

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

Du Fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Contribution à l'étude physico-chimique et
parasitologique des eaux d'un forage d'un verger
d'agrumes à Draa Ben Khedda wilaya de
Tizi-Ouzou**

Réalisé par :

M^{elle} MOULAHCENE Nadia

M^{elle} GUENNOUN Sadia

Encadré par :

Promoteur : M^r Smail.A

Maitre de conférences B

UMMTO

Président: M^r Berradj.O

Maitre de conférences A

UMMTO

Examinatrice : Melle Belmihoub.N

Doctorante

UMMTO

Promotion 2020/2021



Remerciements

Nous remercions tout d'abord « *Allah* » qui nous a donné la foi et le courage d'accomplir notre cursus et d'achever ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur, Monsieur *Smail Adel*, pour sa patience, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

Un remerciement particulier au propriétaire de Forage Monsieur *Smail S* ;

A Notre cher Doyen Monsieur *Metahri M.S* ;

A Madame et Monsieur *Boukhemza* ;

Nous voudrions également remercier les membres du *jury* :

Monsieur *Berradj O* comme président ;

M^{elle} *Belmihoub N* comme examinatrice ;

Pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.

Nous tenons aussi à remercier *l'ingénieur de laboratoire* de traitement des eaux de la faculté.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont apportés un soutien pour l'élaboration de ce mémoire de fin de cycle, particulièrement *nos familles*.

Nos vifs remerciements à tous nos *enseignants*, en signe d'un grand respect et d'un profond amour !

Merci à vous tous...



Dédicaces

A ma très chère *maman*, pour tes encouragements et ton soutien, pour ton amour et ton sacrifice...maman, quoi que je dise, je ne saurai jamais au point de te remercier comme il se doit.

A mon cher *papa*, ma très chère sœur *Nassima*, mes adorables frères *Yakoub*, *Youcef*, et mon petit prince *Hamza*, je vous souhaite tous le bonheur du monde, que Dieu vous protège.

A l'amour de ma vie, *mon mari* chéri, je te remercie infiniment pour ton soutien et ton amour, que dieu te garde pour moi.

A ma très chère belle-mère *Hassina ait-ahmed*, mon beau-père, mon beau-frère *Anis* et toute la famille *Mezani*.

A mes meilleures amies *Leila*, *Taous*, *Thillelli*, *Lynda*, *Narimene*, *Samra* et ma chère binôme et sœur *Sadia*, en souvenir de tous les moments agréables que nous avons passés ensemble...

A ma *grand-mère*, *mes tantes*, toute ma famille et mes amies ;

A toutes les personnes que je porte dans le cœur ;

Je vous dédie ce travail et je vous remercie d'être toujours à mes cotés.

Nada



Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier dieu le tout puissant pour m'avoir donnée le courage et la détermination nécessaire pour finaliser ce travail.

Je dédie ce modeste travail

À ceux qui j'aime et ceux qui m'aiment,

À ma précieuse mère, qui a tout sacrifié pour moi,

À mon père qui ne connaît pas le désespoir pour moi,

*À mes deux chers frères **Azzedin, hassan** et mes sœurs que j'aime beaucoup*

*À ma chère amie et binôme **Nada** qu'est toujours à mes côtés dans toute ma vie.*

*À Mon chère amie et sœur **Kaissa.B** pour ses conseils,*

*A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale a : **taous, Rebiha,***

***Samra, Radia, Farida, Kenza** pour leurs aides, et encouragements.*

A tous ceux qui me sont chers et que je n'ai pas cité(e)s.

Sadia

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Les principaux rôles des barrages.	05
02	Maladies à transmission hydrique.	11
03	La différence entre eaux superficielles et eaux profondes	16
04	Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonction de la conductivité électrique.	29
05	Résultats physico-chimique.	35

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Quelques exemples des barrages réalisés.	06
02	Puits à drains rayonnant (1/2 coupe) Drains poussés à l'aide de vérins.	14
03	Forage.	14
04	Captage de source.	15
05	Turbidimètre.	21
06	Conductivimètre.	28
07	Dépôt de sel des nitrates.	30
08	Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membranes.	31
09	Coloration au lugol.	32
10	Microscope connecté à la caméra MMV 300 et à l'ordinateur.	33

Liste des abréviations

C° : Degré Celsius.

EDTA : Ethyle Diamine Tétracétique.

E. coli : *Escherichia coli*.

FAO : Food and Agriculture Organization.

Imm : Indice de permanganate de potassium.

JORAD : Journal officiel de la République Algérienne démocratique.

MAR : Managed Aquifer Recharge.

NET : Noir d'Eriochrome T.

OMS: Organisation Mondial de Santé.

RAN : Recharge artificielle des nappes

T° : Température.

TH : Titre Hydrométrique.

TCA : Titre alcalinométrique complet.

TA : Titre alcalinométrique

Liste des tableaux**Listes des figures****Liste des abréviations**

Introduction	1
Chapitre 1 : Rappels Bibliographiques	3
1. Ressources hydriques naturelles.....	4
1.1 Eaux de pluie	4
1.2 Eaux de surface.....	4
1.2.1. Barrage	4
1.2.2. Eau de mer et océans	6
1.3 Eaux souterraines	6
1.3.1 Type de nappes.....	6
1.3.1.1. Nappe libre	7
1.3.1.2. Nappe captive.....	7
1.3.1.3. Nappe kastique.....	7
1.3.2. Recharge et alimentation des nappes	7
1.3.2.1. Précipitation.....	7
1.3.2.2. Recharge artificielle	8
1.3.3. Pollutions des eaux souterraines	8
1.3.3.1. Sources de pollution	8
1.3.3.1.1. Pollution agricole	8
1.3.3.1.2. Pollution domestique	9
1.3.3.1.3. Pollution industriel.....	10
1.3.3.2. Nature de pollution	10
1.3.3.2.1. Chimique	10
1.3.3.2.2. Physique.....	11
1.3.3.2.3. Biologique	11

1.3.4. Traitement des eaux souterraines.....	12
1.3.5. Ouvrages d'exploitation des eaux souterraines.....	13
1.3.5.1. Le puit	13
1.3.5.2. Fourrage	14
1.3.5.3. La source d'eau	14
2. Qualité des eaux de surfaces et des eaux souterraines.....	15
2.1. Qualité des eaux de surfaces.....	15
2.2. Qualité des eaux souterraines	16
2.3. La différence entre les eaux souterraines et de surface.....	16
2.4. Qualité des eaux de consommation	17
2.5 Qualité des eaux d'irrigation	17
2.5.1. Usage d'eau d'irrigation	17
Chapitre 2 : Matériel et Méthode.....	18
1. Situations du forage étudié.....	19
2. Echantillonnage	19
3. Matériel.....	19
3.1. Physico-chimiques	19
3.2. Parasitologique	20
4. Méthodes d'analyses.....	20
4.1. Physico-chimiques	20
4.2. Parasitologique	30
Chapitre 3 : Résultats et discussion.....	34
1. Résultats.....	35
2. Discussion	37
Conclusion.....	43

Références Bibliographiques

Annexes

Introduction

La vie, tel que nous la concevons, n'est pas possible sans eau. Dans la nutrition et le développement de tous les êtres vivants, des plantes en particulier et elle est aussi indispensable à toute activité économique, industrielle, agricole ou autre (Oellier et Poiree 1986). L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration). L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme "avertit" qu'il est en état de déshydratation (Balderacchi, 2009).

En Algérie, la majeure partie du pays (87%) est un désert où les précipitations sont quasi nulles, mais qui recèle d'importantes ressources fossiles d'eaux souterraines. La partie Nord du pays est caractérisée par son climat méditerranéen ; elle dispose de ressources en eau renouvelables, tant pour les eaux de surface que pour les nappes phréatiques. Les 90% des eaux de surface sont situées dans la région du tell qui couvre environ 7% du territoire. Le pays est également caractérisé par une forte disparité entre l'Est et l'Ouest. La région Ouest est bien dotée en plaines mais est peu arrosée. La partie Est du pays est une zone montagneuse où coulent les principaux fleuves (Pnud, 2009). Les ressources en eau disponibles et mobilisables en Algérie sont estimées à 19,4 milliards de m³/an, dont 12 milliards de ressources superficielles et 2 milliards de ressources souterraines dans le Nord (ressources renouvelables) et 5,2 milliards de m³ dans le Sud (superficielles et souterraines) (Mozas et Ghosn, 2013)

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau (Aziz, 2014). La principale source de satisfaction de la demande en eau en Algérie est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée (Bliefert et Perraud, 2002),

et comme partout dans le monde, les activités industrielles et métallurgiques, rejettent dans l'environnement une grande variété d'éléments traces. Tous ces facteurs anthropiques rendent les eaux souterraines très vulnérables au phénomène de la pollution. Les activités agricoles, minières et industrielles de l'homme moderne génèrent des déchets chargés en éléments polluants (Frioua, 2014).

L'Algérie est ainsi classée parmi les principales régions d'utilisation intensive des eaux souterraines pour l'agriculture, le risque lié à la surexploitation des eaux souterraines nécessite de mettre en place une gouvernance qui garantit une allocation efficace, équitable et durable de la ressource (Daoudi *et al*).

Le but principal de ce travail est l'étude de quelques paramètres physico-chimique et parasitaire d'un forage d'eau dans un verger privé d'agrumes situé à Draa Ben Khedda.

Chapitre 1

Rappels Bibliographiques

1. Ressources hydriques naturelles

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant (Desjardins, 1997).

1.1. Eaux de pluie

L'eau de pluie provient de l'évaporation de l'eau qui existe dans la nature (lacs, océans, fleuves...). Ces eaux pluviales permettent de recharger les nappes phréatiques souterraines qui vont alimenter les cours d'eau, lesquels se jettent à leur tour dans la mer. Le ministère de la Santé considère que l'eau de pluie n'est pas suffisamment qualitative pour être considérée comme potable. La Direction générale de la Santé, du ministère en charge de la santé publique, présente son expertise dans un communiqué formulé en 2008 : « l'eau de pluie présente une contamination microbiologique et chimique supérieure aux limites de qualité retenues pour l'eau potable distribuée par le réseau public », en revanche, elle peut être utilisée pour certains usages pour soulager les ressources en eau : lavage industriels, arrosages d'espaces verts, usages domestiques non alimentaires et non corporels (C.I.eau).

