



N° d'ordre :

N° de série :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie et environnement

THEME

***Contribution à l'évaluation de la pollution saline et
nitrique d'origine agricole des eaux souterraines
dans la vallée d'Oued Souf***

Présenté par : ***GHENABZIA Mouna***
MESAI AHMED Khadidja

Devant le jury :

M ^r . ZAATAR Abdelmalek	MAA	Université d'El-Oued	Président
M ^r . MEHDA Smail	MAA	Université d'El-Oued	Promoteur
M ^r . KHEZZANI Bachir	MAA	Université d'El-Oued	Examineur

Année universitaire : 2016/2017

Dédicace

Je dédie ce mémoire en premier lieu à mes très chers parents.

A ma mère, mon exemple, qui a toujours été présente pour moi quelques soit les situations, qui m'a toujours soutenue, aidée, encouragée, et qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Sans elle je n'aurais jamais réussi, je sais que je ne pourrais jamais assez la remercier, alors j'espère qu'elle trouvera dans ce modeste travail un début de ma gratitude. Les mots ne sont pas assez fort pour exprimer la fierté que je ressens d'être sa fille.

A la mémoire de mon père qui aurait été fier de moi.

A mon très cher mari, que dieu le garde pour moi

A mes belles sœurs et mes beaux-frères et A mes agréables neveux et nièces...

Ainsi qu'à toute ma formidable famille pour leur constant encouragement

A tous qui me connaît et qui m'aiment de près ou de loin

Mouna

Dédicace

*Au nom du **DIEU** clément et miséricordieux qui termine par leur aubaine tout les travaux et que le salut de **DIEU** soit sur son prophète **MOHAMED***

Nous dédions ce Modeste travail :

*A l'amé A mon cœur, l'esprit de mon grand-père **BABA Salah***

*A mes parents **Mohamed** et **Samia** qui ceux donnent l'énergie et la résistance pour termine cette étape dans ma vie et a ma grand-mère **Kheira**.*

*A mon partenaire de vie, A mon mari "**Oussama**"*

*A mes sœurs "**Abir, Aya**" et mes frères "**Abdelhamid, Med Seghir, Med Lakhdar, Med Bachir**"*

*A ma famille maternelle "**Mesai Ahmed**" et "**Houri**"*

*A mes collègues de cours de ma classe 2^{ème} année master écologie surtout "**Imane, Sara, Raonak, Ouahiba et Zineb**".*

*A tous mes amis surtout "**Hanane**".*

A vous par tous

Khadidja

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à :

-Notre dieu tout puissant qui nous a donné le courage d'effectuer ce travail et nous a éclairé dans le chemin du savoir.

- Nous tenons en premier lieu à remercier notre encadreur M. MEHDA Smail, Maitre-assistant à l'université d'El-Oued pour nous avoir fait confiance, le présent mémoire n'aurait pas vu le jour sans son aide bienveillante, sa compréhension et son humanisme. Nous lui sommes très reconnaissantes pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent ses critiques constructives et son aide aux différentes entraves rencontrées et surtout pour sa constante présence, ses conseils fort judicieux, ses encouragements.

-Nous tenons à exprimer mes vifs remerciements à M. ZAATAR Abdelmalek, Maitre-assistant à l'université d'El-Oued, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de ce mémoire.

-Mes remerciements vont aussi à M. KHEZZANI Bachir, Maitre-assistant à l'université d'El-Oued pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

-Nous tenons également à remercier tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'El-Oued, spécialement les enseignants qui ont contribué à notre formation en Ecologie.

-Et bien évidemment à toute notre promotion et à tous nos amis.

-Nos vifs remerciements s'adressent à tout le personnel du laboratoire Algérienne des Eaux (ADE) de la wilaya d'El Oued pour leurs précieux aides qu'ils nous ont apportés.

-Nous remercions toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

Merci

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
1	Bassins versants en Algérie	07
2	Certains contaminants courants des eaux souterraines et les sources de pollution associées	15
3	Températures dans la région d'étude durant l'année 2016	24
4	Moyenne annuelle des températures de l'air dans la région d'étude (2007-2016)	25
5	Précipitations mensuelles dans la région d'étude durant l'année 2016	25
6	Précipitations moyennes annuelles dans la région d'étude entre 2007 et 2015	26
7	Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2016	26
8	Vitesse moyenne mensuelle dans la région d'étude durant l'année 2016	27
9	Planning des prélèvements des échantillons	34
10	Résultats de la caractérisation globale des eaux analysées	39

Liste des figures

N°	Figure	Page
1	Utilisation de l'eau en Algérie	08
2	Ressources en eau (Algérie et Sahara)	09
3	L'eau souterraine et les différents ouvrages de captage	13
4	Principaux processus de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés	17
5	Salinisation comme effet possible de la surexploitation des eaux souterraines	19
6	Situation géographique de la wilaya d'El Oued	22
7	Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI"	24
8	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région du souf (2007 -2016)	28
09	Etage bioclimatique d'El Oued selon le Climagramme D'EMBERGER	29
10	Localisation de zone expérimentale (Google Maps, 2016)	32
11	Méthodologie d'échantillonnage dans la zone expérimentale	33
12	Faciès chimique des eaux analysées	41
13	Variation du (pH) des eaux analysées	42
14	Variation de la conductivité électrique des eaux analysées	44
15	Variation de la teneur en nitrates dans les eaux analysées	45
16	Variation du taux d'Orthophosphate dans les eaux analysées	46
17	Variation du taux de (SAR) dans les eaux analysées	48

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ADE : Algérienne Des Eaux

CE : Conductivité Electrique

CI : Continental Intercalaire

CT : Complexe Terminal

DREW : Direction des Ressources en Eau de Wilaya

DSA: Direction des Services Agricole

FAO: Food and Agriculture Organization

ISO: International Organization for Standardization

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National d'Assainissement

ONS : Office National de Statistique

SAR : Sodium Absorption Ration

Table des matières

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION GENERALE	3
-----------------------------	---

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : LES RESSOURCES EN EAU

1. RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE	6
2. RESSOURCES EN EAU DANS LE SAHARA	9
3. RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA D'EL-OUED	10

CHAPITRE II : POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

1. DEFINITION DES EAUX SOUTERRAINES.....	12
2. IMPORTANCE DES EAUX SOUTERRAINES.....	13
3. LES DIFFERENTES SOURCES DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES.....	14
3.1. LES POLLUTIONS NATURELLES	14
3.2. LES POLLUTIONS DUES AUX ACTIVITES HUMAINES	14
3.2.1. La pollution domestique	14
3.2.2. La pollution industrielle	14
3.2.3. L'agriculture.....	14
4. POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES.....	15
3.1. POLLUTION PAR LES NITRATES	16
3.1.1. Définition des nitrates	16
3.1.2. Source et origine des nitrates.....	16
3.1.3. Forme d'azote dans le sol.....	16
3.2. LA SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	18
3.2.1. Définition	18
3.2.2. Mécanismes de salinisation des eaux souterraines	18
4. GESTION DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES.....	19

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :	21
2. CONTEXTE ECOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE	22
2.1. GEOMORPHOLOGIE	22
2.2. TOPOGRAPHIE.....	22
2.3. PEDOLOGIE	23
2.4. HYDROGEOLOGIE	23
3. ETUDE DES PARAMETRES CLIMATIQUES.....	24

3.1. TEMPERATURE	24
3.2. PLUVIOMETRIE	25
3.3. HUMIDITE	26
3.4. LE VENT	27
4. SYNTHESE CLIMATIQUE	27
4.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN	27
4.2. CLIMAGRAMME D'EMBERGER	28

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

1. DEMARCHE SUIVIE	31
2. TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE	33
3. TECHNIQUES D'ANALYSES	34
3.1. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	34
3.1.1. Détermination du pH	34
3.1.2. Mesure de la conductivité	34
3.1.3. Détermination du calcium (Ca^{++}) et du magnésium (Mg^{++})	34
3.1.4. Dosage du sodium et du potassium	35
3.1.5. Détermination des chlorures (Cl^-)	36
3.1.6. Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})	36
3.1.7. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)	36
3.2. ANALYSES BIOCHIMIQUES	37
3.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	37
3.2.2. Dosage des nitrites (NO_2^-)	37
3.2.3. Dosage des Nitrates (NO_3^-)	37
3.2.4. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})	37

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. CARACTERISATION GLOBALE DES EAUX ANALYSEES	39
2. VARIATION DU TAUX DE QUELQUES PARAMETRES DANS LES EAUX ANALYSEES ..	41
2.1. VARIATION DU (pH) DES EAUX ANALYSEES	41
2.2. VARIATION DE LA (CE) DES EAUX ANALYSEES	43
2.3. VARIATION DE LA TENEUR EN NITRATES DANS LES EAUX ANALYSEES	44
2.4. VARIATION DU TAUX D'ORTHOPHOSPHATE DANS LES EAUX ANALYSEES	45
2.5. LA VARIATION DU TAUX DE SAR DANS LES EAUX ANALYSEES	47
DISCUSSION GENERALE	48
CONCLUSION	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52
ANNEXE	57
ملخص	58

Introduction générale

L'agriculture est actuellement classée en premier rang des sources de la pollution de l'eau dans plusieurs régions dans le monde (Europe et des Etats-Unis, et dans d'autres pays comme l'Australie, le Canada et la Nouvelle-Zélande), mais surtout dans les pays arides où, pour des raisons climatiques défavorables, l'irrigation avec des eaux de qualité parfois médiocre constitue un impératif technique incontournable (OCDE, 2004).

En fait, une des conséquences environnementales majeures de l'agriculture intensive actuelle est la dégradation de la qualité des eaux. Cette dernière se traduit, pour les eaux de surface comme pour les eaux souterraines, par une pollution liée à la dissémination des intrants agricoles que sont les produits phytosanitaires, les engrais minéraux azotés et phosphatés ou encore les effluents d'élevage (MERHI, 2008).

Dans la région d'EI Oued, la pollution diffuse des ressources en eau souterraine par l'ion nitrate commence à devenir alarmante, est en définitive liée à la présence d'azote nitrique, en quantités élevées dans le sol et à son entrainement par les irrigations drainantes (DERRAJI, 2004). La plupart des facteurs intrinsèques du milieu physique analysés et des facteurs anthropiques et biogéochimiques accentue le processus de pollution dans cette région. Si l'intensification de l'agriculture par l'irrigation dans cette région contribue de façon rapide et significative à l'augmentation de la production agricole, elle est pour sa part responsable de la pollution diffuse et de la détérioration de certains paramètres de qualité des eaux.

En fait, la fertilisation azotée minérale des cultures, telle qu'elle est pratiquée par les agriculteurs de cette région, peut donc générer un risque de pollution de la nappe par les nitrates. Ce risque est aggravé, pour les cultures maraîchères, par l'application régulière du fumier à des doses pouvant atteindre 80 T/ha. Cet apport est généralement non considéré par les agriculteurs comme un apport azoté, alors qu'il fournit au sol, pendant plusieurs années, d'importantes quantités d'azote minéral (OUSTANI, 2006).

La deuxième cause directe de la pollution nitrique des ressources en eau souterrain est l'irrigation. En fait, la technique d'irrigation gravitaire couplée aux doses d'eau excessives pratiquées par les agriculteurs peut entraîner des drainages importants et par conséquent un risque potentiel de pollution. Par ailleurs, il est certain que la texture du sol (sableuse) et tous les paramètres qui leur sont corrélés notamment la réserve utile du sol, augmentent le risque de lixiviation des nitrates en profondeur et assurent en conséquence un mauvais contrôle naturel de la pollution nitrique des eaux souterraines (MEHDA, 2014).

D'autre part, la mauvaise gestion de l'eau de l'irrigation (dose et fréquence) pose le problème d'une dégradation des sols par l'accumulation des sels et par conséquent la salinisation des eaux souterraine. Cette accumulation est plus-ou-moins importante en fonction de la qualité et la quantité de l'eau apportée, la nature du sol, du climat et du mode d'irrigation.

L'objectif général de la présente étude consiste à une contribution à l'évaluation de la pollution saline et nitrique d'origine agricole des eaux souterraines dans l'un des principaux pôles agricole du Sud de l'Algérie (la région d'Oued Souf)

De ce fait, notre travail est structuré en trois grandes parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique traitant trois chapitres essentiels :
 - ✓ Les ressources en eau
 - ✓ Pollution saline et nitrique des eaux souterraines
 - ✓ Présentation de la région d'étude
- La deuxième partie illustre les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.
- Enfin, la troisième et la dernière partie est consacrée aux discussions des résultats obtenus.

Partie I

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Les ressources en eau

L'eau est une ressource socio-économique vitale limitée. Elle fait l'objet d'une demande croissante à des fins domestiques et industrielles, ce qui menace la pérennité des eaux souterraines et a des conséquences pour l'agriculture, l'industrie et les réserves d'eau potable. Il est essentiel que les ressources en eau soient gérées de manière stratégique et durable.

Les prélèvements d'eau aux fins de l'irrigation ont augmenté de plus de 60 % depuis 1960. Environ 70 % des ressources en eau douce disponibles sont utilisées aux fins de l'irrigation en agriculture. Néanmoins, du fait de systèmes d'irrigation inefficaces, en particulier dans les pays en développement, 60 % de cette eau s'évapore ou retourne dans les rivières et les aquifères souterrains

1. Ressources en eau en Algérie

Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2,4 millions de km², mais 90% de cette étendue correspondent à un désert où les précipitations sont quasi-nulles. Dans cette partie du territoire, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas ; les ressources souterraines y sont par contre abondantes mais sont très faiblement renouvelables (nappes du Sahara septentrional) (LOUCIF, 2003).

En Algérie la population était estimée à 23 millions en 1987 ; 28 en 1995 ; 32 en 2000 ; 39 en 2010 ; et 46 en 2020, soit une consommation potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³ alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Il faudrait mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, en excluant les eaux d'irrigations et les fuites dans les conduites. Les superficies irriguées sont estimées à 450000 ha, l'objectif à

atteindre à court terme étant de 770000 ha, et si l'on suppose qu'en moyenne, il faut 8000 m³/ha, il nous faudrait mobiliser 6.2 milliards de m³ (KETTAB, 2001).

Le pays est divisé en cinq bassins hydrographiques regroupant les 19 bassins versants du pays (Tableau 01). Les ressources en eau superficielle renouvelables internes totalisent environ 9.8 km³/an pour l'ensemble du pays dont le Sahara, bassin le plus important par la surface, ne renferme que 0.6 km³ (FAO, 2005).

Les ressources en eau souterraine renouvelables contenues dans les nappes du nord du pays sont estimées à près de 1.5 km³/an. Ces nappes sont alimentées essentiellement par les précipitations dont la répartition demeure irrégulière à la fois dans le temps et dans l'espace. Le sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraines très importantes provenant des nappes du continental intercalaire et du complexe terminal. Si l'on considère qu'il n'existe pas de partie commune entre les eaux de surface et les eaux souterraines, les ressources totales renouvelables internes s'élèvent à 11.3 km³/an. Les ressources exploitables sont évaluées à 7.9 km³/an (FAO, 2005).

Tableau 01 : Bassins versants en Algérie (FAO, 2005).

Bassins hydrographiques	Superficie en km ²	Bassins versants
Oranie-Chott Chergui	77 169	Côtiers oranais
		Macta
		Tafna
		Chott Chergui
Chélif-Zahrez	56 227	Côtiers Dahra
		Chélif
		Chott Zahrez
Algérois-Hodna-Soummam	47 431	Côtiers algérois
		Sébaou
		Isser
		Soummam
		Chott Hodna
Constantinois-Seybousse-Mellegue	44 348	Côtiers constantinois
		KébirRhumel
		MedjerdahMellegue
		Seybousse
		Hauts Plateaux Constantinois
Sahara	2 018 054	Sahara
		Chott Melghir

Donc la répartition des ressources hydrauliques dans le pays se présente comme suit :

Les écoulements superficiels sont essentiellement concentrés dans la frange septentrionale du pays, s'étend sur environ 300 000 km², soit 13 % de la superficie du pays. Les régimes hydrographiques dans cette zone soumis à un régime climatique méditerranéen semi-aride sont caractérisés par l'extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des apports en eau, la violence et la rapidité des crues et l'importance des transports solides. Schématiquement, les ressources en eau superficielles décroissent du Nord au Sud, au fur et à mesure que croissent les ressources en eau souterraines. Les eaux de surface figurent pour 32 % du bilan alors qu'elles constituent 80 % des ressources globales (LOUCIF, 2003).

