UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Science Appliquées
Département de Génie des Procèdes

Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Analyse et Contrôle de Qualité

Présenté Par :BOUGUETIT Kaouthar et BENHAMIDA Nadjat

Thème

Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla (Cas de la nappe du Continental Intercalaire)

Soutenue publiquement le :
09/06/2015

Mr. SELLAMI.M.Hassan	M.C.B	Présedent
Mr. CHAOUKI Mourad	M.A.A	Examinateur
M^{elle}. CHAOUCH Noura	M.C.B	Encadreur

Année Universitaire : 2014 /2015

Remerciements

En premier lieu, nous remercions DIEU qui nous a donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à notifier un remerciement spécial à tous nos professeurs du département de Génie des Procédés, en particulier, notre encadreur Melle NOURA. CHAOUCH, Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et reconnaissance pour leur aide, leur encadrement durant toute notre formation.

Nous remerciront particulièrement :

Mr.SELLAMI.M.Hassan, *qui fait l'honneur de présider le jury.*

Mr. CHAOUKI Mourad *pour avoir accepté de participer à ce jury de mémoire. Qu'ils trouvent ici sincère reconnaissance.*

Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

KAOUTHAR ET NADJET

SOMMAIRE

Introduction générale……1

CHAPITRE I : CADRE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

I.1- Situation géographique ……..2
I.2- Démographie 4
I.3- Caractéristique climatique 4
I.3.1-La température..... 5
I.3.2- La pluviométrie 5
I.3.3- Les vents 6
I.3.4- L'humidité 6
I.3.5- L'évaporation 7
I.4- Hydrogéologie.....7
I.4.1- La nappe du complexe terminal (CT) 7
I.4.1.1- La nappe mio-pliocéne 7
I.4.1.2- La nappe du sénonien 8
I.4.2- La nappe du continental intercalaire (CI) 8
I.4.3- La nappe phréatique.....8

CHAPITRE II : GENERALITES SUR L' EAUX

II.1-Définition ……..……..……10
II.2-Propriétés Physiques ……10
II.2.1- Masse volumique …… ……..10
II.2.2-Propriétés thermiques ……10
II.2.3-Viscosité …….....10
II.2.4-Tension superficielle …….....11
II.2.5- Pression osmotique …….....11
II.2.6-Propriétés électriques …….....11
II.2.7-Propriétés optiques …….....11
II.3-Propriétés Chimiques ……...11
II.3.1-Auto-dissociation de l'eau …….....11
II.3.2-L'hydrophilisation…….....11
II.3.3-L'ionisation …….....12
II.3.4- L'oxydo-Réduction ……....12
II.4- Propriétés bactériologiques de l'eau ……12

SOMMAIRE

II.5- Cycle de l'eau ……12
II.6-Sources de l'eau …… ……..13
II.6.1-Les eaux superficielles…….....13
II.6.2- Les eaux souterraines ……..14
II.6.2.1-Les nappes phréatiques ……14
II.6.2.2- Les nappes captives…….....15
II.6.2.3- Les nappes alluviales ……15
II.6.2.4-Les nappes des roches dures fissurées…….....15
II.7-Usage de l'eau …….....15

CHAPITRE III : GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX

III.1-Définition …….....16
III.2-Sources de pollution ……...16
III.2.1-La pollution ponctuelle ……....16
III.2.1.1-La pollution urbaine ……..16
III.2.1.2-La Pollution industrielle ……17
III.2.2-La pollution diffuse ……...17
III.2.2.1-La pollution agricole ……18
III.2.2.2-La pollution atmosphérique ……..18
III.3-Les principaux polluants des eaux ……..19
III.3.1-Les matières en suspension……..19
III.3.2-Les matières organiques…….....19
III.3.3-Les matières fertilisantes …….....19
III.3.4-Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants……19
III.3.5-Les sels minéraux…….....20
III.3.6-Les polluants microbiologiques…….....20
III.4-Conséquences de la pollution…….....21
III.5-Contamination des eaux souterraines …….....21
III.5.1-Les milieux traversés …….....22
III.5.1.1-Le sol …….....22
III.5.1.2-Le sous-sol …….....22
III.5.2-Vitesse d'infiltration …….....23

SOMMAIRE

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

IV.1-Appareillage …….....24
IV.1.1-Spectrophotomètre à flamme 410 (Sherwood).....24
IV.1.2-Spectrophotomètre DR-2400.....24
IV.2-Réactifs ……..24
IV.3-Echantillonnage …….....25
IV.3.1-Mode de prélèvement …….....25
IV.3. 2-Conservation des échantillons ….....26
IV.3.3-Choix et localisation des points de prélèvement 26
IV.4-Technique de mesure …….....27
IV.4.1- Dosage du sodium et du potassium …….....27
IV.4.2-Dosage des chlorures 27
IV.4.3-Dosage des sulfates 27
IV.4.4-Dosage des nitrates 27

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1-L'étude de la potabilité des eaux de la nappe albienne 28
V.1.1-Sodium (Na^+) 28
V.1.2- Potassium (K^+) 29
V.1.3- Chlorure (Cl^-).....29
V.1.4- Sulfates (SO_4^{2-}).....30
V.1.5- Nitrates (NO_3^-) 31
V.2-L'étude de la vulnérabilité des eaux de la nappe albienne à la pollution.....31
Conclusion.....32

LISTE DE FIGURE

Figure i.01 : délimitation géographique de la région d'Ouargla..... 3

Figure I.02 : Réparation de la population d'Ouargla par commune en 2013 4

Figure. I.03 : Les températures moyennes mensuelles.....5

Figure. I.04 : Les pluviométries moyennes mensuelles 5

Figure. I.05 : Les vitesses moyennes des vents mensuelles 6

Figure. I.06 : L'humidité relative moyenne mensuelle 6

Figure. I.07 : L'évaporation mensuelle 7

Figure II.01 : Cycle de l'eau dans la nature 13

Figure II.02 : Principaux types de nappes souterraines 14

Figure.III.01: Les pollutions par l'urbanisme 17

Figure.III.02: Les pollutions produites par l'industrie 18

Figure.III.03: schéma simplifiée de la pollution des eaux 20

Figure.III.04: Relation entre le sol, sous-sol, zone non saturée 22

Figure IV.01 : Localisation des forages sujets de notre étude 26

Figure. V.01 : Variation du taux de sodium au niveau de la cuvette d'Ouargla 28

Figure. V.02 : Variation du taux de potassium au niveau de la cuvette d'Ouargla 29

Figure. V.03 : Variation du taux de chlorures au niveau de la cuvette d'Ouargla 30

Figure. V.04 : Variation du taux de sulfates au niveau de la cuvette d'Ouargla 30

Figure. V.05 : Variation du taux de nitrate au niveau de la cuvette d'Ouargla 31

LISTE DE TABLEAU

Tableau. I.01 : Communes et localités de la cuvette d'Ouargla 2

Tableau IV.01 : Listes des réactifs 24

Tableau IV.02 : Caractéristiques principales des forages concernes par l'étude 26

Tableau V.01 : Réglementation relative à la qualité des eaux potables 28

Tableau V.02: Classement en vue de la détermination de l'indice de contamination 32

Tableau V.03 : Évolution d'IC dans la région d'étude 32

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la base de vie sur notre planète, c'est le constituant majeur de la matière vivante, de ce fait non seulement sa disponibilité mais aussi sa qualité deviennent une préoccupation majeur des populations a travers le monde.

Dans la nature l'eau peut existée sous les trois états de la matière d'où la diversité de ces sources mais malheureusement ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreux entre autre on peut citer les eaux souterraines.

La préservation des ressources hydrique dans notre pays repose essentiellement sur un programme national multisectoriel de lutte contre la pollution de ces dernières.

A Ouargla, les eaux souterraines ont constituées depuis des siècles la seules source d'alimentation en eau potable.

Cette richesse non renouvelable a fait l'objet de plusieurs études analytique visant surtout la détermination de leur qualité.

Dans ce contexte figure l'objectif principal de notre étude qui consiste a l'étude des eaux de la totalité des forages AEP de la nappe du continental intercalaire de la région de Ouargla, l'approche de leurs qualités et l'étude de leurs sensibilité a la pollution.

Notre travail est composé des cinq chapitres suivants:

- Chapitre 1 : Cadre géomorphologique de la région d'étude
- Chapitre 2 : Généralités sur l'eau.
- Chapitre 3 : Généralités sur la pollution des eaux
- Chapitre 4 : Matériels et méthodes.
- Chapitre 5 : Résultats et interprétations

CHAPITRE I : CADRE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

I.1- Situation géographique

La wilaya d'Ouargla est située à 800 Km au Sud- Est d'Alger. Elle est limitée au Nord : par les Wilayates Djelfa, El-Oued et Biskra, à l'Est : par la Tunisie, au Sud : par la Wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Illizi et à l'Ouest: par la Wilaya de Ghardaïa (Figure. I.01). Ces coordonnées géographiques sont:

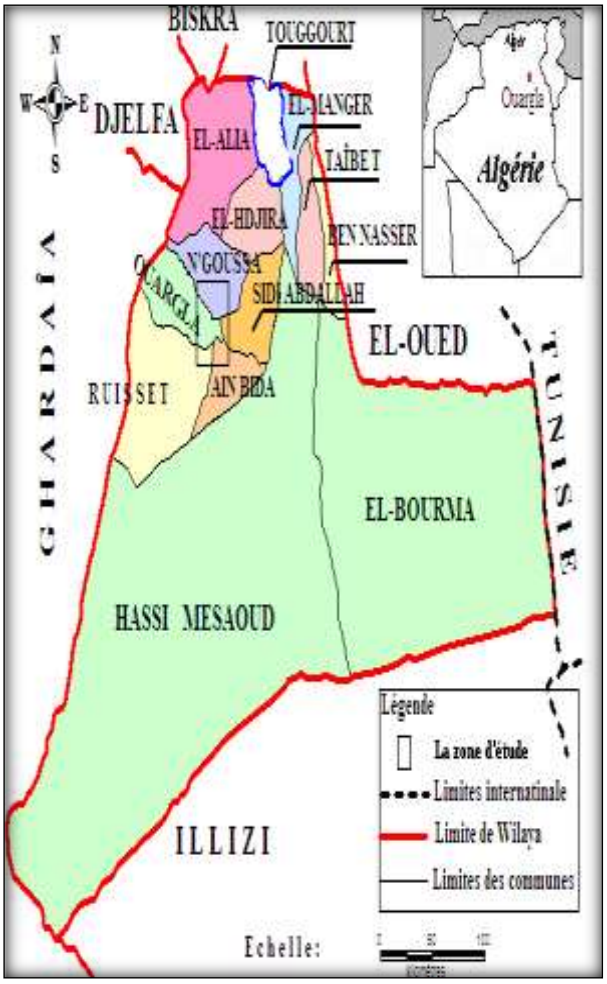
- Latitude : 31°58' Nord
- Longitude : 5°20' Est
- Altitude moyenne : 157 m.

Notre région d'étude est la cuvette d'Ouargla qui couvre une superficie de **99.000 ha**. Elle comporte actuellement 06 communes regroupées en 03 daïras comme le montre le tableau ci-dessous [01][02].

Tableu. I.01 : Communes et localités de la cuvette de Ouargla.

