4,4 mg/l), nitrates (1,68 mg/l), nitrites (0,072 mg/l), fluorures (< 0,1 mg/l) et en sulfates (73 mg/l). Ces valeurs obtenues sont conformes aux normes marocaines et aux normes mises par l'OMS.

Selon les analyses bactériologiques, les eaux de puits de douar Moulay AZZOUZ contiennent un nombre de bactéries très important dont en avant dilution plus de 5066 unité forme colonie (UFC) sont enregistrées pour les eaux de puits 1 et plus de 606 unités forme colonie (UFC) sont enregistrées pour les eaux de puit2, causant ainsi un obstacle pour dénombrer exactement les nombres des unités forme colonie, ce qui a nécessité de faire une dilution à 10 afin de minimiser le nombre de bactérie.

A partir des résultats obtenue on a trouvé que les concentrations dépasse les normes d'eau destinée à la consommation humaine ce qui signifie que l'utilisation de ses eaux peut engendrer des problèmes pour le consommateur, mais ne représentent aucun danger s'ils ont utilisé à l'irrigation.

Norme de potabilité selon le degré hygrométrique totale (DHT)

Le degré hygrométrique ou la dureté de l'eau est une méthode établie par l'OMS et les services de la santé publique, afin de déterminer la potabilité des eaux souterraines à la consommation humaine en (°F) avec [1 meq/l = 5°F]. On calcule ce degré par la relation suivante :

$$DHT = rCa^{2+} + rMg^{2+}$$

r : quantité en réaction de l'ion concéder en meq/l.

Tableau 9 : normes de potabilité des eaux selon l'OMS.

DHT (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualification	Douce	Modérément douce	Assez Douce	Dure	Très dure

• **Calcule :**

On a:

$$DHT = rCa^{2+} + rMg^{2+}$$

Puits 1:

$$[Mg^{2+}] = 98.64 \text{ mg/l} = 8.12 \text{ meq/l}$$

$$[Ca^{2+}] = 5442 \text{ mg/l} = 272.1 \text{ meq/l}$$

$$DHT = 8.12 + 272.1 = 280.22 \text{ meq/l}$$

$$= 280.22 * 5$$

$$=1401.1 \text{ } ^\circ\text{F} \gg \gg 54^\circ\text{F}$$

Puits 2:

$$\text{DHT} = 1095.75 \text{ } ^\circ\text{F} \gg \gg 54^\circ\text{F}$$

A partir des résultats obtenus de DHT, les eaux des deux puits sont classées très dures, ce qui résume que ces eaux ne sont pas appropriées à la consommation humaine car elles peuvent provoquer certaines maladies cardiovasculaires ainsi des troubles liés à l'hypertension.

Aptitude des eaux à l'irrigation

La composition chimique des eaux agit sur le rendement des terres cultivables. En effet, la présence du sodium à des concentrations très élevées dans les eaux destinées à l'irrigation peut induire à des problèmes dans la perméabilité et l'infiltration de sol.

Afin de déterminer la qualité d'eau destinée à l'irrigation, la méthode de sodium absorption Ratio (SAR) est bien utilisée. Ce ratio, mesure le pouvoir de remplacement des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par l'ion Na^+ dans les argiles et les colloïdes.

Ce ratio est exprimé par l'équation suivante (Richard 1954) :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

En se basant sur la valeur de SAR, on peut classer ces eaux en quatre classes :

- SAR <10 : Eau à faible danger d'alcalinisation des sols ou excellentes ;
- Danger d'alcalinisation assez appréciable ou eau bonne : 10 <SAR <18
- Danger d'alcalinisation assez importante ou eau convenable : 18 <SAR <26
- Eau médiocre : SAR >26

Calcul de SAR :

$$\begin{array}{l} \text{Puits 1 : } \\ \left. \begin{array}{l} [\text{Mg}^{2+}] = 98.64 \text{ mg/l} = 8.12 \text{ meq/l} \\ [\text{Na}^+] = 174.2 \text{ mg/l} = 7.57 \text{ meq/l} \\ [\text{Ca}^{2+}] = 5442 \text{ mg/l} = 272.1 \text{ meq/l} \end{array} \right\} \text{ SAR} = 0.64 \longrightarrow \text{Eau Excellent} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Puits 2 : } \\ \left. \begin{array}{l} [\text{Mg}^{2+}] = 201.7 \text{ mg/l} = 16.5 \text{ meq/l} \\ [\text{Na}^+] = 191.6 \text{ mg/l} = 8.33 \text{ meq/l} \\ [\text{Ca}^{2+}] = 4053 \text{ mg/l} = 202.65 \text{ meq/l} \end{array} \right\} \text{ SAR} = 0.8 \longrightarrow \text{Eau Excellent} \end{array}$$

D'après les résultats du ratio de SAR obtenues, on conclut que les eaux de puits 1 et 2 n'accablent pas le sodium et donc elles sont appropriées à l'utilisation agricole.