1.2. Eaux de surface

1.2.1. Eaux de mer et océans

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous, c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/L (Desjardins, 1997).

1.2.2. Barrage

Les barrages jouent deux rôles principaux celui d'une part de stocker les apports d'eau afin de répondre aux besoins vitaux et économiques des populations (eau potable, irrigation, fourniture d'énergie, navigation), et celui d'autre part, de protection contre des effets destructeurs de l'eau (maîtrise des crues, rétention de sédiments, protection contre les avalanches). D'autres fonctions assurées par les barrages sont présentées dans le tableau :

Tableaux 1: Les principaux rôles des barrages

Eau élément vital Stockage de l'eau	Eau élément destructeur Ouvrages de protection
<ul style="list-style-type: none"> - Production d'énergie électrique - Approvisionnement en eau potable et industrielle, protection incendie - Irrigation - Pêche, pisciculture (élément, économique essentiel dans certain pays) - Soutient d'étiage (garantie d'un débit minimal) - Navigation fluviale (garantie d'un tirant d'eau minimal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bassin de rétention contre les crues (inondation, érosion) - Digue de protection contre les crues - Bassin de rétention de sédiments charriés - Ouvrage de protection contre les avalanches - Régulation des lacs - Rétention des glaces en pays nordiques

Source (Anton *et al.*, 2011).

Certains de ces objectifs peuvent être complémentaires sur un même ouvrage. D'autres sont, à priori, opposés : il est, par exemple, impossible d'avoir en même temps une retenue pleine pour fournir une réserve d'eau potable mais aussi une retenue vide pour limiter au maximum l'impact des crues. Notamment, les barrages excréteurs de crue sont des ouvrages conçus spécialement à cette fin avec des dispositions particulières de conception et d'exploitation (Delliou, 2003), (voir figure 1).

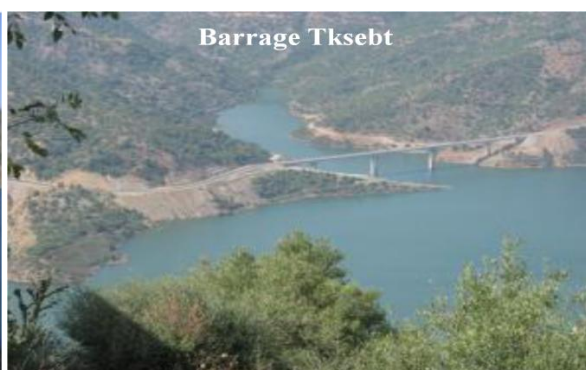




Figure 1 : Quelques exemples des barrages réalisés (Bouchemal, 2017)

1.3. Eaux souterraines

On dit « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (Myrand, 2008).

1.3.1. Types de nappes

Le terme « nappe » ou « aquifère » se réfère uniquement à la couche de sol qui contient de l'eau. Ce sont des sédiments d'eau souterraine qui peuvent être utilisés comme source d'eau (Kettab, 1992 ; Arjen, 2010).

1.3.1.1. Nappe libre

Une nappe libre se définit comme une nappe dont le niveau piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité des terrains à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration. Ce type de nappe de nappe libre dont la surface piézométrique est peu profonde s'appelle nappe phréatique (Vilagines, 2003).

- **La nappe phréatique** : c'est la première nappe rencontrée lors du creusement d'un puits. L'inconvénient de cette nappe est qu'elle est totalement polluée, par les fosses septiques, pesticides, engrais...elle fournit donc une eau non potable.
- **La nappe alluviale** : Elle est contenue dans une grande quantité de sable, de gravier et de galets dispersés dans les rivières et les ruisseaux, et les eaux souterraines alluviales ont un lieu d'échange privilégié avec les rivières et les zones humides. Ce type de

nappe peut être reconstitué par les crues, au contraire, en renvoyant l'eau à la rivière pendant les périodes sèches (OFEFP, 2003).

1.3.1.2. Nappe captive

Séparer de la surface par une couche imperméable. De ce fait, il n'est pas directement alimenté par le sol, et il est situé très en profondeur, il est donc peu sensible à la pollution (Degremont, 2005 ; Cardot, 1999).

1.3.1.3. Nappe karstique

Les nappes karstiques existent dans les formations calcaires. L'eau qui favorise les fissures préexistantes en dissolvant le calcaire constitue des vides dans lesquels l'eau peut s'écouler. Ces vides peuvent atteindre de très grandes tailles (fosses, grottes). Dans ces conduites, l'eau peut se déplacer rapidement et former des cours d'eau souterrains. (Mourey et Vernoux, 2000).

1.3.2. Recharge et alimentation des nappes

1.3.2.1. Précipitation

D'après Collin, 2004, ce sont les pluies et non les rivières qui alimentent les nappes. Le devenir de l'eau apportée par une pluie diffère en fonction de nombreux facteurs, en particulier :

- Le volume et la durée de précipitation ;
- La saison ;
- La pente de terrain ;
- La nature du terrain (sol et proche sous-sol), notamment la perméabilité ainsi que l'état de la végétation naturelle et les pratiques culturales.

Tous ces facteurs sont à l'origine de l'extrême variabilité spatiale et temporelle de la recharge des nappes. Le mécanisme de recharge est plus ou moins lié au ruissèlement : on constate dès l'origine un partage entre eau infiltré et eau de ruissellement. (Collin, 2004).

1.3.2.2. Recharge artificielle

La Recharge Artificielle des Nappes (RAN), en anglais «Managed Aquifer Recharge» (MAR) consiste à faciliter la recharge d'une nappe en augmentant d'une façon intentionnelle et à l'aide de méthodes artificielles le volume d'eau entrant dans un aquifère pour rejoindre sa zone saturée.

La RAN avec stockage, est un système plus développé qui consiste à injecter dans un aquifère convenable un certain volume d'eau durant la période pluvieuse ou lorsque cette eau est abondante et à le récupérer durant la période sèche ou selon la demande, c'est-à-dire utiliser le sous-sol comme réservoir souterrain. L'eau de recharge peut être naturelle (cours d'eau, collecte d'eau pluviale) ou traitée, provenant d'une centrale de désalinisation ou d'une station de traitement des eaux usées (Pyne et David, 1995).

1.3.3. Pollution des eaux souterraines

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (Rodier *et al.*, 2005).

1.3.3.1. Sources de pollution

1.3.3.1.1. Pollution agricole

- **Pesticides**

La présence des pesticides dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines provient d'un usage intensif en agriculture mais aussi pour le désherbage des parcs (Olivier, 2005).

Les pesticides représente actuellement une menace très importante sur la qualité des eaux souterraines et même celle de surface dont leur présence à été marqué plus que les eaux souterraines (Olivier, 2005).

Les pesticides chimiques utilisés en agriculture peuvent s'infiltrer dans le sol et contaminer l'eau, ces produits chimiques sont très toxiques et ont des effets très graves sur la santé humaine et de tous les organismes en générale. (Raven *et al.*, 2009).

- **Nutriments**

Pour de nombreuses plantes, l'azote et le phosphore sont des facteurs limitant, c'est à dire qu'ils sont indispensables pour leur croissance, les végétaux sont aussi en concurrence importante pour utiliser les ressources en N et P, ainsi que les bactéries présentes dans le sol qui ont des besoins élevés en azote et phosphore pour leur métabolisme. Ces éléments primordiaux sont donc soumis à une demande élevée, à cet effet les agricultures apportent l'azote et le phosphore au sol (Olivier, 2005)

- **Pollution par les nitrates**

Les nitrates sont des éléments chimiques très solubles et facilement drainés par les eaux de ruissellement ou d'infiltration vers les nappes s'ils ne sont pas consommés par la végétation ou réorganisés dans la matière organique du sol. Ils sont aujourd'hui la cause majeure de pollution de l'eau (Boulier, 2011).

- **Source et origine des nitrates**

Les nitrates jouent un rôle important comme engrais, car ils constituent le principal aliment azoté des plantes dont il favorise la croissance et les productions agricoles (céréales, fourrages, légumes), ils sont très dépendantes de la quantité de matière azotée présente dans le sol. C'est après une suite de transformations chimiques que l'azote se retrouve dans le sol sous forme nitrique, assimilable par les plantes. En effet, les nitrates sont l'aboutissement d'un processus de décomposition de la matière organique azotée. Les déchets organiques épandus sur le sol (les boues des stations d'épuration par exemple) libèrent également, à la suite des mêmes réactions chimiques, d'importantes quantités de nitrates. L'essentiel de la pollution générée est dû à la différence entre les apports en nitrates sous forme d'engrais et ce qui est réellement consommé par les plantes (Barbier, 2011).

1.3.3.1.2. Pollution domestique

Dans le cas d'un assainissement (collectif ou individuel) défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organique, détergent, solvant, antibiotique, micro-organismes...). Le cas se manifeste avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçue ou mal dimensionné, les stations d'épuration urbaines surchargées. Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme (centre d'enfouissement technique) libèrent également des lixiviations riches en polluants (Faurie *et al.*, 2003).

1.3.3.1.3. Pollution industriel

L'activité industrielle rejette un bon nombre de substances qui polluent les rivières et les nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme.

Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et par fois toxique même à très faible concentration (Boeglin, 1998).

Les différents produits issus de l'activité industrielle sont :

- ✚ Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires.);
- ✚ Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports) ;
- ✚ Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- ✚ Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...);
- ✚ Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- ✚ Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

1.3.3.2. Nature de pollution

1.3.3.2.1. Chimique

Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques. Ils peuvent être dégradables (substances dont la nature est modifiée ou la quantité réduite par des phénomènes biologiques, chimiques ou physiques) ou non dégradables (ne sont pas modifiés par les processus biologiques qui se déroulent dans les eaux naturelles). Les engrais agricoles, les pesticides, les composés organochlorés, les hydrocarbures, les détergents font aussi partie des polluants chimiques. Certains éléments toxiques (plomb, arsenic, mercure...) dits bioaccumulables, peuvent, à travers la chaîne alimentaire depuis le plancton, atteindre l'Homme, et provoquent des altérations graves de certains organes (Berrouane et Khomeri, 2018).