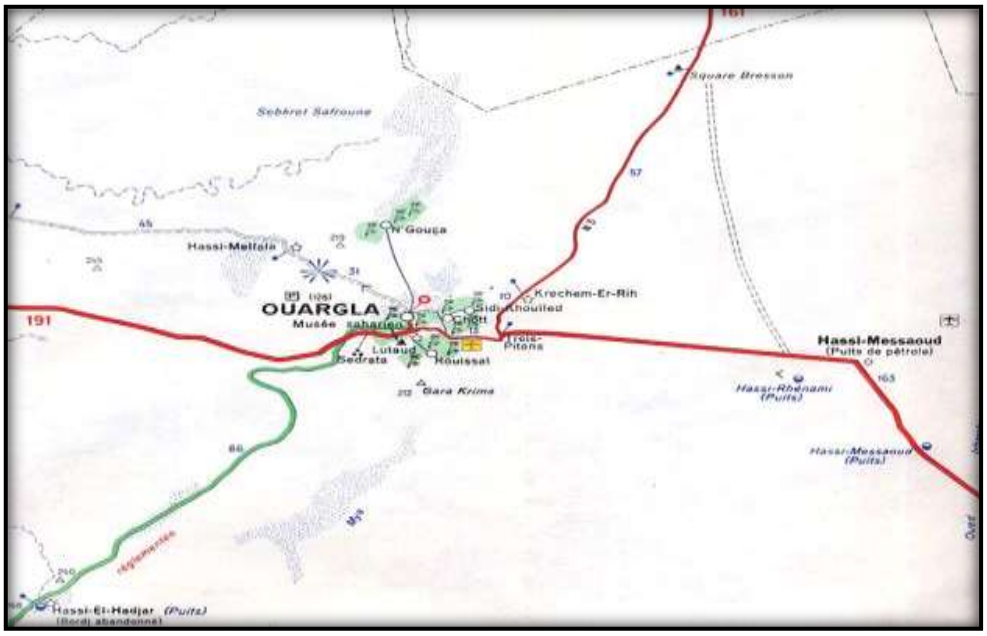
Daïra	**Communes**	**Localités**
Ouargla	Ouargla	Saïd-Otba, Hassi Milloud, Ksar, Bamendil, Bour El Haicha, Beni Thour, Mekhadma, et Sidi Amrane.
	Rouissat	El- Hedeb, Sokra, Boughoifala
Sidi-khouiled	Sidi-khouiled	Oum El Raneb, Aouinet Moussa
	Ain Beida	Ain Beida, Chott, Adjadja
N'goussa	Hassi BenAbdellah	Hassi Ben Abdellah
	N'goussa	L'Arsaa, El Bour, El Koum, Ghers

Source:D.P



(a)Carte de découpage administratif de la Wilaya de Ouargla

(b) localisation géographique d'Ouargla (Encarta, 2008)



(c) Délimitation de la cuvette d'Ouargla, Echelle : 1/500.000

Figure I.01 : Délimitation géographique de la région d'Ouargla.

I.2- Démographie

En 2013, la population de Ouargla est estimés à 627 677 habitants avec une densité 3.85 hab. /km [03].

La figure ci-dessous témoigne de l'importance de la région choisie dans le cadre de cette étude.

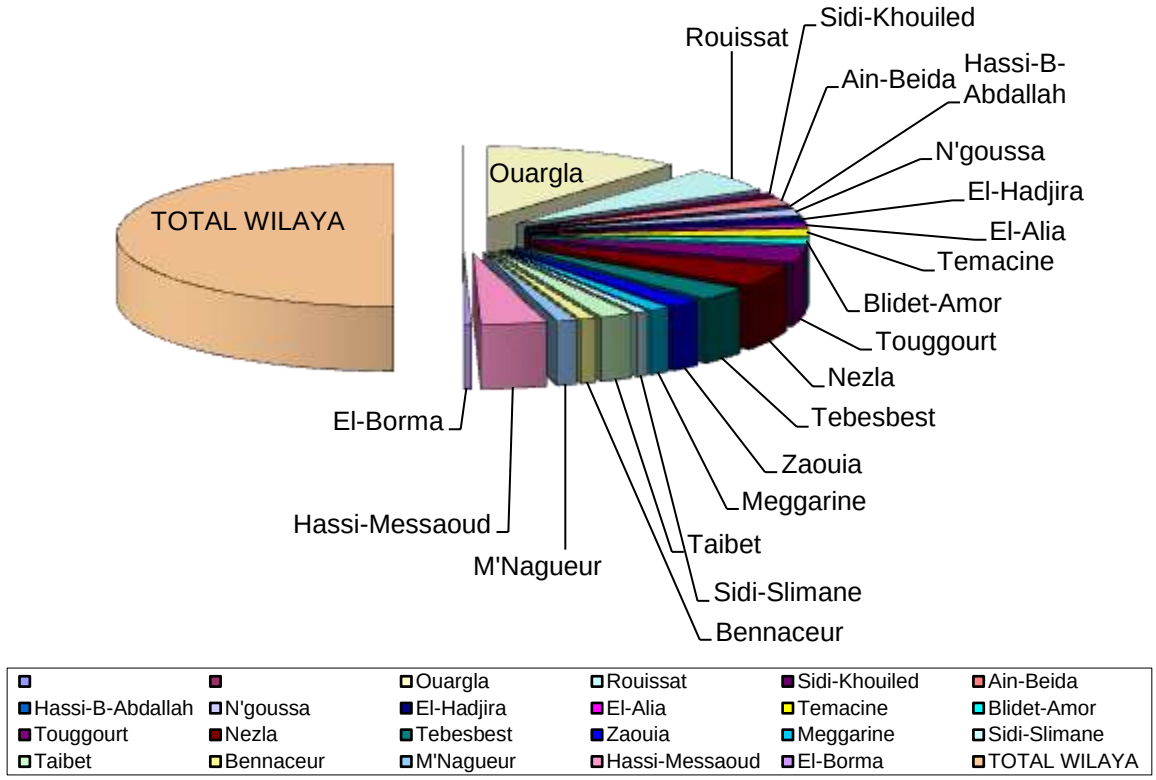


Figure I.02 : Réparation de la population de Ouargla par commune en 2013

I.3- Caractéristique climatique

La région d'étude est caractérisée par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème [03].

Les données climatiques observées par l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M) courant l'année 2013 nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

I.3.1-La température

La température est le facteur principal qui conditionne le climat de la région. La température moyenne annuelle est de 23,03°C, la température moyenne mensuelle enregistrée au mois le plus chaud (juillet) est de 43 °C alors que celle du mois le plus froid (Décembre) est de 17,2°C.

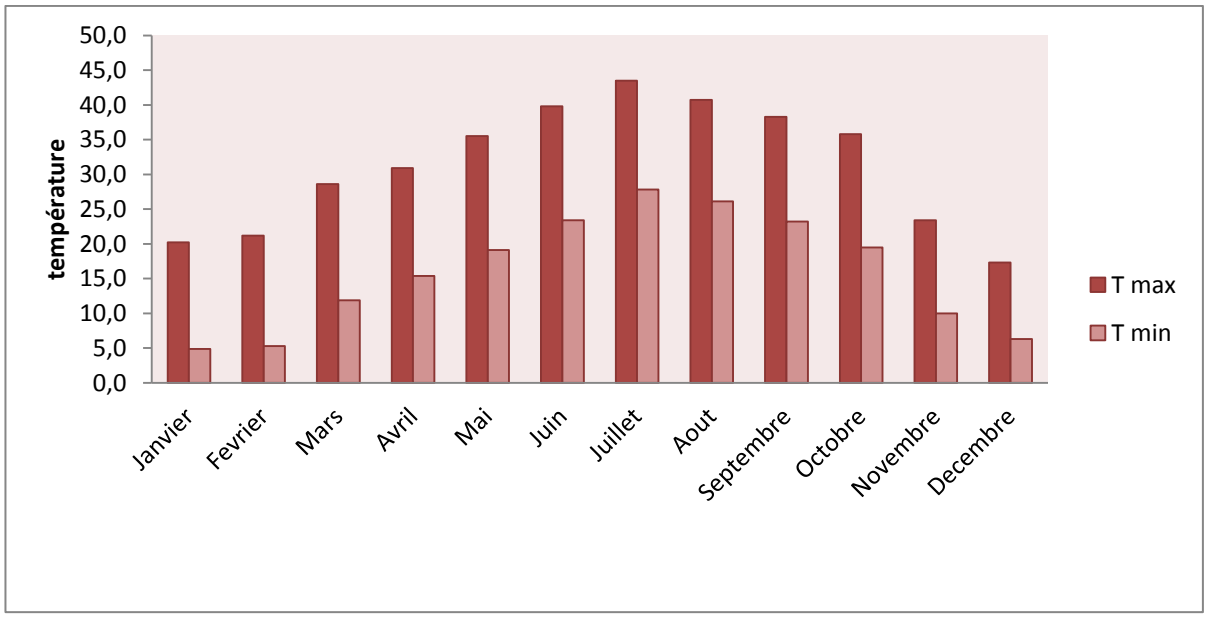


Figure. I.03 : Les températures moyennes mensuelles.

I.3.2-La pluviométrie

Les précipitations sont rares et irrégulières et varient entre 1 mm et 180 mm par année exceptionnelle.

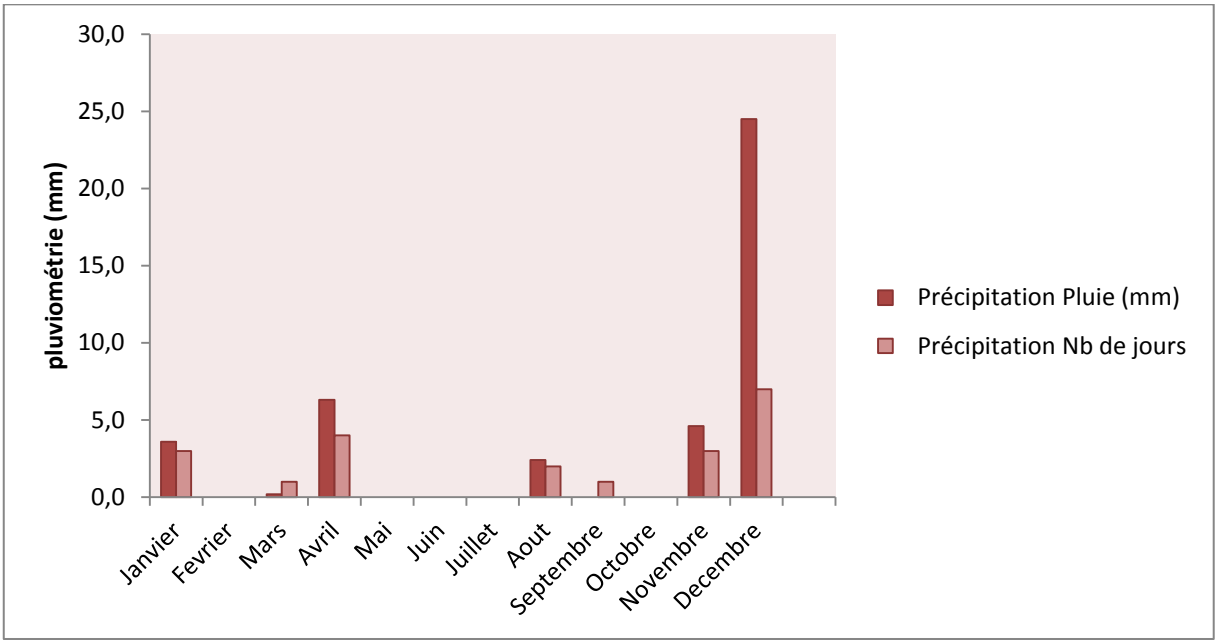


Figure. I.04 : Les pluviométries moyennes mensuelles.