Dans le Sud, la disponibilité en eau est importante grâce aux nappes du continental intercalaire et du complexe terminal, mais celles-ci ne couvrent qu'une partie de l'étendue du Sahara. Cette situation à laquelle il faut ajouter l'irrégularité des écoulements dans l'espace et dans le temps, la capacité effective des barrages ainsi que le niveau prélèvements des ressources en eau, est de nature à livrer une image non déformée de ce qui existe comme potentialités (LOUCIF, 2003).

Les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6.074 milliards de m³, dont 3.938 milliards destinés à l'irrigation (65 %), 1.335 milliard aux usages domestiques (22 %) et 801 millions à l'industrie (13 %) (FAO, 2005).

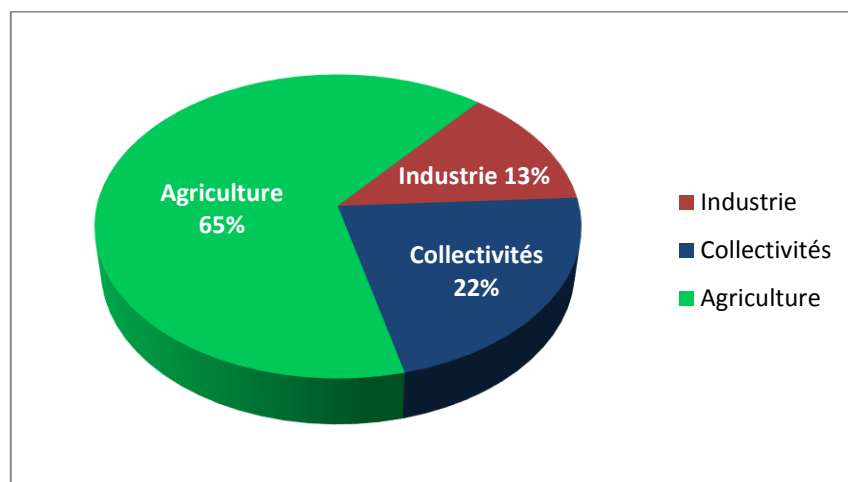


Figure 01 : Utilisation de l'eau en Algérie (FAO, 2005)

2. Ressources en eau dans le Sahara

L'eau au Sahara est un facteur primordial de tout développement des activités humaines. Dans un environnement socio-économique en pleine mutation, caractérisé par des conditions climatiques particulièrement difficiles, plusieurs contraintes d'ordre hydrogéologique et pédologique sont apparues, pouvant créer des situations irréversibles avec des conséquences graves sur l'environnement. En effet, l'irrigation au Sahara est mal conduite et a engendré de sérieux problèmes de mise en valeur, notamment par la création ou la remontée de nappes phréatiques gênantes pour les cultures (hydromorphie) et par l'accroissement de la salinité des sols et des eaux (halomorphie) (ACHIRI et BOUZIANE, 2014).

La protection et l'utilisation rationnelle de ressource en eau au Sahara sont une obligation et une nécessité vitale. L'agriculture saharienne est liée à la mobilisation de l'eau et à la maîtrise de son utilisation, elle vise à éviter le gaspillage, à rentabiliser au maximum et à envisager l'exploitation et la gestion de superficies importante (SENOUSSI et *al.*, 2012)

Les ressources en eau sahariennes disponibles ne dépassent guère les 5,4 milliards de mètres cubes (Figure 02) (SAKER et *al.*, 2013). Les eaux superficielles restent faibles et très aléatoires. Toutefois, les nappes fossiles, non renouvelables, constituées principalement par les eaux du complexe terminal (CT) et du continental intercalaire (CI), constituent indéniablement la ressource la plus importante et la mieux étudiée (SAKER et *al.*, 2013).

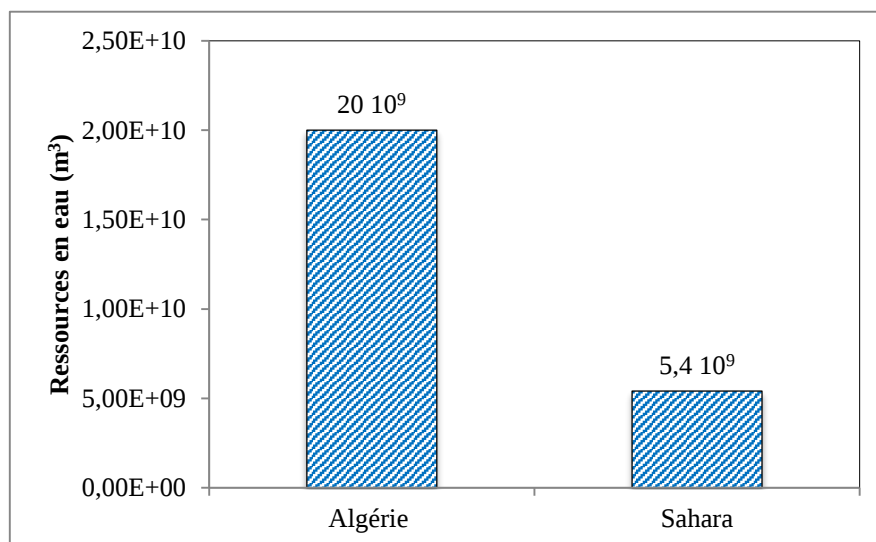


Figure 02 : Ressources en eau en Algérie et en Sahara Algérienne (SAKER et *al.*, 2013).

La demande en eau dans les régions sahariennes est estimée à environ 60 m³/s en année moyenne, dont près de 65 % sont garantis par les aquifères profonds du continental intercalaire et du complexe terminal (CI et CT), et le reste par les autres ressources en eau (autres nappes et ressources superficielles). Ces ressources n'ont cependant à l'évidence qu'un potentiel très limité pour le futur, et l'alimentation de ces régions doit être considérée comme un souci majeur. On peut retenir que les ressources en eau sont très variables d'une région à une autre, concernant les grands aquifères, avec de fortes contraintes de salinité, température et profondeur. Par contre, elles sont faibles dans les autres nappes, avec des perspectives d'exploitation supérieure limitées. Elles sont très aléatoires pour les ressources superficielles, qui ne sont guère valorisables que dans une économie extensive (BNEDER, 1999).

3. Ressources en eau dans la wilaya d'El-Oued

La wilaya d'El-Oued possède une réserve d'eau souterraine très importante qui est emmagasinée dans la nappe phréatique, la nappe du complexe terminal (CT) et du continental intercalaire (CI). Le potentiel des ressources en eaux souterraines, établi par la direction des ressources en eau de wilaya d'El-Oued en 2006 se répartit comme suit :

- ✚ Nappe phréatique : 130 hm³.
- ✚ Nappes profondes : 4.90 Milliards hm³ (soit 2.7 Milliards hm³ pour le CT et 2.2 Milliards hm³ pour le CI).
- ✚ Total : 4.90 Milliards hm³.

Le développement économique dans les régions du Souf et l'accroissement démographique ont induit une forte demande en eau. L'état actuel de la mobilisation des nappes souterraines est de 470 hm³ par an à travers toute la Wilaya, mais seulement 405.08 hm³ sont exploitées réellement (soit 86.19 % des ressources mobilisables).

A. L'alimentation en eau potable (AEP)

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable sont principalement effectués à partir de 120 forages dans la nappe du Complexe Terminal (CT) et 2 forages dans la nappe du Continental Intercalaire (CI). En 2000, la mobilisation est de 305279.29 m³/j qui atteint 355710.71 m³/j en 2006 où les ressources mobilisables à but d'AEP représentent 8.71 % du total de la mobilisation. Les besoins en eau domestique est évaluée à 78439.29 m³/j en 2000 qui s'accroît jusqu'à 93855.00 m³/j en 2006 avec une moyenne d'augmentation annuelle de 2202 m³/j (DREW, 2007).

B. Les usages agricoles de l'eau (AEA)

Les ressources en eau est fortement exploitées pour l'irrigation, la culture de la pomme de terre dans la zone d'étude a connu un fort développement depuis la fin des années 1990. La superficie agricole irriguée en 2006 est 51456 ha est élevé à 60850 ha en 2010, sachant que le besoin en eaux d'un hectare est évalué à 16430 m³/an. Ceux-ci s'effectuent essentiellement par le pompage au sein des forages des nappes profondes (CT et CI) qui sont en nombre de 575 en 2007, et surtout de nombreux puits dans la nappe phréatique (autour de 16100 puits). L'agriculture, qui utilise plus de 87 % des ressources en eau mobilisée, augmente de 2679696 m³/j en 2000 à 3354307.2 m³/j en 2003 pour atteindre 3592080 m³/j en 2006. Les besoins en eau de ce secteur sont évalués à 2337651.4 m³/j en 2006.

C. Utilisation industrielle de l'eau (AEI)

L'utilisation d'eau dans le secteur industrielle est extrêmement variable et elle dépend évidemment de type d'industrie, et vu l'absence des industries à forte intensité d'eau (telles que l'industrie chimique, la sidérurgie et la pâte à papier...). Les ressources mobilisables à des fins industrielles ne représentent que 3.55 % du total des ressources mobilisables de la vallée. Les besoins industriels en eau en 2000 sont estimés à 31375.71 m³/j, qui s'accroît en 2006 à 37542 m³/j (DREW, 2007).

Chapitre II

Pollution saline et nitrique des eaux souterraines

Dans les conditions naturelles, l'eau souterraine est généralement potable et ne nécessite quasiment pas de traitement avant la distribution et l'utilisation. La bonne qualité de l'eau est le résultat de la protection des sols et des roches dans la zone non saturée au-dessus de la nappe phréatique. Ils filtrent les polluants et protègent les eaux souterraines des contaminants en surface. Mais l'entrée massive de polluants générés par l'agriculture moderne, l'industrie et le manque d'installations d'assainissement peut dépasser la capacité de la zone non saturée à filtrer les contaminants et protéger les eaux souterraines. (VANESSA et *al.*, 2015).

L'agriculture utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures et à faciliter la vie des agriculteurs. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer les eaux de surface par lessivage et ruissellement et contaminer aussi les nappes souterraines par l'infiltration.

1. Définition des eaux souterraines

Contrairement aux eaux de surface confinées à quelques canaux (les cours d'eau) et dépressions (les lacs), l'eau souterraine est omniprésente dans le sous-sol. Elle y remplit les interstices entre les particules du sol ou encore les crevasses et les fissures du roche. La formation de nappes d'eau souterraines ou « nappes phréatiques » résulte de l'accumulation d'eau infiltrée depuis la surface du sol suite, par exemple, à un épisode de pluie. L'accumulation de réserves souterraines se produit alors que l'eau ainsi infiltrée rencontre une couche géologique imperméable (SCI, 2006). La figure 03 illustre les différents types de nappes souterraines et d'ouvrages de captage.

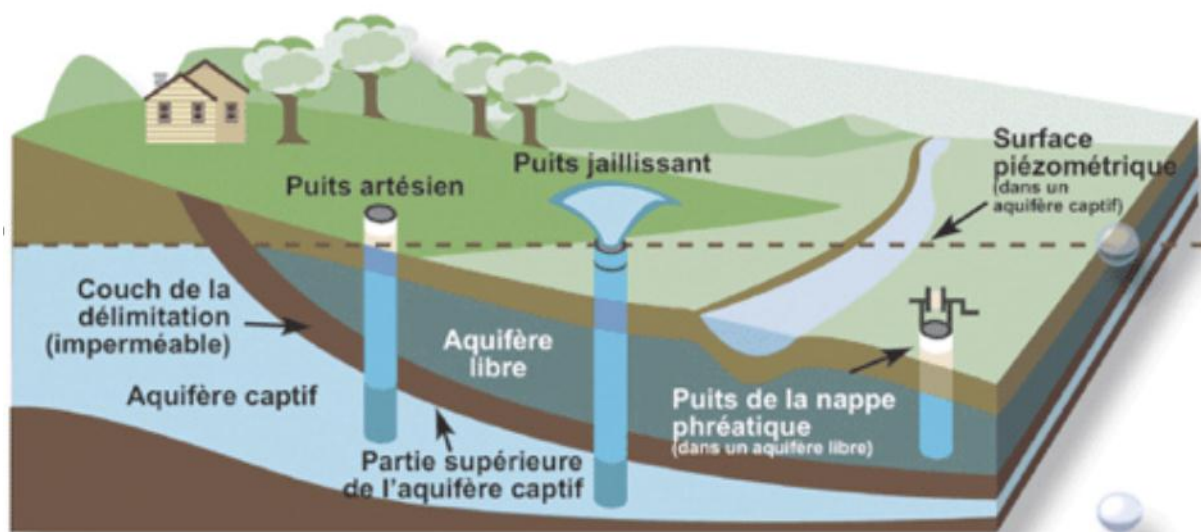


Figure 03 : L'eau souterraine et les différents ouvrages de captage (SCI, 2006).

2. Importance des eaux souterraines

L'eau circule sous la surface du sol. Comme l'eau de surface, mais à des débits beaucoup plus lents, elle s'écoule de l'amont vers l'aval pour ultimement rejoindre les cours d'eau et les lacs. L'émergence de l'eau souterraine peut contribuer considérablement au maintien des débits de base d'un cours d'eau ou du niveau de l'eau d'un lac. Durant les périodes sèches, certains cours d'eau et milieux humides peuvent être entièrement alimentés par l'eau souterraine. À l'inverse, en période de précipitations abondantes et de crue, ce sont généralement les eaux de surface qui alimentent les eaux souterraines. Ainsi, l'eau souterraine est étroitement liée aux eaux de surface et est une composante importante du cycle global de l'eau (COSANDEY, 2003).

Les eaux souterraines contribuent à l'alimentation des sources et des cours d'eau et leur rôle est souvent essentiel pendant les périodes d'étiage. Elles sont exploitées pour la consommation humaine (eau potable), l'agriculture (irrigation) et l'industrie. L'accumulation de nitrate dans les hydrosystèmes est aujourd'hui à l'origine de problèmes de santé publique même si cela fait encore l'objet de débats (WEYER et *al.*, 2001). L'absorption répétée d'importantes quantités de nitrate pourrait favoriser l'apparition de certains cancers (MORALES et *al.*, 1996).

3. Les différentes sources de pollution des eaux souterraines

Il existe deux catégories de pollution des eaux :

- Les pollutions naturelles
- Les pollutions dues aux activités humaines
 - ✓ pollution domestique
 - ✓ industrielle
 - ✓ agricole.

3.1. Les pollutions naturelles

Elle peut être due à une irruption volcanique, à des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux et par un effet de dissolution ou d'érosion, cela engendre des concentrations inhabituelles en métaux lourds (CARNEVALE et *al.*, 2006).

3.2. Les pollutions dues aux activités humaines

3.2.1. La pollution domestique

Elle regroupe les eaux vannes (WC), les eaux ménagères (eaux de cuisine et salle de bains) qui contiennent des graisses, du savon, des détergents... et les eaux usées rejetées par les installations collectives.

3.2.2. La pollution industrielle

Elle est caractérisée par sa très grande diversité. Elle va dépendre de l'activité industrielle. On peut donc retrouver des matières organiques et des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des acides, des produits chimiques divers, des matières radioactives (CARNEVALE et *al.*, 2006).

3.2.3. L'agriculture

L'agriculture utilise de plus en plus de produits chimiques et organiques surtout dans les sols pauvres en éléments nutritifs. Elle constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Ce point étant le sujet de notre travail, il sera développé et approfondi tout au long de ce chapitre.