1.3.3.2.2. Physique

Elle peut être thermique, radioactive ou due au transport des matières en suspension. Ces dernières créent la turbidité qui donne à l'eau un aspect désagréable, causent des dommages à la faune aquatique et freinent le développement des organismes photosynthétiques. Les pollutions radioactives et thermiques proviennent du rejet de radio isotopes ou d'eaux chaudes ayant servi au refroidissement des centrales électriques et nucléaires. Les conséquences directes de ce rejet, est l'élévation de la température des eaux naturelles, ce qui modifie le taux d'oxygène, augmente l'activité cellulaire et la respiration de la biocénose, diminue la diversité du phytoplancton et peut provoquer la prolifération d'espèces thermophiles (Berrouane et Khomeri, 2018).

1.3.3.2.3. Biologique

- **Maladies à transmission hydrique**

Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) sont des infections dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes, comme les bactéries, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale (Tourab, 2013).

- **Historique, évolution des maladies hydriques**

Les maladies transportées ou occasionnées par l'eau, comme la thyroïde, le choléra et beaucoup d'autre, responsables de graves épidémies qui dévastaient des régions entières. La relation entre ces maladies et l'eau de boisson n'a été établie qu'en 1854 quand Snow a prouvé que l'eau contaminée jouait un rôle dans la propagation du choléra lors de la violente épidémie de Londres (Cheval, 1982).

Le tableau suivant représente quelques maladies et principaux organiques atteints

Tableau 2 : Maladies à transmission hydrique

Organismes	Maladies	Principale site atteint
Bactéries		
Shigella	Shigellose(dysenterie Bacillaire).	Système gastro-intestinal
Salmonilla typhi	Fièvre typhoïde ; Fièvres entériques	Intestin ; Système Gastro-entérites.
Salmonilla choleraesuis		
Salmonilla entereritidis		
E-coli	Gastro-entérites	Système Gastro-entérites.
Vibrio cholerae	Gastro-entérites	Intestin.
Francisella tularensis	Choléra, Tularémie	Système respiratoire foie
Leptospirose ictérohaemorrhagie	Leptospirose	Rate. Ganglions lymphatique ; Foie.
Protozoaires		
Entamoeba histolytica	Ambiase	Système gastro-intestinal
Naegleria gruberia	Ménagite, encephalitique ambiene.	Système nerveux central
Giardia lamblia		Intestin

Vers parasites		
Ascaris lumbricoide	Ascarios	Tube digestif
Schistosoma mansoni	Schistosomiose	Reins intestin foie
Schistoma japonica		
Schistoma haemat obuim		
Necator americanus	Ancylostomiose	Système gastro-intestinal
Ancylostoma duodenale		
Diphyllobothruim latum	Diphyllobothriose	Système gastro-intestinal,
Echino coccusus	Echinococcose	Foie, pomons.
Echino granulosus		
Anisakis sp	Anisakiose	Système gastro-intestinal

Source (Cheval, 1982).

1.3.4. Traitement des eaux souterraines

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement mais certaines d'entre elles présentent toutefois, naturellement, des teneurs excessives en certains éléments (fer, manganèse, turbidité) (Myrand, 2008).

D'autres dépourvues de protection naturelle, sont soumises à des pollutions ponctuelles (souvent accidentelles), diffuses (nitrates et produits phytosanitaires) ou microbiologiques (liées à certains aquifères sensibles tels que les milieux fissurés karstiques ou à des contaminations de proximité au niveau des installations de captage) et donc doivent subir un traitement spécifique avant mise en distribution (Jestin, 2006).

Le traitement de ces eaux souterraines comportera en générale les étapes suivantes (le nombre et le choix des étapes étant fonction de la qualité de l'eau) :

- Décantation : celle-ci peut être accélérée par l'addition d'un flocculant (sels de fer ou d'aluminium).
- Filtration sur lit de sable : cette opération étant parfois combinée à la première, ou plus récemment sur filtres en matériaux céramiques ou cellulosiques.

- Elimination des composés organiques ou minéraux indésirables ou en excès par passage sur charbon actif (adsorption des molécules organiques) ou sur résine échangeuse des ions (élimination des sels minéraux) (Jestin, 2006).
- Désinfection par traitement oxydant à l’ozone, au chlore, au bioxyde de chlore ou aux dichloramines, qui élimine les micro-organismes.
- Post-chloration, avant envoi dans le réseau, ou les réservoirs de façon à maintenir une teneur résiduelle en chlore libre actif de 0,1 mg.L-1 environ (Festy *et al.*, 2003).

1.3.5. Ouvrage d’exploitation des eaux souterraines

On peut exploiter les eaux souterraines soit de manière ponctuelle, à leur émergence, grâce au captage de sources, soit par des puits et des forages répartis sur la surface du territoire sus-jacent aux aquifères choisis (Collin, 2004).

Selon Lallemand-Barrès 1999, les ouvrages de captage sont : puits, forage et captage de source.

1.3.5.1. Le puit

Est généralement une structure de profondeur moyenne ou faible (inférieure à 100 m), d'un diamètre supérieur à 1,20 m, et les parois sont au moins partiellement revêtues de béton ou de maçonnerie (Lallemand-Barrès, Roux, 1999) (voir figure 2).

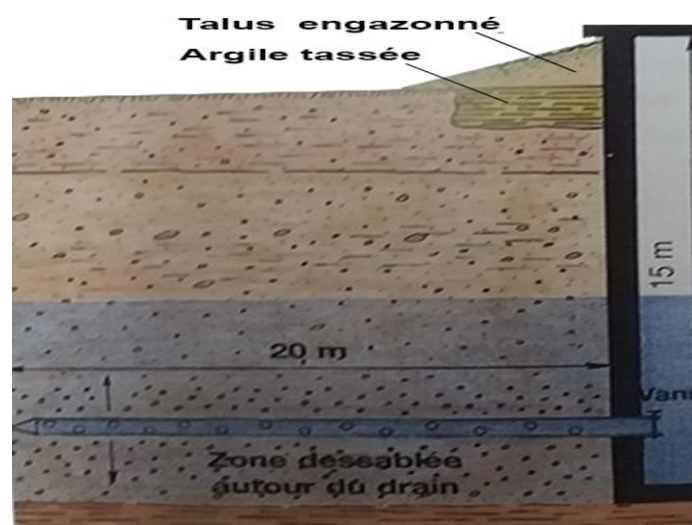


Figure 2 : Puits à drains rayonnant (1/2 coupe) Drains poussés à l’aide de vérins (Collin, 2004)

1.3.5.2. Le forage

Peut être peu profond, mais il peut également prendre de l'eau à plus de 1000 mètres. Son diamètre est généralement inférieur au diamètre du puits. La paroi du puits est protégée par un tuyau en métal ou en plastique de diamètre. Il y a cimentation entre le sol et le tubage dans les premiers mètres (Lallemend-Barrès, Roux, 1999) (Voir figure 3).

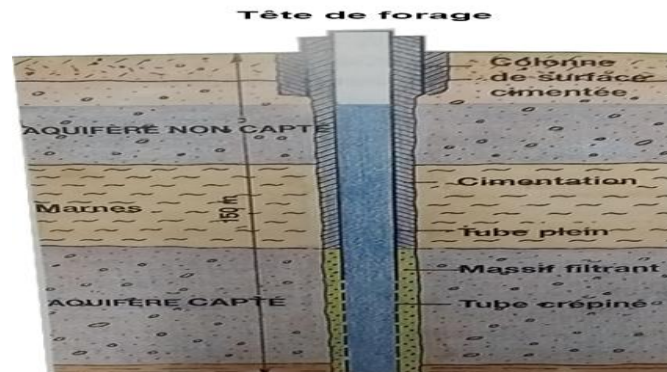


Figure 3 : Forage (Collin, 2004)

1.3.5.3. La source d'eau

Elle est un exutoire naturel d'une nappe phréatique. Pendant longtemps, l'eau est guidée jusqu'au lieu d'utilisation par gravité. Les sources principales sont désormais le plus souvent équipées, notamment la chambre de collecte et les équipements, permettant de contrôler la hauteur du seuil d'occurrence. Ils peuvent également comprendre des drains ou des drains des drains ou des galeries drainantes (Lallemend-Barrès, Roux, 1999) (voir figure 4).

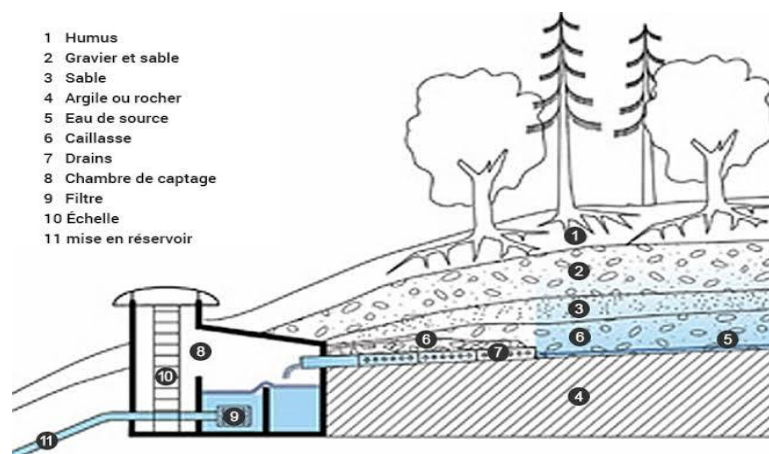


Figure 4 : Captage de source (Site web)

2. Qualité des eaux de surface et des eaux souterraines

2.1. Qualité des eaux de surface

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier. Même l'eau des rivières et des lacs les moins influencés par les activités humaines n'est pas pure. Elle contient de nombreuses substances, dissoutes ou en suspension, que l'on retrouve partout dans la nature (bicarbonates, calcium, azote, phosphore, aluminium, fer, etc.). Ces éléments proviennent du sol et du sous-sol, de la végétation et de la faune, des précipitations et des eaux de ruissellement drainant le bassin versant, ainsi que des processus biologiques, physiques et chimiques ayant lieu dans le cours d'eau lui-même. À ces substances d'origine naturelle peuvent s'ajouter des produits découlant de la simple présence humaine (phosphore, azote et micro-organismes contenus dans les eaux usées domestiques) ou des activités industrielles et agricoles (substances toxiques, métaux, pesticides) (Hébert et Légaré, 2000).