I.3.3-Les vents

Les vents dominants dans la région de Ouargla sont ceux de N/NE et S/SE avec une vitesse pouvant atteindre 25 m/s. Le sirocco (vent chaud et sec) peut être observé à toute époque de l'année.

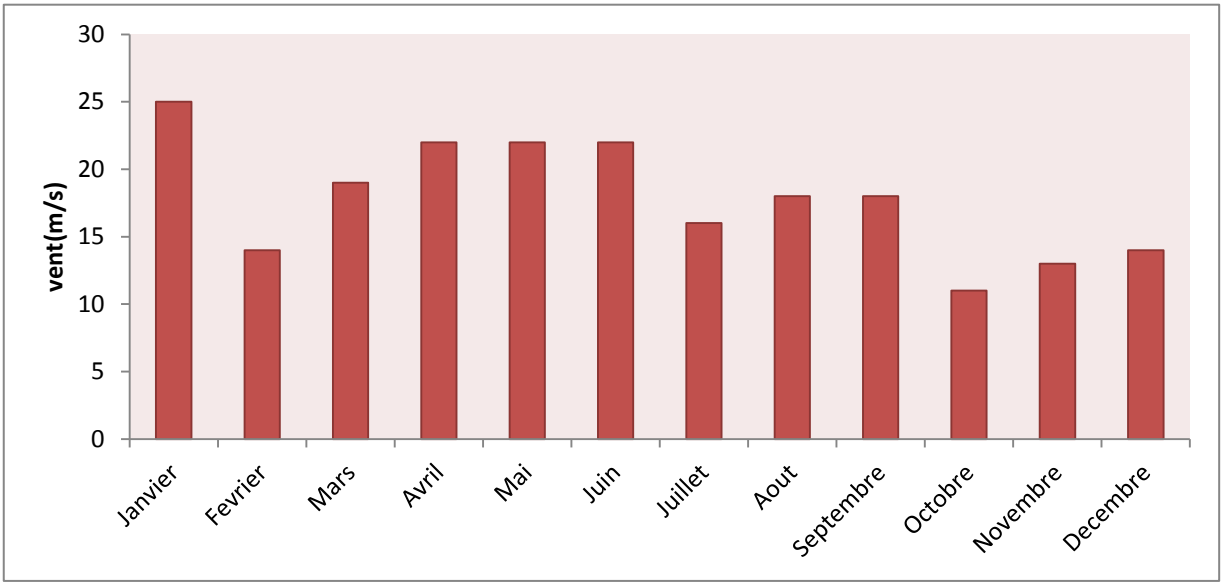


Figure. I.05 : Les vitesses moyennes des vents mensuelles.

I.3.4- L'humidité relative

L'humidité relative enregistre des taux variant de 16 à 55,7 %.

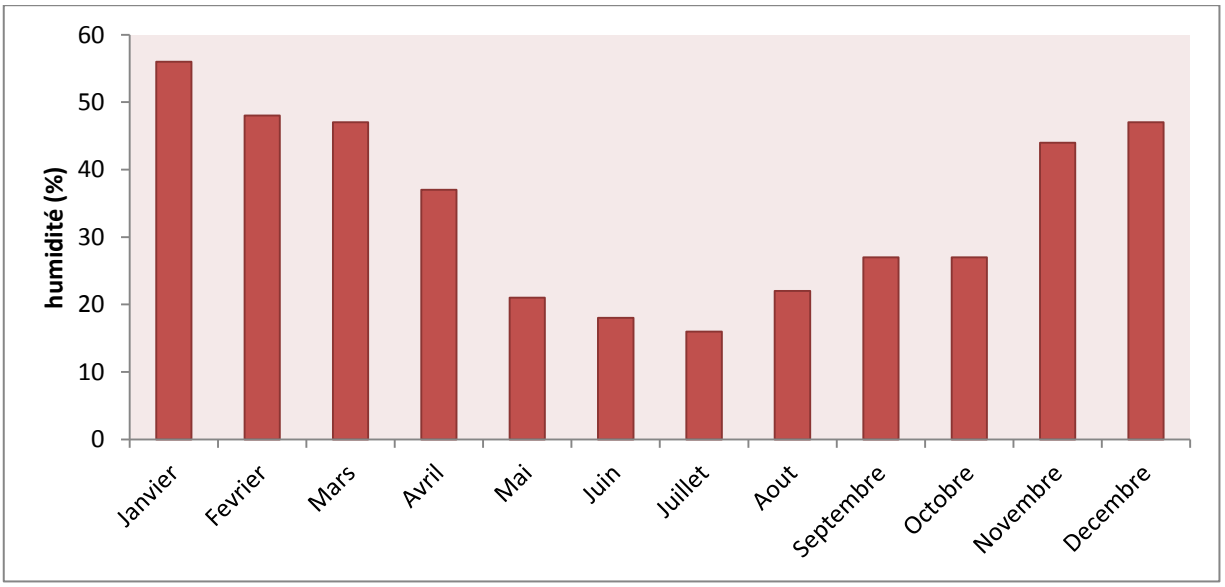


Figure. I.06 : L'humidité relative moyenne mensuelle.

I.3.5- L'évaporation

L'évaporation atteint des valeurs très importantes, cela s'explique par les fortes températures et le fort pouvoir évaporant de l'air notamment les vents desséchants au mois de juillet ou elle atteint 436.7 mm, ce qui correspond à 14 mm par jour.

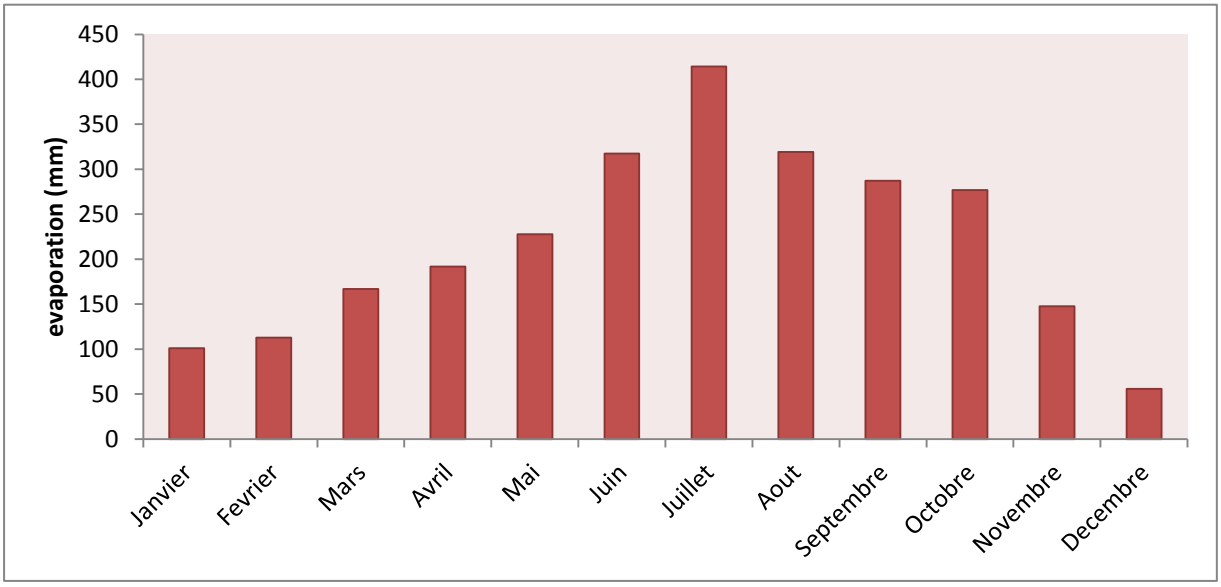


Figure. I.07 : L'évaporation mensuelle.

I.4-Hydrogéologie

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye [04].

Ce bassin renferme une série de couches aquifères dont certaines ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) [05][06].

I.4.1-La nappe du complexe terminal (CT)

D'une superficie de 350000 km^2 et d'une réserve de 1736,38 hm^3 /an. Elle regroupe les nappes du mio-pliocène et la nappe du sénonien. Les eaux de cette nappe sont de faciès chloruré-sodique dont la température varie de 23 à 30°C, le pH de 8,5 à 9,5 et le résidu sec de 1,5 à 8 g/1 [05][07].

I.4.1.1- La nappe du mio-pliocène

L'exploitation de la nappe mio-pliocène est extrêmement ancienne, cette nappe se trouve à une profondeur de 60 à 200 m, sa salinité varie de 1,8 et 4,6 g/l. alors que sa température est de 25°C, elle s'écoule de Sud-Ouest vers le Nord-Est en direction du Chott Melrir [05].

I.4.1.2-La nappe du sénonien

Cette seconde nappe artésienne de la vallée de l'Oued Mya est connue par la salinité de ces eaux variant de 1,8 à 4,4 g/l et leur température de l'ordre de 30°C. Cette nappe se trouve à des profondeurs variant de 180 à 350 m.

I.4.2-La nappe du continental intercalaire (CI)

D'une superficie de 800000 km^2 et d'une réserve de 627,30 hm^3 /an. Il s'agit de la nappe albienne. Les eaux de cette nappe sont du faciès sulfaté-sodique dont la température varie de 51°C à 66°C et le résidu sec de 1,5 à 2,4 g/l. En rencontre cet aquifère a des profondeurs allant de 1000 à 1500 m [05,06].

I.4.3-La nappe phréatique

La nappe phréatique est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire. Les sondages carottés effectués par "LTPS", en plus des logs des piézomètres effectuées par l'ENA.GEO, ont permis de relever la présence de trois classes de profils géologiques :

Classe A ***:*** c'est la classe la plus répandue, elle représente environ 75 % des terrains. On distingue :

- Une première couche dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m, constituée de sable fin à moyen légèrement gypseux avec une consistance de moyenne compacité ;
- Une deuxième couche constituée de sable argileux compacté dont l'épaisseur varie entre 5 et 15 m.

Classe B ***:*** elle caractérise les chotts et les sebkhas où on distingue :

- Des encroûtements gypseux très salés dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m
- Des sables limoneux avec un passage tufeux.

Classe C ***:*** elle caractérise les versants de la cuvette et le plateau Mio-Pliocène. On distingue :

- Un matériau détritique constitué de grès consolidé (glacis) et de sable limoneux pauvre en gypse dont l'épaisseur est supérieure à 10 m
- Du sable grossier compacté.

La nappe phréatique couvre pratiquement toute la cuvette de Ouargla. Les mesures les plus récentes et les observations faites sur quelques piézométrique indiquent que le niveau piézométrique de la nappe est aujourd'hui situé entre 8 et 10 m, 50 et 100 cm dans les palmeraies limitrophes de la sebkha et inférieur à 50 cm dans la sebkha jusqu'à l'affleurement

au centre. Les eaux de drainage des palmeraies et les eaux usées maintiennent des niveaux piézométriques très élevés [04].

Cette nappe qui s'écoule du Sud vers le Nord, elle est caractérisée par une salinité très élevée peuvent atteindre 25 g/l, elle est de ce fait inutilisable pour la consommation humaine [04].

CHAPITRE II : GENERALITES SUR L'EAU

II.1Définition

L'eau est un corps, incolore, inodore, et insipide de formule H_2O. C'est la seule molécule présente sur terre sous trois états: solide, liquide et gazeux. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques. L'eau est un solvant efficace pour beaucoup de corps solides c'est pour cette raison qu'elle est souvent désignée de « solvant universel ». L'eau que l'on trouve sur terre est rarement pure. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, mais cette eau n'étant pure qu'à 99 %, il s'agit techniquement d'une solution aqueuse [02][08].

