



الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Année scolaire :

2022-2023

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



*MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER*

*(Spécialité : Ressources Hydrauliques)*



**THEME :**

**Qualité de l'eau de la nappe de l'oued Damous  
( Willaya de Tipaza )**

**MEMBRES DU JURY :**



Président : M. **HOUSSEYN BOUZERIA**



Examineur : M. **BELKACEM FILALI M'HAMED**



Encadreur : Mme. **HALLOUCHE OUASSILA**

**Présenté par :**

**YAMEOGO Missom Gontran  
Armel**

**Soutenu à Blida, le 04 Juillet 2023**

# Remerciements



*Au terme de ce parcours qui se clôture par ce présent mémoire, je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude au tout puissant pour sa bienveillance et ses bonnes grâces,*

*J'adresse toute ma reconnaissance à toute l'équipe du département de l'Eau et de l'Environnement ainsi qu'à toute l'Algérie pour m'avoir accepté et transmis ce savoir-faire qui sera bientôt un métier ;*

*A Mme Hallouche Ouassila tous mes respects et mes vifs remerciements pour m'avoir guidé en tant que promoteur dans l'élaboration de ce mémoire et pour tous les efforts conjugués dans la réalisation de ce travail.*

*Aussi, je me permets d'adresser mes remerciements à l'ensemble de mes professeurs pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté à travers la qualité de l'enseignement et les explications.*

*Également un grand merci aux différents membres du jury pour le temps accordé et les appréciations.*

*Je n'oublie pas l'ANRH-Blida pour les résultats d'analyses indispensables à l'accomplissement de ce document.*

*Pour finir, je tiens absolument à remercier tous ceux qui étaient présents quand j'en ai eu le besoin (professeurs, famille, proches, amis, camarades, connaissances, agents de bibliothèque) en particulier M. Remini **B**, M. Abdelhamid **G**, M. Ali **H** et à mon aîné Bouklachi pour leurs apports divers et accompagnements.*

*Armel*

*Mai*

*2023*



# Dédicaces



*Je dédie ce mémoire à :*



*Mes parents, que nulle dédicace ne saurait exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragements continus, le soutiens morale et matériel dont ils font preuve pour garantir ma réussite, je témoigne mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.*



*Mes frères et ma sœur pour leur amour et leur accompagnement ; qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.*



*Je le dédie également à :*

*Mes amis, mes camarades et à mes proches pour les efforts consentis sans lesquelles je ne serai venu à bout de cet œuvre.*



*A toute ma famille et à tous ceux que j'aime grandement merci pour le travail abattu.*



## تلخيص

يفرض الإنسان متطلبات هائلة على موارد المياه الجوفية لأنشطته ، لدرجة أنها تتعرض الآن للاستغلال المفرط والتلوث بأملح البحر. في الواقع ، تسبب الاستغلال المفرط للمياه الجوفية في أضرار جسيمة ، لا سيما في المناطق الساحلية ، مما أدى إلى تغيير نوعية المياه وبالتالي الإضرار بالإنتاج الزراعي وصلاحية مياه الشرب. تستمر ظاهرة التسلل البحري في النمو على الرغم من تدابير الحاجز التي تم إدخالها لمواجهة تقدمها. الساحل الجزائري بأكمله مهدد ، مما يفرض مراقبة دائمة للمناطق الحساسة. كشفت حملة قياس الضغط التي نفذت على مستوى الآبار بمحاذاة واد دموس الواقعة على أطراف البحر ببلدية داموس (غرب تيبازة) عن عمق ثابت في منسوب المياه الجوفية خلال شهري يناير ومارس ثم زيادة في منسوب المياه الجوفية خلال شهري يناير ومارس. متر واحد على الأقل لكل بئر في مايو. يُظهر رصد المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمنطقة أن القياسات لا تزال قريبة من الحدود المسموح بها ، إلا أن قياسات الملوحة والتوصيلية والكلوريدات أعلى في الأطراف الساحلية عنها في الأماكن البعيدة. تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة بحد أقصى 2150 جزء في المليون ، وتصل الموصلية إلى 3300 ميكروغرام / سم والكلوريدات 299 مجم / لتر مما دفعنا إلى الشك في وجود اقتحام بحري محتمل ولكنه ضعيف. ستوفر المزيد من التحقيقات مزيداً من التفاصيل لدعم هذه الفرضية. الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية ، واد دموس ، الجودة ، التلوث ، التسلل البحري.