2.2. Qualité des eaux souterraines

A la différence des eaux superficielles, l'eau souterraine correctement captée ne comporte généralement pas ou peu de matière en suspension ou de bactérie, car elle est naturellement filtrée : c'est pour cela que cette ressource est officiellement recommandée depuis près un siècle pour l'alimentation en eau potable. Il existe cependant quelques exceptions : dans les chenaux karstiques, la filtration ne peut s'opérer et l'on constate parfois une turbidité accompagnée d'une contamination bactérienne ce qui apparente encore un peu plus ce milieu à celui des eaux de surface. Autre exception : dans les alluvions grossières aux pores parfois millimétriques, à proximité du contact avec les eaux superficielles, une faune de très petits animaux colonise les espaces entre galets et exerce un rôle bénéfique d'épuration (Collin, 2004).

2.3. La différence entre eaux superficielles et eaux profondes

Les principales différences entre l'eau de surface et l'eau souterraine sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : La différence entre eaux superficielles et eaux profondes

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Varie en fonction de saison	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible, parfois nul
Couleur	Due au sol en suspension (argile, algues), excepté pour les eaux douces et acides	Due aux solides dissous (Fer)
Minéralisation	Variable selon la nature du sol, les effluents, les pluies	Très importante
O2 dissous	Taux très élevé	Présent avec des petites valeurs
NH4+	Présent dans les eaux polluées	Souvent présent
Nitrates	Niveau faible	Présent
Micro-organismes	Virus bactéries	Les bactéries de fer sont fréquemment trouvées

Source (Kettab, 1992)

2.4. Qualité d'eau de consommation

La qualité de l'eau potable est évaluée à partir des critères de qualité. En effet, l'utilisation d'une eau médiocre pour la production d'eau potable peut accroître les risques pour le consommateur si cette eau contient des produits nuisibles pour la santé. L'eau est considérée souvent comme un symbole de pureté, elle est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et soumise aux normes de qualité les plus sévères (Defrancheschi, 1996 ; Ministère du Développement Durable, De l'Environnement de la faune et des parcs, 2013).

2.5. Qualité de l'eau d'irrigation

Le domaine d'agriculture est l'un des plus gros consommateurs d'eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent et leur contact avec les différentes sources de pollution ont des caractéristiques très diverses. Les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent de plus en plus à l'utilisation des eaux usées épurées vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs années, au-delà, des normes de qualité des eaux

destinées à l'irrigation ont été établies. Une eau destinée à l'irrigation est une eau qui respecte les valeurs limites imposées par des textes de lois des organisations mondiales ou nationales et inscrites dans des tableaux de normes (annexes) qui représente ces valeurs (Maynard et Hochmuth, 1997).

Les normes ont pour objectif de :

- protéger le public et les ouvriers agricoles.
- protéger les consommateurs des produits agricoles.
- protéger les ressources en eau superficielle et souterraine.
- protéger le matériel d'irrigation.
- maintenir des rendements acceptables (Maynard et Hochmuth, 1997).

2.5.1. Usage de l'eau en irrigation

L'irrigation fournit aux sols l'eau dont les cultures ont besoin. Ces besoins dépendent des conditions climatiques et de la nature des sols. Ils diffèrent aussi d'une espèce végétale à l'autre mais surtout, ils varient au cours du développement végétal pour être maximaux en période de croissance. L'irrigation est une grande consommatrice d'eau. D'importantes quantités d'eau sont en effet nécessaires pour compenser les pertes des plantes et des sols par évapotranspiration. En outre une majeure partie de l'eau d'irrigation retourne directement dans l'atmosphère, où elle est momentanément perdue pour d'autres usages. Cela est d'autant plus vrai que plus une plante dispose d'eau, plus son évaporation est importante. Il existe cependant une limite à ce phénomène au-delà de laquelle un apport supplémentaire d'eau n'augmentera pas la transpiration végétale. Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités juste nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées et l'irrigation contrôlée. Quoiqu'il en soit, pour irriguer les champs, il faut de l'eau et beaucoup d'eau, une eau que les hommes doivent parfois aller chercher très loin (Balderacchi, 2009).

Chapitre 2

Matériel et méthodes

1. Situations du forage étudié

Notre étude a été réalisée sur l'eau d'un forage appartenant à **M^r SMAIL.S**, Le forage d'une profondeur de 25m, et situé dans un verger d'agrumes âgés de 32ans, Ce verger situé en zone rurale et à 2Km du chef lieu de la daïra de **Draa Ben Khedda**. La texture du sol de cette plantation est limono-sableuse.

2. Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués le 28 juin 2021 la matinée.

Pour les analyses physico-chimiques le prélèvement a été effectué selon les étapes suivantes :

- Préparation de quatre flacons propres en verre d'un litre pour l'échantillonnage, qui sont déjà stérilisés et très bien rincés avec l'eau distillé au niveau de laboratoire pour éviter toute trace d'un éventuel décapant ou antiseptique.
- Il est indispensable de couler l'eau avant le prélèvement jamais inférieur à 10min.
- Rinçage du flacon d'échantillonnage au moins deux fois avec de l'eau traitée.
- Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.
- Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon pour éviter la pénétration d'air.
- Étiquetages des flacons d'échantillonnage en déterminant le point de prélèvement, la date et l'heure.
- La détermination de quelques paramètres physico-chimiques a été effectuée immédiatement, dans le cas contraire les échantillons ont été conservés dans des conditions appropriées.

Pour les analyses parasitologiques, les échantillons ont été prélevés dans des flacons stérilisés en verre qui ne sont pas remplis jusqu'au bord pour permettre la pénétration d'air, et les transportés dans une glacière à une température maintenue entre 1 et 4°C afin d'éviter la multiplication des parasites dans l'eau.

3. Matériel

3.1. Physico-chimique

Le matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques est :

PH mètre; Oxymètre; Turbidimètre; Balance; Tubes à essais stériles ; Pipettes Pasteur ; Burettes ; Béchers ; Pissettes ; Agitateurs ; Pincés ; Spatules ; Erlenmeyers ; Fioles (coniques, jaugées) ; Flacons de 250 ml, 500 ml ; Pipettes graduées 1 ml, 2 ml, 5 ml et 10 ml stériles.

3.2. Parasitologique

Le matériel utilisé pour les analyses parasitologiques est :

Filtre de 0,22 um ; Lames portes objets et lamelles ; Racleur ; Pompe à vide ; Lugol 1% ; Microscope photonique ; Micro-ordinateur ; Caméra MMV 3000 ; Logiciel (Futur Win Joe).

4. Méthodes d'analyses

4.1. Physico-chimiques

4.1.1. Couleur

Le test de couleur a été évalué par observation oculaire de plusieurs flacons remplis d'eau de forage.

4.1.2. Odeur et goût

Le test d'odeur a été détecté par simple sensation olfactive, la saveur par dégustation qui exige de rincer la bouche avec l'eau distillé avant déguster. L'odeur a été évaluée par simple sensation dans le lieu de prélèvement.

4.1.3. Mesure de la turbidité

a- Matériel utilisé

- Cuvette.
- Turbidimètre.
- Eau ultra pure.

b- Mode opératoire

A l'aide d'un turbidimètre (figure8), la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec l'eau ultra pure jusqu'à qu'il atteint la valeur 0 ;
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser.

- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure puis l'eau de forage et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ.
- La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument.
- Rincer la cuvette.



Figure 5 : Turbidimètre

c- Expression de résultats

La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil ;

La turbidité est exprimée en NTU.

4.1.4. Mesure de l'oxygène dissout

La mesure de l'oxygène dissout se fait immédiatement lors de prélèvement par un oxymètre selon les étapes suivantes :

- Allumer et calibrer l'oxymètre ;
- Rincer l'électrode en verre avec l'eau à analyser et le mettre directement sous le robinet de forage ;
- Laisser stabiliser un bon moment ;

- Puis noter la valeur de l'oxygène dissout ainsi que celle de la température.

4.1.2. Mesure de température

La température a été déduite avec l'oxymètre lors de prélèvement de l'échantillon.

4.1.3. Mesure de PH

La mesure de potentiel hydrogène se fait par un pH-mètre selon les étapes suivantes :

- Allumer et Calibrer le pH-mètre avec les solutions tampons
- Rincer l'électrode en verre avec l'eau à analyser et la tremper directement sous le robinet de forage
- Laisser stabiliser un moment.
- Noter la valeur de pH.
- Pour la maintenance de l'électrode rincer le après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de 0.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de chlorure de potassium.

4.1.4. Dosage du calcium (Ca^{+2})

Méthode titrimétrique à l'EDTA :

a. Réactifs

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
- Murexide (indicateur)

b. Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'échantillon ;
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N (80 mg/L) et une pincée de Murexide ;
- Bien mélanger le tout ;
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement ;
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette ;

- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

c. Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en millimole par litre est donnée par l'équation :

$$C_{ca} = C_1 \times V_3 / V_0$$

Avec,

C₁ : est la concentration en EDTA exprimée en m mol/l.

V₀ : est le volume en ml de la prise d'essai.

V₃ : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

Si l'on désire exprimer la teneur en calcium en mg/l, celle-ci est donnée, par l'équation

$$C_{ca} = C_1 \times V_3 \times A / V_0$$

A : est la masse atomique relative du calcium (40,08).

Si une dilution de l'échantillon a été utilisée, en tenir compte dans le calcul en utilisant le facteur de dilution F.

4.1.5. Dosage de magnésium Mg²⁺

a. Réactifs

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
- Noir ériochrome T (net) (indicateur)

b. Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'échantillon ;
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N (80 mg/L) et une pincée d'indicateur d'ériochrome ;
- Bien mélanger le tout ;
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement ;

- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette ;
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

c. Expression des résultats

La teneur en magnésium, exprimée en millimole par litre est donnée par l'équation :

$$C_{Mg} = C_1 \times V_3 / V_0$$

Avec :

C₁ : est la concentration en EDTA exprimée en m mol/l.