➤ **Etude de l'affinité et faciès chimique des eaux de puits de douar Moulay AZZOUAR**

La représentation graphique de Shoeller permet d'élucider les faciès géochimiques. Ces faciès permettent de suivre l'évolution de la minéralisation totale des eaux ainsi de voir les affinités de ces dernières entre elles.

La projection des analyses chimiques sur le diagramme Shoeller, montre que les eaux des puits 1 et 2 tendent à montrer un certain parallélisme signifiant qu'elles possèdent la même composition chimique. Ces eaux présentent des fortes minéralisations ce qui prouve l'uniformité des faciès et du chimisme.

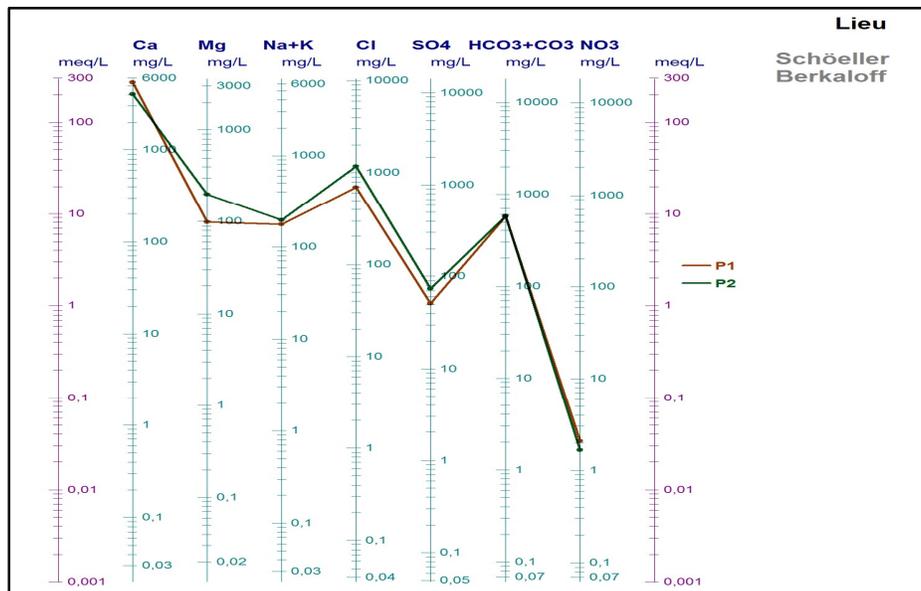


Figure 13 : Projection des analyses chimiques des eaux de puits P1 et P2 sur le diagramme de Shoellerberkaloff

Le diagramme de piper est une représentation des concentrations des éléments chimiques majeures (cations et anions) dissous dans l'eau de plusieurs échantillons. Ce diagramme permet de définir la nature des faciès chimiques des eaux étudiées. La projection de ces eaux peut nous donner quatre types de faciès chimiques :

- Faciès bicarbonaté Calcique et Magnésium.
- Faciès chloruré-Calcique, sulfato-magnésium.
- Faciès chloruré-sodique, Sulfato-Potassique.

- Faciès bicarbonate-sodique et Potassique.

La projection des résultats des analyses sur le diagramme de piper (figure 14) montrent que ces eaux sont principalement de type chloruré calcique, Sulfato-magnésien dont l'enrichissement en chlorures et en calcium a été bien constaté.