La pollution agricole peut se présenter sous les deux modes de pollution:

- La pollution diffuse consiste en une dégradation de la ressource en eau sur l'ensemble d'un territoire en raison de rejets agricoles qui ne sont pas issus d'un point particulier de ce territoire.
- La pollution ponctuelle, il s'agit ici de rejets de polluants à petites doses mais de manière répétée. Ce type de pollution est difficile à contrôler car il est lié à une multitude de sources (BOULIER, 2011).

4. Pollution des eaux souterraines

Les menaces de pollution des eaux souterraines proviennent d'une variété de points différents et de sources de contamination non ponctuelles (Tableau 02) provenant de sources industrielle, agricole, domestique (assainissement inadéquat), de stockage de carburant, médicale et d'autres sources courantes.

Tableau 02 : Certains contaminants courants des eaux souterraines et les sources de pollution associées (VANESSA et *al.*, 2015)

SOURCE DE POLLUTION	Type de contaminant
Activité agricole	les nitrates, ammonium, pesticides, organismes fécaux
Assainissement individuel	les nitrates, les organismes fécaux, hydrocarbures synthétiques de trace
Stations d'essence & Garages	benzène, d'autres hydrocarbures aromatiques, des phénols, des hydrocarbures halogènes
Enfouissement des déchets solides	ammonium, salinité, hydrocarbures halogènes, métaux lourds
Industries métalliques	trichloréthylène, tétrachloroéthylène, d'autres hydrocarbures halogènes, métaux lourds, des phénols, cyanures
Travaux de Peinture	alkylbenzène, tétrachloroéthylène, d'autres hydrocarbures halogènes, des métaux, quelques hydrocarbures aromatiques
Industrie du bois	pentachlorophénol, certains hydrocarbures aromatiques
Nettoyage à sec	trichloroéthylène, tétrachloroéthylène,
Fabrication de pesticides	divers hydrocarbures halogènes, des phénols, de l'arsenic
Vidange des boues d'eaux usées	les nitrates, les divers hydrocarbures halogènes, plomb, zinc
Tanneries	chrome, divers hydrocarbures halogènes, des phénols
Exploration / Extraction pétrolière et gazière	salinité (chlorure de sodium), les hydrocarbures aromatiques
Les mines de charbon et métallifères	acidité, divers métaux lourds, fer, sulfates

3.1. Pollution par les nitrates

3.1.1. Définition des 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).

Les nitrates et les nitrites sont produits, naturellement et en faibles quantités dans les sols, par des bactéries qui les fabriquent en fixant l'azote de l'air ou en décomposant des matières organiques. Dans l'environnement, les nitrites sont, généralement, en faibles teneurs car ils se transforment facilement en nitrates (POUËSSEL, 2003).

3.1.2. 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 ; Les productions agricoles (céréales, fourrages, légumes) 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)

3.1.3. Forme d'azote dans le sol

Dans le sol l'azote est présent sous plusieurs formes : l'azote organique qui constitue la principale forme de stockage dans un sol agricole, l'azote minéral qui en dehors de périodes d'apport d'engrais ne représente généralement que quelques dizaines de kilogramme par hectare, et l'azote gazeux (NICOLARDOT *et al.*, 1996). Dans le système sol-plante-atmosphère le cycle de l'azote est constitué d'un grand nombre de transformations. Il s'agit de processus biologiques et dans une moindre mesure de processus physico-chimiques qui agissent parfois de façons concurrentes et dont l'intensité dépend à la fois des conditions du milieu, des apports de matière organique, et des pratiques agricoles (NICOLARDOT *et al.*, 1996). Le cycle de

l'azote est composé de 5 processus : la minéralisation, la nitrification, la volatilisation, et l'immobilisation (Figure 04).

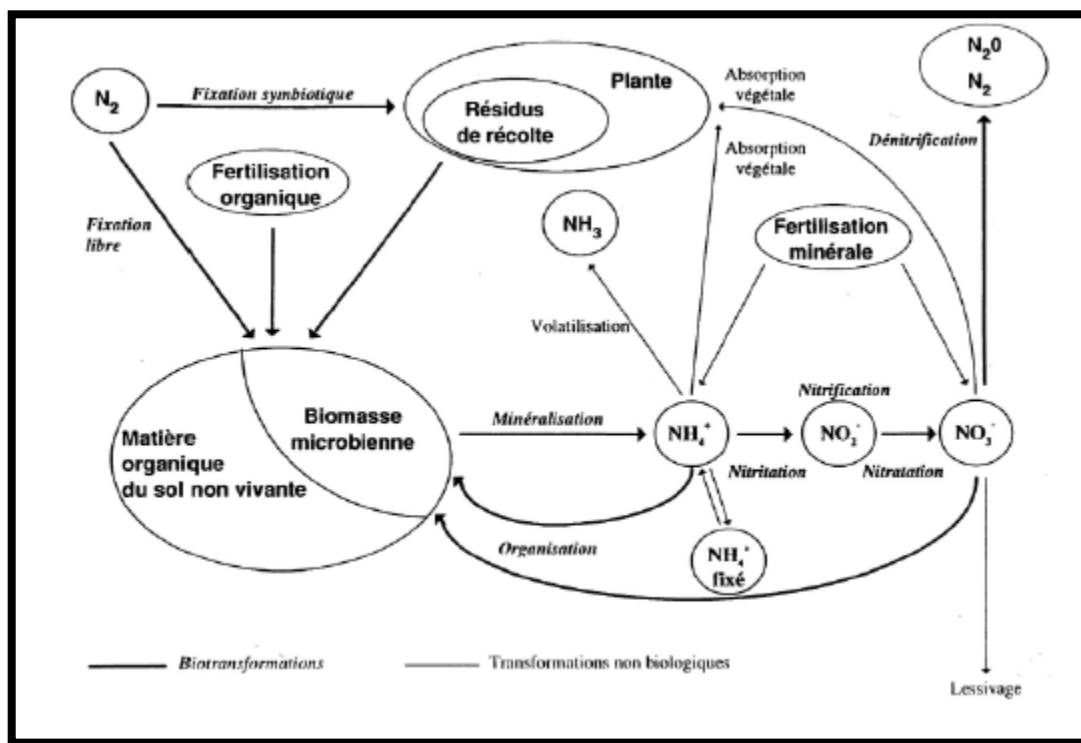


Figure 04 : Principaux processus de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés
(NICOLARDOT *et al.*, 1996)

Dans les sols bien oxygénés, mais aussi en milieu aquatique oxygéné, des bactéries transforment l'ammoniac en nitrite NO_2^- , puis en nitrate NO_3^- , au cours du processus de nitrification. On peut décomposer cette transformation en nitritation et nitratisation. L'ion nitrate a ensuite trois devenir possibles : il peut soit être absorbé par les plantes, soit être transformé en N_2O ou N_2 par dénitrification, soit être lixivié vers les eaux souterraines.

Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les ions nitrate NO_3^- et, dans une moindre mesure, l'ammonium présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines. Les végétaux constituent ainsi la source primaire d'azote assimilable par les animaux. Les fuites de nitrate vers les eaux souterraines, que l'on peut également nommer lixiviation, se produisent en période d'excès hydrique lorsque la réserve en eau du sol est remplie. La lixiviation des nitrates est un processus physique naturel, qui peut être augmenté lorsque le cycle de l'azote est perturbé par certaines pratiques agricoles et certains changements d'occupation du territoire. Les processus du sol qui contrôlent le cycle de l'azote dans le sol, et donc les quantités d'azote, sont nombreux, mais les plus importants sont : l'absorption d'azote

par les plantes, les apports d'engrais azotés (minéraux et organiques), l'organisation et la minéralisation, ainsi que la nitrification et la dénitrification. La concentration en nitrate du sol à un moment donné est le résultat de l'ensemble de ces processus (GEGO, 2008).

3.2. La salinisation des eaux souterraines

3.2.1. Définition

La salinité est définie par la quantité totale des éléments dissous dans l'eau. La présence de sel dans l'eau est très importante et détermine certaines de ses propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité, conductivité, pression osmotique). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative.

Le chlorure de sodium (NaCl) est souvent le sel majoritaire parmi ceux qui constituent la salinité mais il n'est jamais le seul. 60 des 92 éléments chimiques de base participent à l'état dissous à ce que l'on nomme « la salinité » de l'eau (RILEY, 1965). La salinisation de l'eau peut changer les proportions relatives des cations et anions de l'eau, ce qui influence les équilibres chimiques et la solubilité de certains minéraux. Les cations majoritaires (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) et les anions majoritaires (Cl^- , SO_4^{2-} , $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^-$) varient entre les localités en termes de concentration. Leurs proportions relatives modifient la manière dont les compartiments biotiques vont répondre à une augmentation de salinité (BEISEL et al., 2011).

3.2.2. Mécanismes de salinisation des eaux souterraines

L'existence d'eau souterraine saline et le processus de salinisation des eaux souterraines peuvent provenir d'un certain nombre de mécanismes distincts, dont certains seulement sont les pompes liées et / ou associés à l'intrusion d'eau de mer.

Les principaux mécanismes de salinisation des eaux souterraines sont indiqués schématiquement à la figure 05 ; ils vont de la mobilisation d'eaux paléo-salines ou connées en profondeur, aux processus de surface liés, pour l'essentiel, à l'engorgement des sols due à la hausse du niveau des nappes phréatiques. Des investigations approfondies sont nécessaires pour diagnostiquer la présence d'eau souterraine saline, et d'évaluer la possibilité que ces processus se produisent lors d'un changement majeur ou progressif dans les prélèvements des eaux souterraines. On ne peut pas trop mettre l'accent sur cela, car une fois une hausse importante de la salinité ou de l'intrusion d'eau salée a eu lieu, il peut prendre un temps très long (des décennies ou même des millénaires) et un coût considérable pour y remédier ; cela peut détruire

les ressources en eau souterraine à la fois pour l’approvisionnement en eau potable et pour de nombreuses utilisations d’irrigation ou agricole (VANESSA *et al.*, 2015)

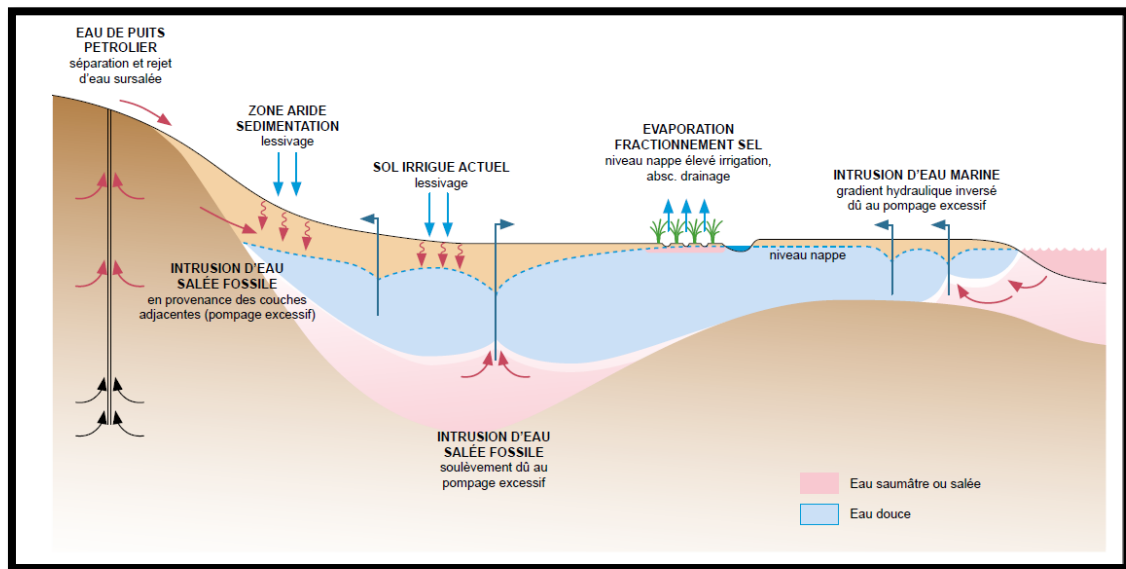


Figure 05 : Salinisation comme effet possible de la surexploitation des eaux souterraines (VANESSA *et al.*, 2015)

4. Gestion de la pollution des eaux souterraines

La préservation des ressources hydriques devient une impérieuse devant la dégradation de ces écosystèmes aquatiques et exige le fractionnement des apports en fertilisants ce qui permet de mieux les adapter aux besoins des végétaux lors de leur croissance et de diminuer le risque de lessivage d’un stock en nutriments temporairement non utilisé.

A titre d'exemple dans le cas de la pollution diffuse des ressources en eau souterraines par l’ion nitrate on recommande que :

- La fertilisation azotées devrait être adaptée aux besoins des cultures pour un niveau de rendement optimum et aux potentialités du milieu, elle doit tenir compte du potentiel de minéralisation de la matière organique native du sol, des apports d’azote par le fumier et de la capacité de libération de l’ammonium non échangeable ;
- La fertilisation ainsi révisée devrait permettre de réduire, pour toutes les rotations culturales et à l’échelle du périmètre, l’azote minéral résiduel et la concentration en nitrate de la solution du sol et de l’eau de drainage à un niveau acceptable ;

- Une gestion rationnelle de l'irrigation tel que la maîtrise des fréquences et des doses de l'irrigation en fonction de l'espèce végétale, ainsi que l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation notamment l'irrigation localisée (goutte à goutte) est vivement recommandée pour économiser l'eau et préserver sa qualité ;
- Le choix des mesures agronomiques de lutte contre la pollution nitrique des ressources en eau souterraine doit obligatoirement passer par une évaluation qui permet de comparer, en terme de réduction de la pollution mais aussi en terme de productivité des mesures envisagées.
- Par ailleurs, le contrôle de la pollution des eaux souterraines par les nitrates ne pourrait se concevoir sans un programme de sensibilisation des agriculteurs et de vulgarisation de pratiques culturales adéquates permettant d'obtenir de bons rendements tout en respectant la qualité nitrique des ressources en eau souterraine.

Chapitre III

Présentation de la région d'étude

1. Situation Géographique :

La région du Souf est une partie de la wilaya d'El-Oued, située dans le Sud-Est Algérien (33° à 34° N ; 6° à 8° E). Il s'agit d'un vaste ensemble de palmiers entourés par les dunes de sable qui se trouve à une altitude de 70 mètre au niveau de la mer (BEGGAS, 1992).

La wilaya d'El Oued (Figure 06) occupe une superficie de 44585 km² avec une population de 750000 habitants donnant ainsi une densité de 16 hab/km². La zone concernée par l'étude s'étend sur 18 communes, soit une superficie d'environ 14518.33 km² (ONS, 2013).

Le "Souf" vient du nom berbère désignant rivière ou Oued. A l'origine la principale activité des habitants de la région était l'agriculture. Chaque palmeraie a vu le jour à la suite d'efforts considérables tant sur le plan physique que financier (DSA, 2005).

Les limites administratives de la wilaya d'El Oued sont :

-  Au Nord : Tébessa et Khenchla ;
-  Au l'Est : Tunisie ;
-  Au Sud : Ouargla ;
-  A l'Ouest : Biskra, Djelfa et Ouargla

Pour ce qui est des limites naturelles, la région du Souf est limitée :

-  Au Nord par la zone des Chotts (Melghir et Merouane) ;
-  Au Sud par l'extension de l'Erg oriental ;
-  A l'Ouest la vallée d'oued Righ ;
-  A l'Est : Chott tunisien El-Djerid (VOISIN, 2004).