V₀ : est le volume en ml de la prise d'essai.

V₃ : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

Si l'on désire exprimer la teneur en calcium en mg/l, celle-ci est donnée, par l'équation

$$C_{Mg} = C_1 \times V_3 \times A / V_0$$

A : est la masse atomique relative du magnésium (24,3).

Si une dilution de l'échantillon a été utilisée, en tenir compte dans le calcul en utilisant le facteur de dilution F.

4.1.6. Détermination de dureté totale (TH)

a- Exprimé en mg / l :

$$(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})$$

b- Exprimé en degré français :

$$2 (2 C_{Ca^{2+}} / M_{Ca^{2+}} + 2 C_{Mg^{2+}} / M_{Mg^{2+}})$$

Avec :

C : concentration

M : masse molaire

c- **Exprimé en CaCO₃ :**

$$1F^{\circ} = 10\text{mg/l de CaCO}_3$$

4.1.7. Chlorure

a- Réactifs

- Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l
- Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 g/l
- Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/l.

b- Mode opératoire

- Introduire 20 ml de l'échantillon dans une fiole ou dans un bêcher, placé sur un fond blanc.
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.

c- Expression des résultats

La concentration en chlorure PCl exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule suivante :

$$P_{Cl} = (V_s \cdot V_b / V_a) \cdot C_f$$

P_{Cl}: est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_a : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

V_b: est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

V_s : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

C : est la concentration réelle exprimée en moles d' AgNO_3 par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

f : est le facteur de conversion $f=35453 \text{ mg/mol}$ (ISO, 1984).

4.1.8. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium méthode a chaud en milieu acide

a- Réactifs

- Acide sulfurique, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol/l}$.
- Oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Solution étalon de concentration 5 millimoles/l.
- Permanganate de potassium KMnO_4 . Solution titrante de concentration 2millimoles/l.

b- Mode opératoire

- Transférer à l'aide d'une pipette, 25 ml d'échantillon dans un bécher.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant

Doucement.

- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- Ajouter 5 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes.
- Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).
- Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ.
- Noter le volume V_1 de permanganate consommé.
- Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur).
- Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé.

- Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :
- Au blanc titré, ajouter 5 ml de la solution d'oxalate de sodium.
- Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ 90°C) et retitrer avec le permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pale persistant.
- Noter le volume V2 de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, re préparer une solution titrante de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

c- Mesures et calcul du résultat

L'indice de permanganate, IMn, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\text{IMn} = (\text{V1} - \text{V0}/\text{V2}) \times f$$

Où :

V0 est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

V1 est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.

V2 est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

f : est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. $f = 16$ (ISO, 1994).

4.1.9. Détermination de TA

a- Réactifs

- Phénolphtaléine (indicateur)
- Acide chlorhydrique (HCl) à 0,02N

b- Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'échantillon à analyser puis ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré phénolphtaléine et titrer avec HCl 0,02N jusqu'au virage de l'incolore de phénolphtaléine.

4.1.10. Détermination de TAC**a- Réactifs**

- Méthylorange (ou rouge de méthyle)
- Acide chlorhydrique (HCl) à 0,02N

b- Mode opératoire

- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur à 50 ml de l'échantillon et titrer avec HCl ,le virage se fait jaune à rouge orangé.

4.1.11. Mesure de la conductivité (CE)

- Allumer et Calibrer le conductivimètre.
- Rincer l'électrode en verre avec l'eau à analyser et la tremper directement dans un bécher rempli d'eau à analyser.
- Laisser stabiliser un moment.
- noter la valeur de conductivité.

La procédure peut être observé (Voir figure 6).



Figure 6 : conductivimètre.

4.1.12. Détermination de salinité

A partir de la conductivité électrique on peut déterminer la salinité de l'eau, le tableau suivant représente la salinité en fonction de la conductivité électrique.

Tableau 4 : Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonctions de la conductivité électrique.

C1	Basse salinité	0<CE<250
C2	Salinité modéré	250<CE<750
C3	Haute salinité	750<CE<2250
C4	Très haute salinité	2250<CE<5000

Source (OMS, 1994)

4.1.13. Dosage des nitrates

a- Réactifs

- Nitrate de sodium NaNO_3 à 10mg/l
- Salicylate de sodium $\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$ à 0.5%
- Tartrate double de sodium et de potassium $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ à 60g/l + NaOH à 100g/l
- Hydroxyde de sodium NaOH à 30%
- Acide sulfurique H_2SO_4 concentré

b- Mode Opératoire

- Dans une bécher de 25ml on introduit 10ml de l'eau à analyser ; on ajoute 3 gouttes de solution de NaOH et 1 ml de solution de salicylate de sodium.
- On apport le bécher à l'évaporation sec à 80°C .
- Après 24h l'eau s'évaporé et le sel reste (Voir figure 7)



Figure 7 : Dépôt de sel des nitrites

- On ajoute au sel restant 2ml d'acide sulfurique, on attend 10 minutes.
- On ajoute 15 ml d'eau distillée, et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau distillé.
- La lecture a été faite par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm.

4.2. Analyse Parasitologiques

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, des parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS en 2003 a classé les parasites parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde (Rodier *et al.*, 2009).

4.2.1. Filtration sur membrane

C'est la technique de concentration la plus utilisée au laboratoire. Le plus généralement, on procède à une filtration sur membranes en esters de cellulose, de porosité 0,22 μm ou 0,45 μm (Rodier *et al.*, 2009).

4.2.2. Description de l'appareil de filtration

L'appareil est constitué de :

- Un entonnoir-réservoir (1) cylindrique ou conique, en acier inoxydable ou plastique à usage unique, de taille variable généralement de 50 à 500 mL, gradué.
- Un support métallique (2) formant une sorte de cuvette conique dont le bord supérieur reçoit une plaque poreuse (3) destinée à supporter une membrane filtrante (4) de même

diamètre. La partie inférieure de la cuvette est prolongée par un tube creux, muni d'un robinet (5), permettant le passage d'une aspiration par trompe à vide et l'évacuation du liquide filtré.

- Un dispositif d'assemblage (6) des deux pièces précédentes, variable selon le modèle d'appareil permet de solidariser réservoir et support et d'assurer l'étanchéité, en évitant toute fuite du liquide contenu dans le réservoir.
- Un matériel de liaison supportant l'ensemble de cet appareil de filtration et le reliant à un dispositif d'obtention du vide. Dans sa version la plus simple, représentée sur le schéma, il consiste en une fiole à vide en verre, de capacité suffisante pour éviter des vidanges trop fréquentes de l'eau filtrée (5 litres par exemple), reliée à une trompe à eau ou une pompe à vide par l'intermédiaire d'un flacon de garde, muni d'un manomètre. Dans des dispositifs plus complexes, la fiole à vide est remplacée par une rampe supportant plusieurs appareils de filtration. La face supérieure du support métallique et la plaque poreuse au contact avec la face supérieure de la membrane sont généralement stérilisées à la flamme (Rodier *et al.*, 2009).

L'appareil est représenté dans la figure 8.

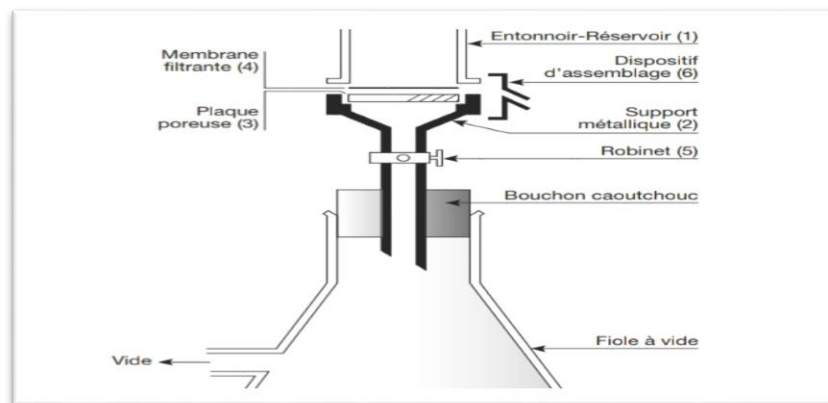


Figure 8 : Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membranes (Rodier *et al.*, 2009).

4.2.3. Coloration au lugol

Après avoir retiré la membrane pour une analyse parasitologique sous microscope, on procède à la coloration au lugol ; cette technique permet de repérer plus facilement les kystes des protozoaires, en soulignant leurs caractéristiques morphologiques. Dans une solution iodée, le cytoplasme des kystes se colore en jaune ou en brun clair et les noyaux en brun foncé. Cette technique peut être combinée à un examen direct (ou à un examen après enrichissement) (Gillet *et al.*, 2008) (Voir figure 9).

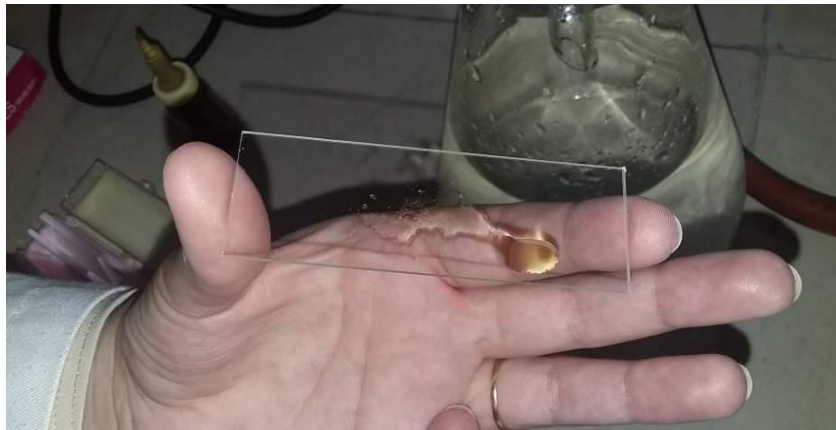


Figure 9: coloration au lugol

4.2.4. Mode opératoire

- Prélever une membrane stérile en l'a saisissant par son bord extérieur, avec une pince; la déposer sur la plaque poreuse. L'entonnoir-réservoir est placé au-dessus de la membrane.
- Installer le dispositif de fixation.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir
- Actionner la pompe à vide, une fois la pompe est actionné, l'eau s'infiltré à travers le papier à filtre de 0.22 μm .
- On retire la membrane dès qu'elle parait sèche.
- Déposer quelques gouttes d'eau sur une lame.
- Racler tous doucement à l'aide d'une once la surface de membrane puis la déposer sur la lame.
- Ajouter une goutte de Lugol 1% et étaler.