II.2-Propriétés Physiques

II.2.1- Masse volumique

La masse volumique de l'eau dépend de la température, elle admet un maximum de 1000 Kg /m ³ à 3,98°C ; il est noter que pratiquement le changement de pression n'influe pas sur la masse volumique **[**09**].**

II.2.2-Propriétés thermiques

- **Chaleur massique :** 4,18 Kj /Kg.C° (1Kcal /kg.C°) à 0°C. Elle varie avec la température en présentent un minimum à + 35°C.
- **Les chaleurs latentes de transformation : s**ont pour la fusion de 330 Kj/Kg (79 Kcal /Kg) et pour la vaporisation 2250 Kj /Kg (539 Kcal/Kg) à la pression normale et à 100°C.
- **Capacité calorifique *:*** la plus grande capacité calorifique de tous les fluides (75,366 J/Kmol à 20°C) [10].

L'importance de la chaleur massique et de la chaleur latente de vaporisation fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur [11].

II.2.3-Viscosité

La viscosité diminue lorsque la température croit par contre elle augmente avec la teneur en sels dissous, quand à sa variation en fonction de la pression elle est si faible que d'habitude on n'en tient pas compte [09].

II.2.4-Tension superficielle

La tension superficielle diminue avec la température. L'addition de sels dissous augmente généralement.

II.2.5- Pression osmotique

La pression osmotique traduit un phénomène qui s'établit entre des phases liquide de concentration différentes séparées par une membrane semi-perméable.

$$\mathbf{\Pi = \Delta CRT}$$

- **ΔC :** Différence de concentration (mol /m³)
- **R** : Constant de gaz parfaits : 8 ,314 J /mol .K
- **T** : Température en K
- **Π :** Pression osmotique en J/m³.

II.2.6-Propriétés électriques

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 µS/cm à 20 °C. Elle augmente avec le taux de sels dissous.

II.2.7-Propriétés optiques

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre à peine. L'eau absorbe fortement l'orange et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse. Cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité des traitements d'épurations [11].

II.3-Propriétés Chimiques

II.3.1-Auto dissociation de l'eau

L'eau est une substance qui a une forte propension à dissoudre d'autres éléments. La première opération chimique réalisable dans l'eau est sa dissociation en protons H^+ et en ions hydroxyles OH^-. La répartition entre les deux se mesure avec le potentiel hydrogène (pH). L'échelle va de 0 à 14..L'eau joue un rôle très important dans toutes les réactions chimiques qui implique des matières chargées électriquement.

II.3.2-L'hydrophilisation

Un même corps présente des solubilités différentes vis-à-vis de divers solvants. Dans l'eau cette dernière dépend de la nature des groupements caractéristiques c'est-à- dire selon qu'il s'agit d'un groupement hydrophile ou hydrophobe [12].

II.3.3-L'ionisation

Un composé minéral dissous dans l'eau se dissocie plus ou moins avec apparition d'anions et de cations. Le corps dissous appelé électrolyte; favorise le passage du courant électrique. Lorsque plusieurs électrolytes se trouvent dans la même solution, chacun se dissocie dans une certaine proportion et les ions libérés peuvent se combiner entre eux pour former des composés nouveaux [11].

II.3.4- L'oxydo-réduction

L'eau peu participé, suivant les conditions expérimentales, à des réactions d'oxydoréductions comme réaction possible :

$2H_2O \leftrightharpoons 4H^+ + O_2 + 4e^-$

$2H_2O + 2e^- \leftrightharpoons 2OH^- + H_2$

-Dans le premier cas, l'eau est donneuse d'électrons, (réducteur).

-Dans le deuxième cas l'eau est accepteur d'électrons,(oxydante) [11].

II.4- Propriétés bactériologiques de l'eau

La présence des gaz, de matières organiques et minérales dans l'eau constitue un milieu favorable pour la multiplication et la croissance de divers microorganismes, virus, champignons et bactéries, certains d'entre elles sont responsables de graves maladies alors que d'autres sont indispensables pour l'organisme humain.

II.5- Cycle de l'eau

L'eau est un corps essentiel pour tous les organismes vivants. 71 % de la surface de la terre est recouverte d'eau, soit 97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs [13]. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique [13].

Le cycle de l'eau (Figure II.1) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états. Les trois phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et ruissellement. Leur élément moteur est l'énergie solaire. En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de longues périodes d'emmagasinements de l'ordre du millénaire [13].

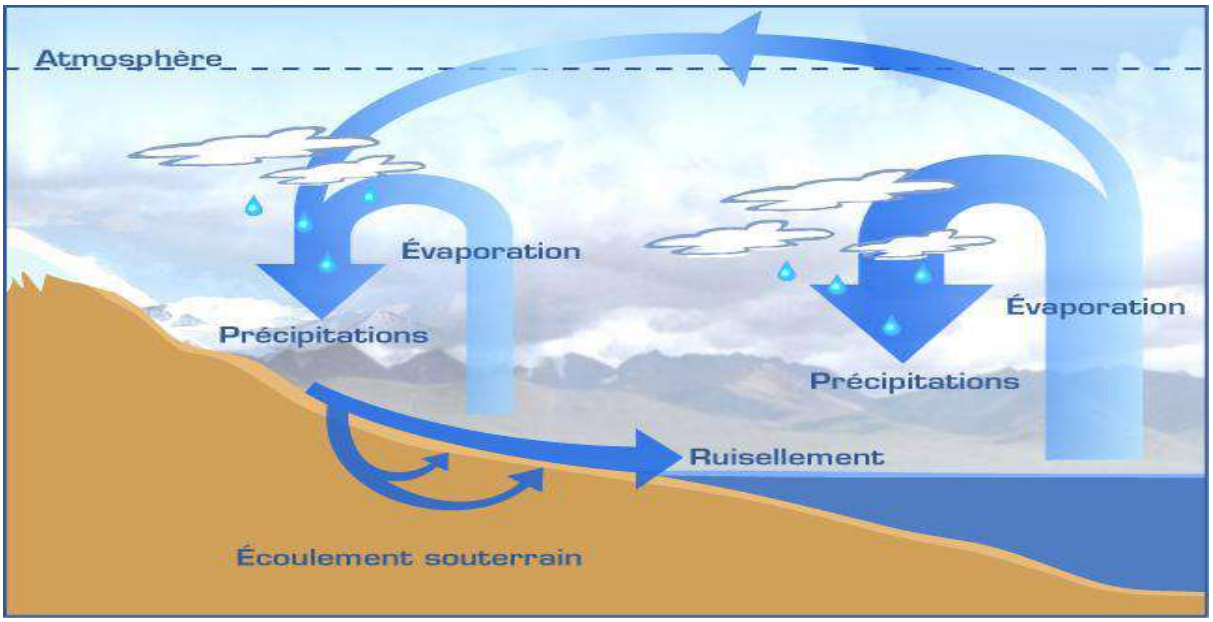


Figure II.01 : Cycle de l'eau dans la nature

II.6-Sources de l'eau

L'eau sur terre provient de deux sources principales à savoir :

- Les eaux superficielles
- Les eaux souterraines

II.6.1-Les eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé.

Cette ressource est facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable à la pollution ce qui la rendant souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous [14][15][16].

II.6.2- Les eaux souterraines

Il s'agit dans ce cas de nappes plus au moins profondes formées par l'accumulation des infiltrations dans le sol à travers le temps conditionnées par la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellent qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface [17].

Selon les roches-magasins et selon la nature du réservoir, on distingue plusieurs types de nappes (Figure II.3).

II.6.2.1-Les nappes phréatiques : ces nappes sont dites libres parce que la surface supérieure de l'eau fluctue sans contrainte. Il n'y a pas de toit du réservoir et la pluie peut les alimenter par toute la surface.

Certaines nappes libres sont constituées par des plateaux calcaires où les vides sont surtout des fissures élargies par la dissolution, parfois jusqu'à la taille de gouffres et de cavernes. Ils peuvent donner lieu à de grosses sources (Fontaine de Vaucluse Dans les régions méditerranéennes, beaucoup de ces sources tarissent en fin d'été [18].

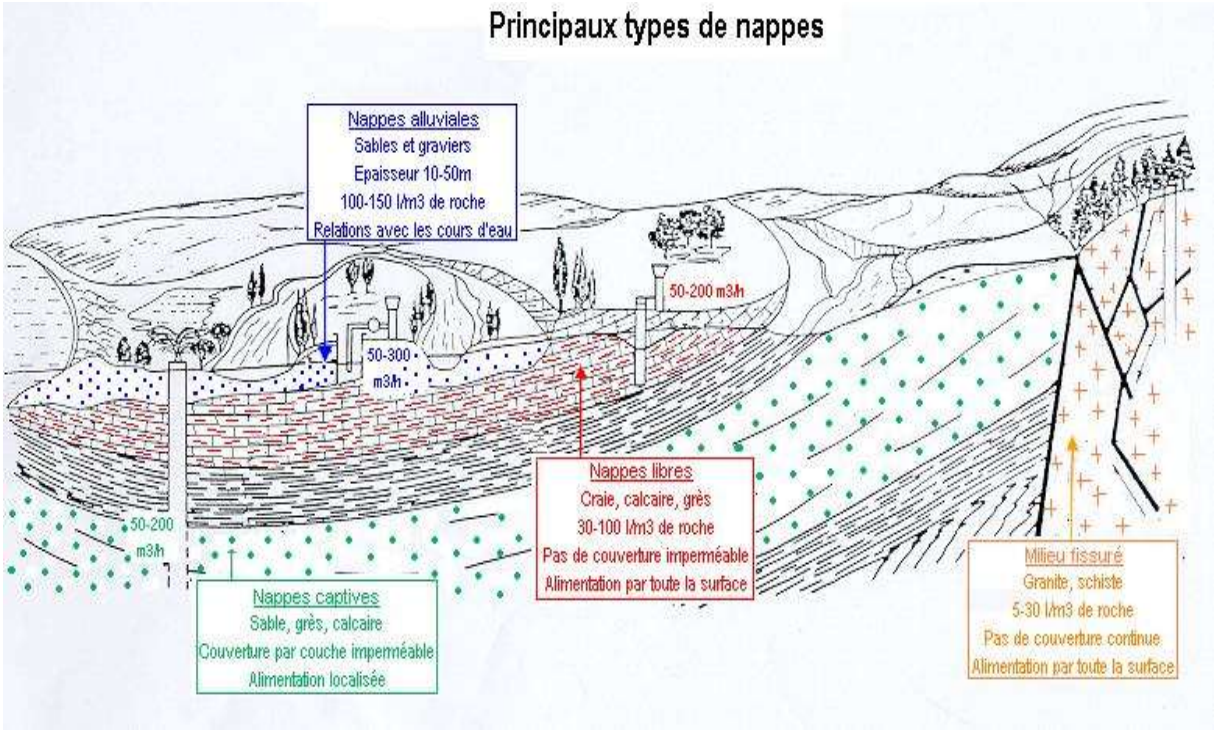


Figure II.02 : Principaux types de nappes souterraines

II.6.2.2- Les nappes captives

Elles sont constituées à peu près des mêmes types de roche, mais sont recouvertes par une autre couche géologique imperméable qui confine l'eau. Celle-ci est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens. L'alimentation ne peut se faire que par des zones d'affleurement limitées ou des communications souterraines. Dans les déserts, ces nappes sont fossiles. Elles ne reçoivent plus d'alimentation et sont alors des mines d'eau épuisables non renouvelées. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus). On peut alors les exploiter pour la géothermie.