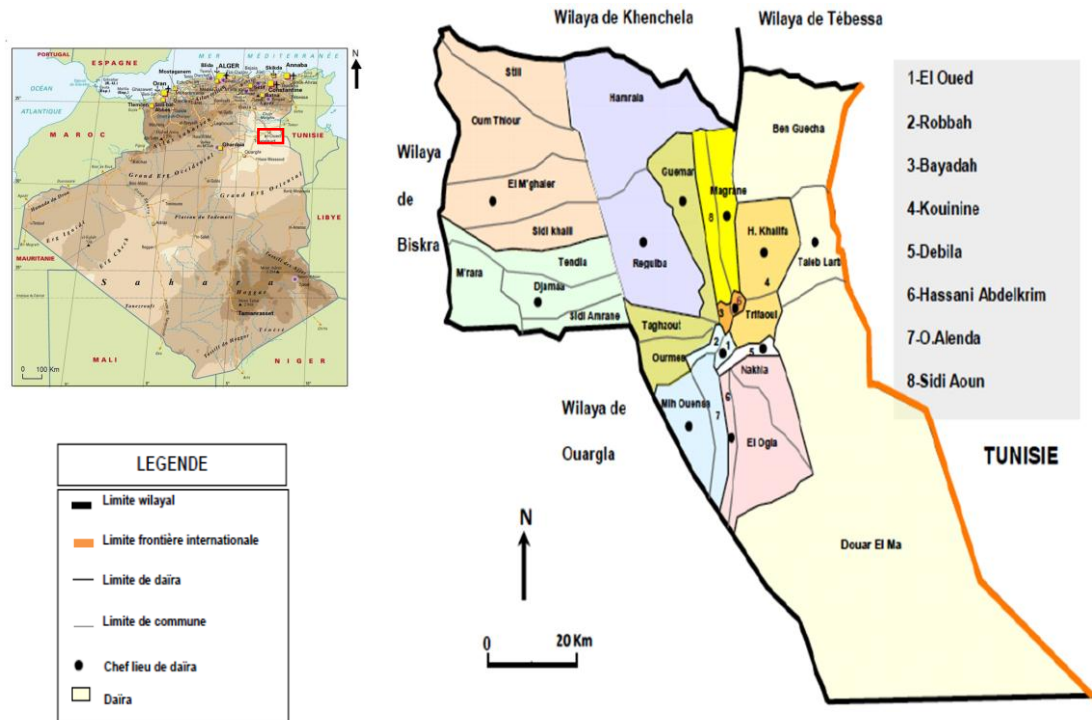


Figure 06 : Situation géographique de la wilaya d'El Oued.

2. Contexte écologique de la région d'étude

2.1. Géomorphologie

NADJEH (1971), signale que la région du Souf est une région sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre les 100 mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect. L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la plus importante. Cette dernière occupe 3/4 de la surface totale de la région. L'autre est le Sahane ou région plate et déprimée, formant des dépressions fermées, entourées par les dunes, souvent assez étendus et parfois caillouteux ou recouverts par des vieilles formations d'encroûtements gypseux du quaternaire.

2.2. Topographie

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres accuse une diminution notable du Sud au Nord pour être de 25 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara (ANRH, 2005).

2.3. Pédologie

Les sols de la région du Souf sont généralement peu évolués. Les couches arables sont constituées d'un sol sablonneux de forte profondeur et ne constituent pas des couches rocheuses. Par ailleurs, ces sols se caractérisent par une faible teneur en matière organique, par une structure particulière à forte perméabilité et par une texture sableuse. Le sable du Souf se compose de Silice, Gypse, de Calcaire et parfois d'Argile (VOISIN, 2004). Au Nord de la région, on rencontre le gypse sous forme des blocs rocheux profonds et tellement solides. A l'Ouest, la pierre gypseuse s'allonge vers la région de Hobba (HLISSE, 2007).

2.4. Hydrogéologie

La région de Souf possède des ressources hydriques souterraines essentielles, elle est caractérisée par les nappes suivantes :

2.4.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique présent dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 10 et 83 mètres. Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels.

La profondeur du toit de cette nappe dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du d'El-Oued particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans région des Chotts la nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

2.4.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones (DREW, 2007).

2.4.3. Nappe du Continental Intercalaire (CI) :

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/1 (DREW, 2007).

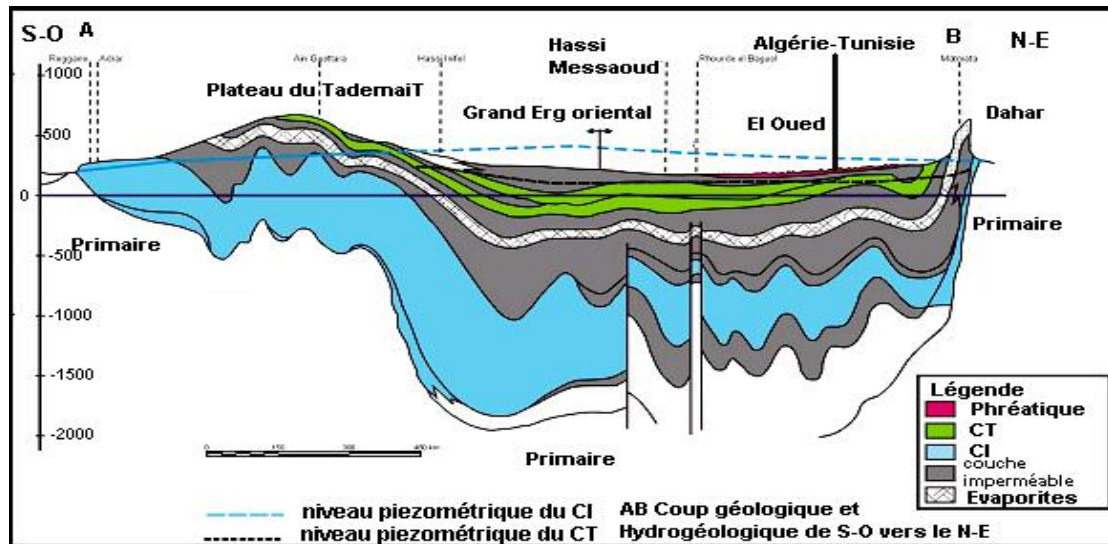


Figure 07 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI" (UNESCO, 1972).

3. Etude des paramètres climatiques

3.1. Température

3.1.1. Température moyenne mensuelle interannuelle

Le Souf présente de forts maxima de température en été, alors qu'en hiver elles peuvent être très basses (VOISIN, 2004). Les valeurs de températures mensuelles maximales (M) et minimales (m) et leurs moyennes mensuelles enregistrées pour le Souf durant l'année 2016, sont détaillées dans le tableau 03 :

Tableau 03 : Températures dans la région d'étude durant l'année 2016.

	Mois												
T°	Ja	Fé	Ma	Av	Ma	Ju	Ju	Ao	Se	Oc	No	Dé	Moy
M	20	20	24.2	30.5	34.6	39.1	40.7	39.5	35.4	32.2	23.6	18.9	29.9
m	5.8	5	9.3	15.7	19.7	24	26.1	26.2	23.3	19.4	10.6	8.6	16.2
(M+m)/2	12.9	12.5	16.7	23.1	27.1	31.5	33.4	32.8	31.8	29.3	17.1	13.7	23.5

(Tutiempo, 2017)

La période qui s'étale du mois de Novembre au mois de Mars correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de Janvier de (12.9 °C), alors que la période chaude commence à partir du mois de Juin et s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum pendant le mois de Juillet (33.4 °C). La moyenne annuelle est de l'ordre de 23.5 °C.

3.1.2. Températures moyennes annuelles

Le tableau 04 présente la variation de la température moyenne annuelle sur une période de 10 ans (2007 à 2016). On remarque bien l'irrégularité de ce paramètre. L'année la plus chaude est 2014 et 2016 avec une température moyenne égale 23.3°C et l'année la plus froide est l'année 2007 et 2009 avec une moyenne de température égale à 22.3 °C.

Tableau 04 : Moyenne annuelle des températures de l'air dans la région d'étude (2007-2016).

Années	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
T(°C)	22.3	22.6	22.3	23.1	22.5	22.9	22.7	23.3	22.5	23.3

(Tutiempo, 2017)

3.2. Pluviométrie

L'origine des précipitations dans les régions sahariennes est différente selon les saisons. Durant l'été elles sont dues aux dépressions de mousson, en hiver elles sont dues aux dépressions accompagnant la migration vers le Sud des fronts polaires. Pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont dues aux dépressions soudano sahariennes traversant le Sahara du Sud vers le Nord (DUBIEF, 1963).

3.2.1. Répartition moyennes mensuelles des pluies

Les précipitations de la région du Souf sont saisonnières est extrêmement variables, arrivent à leur maximum en automne, qu'autre période pluviale d'hiver (VOISIN, 2004). Les valeurs de précipitations mensuelles du Souf durant l'année 2016 sont illustrées dans le tableau 05.

Tableau 05 : Précipitations mensuelles dans la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	Ja	Fé	Ma	Av	Ma	Ju	Ju	Ao	Se	Oc	No	Dé	Cumul
*P	0	0	4.82	2.03	0	1.02	0	0	24.89	1.02	0.76	0.76	35.3

(Tutiempo, 2017)

*P: Précipitation mensuelle en mm

La région du Souf a connue durant l'année 2016 un cumul de précipitation égal à 35.3 mm (Tableau 05). Le mois le plus pluvieux durant cette année est Septembre avec une pluviométrie de l'ordre de 24.89 mm. Par contre les mois les plus secs sont (Janvier, Février, Mais, Juillet, Août) où aucune pluviométrie n'a été enregistrée (0 mm).

3.2.2. Répartition moyennes annuelles des pluies

Sur un cycle de dix ans (2007-2016), les précipitations observées montrent une grande variabilité d'une année à une autre. Ainsi, l'année la plus arrosée est celle de 2009 avec 193.55 mm/an et l'année la plus sèche est celle de 2012 avec 23.62 mm/an (Tableau 06).

Tableau 06 : Précipitations moyennes annuelles dans la région d'étude entre 2007 et 2015.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015
P (mm)	56.90	32.01	193.55	50.28	30.37	23.62	32.27	26.67	50.04	35.3

(Tutiempo, 2017)

3.3. Humidité

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'atmosphère. Elle dépend de plusieurs facteurs à savoir : la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la température, les vents et de la morphologie de la station considérée (FAURIE et *al.*, 1980). Les taux d'humidité relative pour l'année 2016 sont présentés dans le tableau 07.

Tableau 07 : Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	Ja	Fé	Ma	Av	Ma	Ju	Ju	Ao	Se	Oc	No	Dé	Moy
*HR.	53.7	41	37.6	38.7	31.4	30.5	27	30.6	46.8	47.3	54.6	68.4	42.3

(Tutiempo, 2017)

*HR. (%) : Humidité relative

Dans la région d'Oued Souf l'humidité de l'air est faible et la moyenne annuelle est de 42.3 %. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 27 % pendant le mois de Juillet, et ceci sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 68.4 % au mois de Décembre.

3.4. Le vent

Les vents sont fréquents et cycliques dans la région d'étude (NADJAH, 1971). Ils sont caractérisés par des directions dominantes variables en fonction des saisons. Les vents dominants sont qui sont de direction Est-Nord provenant des méditerranées chargés d'humidité appelés El-bahri, soufflent au printemps. Tandis ce que les vents du Siroco ou Chihili apparaissent pendant la période estivale venant de Sud ou Sud-Ouest (HLISS, 2007).

Les valeurs de vitesse mensuelle du vent du Souf durant l'année 2016 sont annoncées dans le tableau 08.

Tableau 08 : Vitesse moyenne mensuelle dans la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	Ja	Fé	Ma	Av	Ma	Ju	Ju	Ao	Se	Oc	No	Dé	Moy
*V (m/s)	6.9	9.1	9.4	13	12.4	11.5	9.9	9.8	8.9	6.9	5.8	8.2	9.31

(Tutiempo, 2017)

*V (m/s) : Moyenne de vitesse de vent en mètre par seconde

Selon le Tableau 08, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'Avril avec un maximum de 13 m.s⁻¹.

4. Synthèse climatique

4.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Les températures et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée. Les périodes humides et sèches sont mises en évidence grâce au diagramme Ombrothermique de Gaussen (Figure 08).

Selon FAURIE et *al.* (1980), le diagramme ombrothermique (Ombro=pluie, thermo=température) est construit en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations "P" sur un axe et les températures "T" sur le second en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations "P = 2T". Les périodes d'aridité sont celles où la courbe pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique (RAMADE, 2003).

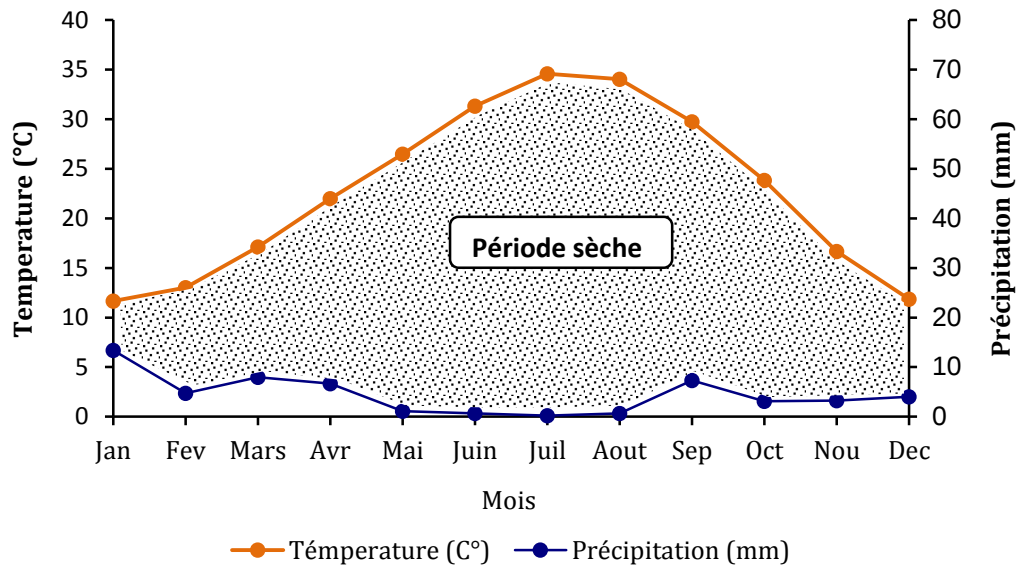


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région du souf (2007-2016).

Le climat de la région du Souf est, à certain points, analogue à celui du reste du Sahara c'est-à-dire un climat des contrées désertiques, si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations (NAJAH, 1971). La région du Souf est caractérisée par deux périodes (période sèche et période humide). Il est signalé que la période sèche persiste sur toute l'année pendant très longtemps et notamment durant les dix dernières années (2007 à 2016).

4.2. Climagramme d'EMBERGER

Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté en axe des abscisses par la moyenne des températures minimales du mois le plus froid et en axe des ordonnées par le quotient pluviothermique (Q_2) d'EMBERGER (1933) (LE HOUEROU, 1995). Nous ont utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \, p / (M - m)$$

- P = Pluviométrie moyenne en (mm)
- M = Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)
- m = Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

Une lecture du Climagramme d'Emberger, situe la région d'El Oued dans l'étage bioclimatique Saharien, à hiver doux avec des quotients pluviothermique (Q_2) de 3.14 (Fig. 09).