- Recouvrir avec une lamelle.
- La mise en point se fait par microscope photonique au grossissement (G×40)

Grâce à la caméra (figure 10) branchée du microscope à l'ordinateur et au logiciel (futur win joe) nous avons pris des photos des parasites trouvés puis les identifier.



Figure 10 : Microscope connecté à la caméra MMV 3000 et à l'ordinateur.

Chapitre 3

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Résultats organoleptiques

Il s'agit de la couleur, de l'odeur, de la saveur et de la turbidité de l'eau. Ces paramètres n'ont pas de signification sanitaire, mais par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution. Lors de prélèvement on a observé que l'eau de forage était incolore mais, après 24h on a remarqué une coloration jaunâtre due à une précipitation de fer. Avec un simple test, on a aussi constaté que cette eau ne présente aucune odeur ou saveur, et présente des valeurs basse de turbidité (2,5NTU).

1.2. Résultats physico-chimiques

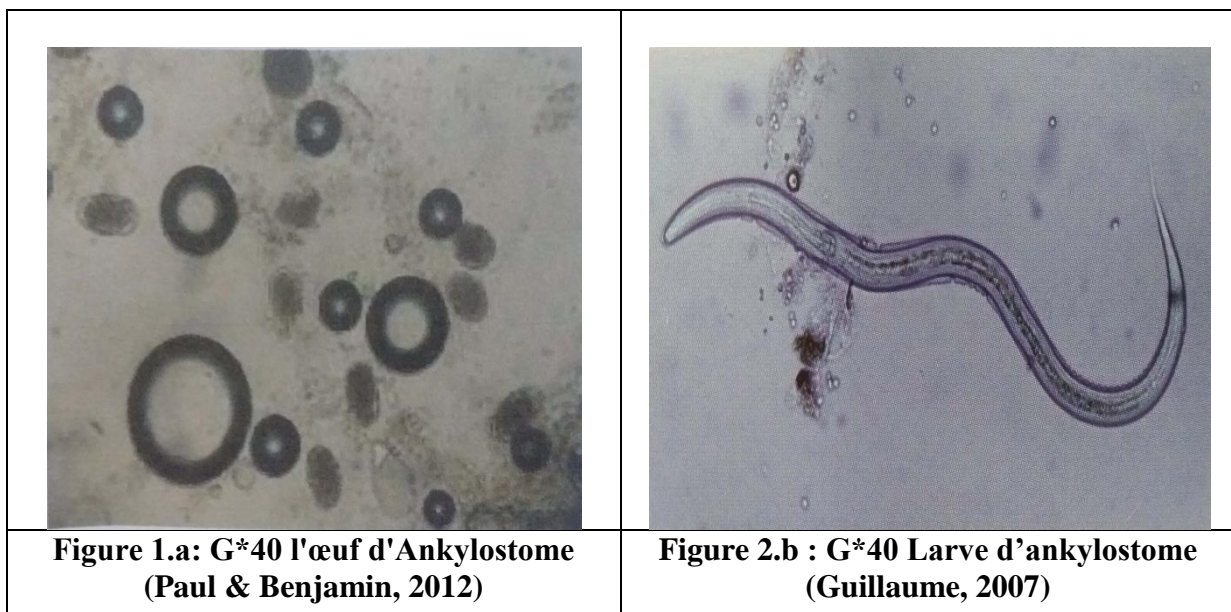
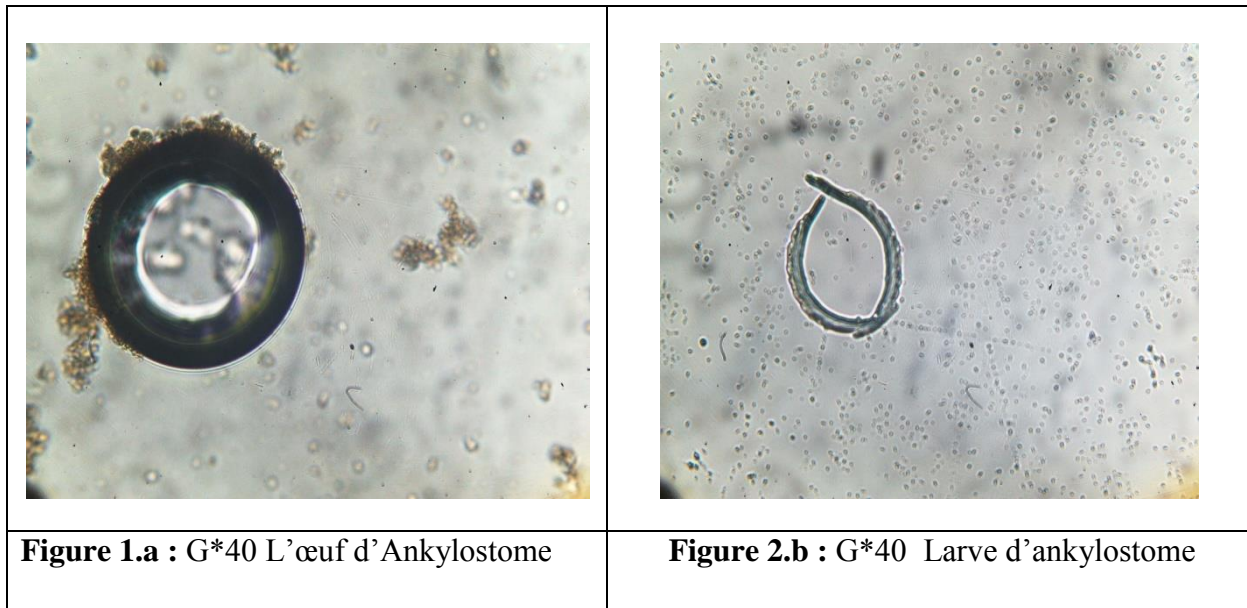
Les résultats physico-chimiques obtenus sont représenté dans le tableau suivant

Tableau : Résultats physico-chimiques

Paramètres	Résultats	Unité	Normes OMS pour eau d'irrigation	Normes Algériennes Pour eau de consommation
Température	21,3	C°	35	25
PH	7,29	–	6_8,5	6,5-8,5
Oxygène dissout	7,3	Mg /l	–	8
Calcium	74	Mg /l	400	200
Magnésium	63,2	Mg/l	60_75	150
Dureté total (TH)	137,2	Mg/l	448	500
Chlorure	194,9	Mg /l	1065	500
Oxydabilité au KMnO ₄	3,0	Mg /l	–	3
TA	0	Mg /l	–	–
TAC	439,2	Mg /l	–	–
Conductivité	1289	µS/cm	300 0	2280
Nitrate	0,9	Mg/l	10	50

1.3. Résultats parasitologiques

Les résultats parasitaires sont représentés dans les figures suivantes



D'après les résultats obtenus, on remarque l'absence totale des protozoaires dans l'eau de forage, en revanche on remarque la présence d'un Nématode qui est l'Ankylostome.

2. Discussion

Pour les paramètres physico-chimiques mesurés lors de prélèvement, l'eau à analyser était incolore, mais elle a changé après 24h de l'échantillonnage cela est provoqué par la précipitation de fer. Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air. Un excès de fer dans l'eau, se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (Bouziani, 2000).

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition (Rodier *et al.*, 2009), selon le test olfactive, aucune odeur n'a été détecté ce que signifie l'absence de toute forme de ce type de pollution, pareille pour la saveur.

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau, elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau. Dans notre cas, l'eau de forage à une turbidité moyenne de 2,6NTU ce qui est conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum.

La température de l'eau analysée était acceptable (21 °C) ce qui nous permet de dire qu'elle est dans la norme selon le journal officiel Algérien (2011) qui fixe la valeur de température des eaux souterraines à 25C°.

Le pH est un paramètre très important, il est lié à la nature des terrains traversés (Rodier *et al.*, 2009), il permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une eau (Savary, 2010). La réglementation algérienne (2011) indique un pH dans l'intervalle de 6.5 à 8.5, la mesure de ce paramètre de l'échantillon a donné une valeur de 7,29 ça reste relativement stables et dans les normes Algérienne de potabilité.

L'oxygène dissous indique la concentration de l'oxygène gazeux dissous dans une colonne d'eau, la teneur est affectée par la température, la profondeur et le volume d'eau, selon JORAD (2011), la valeur maximale d'oxygène dissout dans les eaux souterraine ne dépasse pas 8 mg/l, notre échantillon est de 7,3 mg/l ce que signifie qu'elle est conforme aux normes Algérienne de potabilité.

Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale de calcium. Pour l'eau étudiée la valeur de calcium trouvée est d'une moyenne de 74mg/l. Selon JORAD (2011), ce résultat est conforme aux normes algériennes de potabilité.

Le calcium et le magnésium entraînent à peu près les mêmes effets, si ces corps sont abondants ont dit que l'eau est dur (Collin, 2004), la teneur en magnésium dans notre échantillon est de 63,2 mg/l alors que la norme fixée par JORAD est de 150mg/l ce qui signifie que cette teneur est dans les normes aussi, pareil pour la dureté totale qui correspond à la somme des concentrations en dans la plupart des cas aux ions calcium et magnésium (Rodier *et al.*, 2009), dont la concentration maximal déclaré par JORAD (2011) est fixée à 500mg /l de CaCO_3 et l'eau de forage contient 448 mg /l. Ce résultat est toujours conforme aux normes Algérienne de potabilité.

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. La norme algérienne d'eau potable fixe une valeur de 500mg/l de chlorure (selon JORAD, 2011), notre eau a une valeur de 194,9 mg /l ce que signifie qu'elle conforme aux normes Algériennes de potabilité.