## Abstract

Humans heavily rely on groundwater resources for their activities, resulting in their overexploitation and contamination by seawater salts. Indeed, the overexploitation of aquifers has caused serious damages, especially in coastal regions, compromising water quality and affecting agricultural production and drinking water availability.

The phenomenon of marine intrusion continues to escalate despite the implemented preventive measures. The entire Algerian coastline is threatened, necessitating continuous monitoring of sensitive areas.

The piezometric campaign conducted in the wells along the Oued Damous, located near the sea in the municipality of Damous (W.Tipaza), revealed consistent water table depths during the months of January and March, followed by an increase of at least 1 meter in each well in May.

The monitoring of physico-chemical parameters in the area shows that the measurements remain within acceptable limits. However, measurements of salinity, conductivity, and chlorides are higher in the coastal fringe compared to more distant areas. The Total Dissolved Solids (TDS) reach a maximum of 2150 ppm, conductivity reaches 3300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , and

chlorides reach 299 mg/l, which led us to suspect the presence of a possible but limited marine intrusion. Further investigations will provide more details to support this hypothesis.

Keywords: groundwater, Damous Wadi, quality, pollution, marine intrusion

### *Résumé*

L'homme sollicite énormément les ressources en eau souterraines pour ses activités si bien qu'elles se retrouvent aujourd'hui surexploitées et souillées par les sels marins. En effet, la surexploitation des nappes à engendré de graves dégâts surtout dans les régions côtières altérant la qualité de l'eau et compromettant ainsi la production agricole et la potabilité des eaux de consommation.

Le phénomène d'intrusion marine ne cesse de prendre de l'ampleur malgré les mesures barrières instaurées pour contrer son avancé. Tout le littoral Algérien en est menacé, contraignant à une surveillance permanente des zones sensibles.

La campagne piézométrique effectuée au niveau des puits longeant l'Oued Damous situé en périphérie de la mer dans la commune de Damous (W.Tipaza) a révélé une constance des profondeurs dans la nappe durant les mois de janvier et de mars puis une augmentation d'au moins 1 mètre pour chaque puits au mois de mai.

Le suivi des paramètres physico-chimiques de la zone montre que les mesures restent voisines aux limites admissibles, cependant les mesures de la salinité, de la conductivité et des chlorures sont plus élevées dans la frange côtière que dans les endroits plus éloignés. Le TDS y atteint un max de 2150 ppm, la conductivité atteint 3300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et les chlorures 299 mg/l ce qui nous a mené à soupçonner la présence d'une probable mais faible intrusion marine. La poursuite des investigations apportera plus de détails pour étayer cette hypothèse.

Mots clés : eaux souterraines, Oued Damous, qualité, pollution, intrusion marine.

## *Table des matières*

### *Introduction générale*

#### *Chapitre I : Les eaux souterraines et leurs pollutions*

<b>I.1.</b> Introduction.....	04
<b>I.2.</b> Les eaux souterraines et le potentiel Algérien.....	04
<b>I.2.1.</b> Les eaux souterraines.....	04
<b>I.2.2.</b> Le potentiel Algérien.....	05
<b>I.3.</b> Pollutions des eaux souterraines.....	06
<b>I.3.1.</b> Caractéristiques qualitatives des eaux souterraines.....	06
<b>I.3.2.</b> Origines de la pollution, cas et moyens de lutte.....	07
a. Origines anthropiques.....	07
b. Origine naturelle et mécanique (l'intrusion marine).....	09
<b>I.3.3.</b> Cas de pollutions dans le monde.....	10
a. La pollution engendrée par l'Homme dans le monde.....	10
b. La pollution causée par l'intrusion marine dans le monde.....	11
<b>I.3.4.</b> Moyens de lutte contre la pollution.....	11
a. Moyens de lutte contre les pollutions anthropiques.....	11
b. Moyens de lutte contre l'intrusion marine.....	12
<b>I.4.</b> Conclusion.....	13