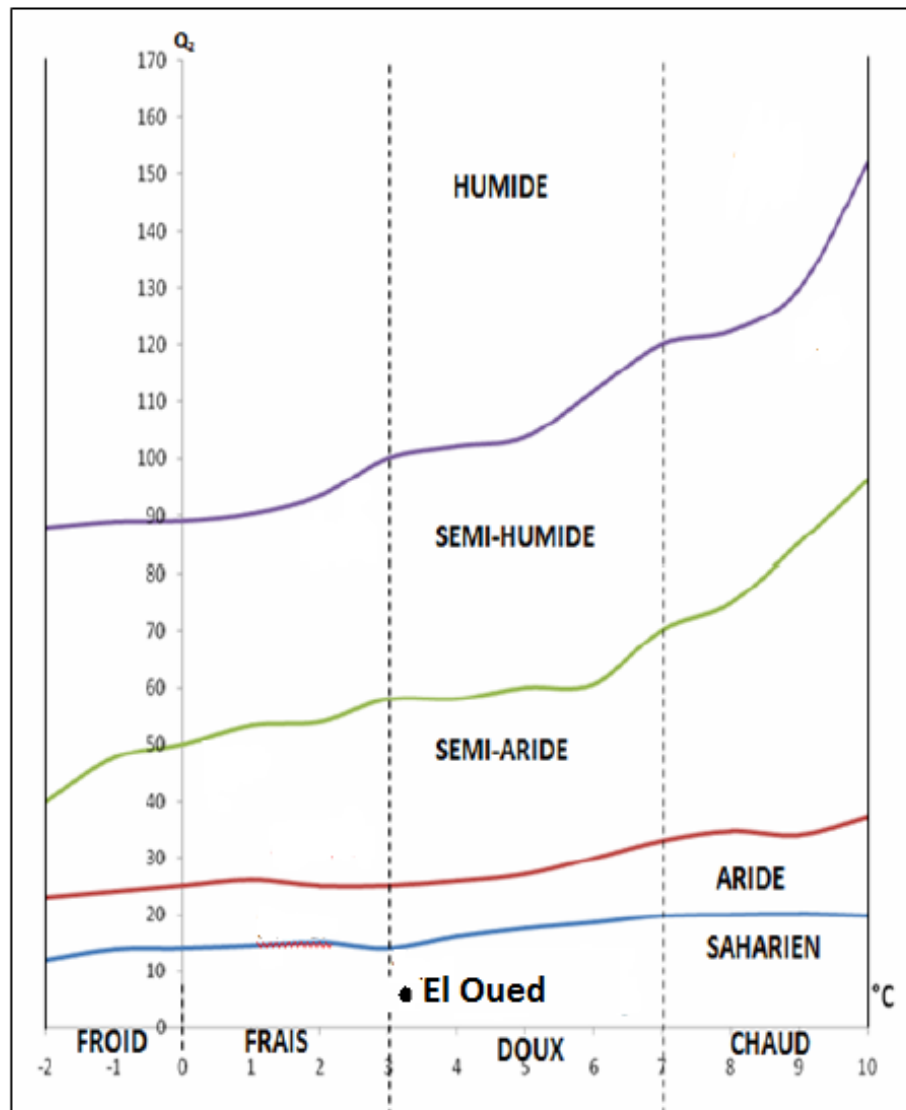


Figure 09 : Etage bioclimatique de la région d'El Oued selon le climagramme d'Emberger

A travers ces données, on peut dire que notre région d'étude est caractérisée par un climat Saharien. La faiblesse de précipitations devant un pouvoir évaporant élevé font que le déficit hydrique est quasi permanent ce qui se répercute défavorablement sur la densité, la biodiversité ainsi que sur l'activité des microorganismes du sol.

Partie II

Matériel Et Méthodes

1. Démarche suivie

La présente étude vise à évaluer la pollution saline et nitriques des eaux de la nappe phréatique liée à l'activité agricole dans deux zones réparties à travers de la région de Souf. Il s'agit de la zone de Debila et Ourmes. Ces zones ont été retenues de telle sorte qu'elles reflètent les caractéristiques réelles des eaux de la nappe phréatique destinées à l'irrigation d'une part, et qu'elles soient représentatives des zones à forte activité agricole d'autre part. D'après, la DSA (2013), ces zones connaissent une intensification agricole très poussée, basée essentiellement sur la culture de la pomme de terre sous pivot. Par ailleurs, d'après la même référence, les eaux de la nappe phréatique dans ces zones sont sollicitées surtout à des fins agricoles. De ce fait, ces eaux sont soumises à un rythme d'exploitation élevé couplé à un usage intensif non rationnel des engrais, de fumier, des pesticides et des doses d'eau d'irrigation excessives ce qui accentuée leur grande vulnérabilité à la pollution diffuse qui se manifeste par la dégradation de sa qualité. En fait, il bien connue que la pomme de terre est une culture très consommatrice en intrants agrochimiques, ce qui laisse supposer sa forte contribution à la pollution des eaux de la nappe phréatique dans ces zones. Les coordonnées géographiques des zones sélectionnées pour la présente étude est comme suit :

- ✓ Zone A : Debila (33,5485°N ; 7,0526°E ; 56 m)
- ✓ Zone B : Ourmes (33,3883°N ; 6,7306°E ; 82 m)

Par ailleurs, la localisation de ces zones est illustrée dans la Figure 10.

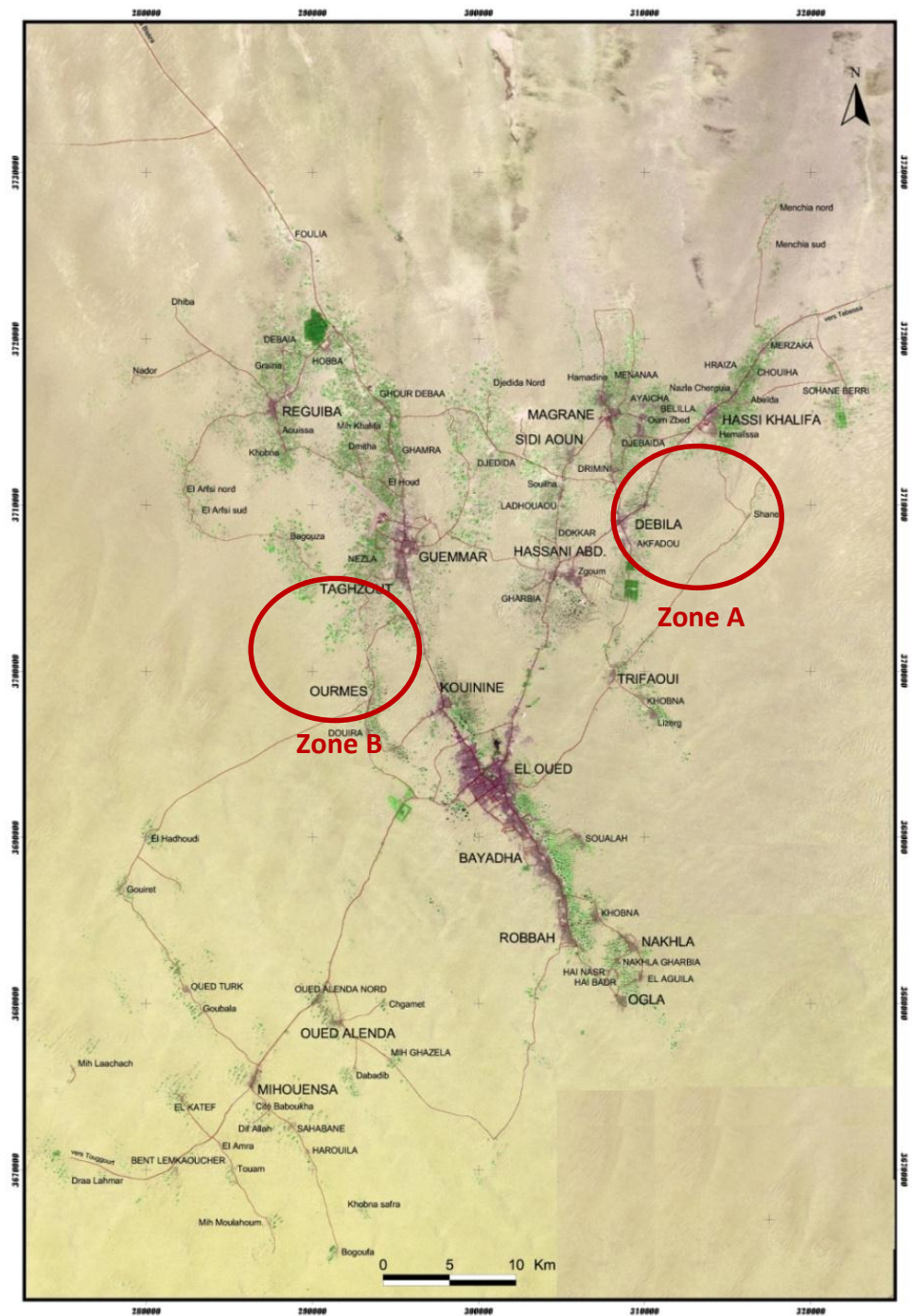


Figure 10 : Localisation de zone expérimentale (Google Maps, 2016).

2. Techniques d'échantillonnage

Au niveau de chaque zone expérimentale, deux sites ont été retenus pour les prélèvements des échantillons d'eau, l'un avant le passage des eaux souterraines de la zone d'activité agricole et l'autre après leurs passages de cette zone (suivi au sens d'écoulement des eaux souterraine) (Figure 11). Ainsi, des échantillons d'eau représentatifs ont été prélevés à partir de trois puits alimentés par la nappe phréatique au niveau de chaque site (avant et après le passage de zone agricole) durant l'année 2017. Les points d'eau ont été choisis de manière à avoir une image de l'ensemble de la nappe phréatique au niveau du site d'étude.

Les prélèvements ont été réalisés en trois campagnes (début, mi et fin de la campagne agricole), ce qui se coïncide avec la saison agricole de la pomme de terre. Les prélèvements des échantillons ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse (laboratoire algérienne des eaux de la wilaya d'El-Oued). Les analyses ont concerné les paramètres suivant : (pH, CE, SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}).

Le planning de prélèvements des échantillons d'eau est présenté dans le tableau 09.

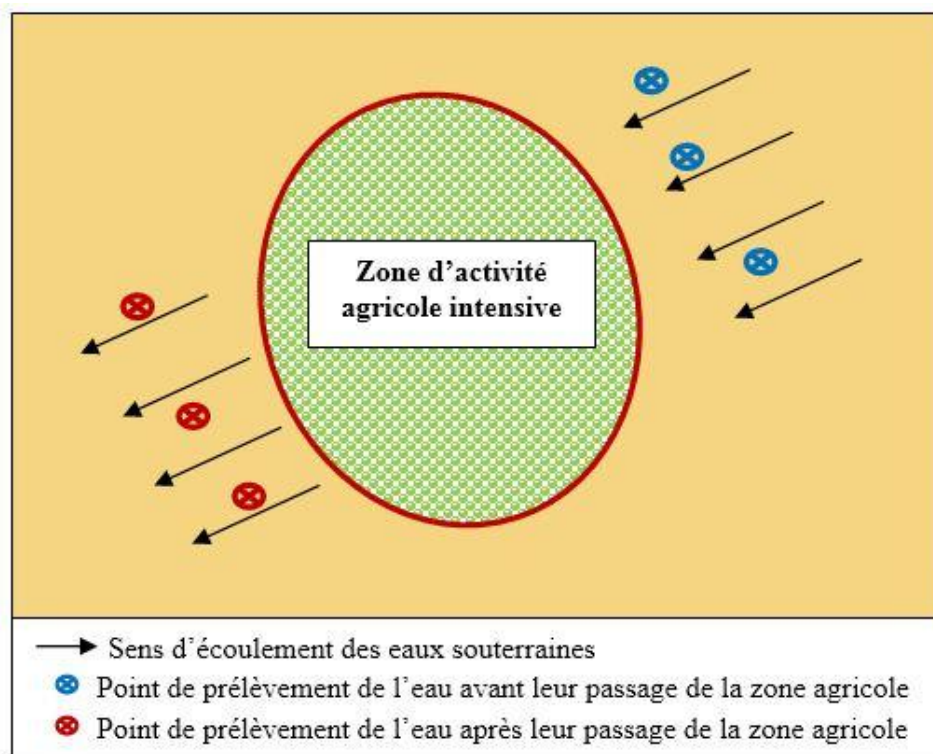


Figure 11 : Méthodologie d'échantillonnage dans chaque zone expérimentale.

Tableau 09 : Planning des prélèvements des échantillons.

Site de prélèvement		1 ^{ère} campagne d'échantillonnage (10 Février 2017)	2 ^{ème} campagne d'échantillonnage (04 Avril 2017)	3 ^{ème} campagne d'échantillonnage (03 Juin 2017)	Total
Zone A (Debila)	Avant	3	3	3	9
	Après	3	3	3	9
Zone B (Ourmes)	Avant	3	3	3	9
	Après	3	3	3	9
Total des échantillons par campagne		12	12	12	36

Avant : avant le passage de la zone d'activité agricole.

Après : après le passage de la zone d'activité agricole.

3. Techniques d'analyses

3.1. Caractéristiques physico-chimiques

3.1.1. Détermination du pH

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH.

3.1.2. Mesure de la conductivité

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre multiéléments. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.1.3. Détermination du calcium (Ca^{++}) et du magnésium (Mg^{++})

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. La détermination de la quantité de calcium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{++} \text{ (mg/l)} = V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{++}} \times 1000 / \text{PE}$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{\text{Ca}^{++}}$: Masse molaire du calcium en g.

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de dilution.

Donc :

$$\text{Ca}^{++} \text{ (mg/l)} = V_1 \times 0.01 \times F \times 40.08 \times 1000 / 50$$

$$\text{Ca}^{++} \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8.016$$

La détermination de la quantité en magnésium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Mg}^{++} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Mg}^{++}} \times 1000 / \text{PE}$$

D'où :

V_2 : Volume total d'EDTA.

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{\text{Mg}^{++}}$: Masse molaire du Magnésium en g.

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de dilution.

Donc :

$$\text{Mg}^{++} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times 0.01 \times F \times 24.3 \times 1000 / 50$$

$$\text{Mg}^{++} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86 \text{ (ISO 6059, 1989).}$$

3.1.4. Dosage du sodium et du potassium

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles, d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Il est utilisé pour la présente mesure l'appareil Dr LANGE (JENWAY). Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO 9964/3,1990).

3.1.5. Détermination des chlorures (Cl⁻)

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation (LADJEL, 2009). L'expression des résultats est donnée par :

$$\text{Cl}^-(\text{mg/l}) = V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times F \times M_{\text{Cl}}/\text{PE}$$

V_{AgNO_3} : Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO_3} : Normalité d'AgNO₃.

M_{Cl} : Masse des chlorures.

F : Facteur de correction du titre d'Ag NO₃ ; $F = 1 / V_{\text{AgNO}_3}$

PE : Prise d'essai.

$$\text{Cl}^-(\text{mg/l}) = V_{\text{AgNO}_3} \times 0.01 \times F \times 1000/5$$

$$\text{Cl}^-(\text{mg/l}) = V_{\text{AgNO}_3} \times 2 \times F$$

3.1.6. Détermination des Sulfates (SO₄²⁻)

Les sulfates sont dosés par spectrophotométrie UV visible à 420 nm, après que les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum, en présence de BaCl₂. L'expression des résultats est donnée par :

$$\text{SO}_4^{2-}(\text{mg/l}) = \text{Valeur lue} \times \text{facteur de la dilution (LADJEL, 2009)}.$$

3.1.7. Détermination de l'alcalinité (HCO₃⁻)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates, de carbonates et d'hydroxydes. La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (RODIER *et al.*, 2009).

$$\text{F.G} = V_A \times N_A \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000/\text{PE}$$

V_A : Volume d'acide versé

N_A : Normalité d'acide versé

$M_{\text{HCO}_3^-}$: Masse des bicarbonates (HCO₃⁻)

PE : Prise d'essai

$$\text{F.G} = V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000/100$$

$$\text{F.G} = V_A \times 61 = \text{HCO}_3^-$$

3.2. Analyses biochimiques

3.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (ISO 5664,1990).

3.2.2. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après couplage avec le N-1-Naphtyl éthylène diamine dichlorure donne une coloration rose mesurée à 543 nm (ISO 6777, 1994).

3.2.3. Dosage des Nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (ISO 7890/3, 1994).

3.2.4. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

Après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, puis réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ISO 6878/1, 1994).