L'indice IMn permet de quantifier le permanganate de potassium réduit par les matières oxydables organique ou inorganique. Selon JORAD la teneur maximale est de 3 mg /l, pour notre eau on a enregistré 3.00 mg /l valeur qui reste toujours dans les normes Algériennes.

Pour l'alcalinité, les résultats d'analyses physico chimiques d'eau montre que le titre alcalimétrique (TA) est nul. Ce qui traduit l'absence d'ions (CO_3^{2-}) dans l'eau de forage.

Par contre elle est riche en ions Bicarbonate (HCO_3^-) avec une valeur de 439,2 mg /l.

Pour ces deux paramètres, aucune norme Algérienne n'a été fixée car ils ne présentent aucun risque pour la santé humaine.

La conductivité électrique des eaux est liée aux interactions "eau-roche"et à la capacité des eaux à dissoudre les minéraux contenus dans les roches (Elie, 2005). L'eau de forage présente une conductivité de 1299 us/cm ce qui est conforme à la norme Algérienne de potabilité qui recommande comme valeur limite 2280 $\mu\text{s/cm}$ (JORAD, 2011).

D'après Potelon et Zaysman (1993), l'eau de forage présente une minéralisation excessive mais elle peut être utilisée.

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles, le résultat obtenu qui est de 0.9 mg/l est conforme aux normes Algérienne de potabilité qui est recommandé selon JORAD (2011) à 50 mg /l.

Les analyses physicochimiques montrent que cette eau présente généralement des valeurs conformes à celles des normes Algériennes de potabilité.

D'autre part, l'OMS (2002) fixe une température maximale pour l'eau d'irrigation à 35 C°, alors que notre eau est de 21C° ce qui permet de la classer dans la norme.

D'autre part, l'OMS (2002) fixe une valeur d'eau destinée à l'irrigation de 400mg /l de Ca²⁺ et de 60 à 75 mg/l de Mg²⁺, les teneurs en Ca²⁺ et Mg²⁺ de l'eau de forage sont aussi préalables pour l'irrigation.

En revanche, elle a fixé une valeur de 200 mg/l de CaCO₃, la valeur obtenue après l'analyse est de 448 mg/l qui a dépassé cette norme donc cette eau est peu dure ce que explique l'apparition de précipite blanc lors d'irrigation.

Comme on a déjà vu selon J. Rodier *et al.*, (2009) la dureté d'une eau est due généralement à la concentration de magnésium et de calcium qui peuvent provenir de la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄).

En Agriculture, une eau dure aide le sol à conserver une bonne structure par les ponts calciques.

L'eau de forage contient des valeurs convenable en chlorure avec une teneur de 194,9mg /l en comparant à la valeur fixé par l'OMS (2002) qui est de 1065 mg/l. Pour l'usage agricole, les teneurs en chlorures peuvent limiter certaines cultures. Le chlore n'est présent dans le sol que dans sa solution, sous forme de Cl⁻. Il est absorbé par les racines et s'accumule dans les feuilles. Il provoque des brûlures débutant à la pointe des feuilles âgées et progressant vers l'arrière en suivant les bords du limbe (Rodier *et al.*, 2009).

Les résultats d'analyses physico chimiques montre que le titre alcalimétrique (TA) est nul. Ce qui traduit l'absence d'ions (CO₃²⁻) dans l'eau de forage, et selon la norme imposée par l'OMS (2002) cette teneur conforme à la norme qui est fixée de 3 mg /l.

D'autre part elle est riche en ions Bicarbonate (HCO₃⁻) avec une valeur de 439,2 mg /l, cette valeur reste dans la norme d'OMS qui est fixée à 610 mg /l.

La valeur de conductivité (CE) obtenue 1289 µS/cm, est aussi conforme à la norme d'irrigation fixée par l'organisation mondiale de la santé qui est de 300 0 µS/cm.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{+2}), de magnésium (Mg^{+2}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires (Couture, 2006).

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en milli siemens/centimètre (mS/cm) (Couture, 2006).

D'après nos résultats, l'eau de forage appartient au classe C3 elle est de haute salinité. Des précautions doivent être mise en place, selon l'organisation mondiale de la santé il faut :

Une utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel avec un contrôle de l'évolution de salinité obligatoire.

La valeur obtenue de nitrate est de 0.9mg/l, ce que signifie qu'elle est conforme à la norme fixée par l'OMS (2002) qui ne dépasse pas 10mg/l pour l'eau d'irrigation.

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite pas à la recherche des bactéries. En effet, suite à des épidémies parfois importantes, les parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS, en 2003, a classé les parasites parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde.

D'après les résultats obtenus, on note l'absence des protozoaires dans l'eau de forage étudiée, en revanche on a marqué la présence d'une seule espèce d'helminthe répétée dans l'ensemble de prélèvement qui est principalement l'œuf d'Ankylostome.

Vu leurs tailles ils peuvent être éliminés par la filtration de l'eau. En revanche en cas de défaillance à cette étape, ils sont insensibles aux doses habituellement utilisées pour la désinfection de l'eau.

En comparant aux normes microbiologique fixées par JORAD (2012), les œufs d'helminthes doit être (<1 œuf. L-1) pour arbres fruitiers, cultures et arbustes fourragers, cultures céréalières, cultures industrielles, arbres forestiers et plantes florales et ornementales.

Pour une meilleure sécurité, les œufs d'helminthes doivent être quantifiés. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 germes/L (Tfeyeche, 2014). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (Faby, 1997).

Conclusion

L'étude menée a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et parasitologique d'une eau d'un forage dans un verger privé d'agrumes situé à Draa Ben Khedda.

Selon JORAD (2011) et l'organisation mondiale de la santé (2002), il ressort de cette étude que cette eau présente des valeurs physico-chimiques conformes aux normes de potabilité ainsi que d'irrigation.

- ✓ Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés étaient claires lors de prélèvement, mais on a remarqué un dépôt de fer après 24h, le fer est l'un des minéraux les plus présents dans la croûte terrestre ce que explique sa présence dans les eaux souterraines. L'eau étudiée ne présente ni odeur, ni saveur désagréable et une valeur basse de turbidité.
- ✓ Du point de vue physico-chimique, on a trouvé une température de 21°C ce que signifie que c'est une eau non thermale, une dureté importante de 448 mg/l, mais obéisse aux normes de potabilité, une conductivité élevée de 1239 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui nous permet de dire que c'est une eau minéralisée et de haute salinité, qui peut être due à la nature de certaines roches, en particulier des marnes gypsifères et des évaporites, ainsi que aux conditions climatiques, caractérisées par une période hivernale pluvieuse (favorable à la dissolution des roches) et par une période estivale sèche et chaude (ce qui induit une forte évapotranspiration et par conséquent une augmentation de la concentration des éléments dissous). Le PH 7,29, signifie que c'est une eau est de pH neutre. L'utilisation des engrais chimiques dans l'agriculture, comme fertilisants, augmente les concentrations de NO_3^- (indice de pollution), dans le cas de notre eau on a marqué des valeurs très basse de Nitrates, ceci s'explique par l'abstention d'utilisation de pesticides ou des engrais chimique et leurs remplacement par d'autres organiques.
- ✓ De point de vue parasitaire, l'eau analysée ne contient aucun type de protozoaire, en revanche, on a marqué la présence d'œuf et larve d'Ankylostome.

D'après les résultats des paramètres étudiés, nous pouvons dire que l'eau de ce forage est une eau de bonne qualité de point de vue physico-chimique pour la consommation humaine ainsi que pour l'irrigation, et ne présente aucun danger pour la santé humaine. Pour une meilleure sécurité, d'autres études parasitaires doivent être faites pour assurer la salubrité de l'eau.

Cependant cette étude aurait pu être plus complète sur le plan physico-chimique avec le dosage d'autres paramètres telle que les métaux lourds qui non pas pu être analysé au

niveau de notre faculté en raison de la non disponibilité des réactifs et des matériels nécessaires pour effectuer ces dosages.

Références Bibliographiques

« A »

Arjen V.D.W, 2010. Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines. Ed. Patricia, 49p.

Anton S et Pougatsch H, 2011. Les barrages de projet à la mise en service. Presse polytechnique Romande, école polytechnique fédérale de Lausanne, 714p.

« B »

Balderacchi, 2009. L'eau dans l'organisme, Centre national de la recherche scientifique (CNRS),PP,1.

Balderacchi, 2009. Consommation Agricole, Centre national de la recherche scientifique (CNRS),PP,8.

Bliefert C et Perraud R, 2002. Chimie de l'environnement. Ed. Boeck, 291p.

Boulier F, 2011. Retour d'expérience des opérations de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole, AgroParis Tech-Engref, Centre de Montpellier, 17p.

Barbier V, 2011. Nitrates et pesticide dans l'eau destinée à la consommation humaine. Les dossiers de l'environnement en poitou-Charentes. N°4,18p

Boeglin J.C, 1998. Propriétés des eaux naturelles, technique d'ingénieur, traité environnement, 110p.

Bouziani M, 2000. L'eau de la pénurie aux maladies, Ed ibn khaldoun, 247p.

Beaulieu Ph. La pluie : sa formation, sa composition et son utilisation. Centre d'information sur l'eau. (<https://www.cieau.com>).

Berrouane N et Khomeri M, 2018. Impact des rejets de STEP de la ville de Tizi-Ouzou sur la qualité biologique des eaux de consommation : Cas des forages de Boukhalfa. Mémoire fin de cycle, UMMTO, 74p.

Bouchemal F, 2017. Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra, thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra, 185p.

« C »

Couture I, 2006. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. Ed. Agri-vision 2003-2004, PP : 25-28.

Cheval H, 1982. Office national de l'eau : La désinfection des eaux de consommation. Ed. Eaudoc,117p.

Cardot C, 1999. Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologique : Cours

et problèmes résolus. Ed. Ellipses, 247p.

Collin J.J, 2004. Les eaux souterraines : connaissance et gestion. Ed. Bgrm, Hermann.170p

« D »

Degremont G, 2005. Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Ed. Lavoisier doc et tec, Paris, 1718p.

Defranceschi M, 1996. L'eau dans tous ses états. Ed. Ellipses, 61p.

Desjardins C, 1997. Le traitement des eaux. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, 304p.