II.6.2.3- Les nappes alluviales

Elles constituent un type particulier de nappes, formées par les grands épandages de sables et graviers des fleuves et des rivières. Elles sont le lieu privilégié des échanges entre les cours d'eau et les autres grandes nappes des coteaux (nappes libres). C'est à travers ces nappes alluviales que les grands flux issus des nappes libres rejoignent les rivières. Parfois, ce sont les rivières qui cèdent de l'eau aux nappes alluviales. Ce phénomène est habituel dans les oueds des pays arides.

II.6.2.4-Les nappes des roches dures fissurées

Constituent un type de réservoir aquifère aux capacités modestes mais appréciables pour les petites collectivités et les agriculteurs.

II.7-Usage de l'eau

L'eau est une substance indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants ayant besoin de leur ration quotidienne d'eau.

L'eau est également une ressource essentielle au développement des sociétés humaines qui se sont implantées bord des cours d'eau. Grâce à ses propriétés exceptionnelles, l'eau est en effet nécessaire à toutes les activités humaines. Ses usages se sont d'ailleurs intensifiés et les volumes d'eau utilisés par l'homme ont décuplé depuis le début du XXe siècle [19][20].

CHAPITRE III : GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX

III.1-Définition

Le terme pollution peut être défini comme suit : « c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaines, au travers des effets directs ou indirects des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives des milieux ou encore en enlaidissant la nature. » [21].

III.2-Sources de pollution

On distingue deux sources de pollutions à savoir :

III.2.1-La pollution ponctuelle

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, ou industriels peu ou non traités [02][22].

III.2.1.1-La pollution urbaine

Les eaux usées urbaines transportent des corps en suspension et en solution comme les produits ménagers. Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées et ne traitent généralement pas les composés chimiques en solution.

Certains composés organiques notamment les phosphates sont à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables qui consomment de l'oxygène du milieu jusqu'à priver les animaux qui s'y trouvent [02][22].

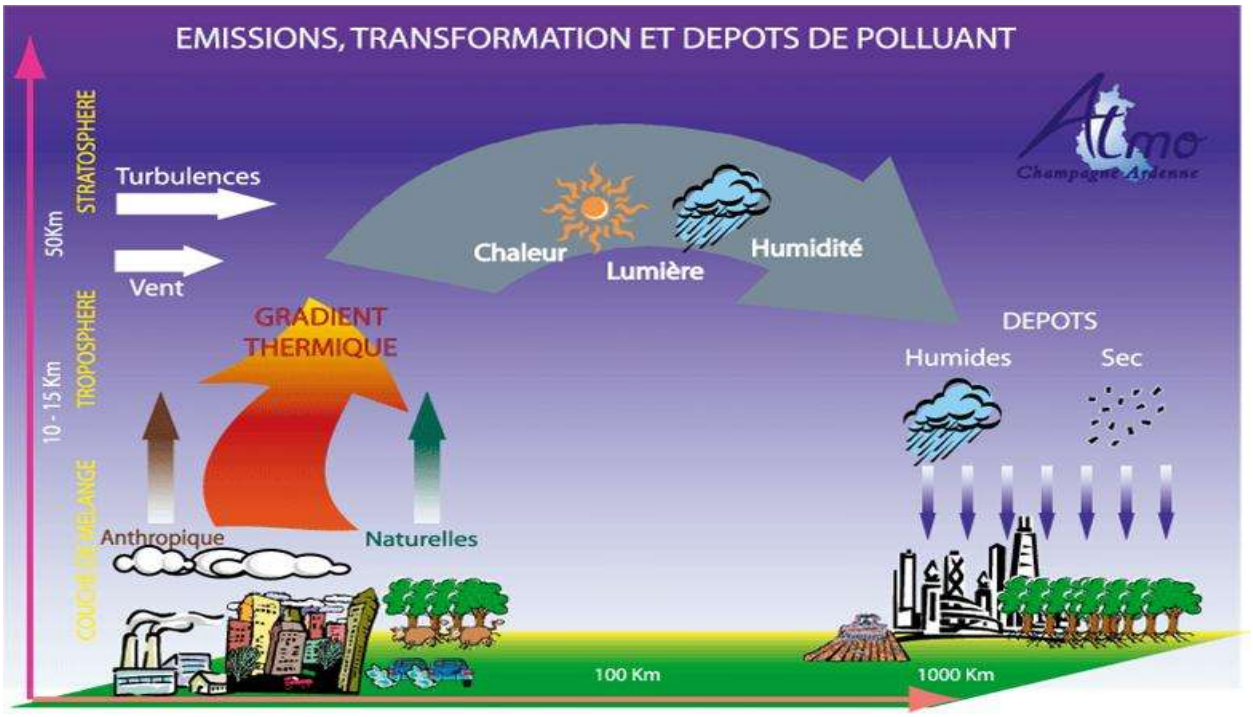


Figure.III.01: Les pollutions par l'urbanisme.

III.2.1.2-La Pollution industrielle

Une usine doit être équipée d'une station d'épuration (STEP). Un traitement primaire élimine les matières en suspension (ex : résidus de lavage, corps gras, huiles), puis un traitement secondaire élimine les matières en solution (ex: métaux lourds). En réalité, seulement 65% des eaux usées passent en station d'épuration ou le traitement secondaire n'est généralement pas mis en application (bien souvent pour des raisons de coût) [02].

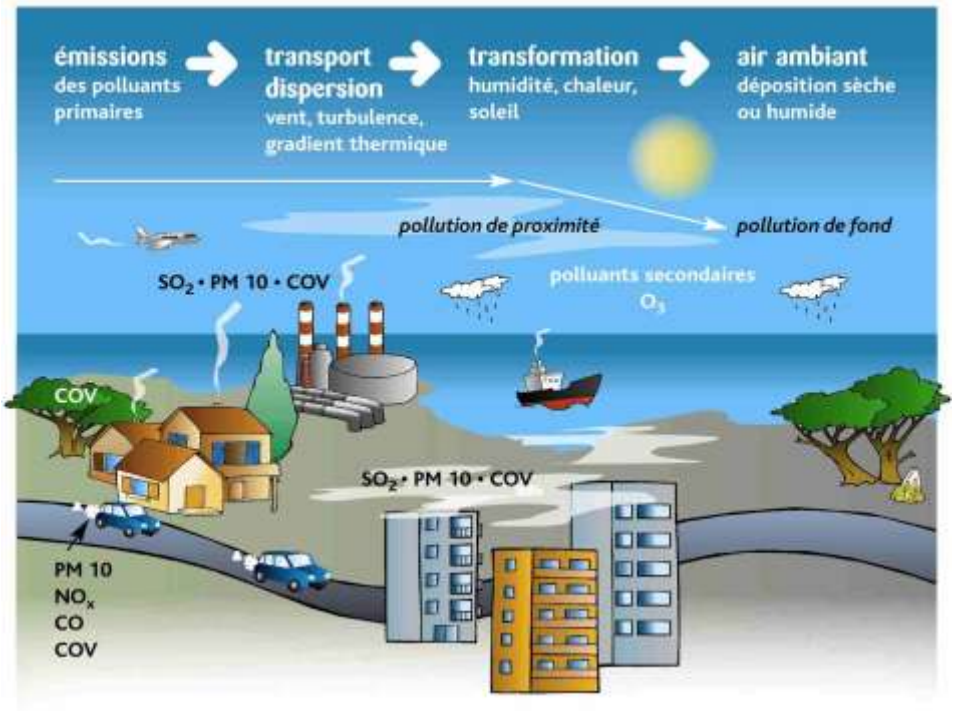


Figure.III.02: Les pollutions produites par l'industrie.

III.2.2-La pollution diffuse

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols. Différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tel que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces. Elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser [02].

III.2.2.1-La pollution agricole

Les engrais apportent aux végétaux cultivés les éléments nécessaires à leur croissance notamment l'azote, le potassium, et le phosphore.

Les dérivés azotés (spécialement les nitrates) et les phosphates provoquent des déséquilibres dans les milieux qui reçoivent les eaux de ruissellement et les eaux d'infiltration issues de l'agriculture en favorisant le développement des algues qui prennent place à toute autre forme de vie à cause de leur sur développement.

Les pesticides sont des produits chimiques destinées à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les verres de terre (hématicides) et les insectes (insecticides) qui parasitent les agricultures. Ces produits sont élaborés pour être rapidement neutralisés avec une durée de vie courte une fois dissous dans le sol, mais l'utilisation de mauvaise préparation peut avoir des effets d'intoxication significatifs.

L'accumulation de ces produits dans les cours d'eau peut avoir un impact important sur le milieu marin, à l'endroit même ou se déverse des fleuves, ou bien par le retour des nappes souterraines qui forment des sources sous-marines ou proches du bord de la mer [02].

III.2.2.2-La pollution atmosphérique

L'atmosphère terrestre s'il contient des polluants peut être une source non négligeable de pollution. En effet en cas d'orage les sols seront contaminés et le ruissellement et l'infiltration des polluants menacent à la fois les eaux superficielles et les eaux souterraines. Cette contamination qui risque d'être durable cause de grande difficulté de traitement [02].

III.3-Les principaux polluants des eaux

III.3.1-Les matières en suspension

Les matières en suspension sont de fines particules. Présentes naturellement dans l'eau des rivières pour certains (planctons, débris végétaux fins, minéraux), elles sont aussi des polluants d'origine humaine pour d'autres (matières organiques et minérales). Elles peuvent réduire la transparence de l'eau (turbidité), ce qui est néfaste pour la biologie des cours d'eau [22][23].

III.3.2-Les matières organiques

Certains rejets contiennent des matières organiques, Ces polluants sont biodégradables, ils peuvent être transformés en eau et en CO_2 par des micro-organismes (bactéries, algues) mais cette biodégradation consomme de l'oxygène, qui ne sera donc plus disponible pour la faune aquatique (poissons, crustacés...). C'est pourquoi l'on mesure souvent la pollution organique par " la demande biologique en oxygène" (DBO), autrement dit la quantité d'oxygène qui sera consommée par des micro-organismes pour sa biodégradation. On mesure également " la demande chimique en oxygène" (DCO), c'est à dire la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder tout ce qui peut l'être par voie chimique [22].

III.3.3-Les matières fertilisantes

La présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau entraîne la prolifération d'algues qui diminuent la luminosité et surtout consomment l'oxygène dissous dans l'eau (phénomène d'eutrophisation). Cette pollution est produite par les eaux usées urbaines, certains effluents industriels, et le ruissellement des eaux chargées d'engrais apportés en excès aux cultures [22].

III.3.4-Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants

Certains polluants chimiques sont particulièrement persistants, ils résistent à la dégradation chimique et biologique. Avec les métaux lourds ils forment une famille de polluants très

dangereux qui absorbés par des plantes ou des petits animaux, ils s'accumulent et se concentrent tout au long de la chaîne alimentaire, au sommet de laquelle se trouve l'homme [22].

III.3.5-Les sels minéraux

Présents naturellement dans l'eau en faible quantité, les sels minéraux (chlorures ou sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium) peuvent voir leur concentration s'élever à la suite de rejets industriels. Cela peut nuire à la biologie aquatique [22].

III.3.6-Les polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage) [22].