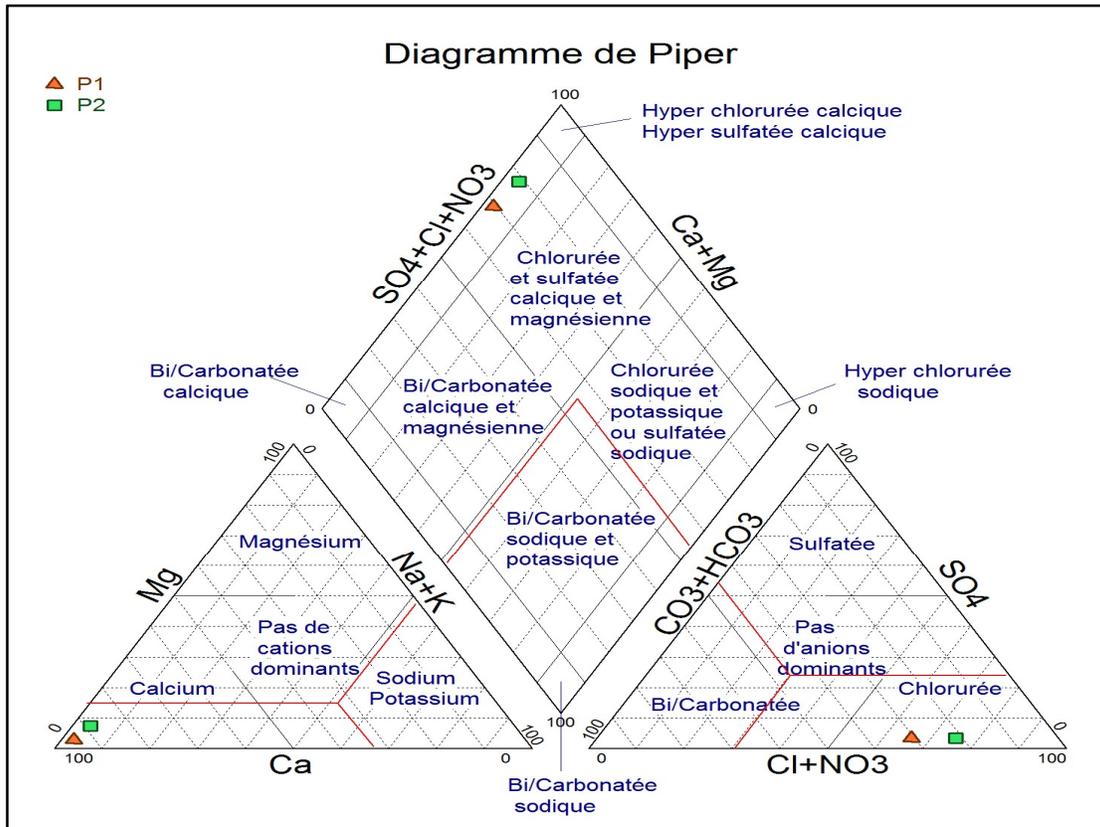


Figure 13 : Projection des analyses chimiques des eaux de douar Moulay Azzouz sur un le diagramme de Piper

Ces faciès caractérisent les eaux minéralisées et peuvent être engendré à partir de la nature de faciès géologique dans le douar qui se caractérise par l’affleurement de facies de quaternaire récent qui se constitue par des sables, graviers des oueds, formation consolider, des terrasse et limon de plaine, et peut être due aussi à la charge prenez par les oueds venait de haute atlas vers la plaine.

➤ **Etude des résultats bactériologiques des eaux de puits de douar AZZOUZ :**

Les résultats bactériologiques présentés dans la figure 16 montrent que les eaux étudiées possèdent une forte densité de coliformes totauxdépasse les normes internationales, ceci liée à la présence d’une pollution organique engendrée par l’infiltration des eaux usées en

profondeur.

La présence de grand nombre des coliformes totaux dans ces eaux peut poser des grands problèmes sur la santé humaine et donc on peut conclure qu'elles sont impropres à la consommation humaine d'où aussi la mise en évidence de l'impact des fosses septiques sur l'environnement :

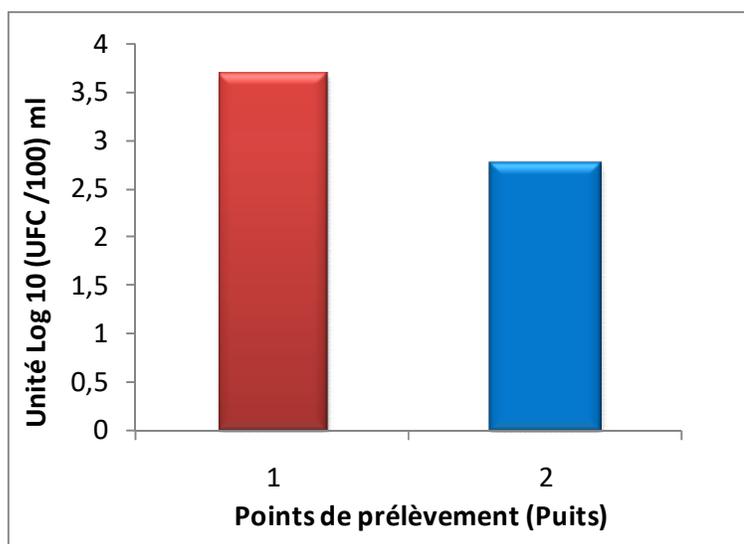


Figure 14 : Résultats bactériologiques des eaux de puits de douar AZZOUZE après dilution.

➤ **Résultats bactériologiques :**

Les résultats de DCO (puit1 : 119mg/l, puits 2 : 143 mg/l) dépassent les normes recommandées par les autorités concernées révélant ainsi que les eaux de puits de douar AZZOUZ englobent des fortes concentrations en matière organique et donc une mise en évidence de la présence d'une pollution organique.