Partie III

Résultats et Discussion

1. Caractérisation globale des eaux analysées dans les deux zones expérimentales

Les résultats de la caractérisation globale des eaux analysées de 2 zones expérimentales pendant les trois campagnes d'échantillonnage sont illustrées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats de la caractérisation globale des eaux analysées

Paramètres	Campagne d'échantillonnage	Zone A (Debila)		Zone B (Ourmes)	
		(Avant le passage) A0	(Après le passage) A1	(Avant le passage) B0	(Après le passage) B1
pH	1 ^{ere}	7,39	7,84	6,84	7,12
	2 ^{eme}	7,65	7,91	6,91	7,19
	3 ^{eme}	7,73	7,95	7,03	7,31
CE (µs/cm)	1 ^{ere}	3685,17	4846,94	3366,13	5956,84
	2 ^{eme}	3962,86	5236,97	4387,45	7521,36
	3 ^{eme}	4508,32	5672,93	4621,92	7675,69
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	1 ^{ere}	0,14	0,25	0,18	0,28
	2 ^{eme}	0,17	0,29	0,22	0,35
	3 ^{eme}	0,21	0,46	0,32	0,53
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1 ^{ere}	59,36	79,68	65,96	97,34
	2 ^{eme}	72,86	112,98	74,96	138,72
	3 ^{eme}	81,63	124,63	89,36	151,42
NO ₂ ⁻ (mg/l)	1 ^{ere}	0,22	0,37	0,21	0,34
	2 ^{eme}	0,26	0,41	0,22	0,51
	3 ^{eme}	0,24	0,45	0,29	0,50
SO ₄ ⁻² (mg/l)	1 ^{ere}	1893,35	2013,68	1879,36	1869,36
	2 ^{eme}	2193,75	2298,67	2215,69	2198,36
	3 ^{eme}	2346,12	2567,63	2487,69	2543,36
Cl ⁻ (mg/l)	1 ^{ere}	486,36	642,36	1006,36	576,36
	2 ^{eme}	522,06	693,31	1016,36	695,66
	3 ^{eme}	554,69	721,36	1076,36	759,36
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	1 ^{ere}	101,29	105,43	172,17	112,36
	2 ^{eme}	117,36	125,36	198,63	129,09
	3 ^{eme}	135,36	142,23	205,36	141,06
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1 ^{ere}	31,31	36,56	34,36	44,23
	2 ^{eme}	36,56	47,36	39,69	56,39
	3 ^{eme}	39,36	53,49	41,36	58,83
Ca ⁺⁺ (mg/l)	1 ^{ere}	539,36	571,19	545,76	502,36
	2 ^{eme}	573,56	591,84	573,36	517,46

	3 ^{eme}	596,36	624,19	596,18	543,38
Mg ⁺⁺ (mg/l)	1 ^{ere}	159,46	145,17	109,36	69,12
	2 ^{eme}	181,36	159,22	119,46	79,36
	3 ^{eme}	196,35	172,36	137,49	97,76
Na ⁺ (mg/l)	1 ^{ere}	391,36	713,96	746,91	523,46
	2 ^{eme}	456,11	759,09	793,36	546,79
	3 ^{eme}	622,37	836,36	809,53	656,74
K ⁺ (mg/l)	1 ^{ere}	28,16	32,36	64,36	41,23
	2 ^{eme}	34,25	35,26	71,41	44,36
	3 ^{eme}	39,16	40,36	79,82	49,07
SAR (meq/l)	1 ^{ere}	5,86	7,92	7,01	7,39
	2 ^{eme}	6,71	8,12	7,49	8,15
	3 ^{eme}	6,94	8,71	7,69	8,46

Pour la détermination du faciès chimique des eaux analysées, le logiciel Diagramme a été utilisé afin d'établir le diagramme de Piper. Ce diagramme permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite) (Figure 12).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès chimique des eaux analysées.

Selon le diagramme de Piper, on peut déduire que les eaux analysées des différentes sites étudiés (quelle que soit avant ou après le passage des zones agricole), présentent une grande ressemblance au niveau des caractéristiques hydrochimiques. La représentation graphique montre que la majorité des échantillons coïncidents sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté calcique et sulfaté sodique, ce qui est probablement dû à la dissolution des évaporites (calcaire et gypse).

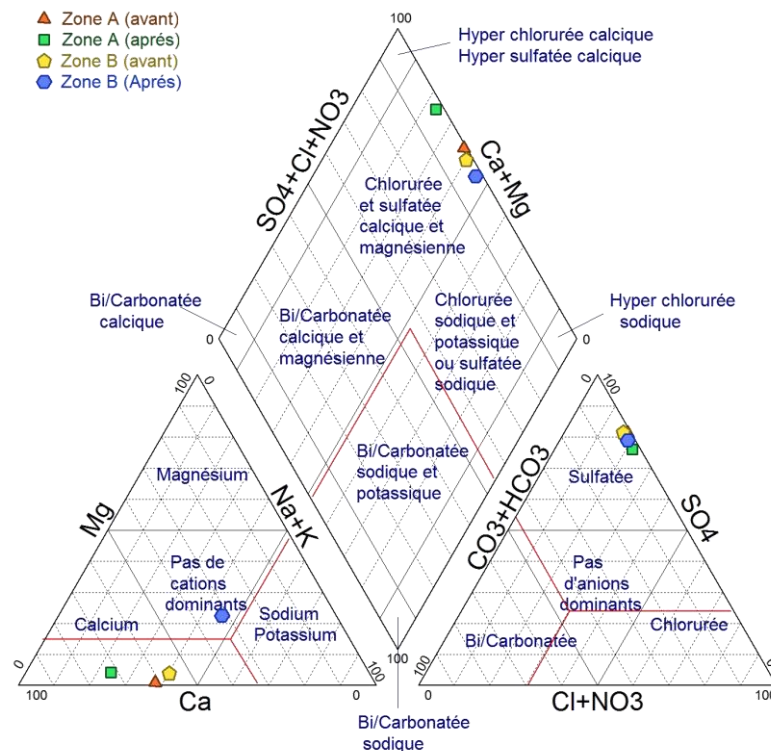


Figure 12 : Faciès chimique des eaux analysées d'après le diagramme de Piper.

2. Variation du taux de quelques paramètres de pollution dans les eaux analysées

2.1. Variation du (pH) des eaux analysées

Le pH est un paramètre de l'activité thermodynamique des ions hydrogène dans une solution, caractérisant son acidité ou sa basicité. Dans la plupart des eaux naturelles, il dépend de l'équilibre carbonate-bicarbonate anhydrique carbonique. Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. (RODIER, 1984)

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris entre 6 et 8,5.

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs enregistrées révèlent que le pH est neutre à légèrement alcalin dans tous les sites (avant et après le passage) au niveau des deux zones étudiées (A et B). Les valeurs du pH enregistrées ne montrent aucune variation notable entre sites (avant et après le passage de zone agricole). La variation des valeurs de pH entre les trois campagnes d'échantillonnage ne dépasse pas en général une unité.

Ainsi, au niveau de zone expérimentale (A), les valeurs de pH enregistrées montrent une valeur de 7,39 au site avant le passage et 7,84 au site après passage à la 1^{ère} campagne d'échantillonnage. Alors, qu'à la 2^{ème} campagne d'échantillonnage ce paramètre enregistre une valeur de 7,65 au site avant le passage et 7,91 au site après passage. À la 3^{ème} campagne d'échantillonnage, les valeurs de pH enregistrent est d'ordre de 7,73 et 7,95 respectivement pour le site avant et après le passage. Pour la zone (B) à la 1^{ère} campagne d'échantillonnage, les valeurs de pH enregistrées montrent une valeur de 6,84 au site avant et 7,12 au site après le passage. Alors, qu'à la 2^{ème} campagne d'échantillonnage ce paramètre enregistre une valeur de 6,91 au site avant le passage et 7,19 au site après passage. À la 3^{ème} campagne d'échantillonnage, les valeurs de pH enregistrent une valeur de 7,03 et 7,31 respectivement pour le site avant et après le passage de zone agricole (B). (Figure 13).

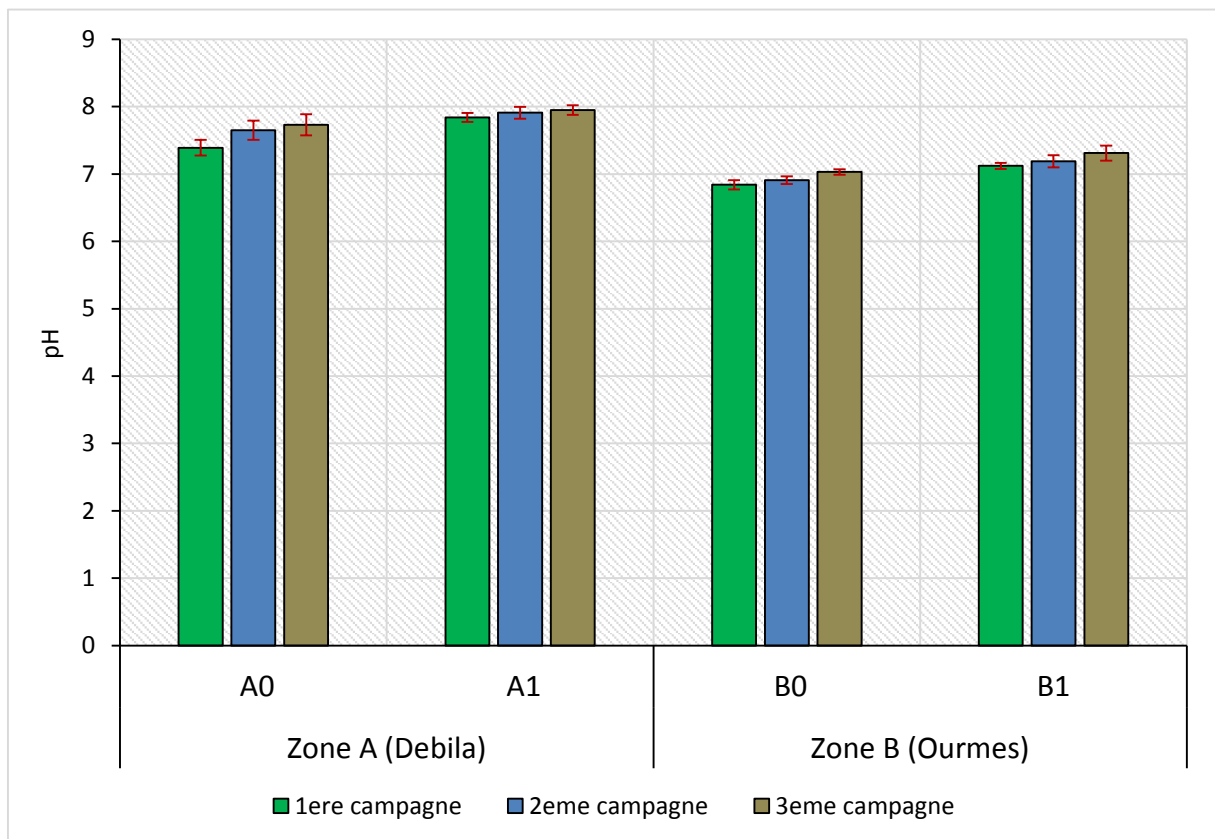


Figure 13 : Variation du (pH) des eaux analysées

2.2. Variation de la (CE) des eaux analysées

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, toute eau est plus ou moins conductrice. Cette conductivité électrique est liée à la présence des ions dans l'eau, de ce fait il existe une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. C'est-à-dire la conductivité électrique constitue de ce fait un critère d'appréciation de la minéralisation. Une conductivité électrique élevée traduit soit une température élevée, soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites. (RODIER, 1984 ; DENTELLE, 2001)

Les résultats moyens enregistrés pour la conductivité électrique au niveau des deux zones étudiées sont présentés dans la Figure 14.

À la 1^{ère} campagne d'échantillonnage le résultat moyen de la conductivité électrique est 3685 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant le passage de la zone d'activité agricole (A), et 4846 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage. Elle atteint la valeur de 3366 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant le passage et de 5956 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage de la zone expérimentale (B). Quant à la 2^{ème} campagne d'échantillonnage, le résultat moyen de la CE est 3962 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant le passage et 5236 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage de la zone (A), et 4387 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant le passage et 7521 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage de la zone (B). A la 3^{ème} campagne, les valeurs de la conductivité électrique enregistrée est atteinte le 4508 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant leur passage et le 5672 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage de la zone (A) et 4621 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux avant le passage et 7675 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux après leur passage de la zone (B).

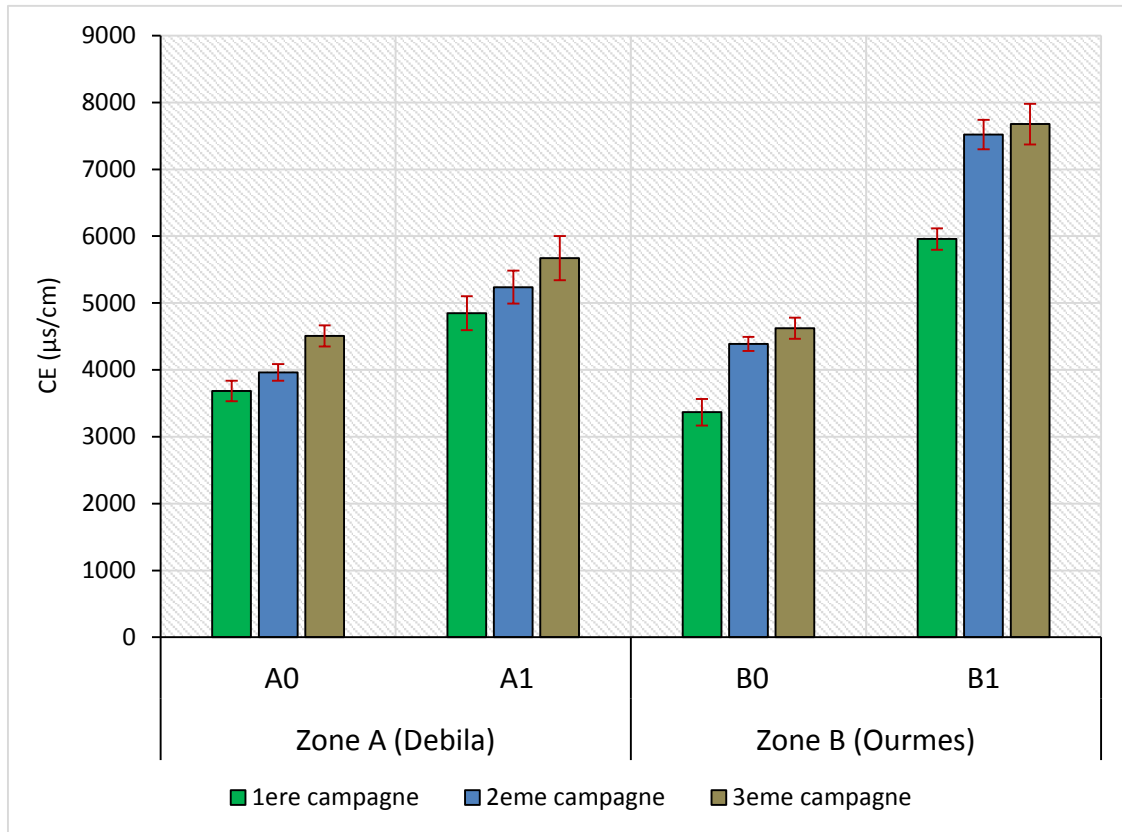


Figure 14 : Variation de la conductivité électrique des eaux analysées

2.3. Variation de la teneur en nitrates dans les eaux analysées

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).

À la 1^{ère} campagne d'échantillonnage la teneur moyen en nitrate a été enregistré est 59.36 mg/l dans les eaux avant le passage et 79.68 mg/l dans les eaux après leur passage de la zone expérimentale (A), et 65.96 mg/l dans les eaux avant le passage et de 97.34 mg/l dans les eaux après leur passage pour la zone (B).

Alors, qu'à la 2^{ème} campagne d'échantillonnage ce paramètre enregistre une valeur de 72.86 mg/l au site avant le passage et 112.98 mg/l au site après passage de la zone (A), et 74.96 mg/l dans les eaux avant et de 138.72 mg/l dans les eaux après leur passage de la zone (B).

À la 3^{ème} campagne d'échantillonnage, les valeurs de nitrate enregistrées sont d'ordre de 81,63 et 124,63 mg/l respectivement pour le site avant et après le passage de la zone agricole (A), ils sont d'ordre de 89,36 et 151,42 mg/l respectivement pour le site avant et après le passage de la zone agricole (B). (Figure 15).