La figure ci-après représente un schéma simplifié de la pollution des eaux

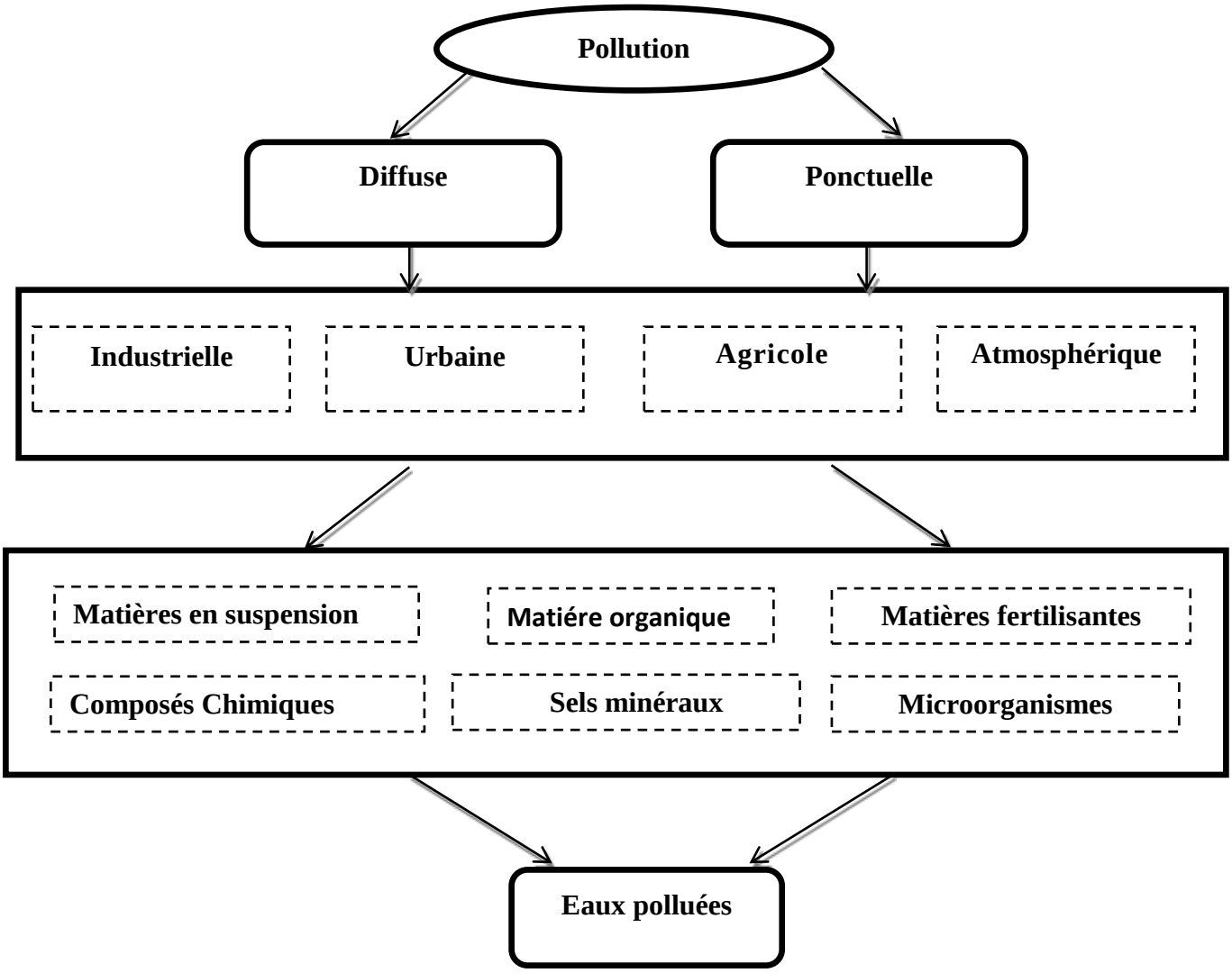


Figure.III.03: schéma simplifiée de la pollution des eaux.

III.4-Conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution sont nombreuses, notamment :

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'assainissement.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et les métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et les microorganismes pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau **[**02**]**.

III.5-Contamination des eaux souterraines

Les eaux souterraines sont soumises, de plus en plus intensivement, aux rejets volontaires d'effluents polluants, eaux usées ou eau de ruissellement pluvial en milieu urbanisé ou industriel. Les sources de contaminations des eaux souterraines sont multiples et sont liées à de nombreuses activités :

- Les rejets urbains résultants de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages, des locaux recevant du public, des commerces, ainsi que du ruissellement des eaux pluviales dans les zones urbaines, Les dysfonctionnements de la collecte des eaux usées urbaines (mauvais branchements des particuliers, fuites et saturations des réseaux).
- Les rejets agricoles résultants de la percolation des eaux de pluie dans les sols, de l'épandage de produits chimiques sur les sols (engrais, pesticides …).
- Les rejets industriels dans le milieu naturel sans traitement

L’intensité de la contamination des eaux souterraines dépend de plusieurs paramètres notamment la nature des milieux traversés qui conditionne la vitesse d’infiltration.

III.5.1-Les milieux traversés

Selon qu'on aborde la question du point de vue du géologue ou de l'hydrogéologue, on définira deux coupures distinctes :

- Le sol et le sous-sol, pour le premier, distingués par l'état physique des formations
- La zone non saturée et la zone saturée, pour le second, par référence à la position du toit de la nappe la plus superficielle.

III.5.1.1-Le sol

Le sol contient une quantité variable d'eau, issue des précipitations, de l'infiltration et du ruissellement .Cette eau est en interaction permanente avec l'atmosphère (infiltrations des pluies, échanges avec les plantes, évaporations …) et avec l'eau souterraine [01].

Des propriétés du sol influant sur le transfert des contaminations vers les nappes sont la porosité, la texture, la composition chimico–minéralogique, l'acidité et la teneur en matière organique [01].

Le comportement d'un sol face à une infiltration de polluants sera affecté par ces propriétés. Il sera donc nécessaire de caractériser le sol pour prévoir ou comprendre le comportement des polluants et les conséquences possibles de la pollution [01].

III.5.1.2-Le sous-sol

Le sous-sol comprend les autres couches de la géosphères. Les propriétés du sous-sol influant sur le transfert des contaminants vers les nappes sont la porosité, l'hétérogénéité, la fracturation et les discontinuités créant des voies de circulation préférentielle [01][22].

Le sol et sous-sol, pour le premier, distingués par l'état physique des formations, la zone non saturée et la zone saturée, pour le second, par référence à la position du toit de la nappe la plus superficielle.

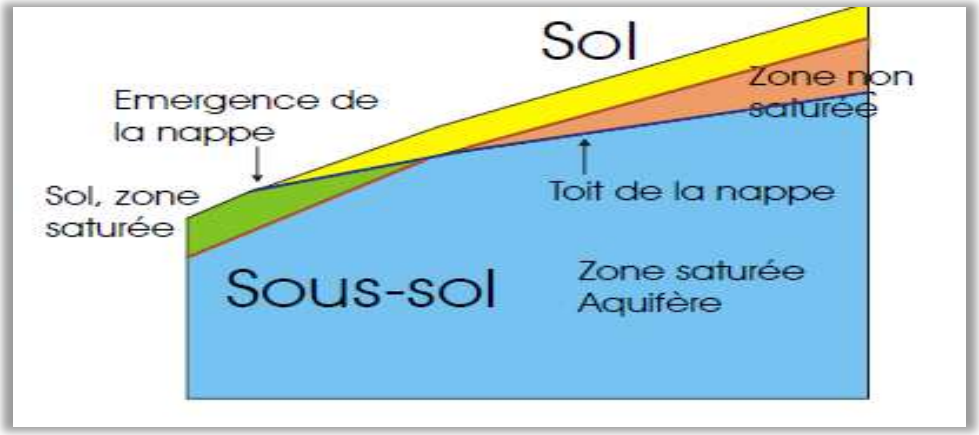


Figure.III.04: Relation entre le sol, sous-sol, zone non saturée.

Le sol sera situé dans la zone non saturée (ZNS), et il existe des horizons du sous-sol appartenant à la ZNS Si ce toit est superficiel (nappe affleurant, zone marécageuse, etc), toute ou partie du sol appartient à la zone saturée [01][22].

III.5.2-Vitesse d'infiltration[24]

Le type de sol conditionne la rapidité avec laquelle les liquides s'infiltrent à partir des fosses et des tranchées de drainage. Les argiles qui se gonflent à l'humidité peuvent devenir imperméables. D'autres sols, comme les limons et les sables fins, peuvent être perméables à l'eau claire mais ne laisseent pas passer des effluents trop chargés en solides.

La vitesse d'infiltration dépend aussi du niveau de la nappe phréatique par rapport à celui du liquide de la fosse ou de la tranchée. Dans la zone insaturée, le débit du liquide dépend de la gravité, ainsi que des forces de cohésion et d'adhésion qui se manifestent dans le sol [24].

Les variations saisonnières peuvent modifier la teneur en air et en eau des pores du sol, et par voie de conséquence, influer sur l'écoulement.

Dans la zone saturée, tous les pores sont remplis d'eau tandis que le drainage est fonction de la dimension de ces pores et de la différence de niveau entre le liquide de la fosse ou de la tranchée et celui de la nappe.

La porosité du terrain influe aussi sur l'infiltration. Dans les sols à gros pores, comme le sable et le gravier, dans les roches comme le grès ainsi que dans les sols fissurés, le drainage est facile. Les limons et sols argileux ont, en revanche, de très petits pores et tendent à arrêter l'eau. C'est aussi le cas pour les sols chargés de matières organiques mais les racines des plantes et des arbres disloquent le sol et font apparaître des trous par où les liquides sont rapidement drainés.

Dans les sols insaturés, le débit des eaux souterraines est une fonction compliquée de la dimension, de la forme et de la distribution des pores et des fissures; il dépend aussi de la chimie du sol et de la présence d'air. La vitesse d'écoulement est normalement inférieure à 0,3 m par jour, sauf dans les roches fissurées et les gros graviers, où elle peut atteindre 5 m par jour, d'où un accroissement de la pollution des eaux souterraines [24].

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

IV.1-Appareillage

Dans ce travail expérimental, nous avons employé deux appareils dont le principe de fonctionnement est résumé dans ce qui suit :

IV.1.1-Spectrophotomètre à flamme 410 (sherwood)

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau s'évapore, les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atome ou de radicaux. Ceux - ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme (air/ acétylène) leur permettant ainsi d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum d'énergie. Ce dernier est lié à la concentration de l'élément considéré.

IV.1.1-Spectrophotomètre DR-2400

La lumière d'une lampe tungstène est réfléchie par un miroir parabolique et dispersé par un double passage à travers un prisme; la longueur d'onde choisie est reçue sur une fente mobile. Lorsque le faisceau lumineux traverse la solution colorée une fraction de la lumière incidente est absorbe en fonction de la concentration du composé coloré.

IV.2-Réactifs

Les réactifs employés dans le cadre de ce travail sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau IV.01 : Listes des réactifs

Eléments analyse	Réactif	Quantité
sodium et potassium	Chlorure de sodium Chlorure de potassium	1g 1g
chlorures	Solution de nitrate d'argent a 0,01 N Permanganate de potassium a 10 %	1000 ml 100 ml
Sulfate	Sulfates de sodium (1g/l) **Solution stabilisante :** Acide chlorhydrique Ethanol Chlorure de sodium. Glycérol Eau distillée **Solution de chlorure de baryum :** Chlorure de baryum Acide chlorhydrique Eau distillée	1000 ml 60ml 200ml 150g 100 ml 1000 ml 150g 5 ml 1000 ml
Nitrate	Salicylate de sodium Hydroxyde de sodium Tartrate double de sodium et de potassium Acide sulfurique Nitrates de potassium anhydre Chloroforme	1000 ml 1000 ml 100 ml 1000 ml

IV.3-Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur est une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytique [02]

IV.3.1-Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau. Pour notre travail, les échantillons sont directement prélevés des robinets placés spécialement pour cette fin après avoir laisser couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn [25].
Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons en polyéthylène seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport [26].

Pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements au laboratoire et comportera les renseignements suivants :

- Identité du préleveur
- Date et heure du prélèvement.
- Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- Motif de la demande d'analyse.
- Ville ou établissement que l'eau alimente.
- Nom du point d'eau et localisation précise.
- Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement.
- Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe.
- Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel [23].

IV.3.2-Conservation des échantillons :

Les prélèvements subiront obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante [27].

IV.3.3-Choix et localisation des points de prélèvement :

Dans le cadre de ce travail, nous avons choisie 02 forages de la nappe albienne localisés dans la commune de Rouissat. Les prélèvements ont été effectués pendant le mois d'Avril 2013 pour l'analyse de certains paramètres pouvant servir par la suite à l'étude de la vulnérabilité de cette nappe à la pollution. Le tableau ci-dessous regroupe des informations indispensables sur les deus points d'eaux sélectionnés.

Tableau IV.02 : Caractéristiques principales des forages concernes par l'étude

	Forages	
	El Hadebe 1	El Hadebe 3
Localisation	Rouissat	Rouissat
Coordonnées ▪ X ▪ Y	 721 ,5 m 3533 ,5 m	 724,5 m 3532,6 m
Profondeur (m)	1337	1400
Année de réalisation	1973	1986
Débit exploité (l/s)	95	110

Source : EDEMIAO

Figure IV.01 : Localisation des forages sujets de notre étude

IV.4-Technique de mesure

IV.4.1- Dosage du sodium et du potassium

Pour une prise d'essai de 100 ml d'échantillon, il faut le suivre les étapes suivantes :

- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz
- Laisser se stabilise 5 à 10 min
- Une fois qu'elle se stabilise a zéro activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de $\mathbf{Na^+}$ou du $\mathbf{K^+}$ a 10 mg/l
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de « $\mathbf{Na^+}$ou du $\mathbf{K^+}$ » a 10 mg/l
- A la fin analyser les échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable
- A la fin du dosage et par mise de la sécurité il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

IV.4.2-Dosage des chlorures

- Prendre 25 ml d'eau a analyse puis compléter a 100 ml d'eau distillée
- Ajouter 1ml de permanganate de potassium
- Titrer avec une solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration brune rougeâtre

IV.4.3-Dosage des sulfates

- Prendre 20 ml d'eau a analyse puis compléter a 100 ml d'eau distillée
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum
- Agiter pendent 1mn
- Analyser les échantillons avec le spectrophotomètre a λ= 420 nm

IV.4.4-Dosage des nitrates

- Prendre 10 ml de l'échantillon a analysé
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'une solution d'hydroxyde de sodium a 30%
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium
- Evaporer a sec au bain marie ou a l'étuve 75-88 ^{0} C
- Reprendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique et laisser reposer 10 mn
- Ajouter 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15ml de tartrate double de sodium et de potassium puis analyser au spectrophotomètre à 415 nm

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce travail nous avons évoqué deux points essentiels :

V.1-L'étude de la potabilité des eaux de la nappe albienne :

on se référant à la norme OMS et la norme CEE pour chacun des éléments analysés conformément au tableau ci-dessous

Tableau V.01 : Réglementation relative à la qualité des eaux potables

éléments	Normes	Observation
Sodium	200 mg/l	OMS
Potassium	12 mg/l	CEE
Chlorures	250 mg/l	OMS
Sulfates	400 mg/l	OMS
Nitrates	44 mg/l	OMS

V.1.1-Sodium (Na^+)

Les concentrations de sodium dans les eaux de la nappe albienne varie de 294 mg/l à 300 mg/l. Ces concentrations dépassent la norme OMS.

Cet élément provient de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium. Il peut aussi provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium.

Ces eaux ne doivent pas être utilisées en aucun cas par les personnes devant suivre un régime hypo sodique.

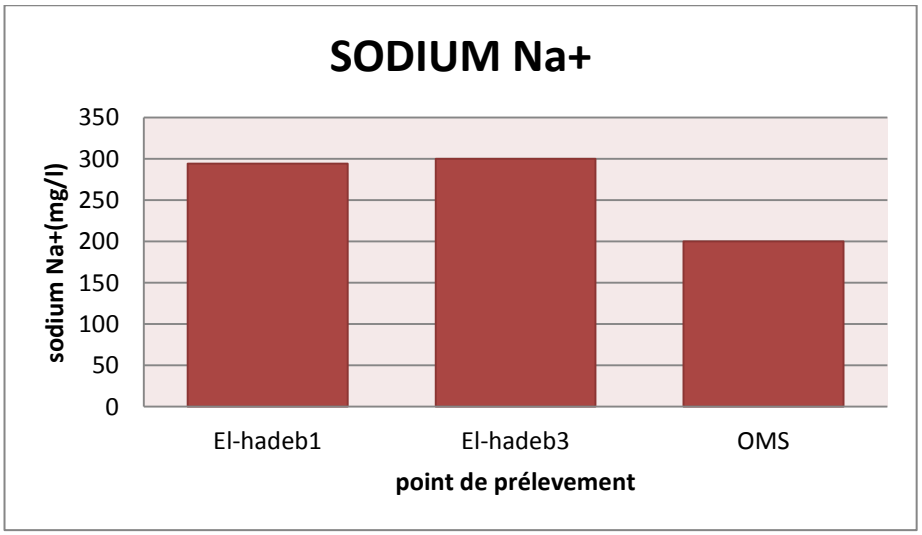


Figure. V.01 : Variation du taux de sodium au niveau de la cuvette d'Ouargla

V.1.2- Potassium (K^+)

Le potassium provient de l'altération des formations argileuses des alluvions quaternaires [28].

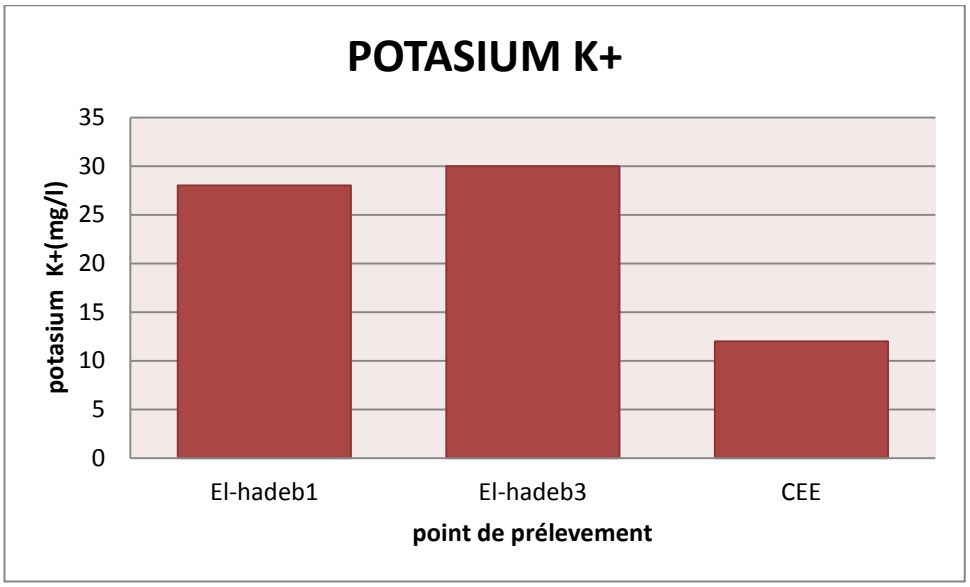


Figure. V.02 : Variation du taux de potassium au niveau de la cuvette d'Ouargla

Les concentrations en potassium dans la région d'étude varient entre 28 mg/l et 30 mg/l .Ces concentrations dépassant les normes OMS. Soulignons que l'excès de potassium est contrôlé par l'organisme humain.

V.1.3- Chlorure (Cl^-)

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères. Les concentrations en chlorures dans les eaux souterraines de la cuvette varient entre 523,88 mg/l et 574,41mg/l. Ces concentrations dépassant également la norme OMS.

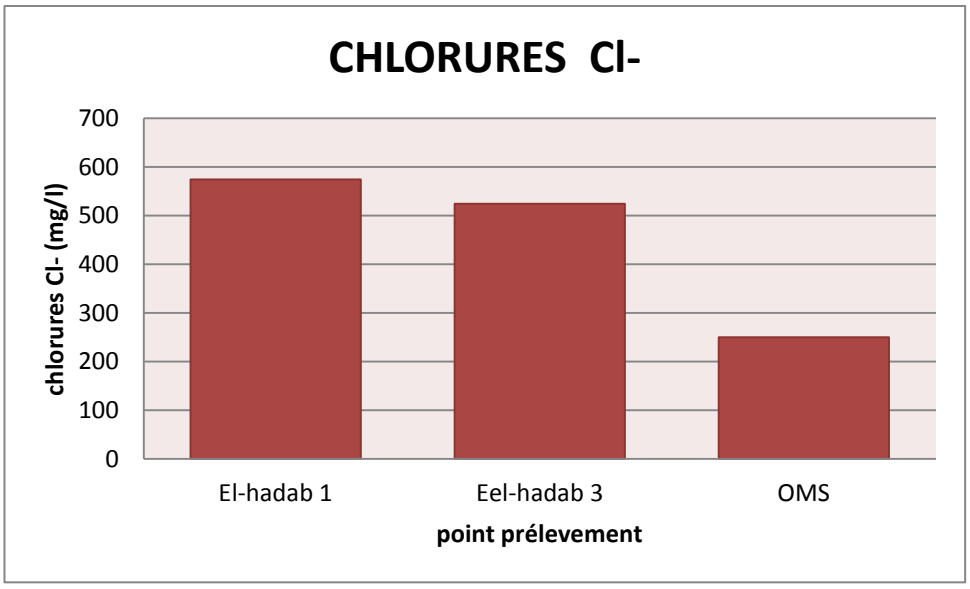


Figure. V.03 : Variation du taux de chlorures au niveau de la cuvette de Ouargla.

Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé sauf pour les personnes qui suivent un régime hypo sodique, leur principal inconvénient est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau

V.1.4- Sulfates (SO_4^{2-})

Les concentrations en sulfates varient entre 250 mg/l et 390 mg/l. Ces concentrations sont inferieur à la norme OMS. La présence des sulfates dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses [28].