#### *Chapitre II : Région d'étude et Méthodologie*

<b>II.1.</b> Introduction.....	15
<b>II.2.</b> Présentation du site étudié.....	15
<b>II.2.1.</b> Situation géographique et relief.....	15
<b>II.2.2.</b> Hydro-climat.....	17
<b>II.2.3.</b> Aspect socio-économique et industriel.....	18
<b>II.2.4.</b> Structure géologique et perméabilité du site.....	19
<b>II.3.</b> Méthodologie.....	20
<b>II.4.</b> Conclusion.....	22



### **Chapitre III : Résultats et discussion**

<b>III.1.</b> Introduction.....	24
<b>III.2.</b> Présentations des résultats obtenus.....	24
<b>III.2.1.</b> Mesures in-situ.....	24
<b>a.</b> La température.....	24
<b>b.</b> La profondeur piézométrique.....	25
<b>c.</b> La conductivité et la salinité.....	25
<b>d.</b> Variations de la conductivité et de la salinité par rapport à la profondeur au niveau de chaque puits.....	27
<b>III.2.2</b> Résultats des analyses de paramètres chimiques en laboratoire.....	27
<b>a.</b> Les chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	27
<b>b.</b> Calciums (Ca <sup>2+</sup> ), Magnésiums (Mg <sup>2+</sup> ), Dureté totale (TH) et nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	28
<b>c.</b> Autres paramètres mesurés avec l'échantillon du puits 7 au mois de février.....	29
<b>III.3.</b> Conclusion.....	30

#### **Conclusion générale**

#### **Références bibliographiques**

## Liste des figures

### Chapitre I : Les eaux souterraines et leurs pollutions

Figure I.1 : les différents types de nappes .....	5
Figure I.2 : Répartition de l'eau souterraine sur le territoire Algérien .....	6
Figure I.3 : Origine de la pollution des eaux .....	8
Figure I.4 : schémas de formation du biseau salé .....	9

### Chapitre II : Région d'étude et Méthodologie

Figure I.1 : Découpage administratif de la willaya de Tipaza .....	15
Figure II.2 : Bassin versant de l'oued Damous .....	16
Figure II.3 : Cartographie de l'oued Damous .....	16
Figure II.4 : Image satellitaire de l'oued Damous .....	16
Figure II.5 : Image de l'oued au mois de février .....	17
Figure II.6 : Image de l'oued au mois de mars .....	17
Figure II.7 : Image de l'oued au mois mai .....	17
Figure II.8 : Illustration de l'exploitation au niveau des puits .....	18
Figure II.9 : pratique agricole sous serres sur le site .....	18
Figure II.10 : pratique agricole a ciel ouvert sur le site .....	19
Figure II.11 : Présentation de la nappe alluviale de l'oued Damous .....	19
Figure II.12 : Formation alluvionnaire du lit du cours d'eau .....	20
Figure II.13 : Physionomie d'une sonde .....	20
Figure II.14 : Paramètres mesurés.....	20
Figure II.15 : Echantillon prélevé.....	21
Figure II.16 : Dosage spectrophotométrique en laboratoire de l'ANRH .....	21
Figure II.17 : Spectrophotomètre du laboratoire de l'ANRH .....	21
Figure II.18 : Géolocalisation des puits .....	22

### Chapitre III : Résultats et discussion

Figure III.1 : Variations de la température de l'eau au niveau des puits de l'oued Damous sur les 3 sorties.	24
Figure III.2 : Variations de la profondeur de l'eau au niveau des puits de l'oued Damous sur les 3 sorties.	25
Figure III.3 : Variations de la conductivité de l'eau au niveau des puits de l'oued Damous sur les 3sorties.	26
Figure III.4 : Variations de la salinité de l'eau au niveau des puits de l'oued Damous sur les 3 sorties.....	26
Figure III.5 : Variations des chlorures dans l'eau au niveau des puits de l'oued Damous sur les 3 sorties..	28
Figure III.6 : Variations de la concentration en calciums, magnésiums et nitratesdans l'eau ainsi que de la dureté totale au niveau du puits 7 de l'oued Damous.....	29