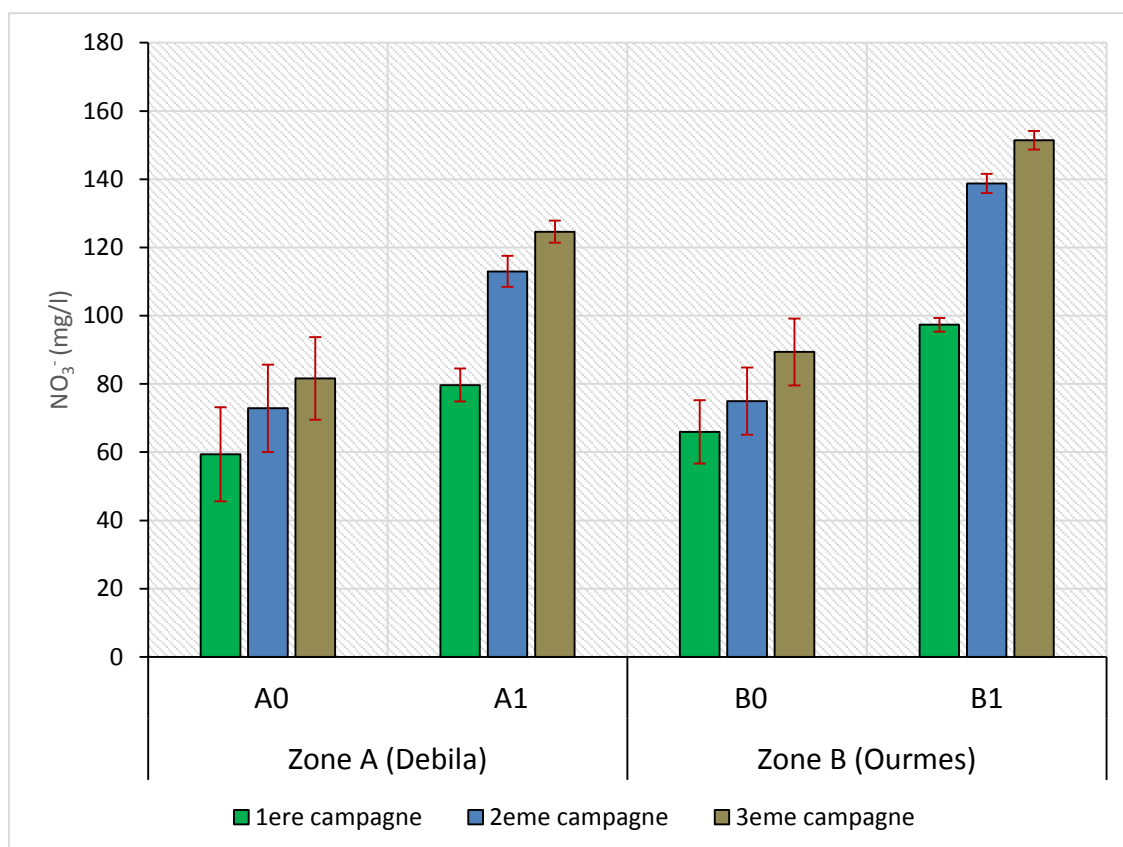


Figure 15 : Variation de la teneur en nitrates dans les eaux analysées

2.4. Variation du taux d'Orthophosphate dans les eaux analysées

Les phosphates constituent des composés de base indispensables à toute forme de vie végétale ou animale. Il peut se trouver sous différentes formes oxydées. C'est un élément de base des acides nucléiques ADN et ARN. Il participe à la distribution de l'énergie dans le corps humain (Claude et *al.*, 1998), et représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Vilain, 1989).

L'analyse des résultats mentionnés dans la figure 16, montre que la concentration en ions orthophosphatés dans les eaux analysées à la 1^{ère} campagne d'échantillonnage varie entre 0,14 mg/l et 0,25 mg/l respectivement pour le site avant et après le passage de la zone agricole (A), et elle varie entre 0,18 mg/l et 0,28 mg/l respectivement pour le site avant et après leur passage de la zone agricole (B). À la 2^{ème} campagne d'échantillonnage, ces ions enregistrent des teneurs de 0,17 mg/l dans les eaux avant le passage et 0,29 mg/l dans les eaux après leur passage de la zone (A), et des teneurs de 0,22 mg/l dans les eaux avant le passage et 0,35 mg/l dans les eaux après leur passage de la zone expérimentale (B). Alors que, des teneurs beaucoup plus élevées en ces ions ont été enregistrées à la dernière campagne d'échantillonnage par rapport aux deux autres campagnes, avec des teneurs qui varient entre 0,21 mg/l et 0,46 mg /l respectivement pour le site avant et après leur passage de la zone agricole (A), et 0,32 mg/l et 0,53 mg/l respectivement pour le site avant et après leur passage de la zone agricole (B).

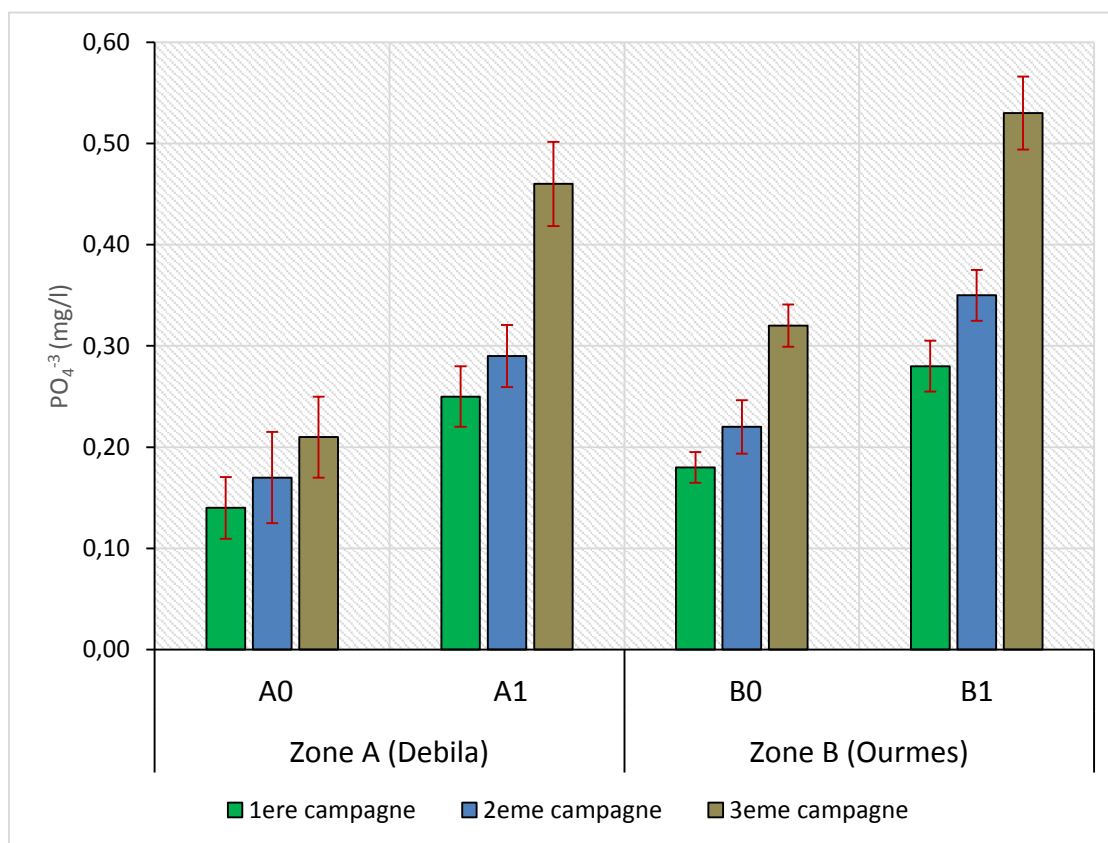


Figure 16 : Variation du taux d'Orthophosphate dans les eaux analysées

2.5. La variation du taux de SAR dans les eaux analysées

Le SAR (Rapport d'Adsorption du Sodium) exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Il est défini par l'équation suivante :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}} \quad ; \text{ avec Na, Ca, Mg en meq/l.}$$

L'analyse des résultats mentionnés dans la figure 17, montre que la valeur moyenne de SAR enregistrée à la 1^{ère} campagne d'échantillonnage est de 5.86 meq/l dans les eaux avant le passage de la zone (A) et de 7.92 meq/l dans les eaux après leur passage de cette zone, et elle est d'ordre de 7.01 meq/l dans les eaux avant le passage et de 7.39 meq/l dans les eaux après leur passage de la zone agricole (B).

À la 2^{ème} campagne d'échantillonnage, la valeur moyenne enregistrée est de 6.71 meq/l dans les eaux avant le passage et de 8.12 meq/l dans les eaux après leur passage de la zone d'activité agricole (A), et elle est d'ordre de 7.49 meq/l dans les eaux avant le passage et de 8.15 meq/l dans les eaux après leur passage de la zone d'activité agricole (B). À la 3^{ème} campagne la valeur de 6.94 meq/l a été enregistrée dans les eaux avant le passage de la zone d'activité agricole et de 8.71 meq/l a été enregistrée dans les eaux après leur passage pour la zone expérimentale (A) et la valeur de 7.69 meq/l a été enregistrée dans les eaux avant le passage et de 8.46 meq/l a été enregistrée dans les eaux après leur passage pour la zone expérimentale (B).

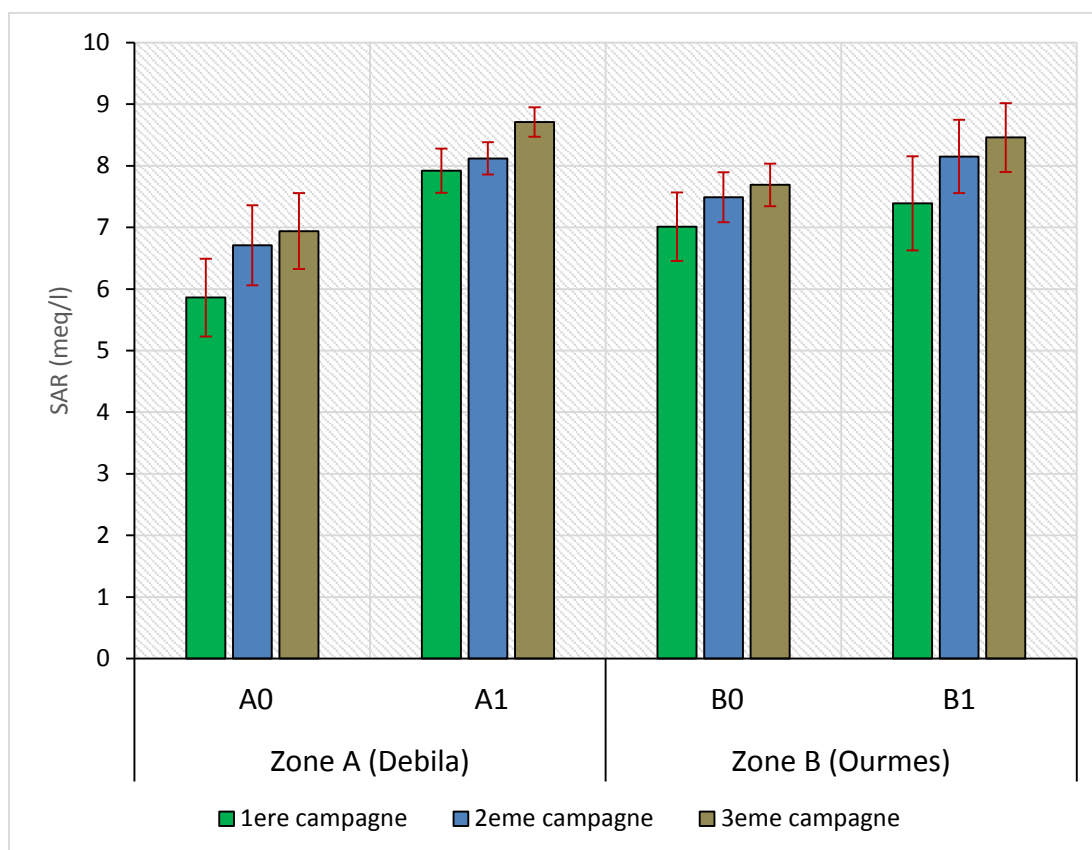


Figure 17 : Variation du taux de (SAR) dans les eaux analysées

Discussion générale

Les résultats obtenus montrent une variation de valeur des quelques paramètres physico-chimiques (NO_3^{-2} , PO_4^{-3} et CE) au cours du temps (période d'échantillonnage), ainsi, qu'en fonction du site de prélèvement (avant ou après le passage de zone agricole) et ceci au niveau des eaux analysées des deux zones d'étude.

L'augmentation des teneurs en nitrates à la 3^{eme} campagne d'échantillonnage par rapport à la 1^{ere} campagne au niveau des eaux après leur passage des zones d'activité agricole (A et B), peut-être dû au lessivage des fertilisants (engrais minéraux ou organiques) utilisés par les agriculteurs au début de 1^{ere} saison agricole. En fait, contrairement aux ions ammoniums (NH_4^+), les ions nitrates sont très mobiles dans le sol et étant chargées négativement ; ces ions ne sont pas retenues par le complexe argilo-humique, ce qui favorise leur lessivage et augmente le risque de la pollution des eaux profondes par les nitrates (Ibnuoussina, 2006).

De même, la variation temporelle de la teneur des ions orthophosphatés des eaux étudiées montre une augmentation à la 3^{ème} campagne d'échantillonnage au niveau des eaux après leur passage des zones expérimentales (A et B). Cette augmentation peut être dû à la lixiviation des ions orthophosphatés contenus dans les intrants agrochimiques utilisés par les agriculteurs vers les couches profondes du sol, ce qui a influé probablement sur la composition chimique des eaux.

L'augmentation du risque de la pollution par les nitrates et par les autres éléments chimiques se trouve accentuer par le système d'irrigation adopté par les agriculteurs de la région d'étude. En fait, la majorité agriculteurs utilise l'irrigation par aspersion (sous pivot).

Par ailleurs, la texture sableuse trop filtrante favorise d'avantage la dynamique des nitrates vers les eaux souterraines.

D'autre part, le bas niveau de nappe phréatique dans la région d'étude est en mesure d'accélérer le lessivage des nitrates et d'autres éléments chimiques solubles provenant soit de la fertilisation minérale ou organique (fumier).

Dans ce cadre, Boutin (1987) a mentionné que l'eau d'une nappe phréatique est d'autant plus vulnérable à la pollution que le sommet de la nappe est proche de la surface du sol, que les terrains qui surmontent l'aquifère sont perméables et que les sources superficielles de pollution sont importantes.

Quant à la salinité des eaux, qui a été déterminée par la conductivité électrique, ce paramètre a montré aussi une augmentation remarquable. En outre, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à la fin de la campagne agricole (3^{ème} campagne d'échantillonnage). Ce qui est peut être expliqué par la concentration des sels au niveau des eaux profondes en ce moment d'échantillonnage à cause de température levée de ce moins (Juin).

Toutefois, pour le pH la variation de leurs valeurs entre les trois campagnes d'échantillonnage ne dépasse pas en général une unité. Ce qui montre la campagne d'échantillonnage n'a aucune influence sur le pH des eaux analysées (à court terme).

L'absence d'une grande variation entre la valeur de pH et de la CE au niveau des eaux analysée avant et après leur passage de la zone agricole, nous a permis de conclure que sous nos conditions expérimentales, l'activité agricole n'a aucun effet ni sur le pH, ni sur la CE des eaux étudiées.

Conclusion générale

A la lumière des résultats obtenus par le suivi des paramètres physicochimiques et surtout les paramètres de pollution au niveau des eaux souterraines de zone d'étude, on constate une dégradation de la qualité des eaux souterraines particulièrement au niveau de la zone soumise à une activité agricole intensive.

Les résultats obtenus montrent que les plus importants indicateurs de la pollution d'eau (teneur en nitrates et la salinisation) variée en fonction du site de prélèvement (avant, après passage) et aussi en fonction de période d'échantillonnage (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} campagne).

La présence des indicateurs de pollution nitrique dans les eaux analysées au niveau de la zone d'étude peut être liée d'une part, à la nature sableuse de sol et au bas niveau de la nappe d'autre part, ce qui en mesure d'accentuer le processus de pollution.