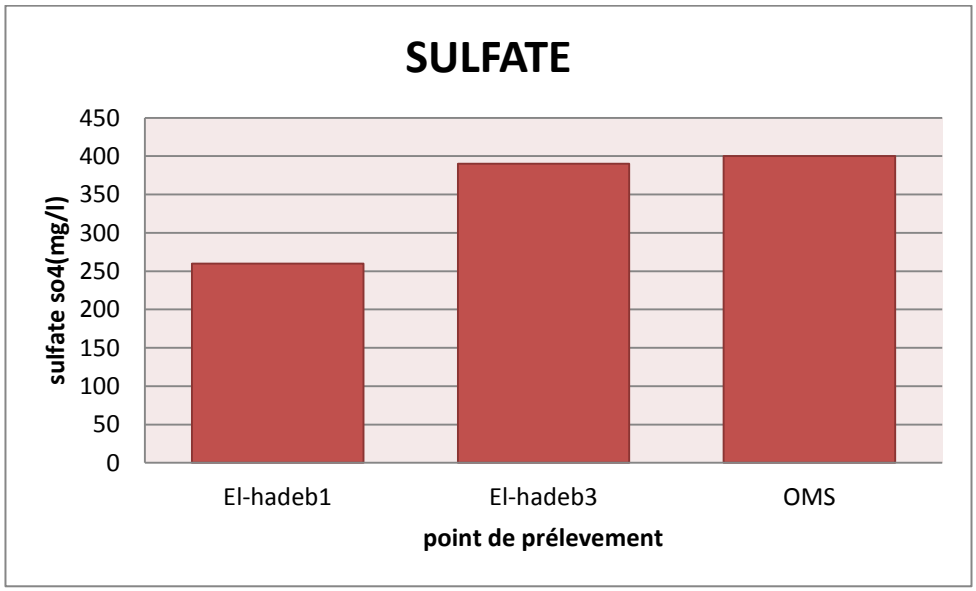


Figure. V.04 : Variation du taux de sulfates au niveau de la cuvette d'Ouargla.

En plus du goût désagréable qu'ils communiquent a l'eau. Ils sont susceptibles de provoquer des troubles gastro-intestinaux en particulier chez l'enfant. Les sulfates sont susceptibles de provoquer la corrosion des réseaux de distribution d'eau potable.

V.1.5- Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont absents dans les eaux de la nappe albienne de la cuvette d'Ouargla,

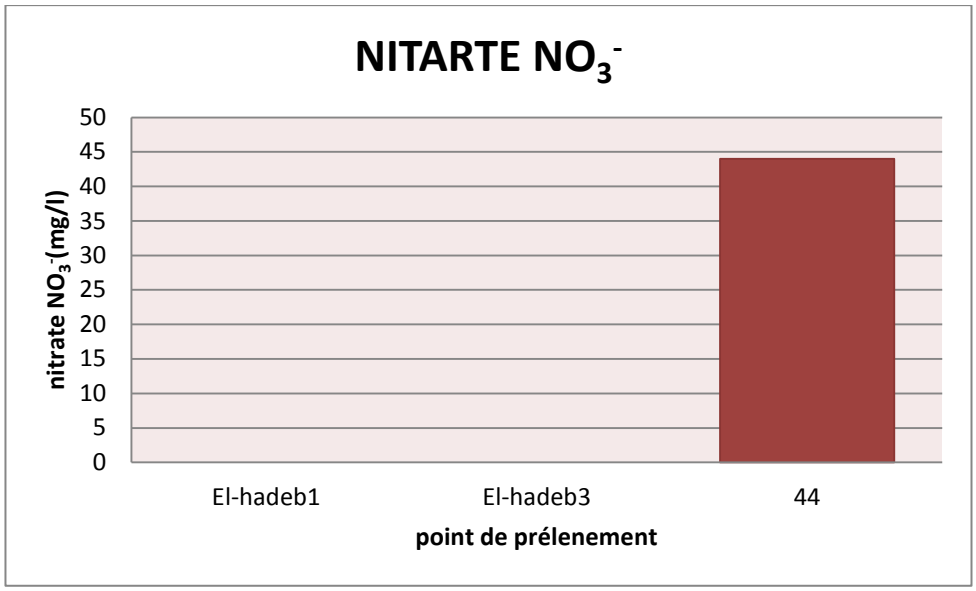


Figure. V.05 : Variation du taux de nitrate au niveau de la cuvette d'Ouargla.

V.2-L'étude de la vulnérabilité des eaux de la nappe albienne à la pollution

En vue d'apprécier la vulnérabilité des eaux à la pollution, en calcule un indice dit de contamination .Le indicateurs de pollution regroupent les composés (K+ ; Na+-, SO4, NO3, Cl^-) Un indice de pollution, calculé à partir des concentrations de ces ions, permet de classer l'eau analysée sur une échelle à 5 niveaux de pollution. Les classes ont été établies à partir des modifications induites par les polluants. L'indice le plus élevé correspond à une pollution très forte vulnérabilité à la pollution. Ce dernier correspond a la somme des numéro de classe déterminé en fonction de la teneur des nitrates, des sulfates, des chlorures, du sodium et du potassium montrés au tableau ci-dessous.

-Si IC < 12 l'eau est faiblement sensible a la pollution

-Si 13 < IC < 15 l'eau est moyennement sensible a la pollution

-Si IC > 15 l'eau est fortement sensible a la pollution

Tableau V.02: Classement en vue de la détermination de l'indice de contamination

Classe / Ions	1	2	3	4	5
NO_3^-	< 13	3-18	18-23	23-30	> 30
SO_4^-	< 25	25-50	50-100	100-120	>120
Cl^-	< 120	120-240	240-400	400-600	> 600
Na^+, K^+	< 80	80-160	80-160	200-300	> 300

Les indices de contamination et la vulnérabilité à la pollution des deux forages étudiés sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.03 : Évolution d'IC dans la région d'étude.

Point d'eau	IC	Vulnérabilité à la pollution
El-hadeb1	15	Moyenne
El-hadeb3	15	Moyenne

Les eaux de la nappe albienne sont moyennement sensible à la pollution.

A l'échelle des mesures, la migration d'un polluant est régie par deux parcours : l'un vertical, traversant les couches superficielles de la nappe (zone non saturée), l'autre horizontal suivant le sens d'écoulement de la nappe (zone saturée). La vulnérabilité des nappes à ces diverses pollutions est conditionnée par plusieurs facteurs, parmi lesquels il y a le pouvoir filtrant, l'épaisseur de la zone non saturée et la nature du réservoir. La vitesse d'écoulement des eaux souterraines joue aussi un certain rôle en favorisant cette vulnérabilité [29].

CONCLUSION

CONCLUSION

Le présent travail a été effectué le mois d'Avril 2013. Les échantillons sont prélevés sur des sites expérimentaux portant sur deux forages de la nappe du continental intercalaire de la cuvette de Ouargla.

Le suivi des paramètres physico-chimiques et organiques a permis de détecter une légère évolution spatiale des concentrations de tous les éléments étudiés.

D'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues globalement médiocres avec des valeurs non-conformes aux normes de potabilité. En effet des cinq éléments analysés, seul les sulfates et les nitrates sont dans la norme OMS.

Le calcul de l'indice de contamination IC relatif à chaque point d'eau à montré que les eaux de la nappe du continental intercalaire est moyennement vulnérable à la pollution.

En l'absence de source de contamination due à la profondeur de la nappe, nous pouvons attribuer la pollution des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla aux formations géologiques des roches, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une pollution naturel.

[01]M.Djidel, 2008La pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla, Mémoire de doctorat en Hydrogéologie, université Baji Mokhtar, Annaba, PP3-4.

[02] S.Birech, I.Messaoudi, 2006, La contamination des eaux par les métaux cas de chott ain baida de la région de Ouargla, mémoire d'ingénieur, université de Ouargla.

[03] l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M) .2013

[04] A.Bellaoueur, 2008 , Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla, Mémoire de magistère En Géologie du Génie Civil et des Milieux Aquiferes, de l'Université de Batna.

[05] Dergment, 1989, Mémento technique de l'eau, Tome 1, p3.

[06] B.Dussart, 1992,Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2éme édition, p736.

[07] ATLAS [IV] des zones humides Algérienne d'importance internationale, 2004, PP35-45.

[08] http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau

[09] V.ALEXEEV. 'Analyses quantitative', édition Mir .Moscour, 1980.

[10]B. Claus et P. Robert, chimie de l'environnement, Paris 2001, p 275

[11] DEREMENT. 'Mémento technique de l'eau .Edition Degrement', Paris, 1989.pp3-40.

[12] I. GORMI 'Etude de la contamination et la vulnérabilité à la pollution chimique des eauxsouterraines de la cuvette d'Ouargla', mémoire d'ingénieur Génie de l'environnement Université Kasdi Merbah Ouargla. 2010. pp 6-32.

[13] Beniston, M., 2009, *Changements climatiques et impact*, Lausanne : presses universitaires romandes , p 41.

[14] B.Dussart, Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2éme édition, Boubée 1992,p736.

[15] F.Bontoux, Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, 2éme édition CEBEDOC, Diffusion Lavoisier 1993, pl70.

[16] Ministère de développements ntdurable,environnement et parcs,2012,critéres de qualité de l'eaux de surface,Quebec,canada,p230.

[17] Mebarki A .1982 le bassin du kebir ,ressources en eaux et aménagement en algérie,thése doctorat 3éme cycle,université de Nancey II, p303.

[18] http://www2.brgm.fr/divers/nappes.htm

[19] http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/menuUsages.html.

[20] M.defrance schki,1996,l'eaux dans tous ses états,édition ellipses,paris,p 632.

[21] E.Koller,2004, traitement des pollutions industrielles, Dunod, Paris,ppp 4-6-7.

[22] S.bencheikh,M. Goudjile , la pollution ménirale et organique des eaux souterraines de la cuvvette de Ouargla,Sud-Est Algérien, diplôme de Master, université de kasdi merbah Ouargla 2011, p13 p14 p15 p23 p24 p26 p27 p28

[23] B.Lakhdari, 2008, Etude de la pollution chimique des eaux souterraines (cas des Nitrates) de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla, mémoire d'ingénieur, université de Ouargla.

[24] A.Amarni, H.Hamloui.-Etude de la pollution chimique ,et la qualité des eaux souterraines, région de Ouargla, mémoire Ing,université de Ouargla,2006, P20.

[25] Dergment, 1989, Mémento technique de l'eau, Tome 1, p3.

[26] F.Dermonch, document Traitement des eaux résiduaires dans l'industrie du pétrole.

[27] J.rodier, L'analyse de l'eau, Paris, 1984,pp 3-11.

[28] M. HATI et K. MALKI. 'Etude de la qualité des eaux de la nappe Mio-pliocéne dans la région de Ouargla'. Université Kasdi Merbah Ouargla. 2006.

[29] M. LAOUAR. 'Etude du comportement des polluants dans les eaux souterraines (cas des eaux potables) de la région de Ouargla sud est algérien', mémoire master Génie de l'environnement Université Kasdi Merbah Ouargla 2012.pp 8-13

Résume
La nappe de l'albien est considérée depuis longtemps une source d'alimentation en eau potable de les habitants de la cuvette de Ouargla.
Le présent travail est consacré à l'étude de la potabilité des eaux de cette nappe ainsi que sa vulnérabilité à la pollution à travers un ensemble d'analyses physico-chimiques et le calcul de l'indice de contamination.

Mots clés : eaux souterraines, pollution, cuvette d'Ouargla, la nappe albain.

Abstract

the Albian table a drinking water supply source of the inhabitants of the basin of Ouargla. This job is to study the potability of the waters of the aquifer and its vulnerability to pollution through a set of physico-chemical analysez and calculâtes the contamination index.

Keywords: ground water , pollution bowl Ouargla, the Albian table

الملخص

طبقة الألبيان شكلت لفترة طويلة مصدر إمداد بمياه الشرب لسكان حوض ورقلة.

هذا العمل هو دراسة صلاحية الشرب من المياه الجوفية وتعرضها للتلوث من خلال مجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية وبحساب مؤشر التلوث.

الكلمات المفتاحية : المياه الجوفية,تلوث,ورقلة,طبقة الألبيان.