## Liste des tableaux

### Chapitre I : Les eaux souterraines et leurs pollutions

Tableau I.1 : Tableau des Types, Natures et Origines des pollutions ..... 8

### Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau III.1 : Tableau de variations de la salinité et de la conductivité en fonction de la profondeur..... 27

Tableau III.2 : Tableau de paramètres supplémentaires analysés..... 30



## Liste des abréviations

ISO : Organisation internationale de normalisation.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONU : Organisation des nations unies.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

UNESCO : Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

U. S EPA : environmental protection agency of United State

TDS : total dissolved solids

TAC : titre alcalimétrique total

Ptrs : paramètres

pH : potentiel d'hydrogène

**SiO<sub>2</sub>** : dioxyde de silicium



***INTRODUCTION GENERALE***

## *Introduction Générale*

La terre est la planète la plus riche en eau et pourtant très pauvre en eaux douces [1]. L'eau douce est la ressource naturelle la plus importante de la planète. Elle est vitale pour la santé, la nourriture, l'énergie et l'industrie. Elle est également essentielle pour la vie des animaux et des plantes, et pour le fonctionnement des écosystèmes. [2]

L'eau est omniprésente dans notre environnement, tant en surface que dans le sous-sol, sous forme de lacs, de rivières, nappes souterraines et aquifères. Les eaux souterraines qui sont les plus accessibles et les plus sollicitées, emmagasinent la majeure partie de l'eau douce disponible. Toutes vies et activités dépendent d'elle. En effet Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides et 75 à 90 % de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. [3]

Cependant, il en résulte d'importantes altérations suite aux actions anthropiques sur l'environnement qui ont engendré une contamination nocive de cette ressource nuisant à l'homme et à la nature. Certains travaux de recherches réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture [3]. Les interactions entre l'homme et la nature ont conduit à l'insuffisance et à la vulnérabilité actuel des nappes du fait de la dégradation continue du milieu qui est à l'origine des changements climatiques et de la surexploitation des ressources souterraines qui ont accéléré l'intrusion d'eau salée dans les nappes au niveau des côtes contaminant l'eau douce et compromettant ainsi l'approvisionnement d'eau potable et d'irrigation des terres agricoles dans les régions côtières [4].

En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour l'approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus d'individus et la municipalité se tournent vers les nappes phréatiques qui renferment un volume énorme d'eau exploitable [3] et cela devient une menace de plus en plus surtout au niveau du littoral car ces eaux sont surexploitées et en plus d'être polluées, elles sont endommagées par l'intrusion d'eau saline et cela provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes entraînant une incapacité de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène dans certaines régions algériennes rendant ainsi l'eau menacée dans sa qualité et sa quantité. [5]

Pour œuvrer à préserver la pérennité de la ressource et restaurer la nature, des études de suivis de l'évolution de la qualité de l'eau douce souterraine sont indispensables afin

d'exécuter un état des lieux des sites potentiellement pollués, identifier les anomalies et anticiper les prochains méfaits pour prévoir des mesures d'intervention atténuantes partant de la collecte de données sur les principaux éléments affectant la qualité de l'eau.

Le phénomène de salinisation en particulier a pris de l'ampleur ces vingt dernières années dans certaines régions pour causes de sécheresses associé aux pompages excessifs et anarchiques. Aujourd'hui, toutes les régions du littoral algérien (1200km) sont menacées par ce phénomène et plusieurs lieux de contaminations des nappes ont été signalés le long de la côte. La région du centre n'y a pas échappé, notamment les nappes des plaines de l'Oued Nador, l'Oued Mazafran et la région de Bord El Bahri.[5]

L'évaluation de la qualité de l'eau souterraine qui est un processus complexe qui implique une surveillance régulière, une analyse de la qualité de l'eau et une évaluation des risques [6] ; Nous nous proposons de porter notre attention sur l'étude de la qualité de l'eau de la nappe de l'Oued Damous qui est une nappe côtière situé dans la wilaya de Tipaza, en effectuant un suivi de l'évolution du niveau piézométrique, de la conductivité, de la salinité et de certains sels dissous tels que les chlorures, le calcium, le magnésium, etc.