Les résultats de DBO5 (puit1 :63mg/l, Puits 2 : 2,1mg/l) montrent que les eaux de ces deux puits de douar AZZOUZE sont bien contaminées par les eaux usées de la fosse et montre aussi que les eaux du puits 1 est très endommager que le deuxième, cela expliquer par l'emplacement de la fosse qui est très proche au puits 1. Ceci confirme l'impact négatif de la fosse sur les eaux souterraine.

Perspectives

Le présent travail vise à mieux visualiser l'impact de la fosse sur les eaux de puits de douar AZZOUZ. Les résultats précédents montrent que les fosses ont un impact négatif sur la qualité des eaux souterraines par l'infiltration des eaux usées en profondeur dans ces deux puits. L'arrondissement Ennakhil a prévenu à une solution temporaire en accord avec association Al omrane et RADEEMA tant que le problème de situation foncière des habitas du douar n'a pas résolu, dont il a proposé de :

- Réhabiliter le toit de la fosse et le purifier en profondeur par la société Al Omran dans un délai de 45 jours, après transférer sa responsabilité à la RADEEMA, qui se chargera de le décharger périodiquement.
- Traiter ou stériliser les eaux de puits avant toute utilisation afin d'atténuer les dommages qu'elles peuvent causer

Conclusion générale :

L'étude menée au cours de l'élaboration de ce travail, permet de montrer l'impact des fosses septiques sur la nappe phréatique à douar Moulay Azouz qui fait partie de la plaine d'El Haouz précisément à arrondissement Ennakhil à la ville de Marrakech. Une caractérisation hydrochimique et bactériologique des eaux de deux puits a été effectuée afin de bien confirmer l'impact de ces fosses en question.

L'étude chimique des eaux des deux puits montrent la présence d'un seul faciès hydrochimique : chloruré-sodique et Sulfato-magnésien avec un enrichissement en Calcium et chlorures a été identifié. Les résultats bactériologiques (DCO et DBO5) et le nombre de coliformes totaux dépassant les normes indiquent clairement la contamination de ces eaux par les eaux usées de la fosse.

Le classement des eaux comme dures selon le DHT a conclu que ces eaux ne sont pas appropriées à la consommation humaine vu leur impact négatif sur la santé (maladies cardiovasculaires...). Tandis que le calcul de l'indice de SAR a montré que les eaux de puits n'accumulent pas le sodium, et donc ces eaux peuvent être destinés à l'irrigation.

Les résultats des analyses précédentes effectuées dans cette étude montrent l'impact négatif de la fosse sur les eaux souterraines, ceci est par l'infiltration des eaux usées de cette dernière en profondeur causant ainsi la contamination organique des eaux de puits de douar AZZOUZ qui ne servent pas à la consommation humaine mais peuvent être servir au domaine agricole.

Tous les résultats des analyses réalisées ressort une conclusion que la fosse a un impact sur les eaux souterraines par l'infiltration des eaux usées à la profondeur, donc ses eaux de puits sont inutiles à la consommation humaine mais il n'y a pas de risque de l'utiliser dans l'irrigation.

Bibliographie:

- Abourida, Simonneaux, Sadik, Berjami, Sghir, 2009. *Estimation des volumes d'eau pompés dans la nappe pour l'irrigation (plaine d'ELHaouz, Marrakech, Maroc)*. Comparaison d'une méthode statistique et d'une méthode basée sur l'utilisation de la télédétection. *Revue des sciences de l'eau/journal of water science*, 22(1), 1-13.
- Ambroggi et Thuille, 1952. *Les plaines et les plateaux des domaines marginaux de l'Atlas*. Hydrogéologie du Maroc. Notre mémoire. N° serv. Géol. Maroc.
- Moret, 1930. *Carte géologique provisoire de l'Atlas de Marrakech*. Grenoble imprimerie père & fils.
- Essini, 1987. *Zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech (Maroc) : biotopes aquatiques, peuplements algaux et qualité des eaux*.
- El mekki, 2017. *Spatialisation du potentiel de recharge diffuse d'un aquifère libre sous climat semi-aride par technique géospatiales et hydrogéochimiques cas de l'aquifère d'EL Haouz (Marrakech, Maroc)*.
- Lampron, 1995. *Accumulation de solide dans les fosses septiques et leur fréquence de vidange*. Sherbrooke, Québec, Canada.

Webographie :

- <https://www.plombier-elec.com/les-principaux-avantages-dutiliser-une-fosse-septique/>.
- <https://www.assainissement.com/probleme-fosse-septique/>.
- <https://www.doctissimo.fr/sante/epidemie/coronavirus-live-actualites>.