Daoudi A., Lejras C et Benouniche N, (2017). La gouvernance de l'eau souterraine dans le Sahara Algérienne : enjeux, cadre légal et pratiques locales. Cah Agri, 10P.

Delliou P, 2003. Les barrages : conception et maintenance. Presse technique, Université de Lyon, Vaulx-en-velin, vol.1, 270p.

« E »

Elie S, 2005. Caractérisation hydro chimique et qualité des eaux souterraines du projet hydraulique villageoise 310 forages, dans la boucle du mouhoun : provinces des banwa, des balles, du mouhoun et de la kossi (Buricana Fasso), Mémoire de fin de cycle d'ingénieur géologue, 60 p.

« F »

Faby, (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'eau. 76p.

Faurie C, Medori P et Ferra C, 2003. Ecologie : Approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier doc et tec, Paris, 312p.

Festy B, Hartmann P, Ledrans M, Levalloi P, Payment P et Tricard D, 2003. Qualité de l'eau : Environnement et santé publique-Fondement et pratique. Ed. Tec et Doc, Paris, 359p.

Frioua S, (2014). Localisation et caractéristiques des zones sources de pollution des ressources en eau de la ville de Biskra à l'aide de S.I.G. Mémoire de Master en Sciences de l'Eau et de l'Environnement. Université Mohamed Khider Biskra, Algérie, 79P.

« G »

Guillame V, 2007. Fichier pratique parasitologie. Ed. Boeck, 183p.

Guillet P, Potters P et Jacob J, 2008. Livre de parasitologie humaine tropicale. Institute de médecine tropicale prince Léopold, 138p.

« H »

Hébert S et Légaré S, 2000. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, direction du suivi de l'environnement, ministère de l'environnement, envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24p.

« J »

Jestin E, 2006. La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaire. Agence de l'eau Seine-Normandie, Hérouville Saint Clair, PP : 17-32. 34p.

Journal Officiel de la République Algérienne, 2012. N°41 du 15-07-2012. Spécifications des eaux usées épurés : Utilisation à des fins d'irrigation, Imprimerie Officielle, les Vergers : Bir-Mourad Rais, Alger, Algérie, PP, 19.

Journal Officiel de la République Algérienne, 2011. Décret exécutif n° 11-125 du 17-03-2011. Qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, les Vergers : Bir-Mourad Rais, Alger, Algérie, PP 7-25.

« K »

Kettab A, 1992. Traitement des eaux, Les eaux potables. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, PP : 111-123.

« L »

Lallemend-Barrès A et Roux J.C, 1999. Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Ed. Brgm, 334p.

« M »

Myrand D, 2008. Guide technique : Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées. Ed. Québec, 67p.

Mourey V et Vernoux J.F, 2000. Les risques pesant sur les nappes d'eau souterraine d'Ilede-France, Annales des mines. P333 -368.

Ministère du Développement Durable, De l'Environnement de la faune et des Parks (MDDEFP), 2013. Critères de qualité de l'eau de surface, 3ème Ed Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 510p.

Mozas M., Ghosen A, (2013). Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie, Octobre 2013.

Maynard D.N et Hochmuth G.J, 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers, 582p.

Macé M. L'eau de pluie est-elle potable ? Centre d'information de recherche. (<https://www.cieau.com/>).

« O »

Olivier A, 2005. Chimie et pollutions des eaux souterraines. Ed. Tec et Doc Lavoisier, 398p.

Ollier CH et Poiree M, 1986. Irrigation: Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Boulevard, 61ème, Paris, 503p.

Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP), 2003. L'eau souterraine, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication,31p.

OMS, 1994. Directives de qualité pour l'eau de boisson, voll, 2^{ème} édition, Genève.

OMS, 2002. Journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12).

« P »

Pyne R et David G, 1995. Ground water recharge and wells: A guide to aquifer storage Recovery,39p.

Pnud, (2009). Problématique du secteur de l'eau et impacts lies au climat en Algérie, 07 Mars, Rapport Algérie/ONU.

« R »

Rodier J, Bazin C, Broutin J. P, Chambon P, Champsaur H et Rodi L, 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod, 8ème édition, Paris,1383p.

Rodier J, Bazin C, Broutin J. P, Chambon P, Champsaur H et Rodi L, 2009. Eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod, 9ème édition, Paris, 1526p.

Raven PH, Berg LR et Hassenzahl DM, 2009. Environnement. Ed. Boeck, 1 ère édition, 687p.

« S »

Savary P, 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron, 261p.

« T »

Tourab H, 2013. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz. Mémoire de fin de cycle. Université des Sciences et Techniques Cadi Ayyad, FST Marrakech (Maroc).82P.

Tfeyeche L, (2014). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire fin de cycle. Université kasdi merbah Ouargla, 70P.

« V »

Vilagines R, 2003. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Ed. Tec et Doc, 198p.

« Z »

Zayman K et Potelon J, 1993. Guide des analyses d'eau potable. ED. La lettre du cadre territorial, 253p.

Annexes

Tableau 6 : Normes de qualités de l'eau d'irrigation (Directive de l'OMS 2002).

Paramètre de l'eau	Symboles	Unités	Valeurs indicatives
Conductivité électrique	CE	us/cm	300 0
Calcium	Ca ²⁺	mg /L	400
Magnésium	Mg ²⁺	mg /L	60-75
Dureté totale	TH	mg/L de CaCO ₃	200
Carbonates	CO ₃ ²⁻	mg /L	3
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	mg /L	610
Chlore	Cl ⁻	mg /L	1065
Sulfate	SO ₄ ⁻	mg /L	960
Nitrate	NO ₃ ⁻	mg /L	10
Ammonium	NH ₄ ⁺	mg /L	5
Potentiel hydrogène	Ph	–	6-8,5
Température	T°	C°	35

Tableau 7 : Paramètres microbiologiques d'irrigation selon JORAD 2012.

Groupes et cultures	Paramètres microbiologique	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (Moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œuf /1) (Moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produit pouvant être consommés que crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuit. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers. Cultures et arbustes fourragers. Cultures céréalières. Cultures industrielles. Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales.	Seuil recommandé <1000	<1

Tableau 8: Normes physico-chimiques de l'eau potable selon JORAD 2006 2011.

Paramètre	Unité	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N° 27 de 26 aout 2006	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011	Observation
Ph		6.5 à 8.5	6.5 à 8.5	
Conductivité	µs/cm à 20°C	Au maximum 2800	2280	
Dureté total	mg/l CaCO ₃	100 à 500	500	
Calcium	mg/l	75 à 200	200	
Magnésium	mg/l	150	150	
Chlorure	mg/l	200 à 500	500	
Nitrate	mg/l	50	50	
Oxydabilité (KmnO ₄)	mg/l	3	3	Mesure faire chaud et en milieu acide
O ₂ dissous	mg/l	5 à 8	8	/

Tableau 9: Normes OMS de potabilité (2005)

Paramètre	Unité	Norme
Ph	–	9
Conductivité	Us/cm	1000
Dureté totale	Mg /l	50
Calcium	mg /L	100
magnésium	mg /l	50
sodium	mg /l	150
Potassium	mg /l	12
Chlorure	mg /l	600
Nitrate	mg /l	50
nitrite	mg /l	0,1
ammonium	mg /l	0,5
Oxydabilité aux KMnO4	mg /l	5
Oxygène dissout	mg /l	5
température	C°	25

Tableau 10 : Classification d'eau potable en fonction de la conductivité.

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Degré de Minéralisation	Qualité de l'eau
$C < 100$	Très faible	Excellente
$100 < C < 200$	Faible	Excellente
$200 < C < 400$	Peu accentue	Excellente
$400 < C < 600$	Moyenne	Bonne
$600 < C < 1000$	Importante	Utilisable
$C > 1000$	Excessive	Utilisable

Classification des eaux de besoin en fonction de la conductivité d'après Potelon et Zaysman, 1993.

Résumé

Le présent travail consiste à étudier la qualité de l'eau d'un forage dans un verger privé d'agrumes située à DBK, destiné à l'irrigation et à la consommation humaine. Ce travail est consacré à l'étude de la potabilité de l'eau de ce forage ainsi que sa vulnérabilité à la pollution à travers un ensemble d'analyses physico-chimique et parasitologique. Les analyses physico-chimiques montrent que cette eau est non thermique (21°C), présente une minéralisation importante, et une dureté élevée 448 mg/l, avec des bonnes valeurs de calcium 74 mg/l, magnésium 63,2 mg/l, ainsi que les autres paramètres traités. Cependant, l'étude parasitaire révélant l'absence totale des protozoaires et la présence d'une seule espèce d'helminthe.

Mots clés: Eaux souterraines, irrigation, potabilité, pollution.

Abstract

The present work consists in studying the quality of the water of a well in a private citrus orchard located in DBK, intended for irrigation and human consumption. This work is devoted to the study of the potability of the water of this drilling as well as its vulnerability to pollution through a set of physicochemical and parasitological analyse. The physico-chemical analyses show that this water is non-thermal (21°C), has a high mineralization and a high hardness of 448 mg/l, with good values of calcium 74 mg/l, magnesium 63.2 mg/l, as well as the other treated parameters. However, the parasitic study revealed the total absence of protozoa and the presence of only one helminth species.

Key words: Groundwater, irrigation, potability, pollution.

ملخص

يتكون العمل الحالي من دراسة نوعية المياه من بئر في بستان حمضيات خاص يقع في ذراع بن خدة، مخصص للري والاستهلاك البشري. هذا العمل مخصص لدراسة قابلية مياه البئر للشرب وكذلك مدى تعرضها للتلوث من خلال مجموعة من التحليلات الفيزيائية والكيميائية والطفيليات. تظهر التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن هذا الماء غير حراري (21 درجة مئوية)، ويمثل تمعدناً مهماً ، وصلابة عالية 448 مغ/ل، مع قيم جيدة للكالسيوم 74 مغ/ل، و المغنيسيوم 63.2 مغ/ل، كما بالإضافة إلى العوامل الأخرى المعالجة. ومع ذلك، كشفت الدراسة الطفيلية عن الغياب التام للأوليات ووجود نوع واحد من الديدان الطفيلية.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الري، الشرب، التلوث.