*CHAPITRE I :*

*Les eaux souterraines et leurs  
pollutions*

---

## **I.1. Introduction**

Les défis naturels, climatiques et environnementaux auxquels fait face le monde particulièrement les pays côtiers comme l'Algérie sont innombrables. En effet, l'évolution et la modernisation ont engendré multiples dégâts auxquels doit faire face l'humanité de nos jours pour assurer sa survie et celle de sa progéniture notamment la pollution des ressources naturelles et plus particulièrement la ressource souterraine car la productivité du sol ainsi que plusieurs autres besoins primordiaux sont assurés par cette ressource. Toute la chaîne alimentaire dépend d'elle ; de la production de la matière première à la transformation ainsi que la consommation. Il est donc important de la surveiller et de la réglementer afin de la protéger contre toute agression.

## **I.2. Les eaux souterraines et le potentiel Algérien**

### **I.2.1. Les eaux souterraines**

Le sous-sol est constitué de couches de formations géologiques sédimentaires (sables, grès, calcaires, argiles, craie, schistes, etc.), volcaniques (basaltes, andésites, etc.), métamorphiques (le gneiss, marbre, granites, etc.) et Karstiques (calcaire) renfermant une multitude de sels minéraux capables de se dissoudre dans l'eau sous forme d'ions et également de décharger l'eau de certaines particules d'ions. Les interstices (vides, pores, fissures, crevasses, etc.) formés entre ces couches de roches font office de réservoirs d'eau douce provenant de l'infiltration des eaux de pluies et des eaux des cours d'eau qui ruissellent le long de la surface terrestre. L'ensemble eau + roches est appelé « nappes » ou « aquifères ». Chaque nappe peut en fonction de son emplacement et de la nature de la roche qui l'entoure être libre ou captive (voir figure I.1) :

- Les nappes libres ou nappes phréatiques sont généralement peu profondes situées directement sous la surface du sol souvent précédés d'une nappe alluviale et au-dessus d'une couche imperméable, de formation sédimentaire perméable facilement accessible par des puits et régulièrement alimentées par les eaux de pluies. Leurs niveaux varient en fonction de la pluviométrie et de l'exploitation.[7]
- Les nappes captives ou nappes artésiennes sont comprises entre deux aquitards (argiles, schistes, granites, tec.) et sont sous pression pouvant jaillir lorsqu'elles sont forées. Elles sont plus en profondeur, possédant des volumes constants d'eau présents depuis des milliers d'années faisant d'elles des ressources fossiles ou « paléo-hydriques » et ne peuvent pas être alimentées par les eaux de pluies. Elles constituent des ressources de dernier recours en cas d'inexistence ou de contamination des réserves accessibles par les polluants car elles sont

exemptes de souillures mais ne sont pas renouvelables et représentent les  $\frac{3}{4}$  des eaux souterraines.[7]

Le processus d'adsorption fait de ces ressources souterraines des réserves jugées pures nécessitant peu de moyens de traitement pré-usage et qui sont généralement utilisés comme sources de captage dans certains secteurs d'activités anthropiques notamment la consommation en eau potable et l'irrigation.