Par ailleurs, le système d'irrigation adopté dans la région d'étude (irrigation par aspersion) contribue efficacement à aggraver la situation et augmenter la vulnérabilité des eaux à la pollution nitrique.

De ce fait, la préservation des ressources hydriques devient donc impérative devant la dégradation de ces écosystèmes aquatiques et exige le fractionnement des apports en fertilisants ce qui permet de mieux les adapter aux besoins des végétaux lors de leur croissance et de diminuer le risque de lessivage d'un stock en nutriments temporairement non utilisé.

A titre d'exemple dans le cas de la pollution diffuse des ressources en eau souterraines par l'ion nitrate on recommande que :

- La fertilisation azotées devrait être adaptée aux besoins des cultures pour un niveau de rendement optimum et aux potentialités du milieu, elle doit tenir compte du potentiel de minéralisation de la matière organique native du sol ;

- Une gestion rationnelle de l'irrigation tel que la maîtrise des fréquences et des doses de l'irrigation en fonction de l'espèce végétale, ainsi que l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation notamment l'irrigation localisée (goutte à goutte) est vivement recommandée pour économiser l'eau et préserver sa qualité ;
- Par ailleurs, le contrôle de la pollution des eaux souterraines par les nitrates ne pourrait se concevoir sans un programme de sensibilisation des agriculteurs et de vulgarisation de pratiques culturales adéquates permettant d'obtenir de bons rendements tout en respectant la qualité nitrique des ressources en eau souterraine.

Références Bibliographiques

- ACHIRI O et BOUZIANE Y., 2014 :** Diagnostic qualitatif des eaux potables distribuées pour l'alimentation dans la ville d'el oued. Diagnostic Système Alimentation en eau potable, Université El- Oued, p70.
- ANRH, 2005 :** inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El Oued. La Direction régionale Ouargla. Algérie 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
- BEGGAS Y., 1992 :** Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El Oued – régime alimentaire d'Ochrilidiatibilis. Mémoire Ing. Agro., Insti. nati. Agro. El Harrach, 53p.
- BEISEL JEAN-NICOLAS, PELTRE MARIE-CHRISTINE ET USSEGLIO-POLATERA PHILIPPE, 2011 :** Impact de la pollution saline sur la biocénose aquatique de la Moselle. Laboratoire des interactions CNRS UMR 7146 Université Paul Verlaine Metz - Campus Bridoux, p 60
- BERMOND R., VUICHAARD R., 1973 :** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- BNEDER, 1999 :** Plan de développement des régions sahariennes, Alger, 47 p.
- BOULIER FLORENT, 2011 :** Retour d'expérience des opérations de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole ; AgroParisTech-ENGREF ; Centre de Montpellier 17p.
- BOUTIN C., 1987 :** L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable. L'exemple des Zones rurales du Maroc, Sci. Eau, 6 (3) (1987) 357-65.
- CARNEVALE, Nicholas T. et HINES, Michael L., 2006 :** The NEURON book. Cambridge University Press.
- COSANDEY, CLAUDE et al. 2003 :** Les eaux courantes : Géographie et environnement. Édition Belin, Paris, 239 p.

- DERRADJI, F., 2004 :** Identification quantitative et qualitative des ressources en eau dans la région d'Annaba–El Tarf (Nord-Est de l'Algérie). Thèse de doctorat. Doctorate Thesis, Dept. Of geology, university of Annaba, Algeria.
- DREW, 2007 :** Bulletin d'information hydraulique -Ed. direction des ressources en eau de la Wilaya d'El-Oued 22 p.
- DUBIEF J., 1963 :** Le climat du Sahara. Mém. Hors série. instituts de recherches Sahariennes, 2, Université d'Alger.275p.
- DUSSART B., 1966 :** Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier Villars, Ed., Paris.
- FAO, 2005 :** Rapports Sur L'eau ; L'irrigation en Afrique en chiffres ; Enquête AQUASTAT ; 637p.
- FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P., 1980 :** Ecologie ; Ed. Baillière, Paris, 168p.
- HILLISSE, 2007 :** Encyclopédie des plantes de la région d'Oued Souf Ed. El-Walide ; El-Oued ; 302p.
- IBNOUSSINA M'HAMMED, MOHAMED EL HAROUI, ABDELLATIF MASLOUHI, 2006 :** Expérimentation et modélisation de la lixiviation de l'azote nitrique dans un sol sableux ; C. R. Geoscience, 338 (2006), 787–794
- ISO, 1989 :** Qualité de l'eau. Dosage de la somme du Calcium et du magnésium. Méthode titrimétrique à la l'EDTA. NA752, ISO 6059. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.
- ISO, 1990 :** Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.
- ISO, 1990 :** Qualité de l'eau. Dosage du sodium et du potassium. Méthode par spectromètre d'émission à flamme. NA 1653, ISO 9964-3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

- ISO, 1994** : Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994** : Qualité de l'eau. Dosage du phosphore par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.
- JEGO G., 2008** : Influence des activités agricoles sur la pollution nitrique des eaux souterraines Analyse par modélisation des impacts des systèmes de grande culture sur les fuites de nitrate dans les plaines alluviales. Thèse de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, spécialité, Agrosystèmes, écosystèmes et environnement, p 229
- KETTAB AHMED, 2001** : Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision ; Desalination 136 (2001) 25-33
- LADJEL S., 2009** : Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.
- LE HOUREOU H.N., 1995** : Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique du Nord. Coll. « L'homme peut-il faire ce qu'il a défait ? » ORSTOM, Tunis, 65-102
- LOUCIF SEIAD N., 2003** : Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie ; Revue H.T.E. N° 125 ; Mars 2003 ; 94-101
- MEHDA SMAIL, 2014** : Evaluation du risque de la contamination physico-chimique et biologique des eaux souterraines par les polluants d'origine agricole dans la région d'El Oued ; Thèse magister ; UKM Ouargla. 81p
- MERHI MAYSALOUN, 2008** : Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin ; Thèse doctorat ; Université De Toulouse ; p139.
- MORALES, F. J., ROMERO, C., & JIMÉNEZ-PÉREZ, S., 1996** : Fluorescence associated with Maillard reaction in milk and milk-resembling systems. Food Chemistry, 57(3), 423-428.

- NADJAH A., 1971** : Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger, 174p.
- NICOLARDOT B., MARY B., HOUOT S., SETHECOUS S., 1996**: La dynamique de l'azote dans les sols cultivés, la maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes. INRA Ed., p 87-103.
- OCDE., 2004** : Agriculture et environnement: enseignements tirés de dix ans (1993-2003) des travaux de l'OCDE.
- OUSTANI M., 2006**: Contribution a l'étude de l'influence de certains amendements organiques sur propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions saharienne (Cas de Ouargla) . Thèse Magister. Université Ouargla.
- POUËSSEL PIERRE, 2003** : Guide de l'eau potable, Ministre de la sante, de la famille et des personnes handicapées ; France 103p.
- RAMADE F., 2003** : Eléments d'écologie- écologie fondamentale ; Ed. Dunod, Paris, 689 p.
- RILEY J.P., 1965** : Analytical chemistry of sea water. In: Riley J.P. et Skirrow G. (Eds.), Chemical Oceanography. Academic Press, London, pp. 295-424.
- **RODIER, J., 1984** : L'analyse de l'eau. 7^{eme} édition. Paris, France.
- RODIER JEAN, LEGUBE BERNARD, MERLET NICOLE ET COLL , 2009** : L'analyse de l'eau, 9^e édition ; Ed. Dunod, Paris, 1526p.
- SAKER MOHAMED LAKHDAR, DADDI BOUHOUN MUSTAPHA, BOUTOUTAOU DJAMEL ET OULD EL HADJ MOHAMED DIDI, 2013** : Gestion Des Potentialités Hydriques En Régions Sahariennes ; Algérien Journal of Arid Environment ; vol. 3, n° 2, Décembre 2013: 96-102
- SCI, 2006** : ENVIRONNEMENT CANADA. SCI. En ligne. <www.ec.gc.ca>. Consulté en 2006
- SENOUSSI A., BISSATI S. et LEGHRISSI I., 2012** : LE GHOUT DANS LE SOUF : L'AGONIE D'UN SYSTEME INGENIEUX, Vol 2 N 1 Juin, Revue des Bioressources 65-80.
- TUTIEMPO, 2017** : www.tutiempo.net

- UNESCO, 1972** : étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.

- VANESSA V , RAMON R ., 2015** : Les risques liés à l'eau souterraine. Allemagne p20

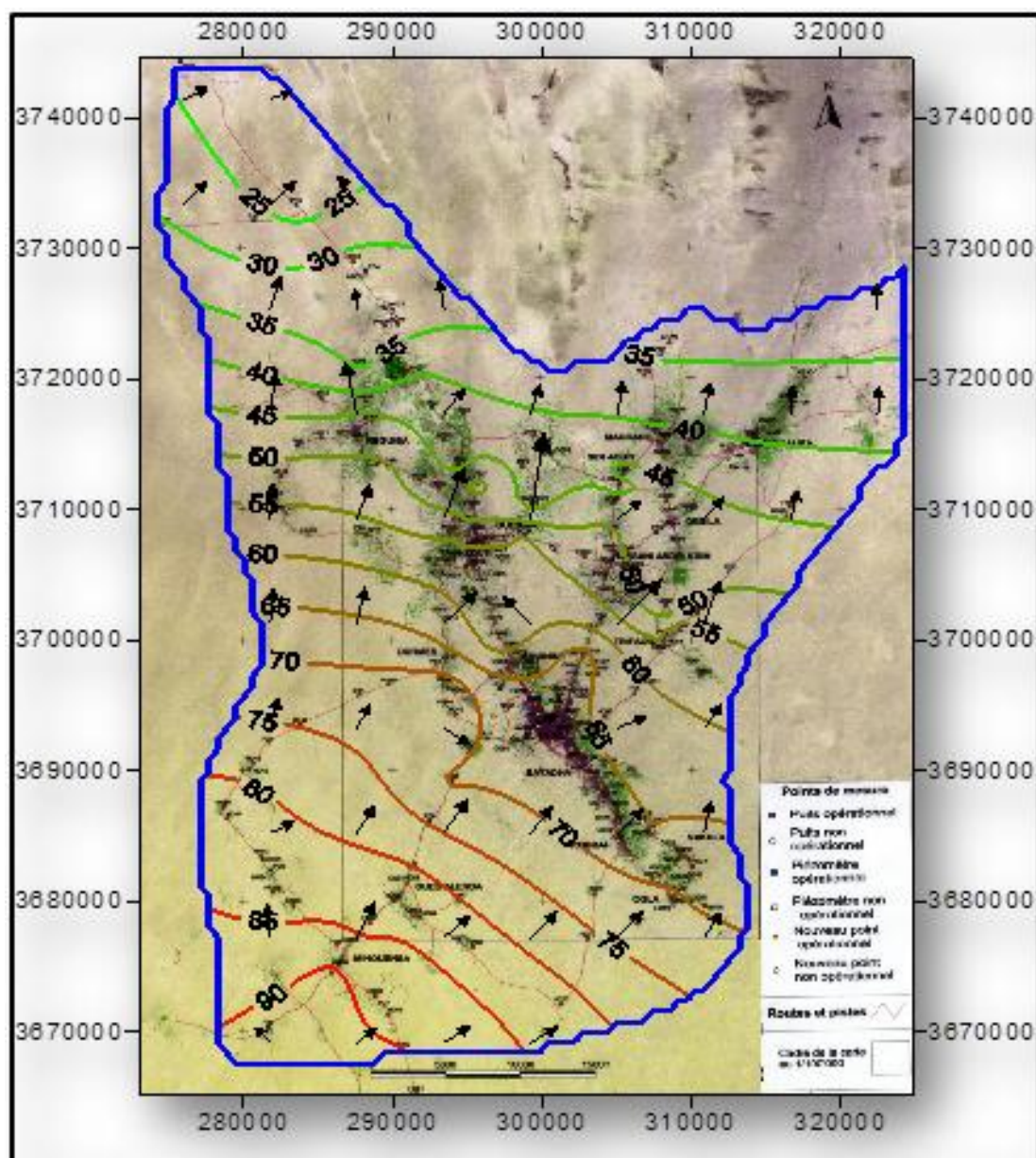
- VILAIN M., 1989** : La production végétale. Vol 2: la maitrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére).Paris- France.

- VOISIN P., 2004** : Le Souf ; Ed. El-Walide ; El-Oued ;319p.

- WEYER, P. J., CERHAN, J. R., KROSS, B. C., HALLBERG, G. R., KANTAMNENI, J., BREUER, G., ... & LYNCH, C. F., 2001**: Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa Women's Health Study. Epidemiology, 12(3), 327-338.

Annexe

Fig : Carte piézométrique de nappe phréatique de la région d'Oued Souf (ONA, 2010)



Résumé

L'agriculture est actuellement classée en premier rang des sources de la pollution de l'eau dans plusieurs régions dans le monde. Ce type de pollution liée à la dissémination des intrants agricoles que sont les produits phytosanitaires, les engrais minéraux azotés et phosphatés ou encore les effluents d'élevage. Dans la région d'EI Oued, la salinisation et la pollution diffuse des eaux souterraine par l'ion nitrate commence à devenir alarmante. Dans ce cadre, cette étude a été réalisée a pour but d'évaluer la pollution saline et nitrique d'origine agricole des eaux souterraines dans deux zones d'activité agricole (Debila et Ourmes).

Les résultats obtenus montrent que les plus importants indicateurs de la pollution d'eau (teneur en nitrates et la salinisation) variée en fonction du site de prélèvement (avant, après passage) et aussi en fonction de période d'échantillonnage (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} campagne). Ces résultats montrent l'importance de la préservation des ressources hydriques contre le risque de la pollution d'origine agricole, ce qui exige une gestion adéquate et une bonne maitrise de l'emploi des intrants agrochimiques dans cette région.

Mots clés : Pollution, eaux souterraines, nitrates, salinisation, agriculture.

ملخص

تُعتبر الزراعة حاليا أكثر مصادر تلوث المياه في عدة مناطق في العالم. هذا النوع من التلوث مرتبط باستعمال المدخلات الزراعية مثل منتجات وقاية النبات والنيتروجين المعدنية والأسمدة الفوسفاتية أو روث الماشية. في منطقة الوادي، ملوحة وتلوث المياه الجوفية بأيونات النترات أصبحت مثيرة للقلق. في هذا السياق، كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم التلوث الملحي والنتراتي الناتج من المصادر الزراعية للمياه الجوفية في منطقتين زراعتين (الدبيلة وورماس).

تُظهر النتائج أن أهم مؤشرات تلوث المياه (النترات والملوحة) تفاوتت تبعا لموقع لأخذ العينات (قبل، بعد مرور)، وأيضا وفقا لفترة أخذ العينات (الفترة الاولى، الثانية و الثالثة). هذه النتائج تبين على أهمية الحفاظ على الموارد المائية من خطر التلوث الناجم عن الزراعة، الأمر الذي يتطلب الإدارة السليمة وإتقان جيد للاستخدام الكيماويات الزراعية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التلوث، المياه الجوفية، النترات، التملح، الزراعة.

Summary

Agriculture is currently ranked first among the sources of water pollution in several regions of the world. This type of pollution linked to the dissemination of agricultural inputs such as plant protection products, nitrogen and phosphate mineral fertilizers or livestock manure. In the EI Oued region, salinization and diffuse pollution of groundwater by the nitrate ion is starting to become alarming. In this framework, this study was carried out to assess the saline and nitric pollution of agricultural groundwater in two areas of agricultural activity (Debila and Ourmes).

The results obtained show that the most important indicators of water pollution (nitrate content and salinization) vary according to the sampling site (before, after passage) and also according to the sampling period (1st, 2nd and 3rd campaign). These results show the importance of preserving water resources against the risk of pollution of agricultural origin, which requires proper management and good control of the use of agrochemical inputs in this region.

Key words: Pollution, groundwater, nitrates, salinisation, agriculture.