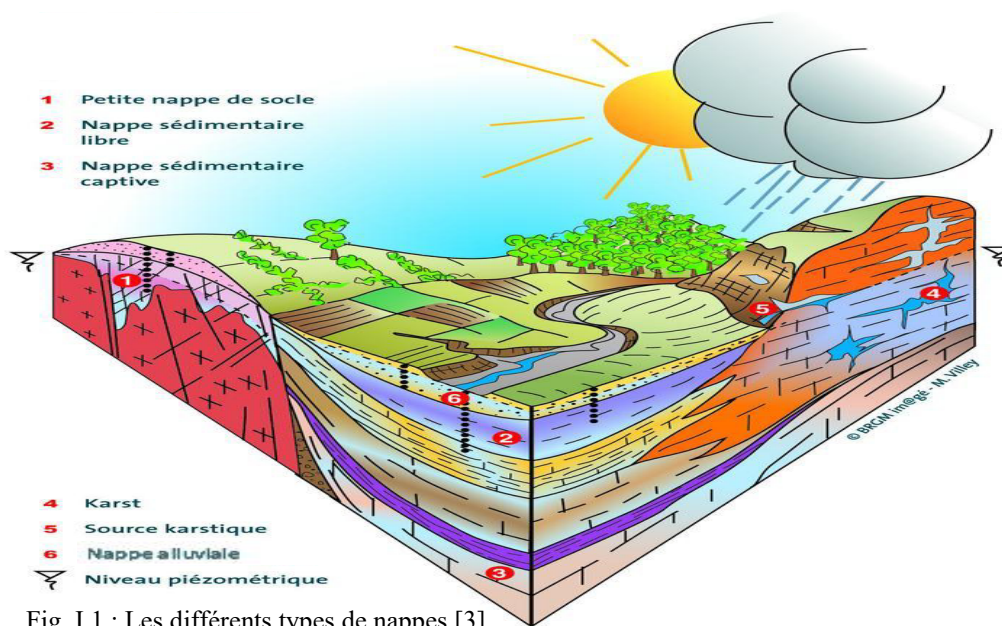


Fig. I.1 : Les différents types de nappes [3]

### I.2.2. Le potentiel Algérien

D'après des études, le sol renfermerait 30 % l'eau douce totale sur terre destinées aux différents usages de l'homme dont seulement les  $\frac{1}{4}$  de ces réserves sont facilement accessibles et renouvelables.[8]

Le volume d'eau contenu dans les nappes profondes en Afrique est d'environ 0,66 million de kilomètres cubes [9] dont 98 milliards de  $m^3$  de ce volume dans le sous-sol algérien [10], répartie sur toute l'étendue du territoire comme illustré sur la figure I.2.

Les ressources souterraines renouvelables en Algérie sont de 8,6 milliards de mètres cubes par an. Sur ces 8,6 milliards, seulement un volume de 2,5 milliards de mètres cubes est renouvelable au Nord malgré que la demande y soit plus élevée.[11]



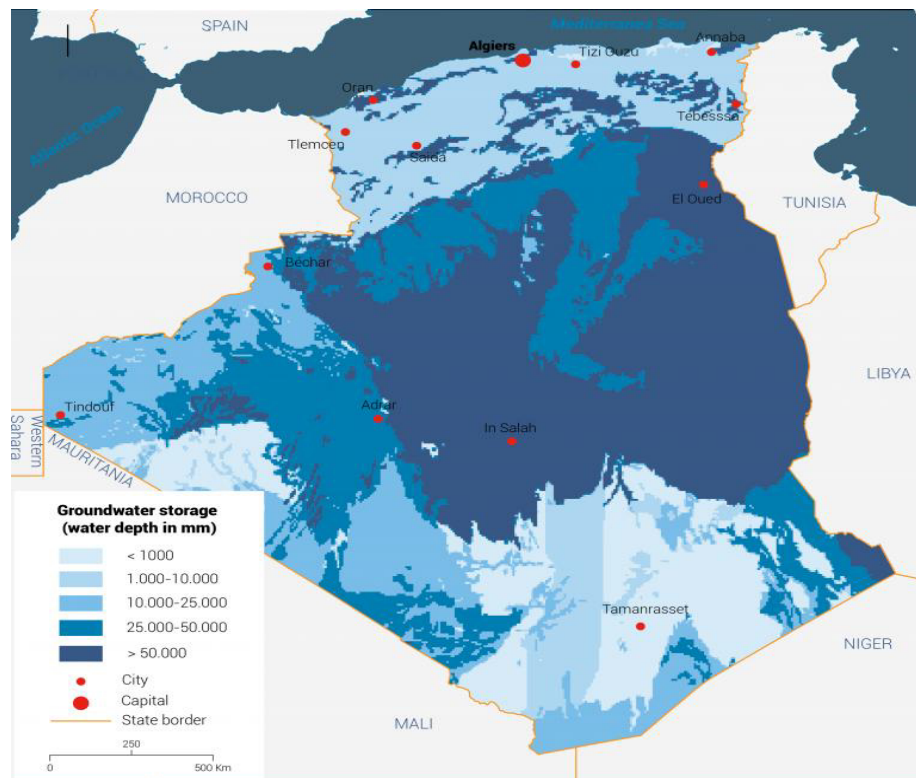


Fig. I.2 : répartition de l'eau souterraine sur le territoire Algérien<sup>12</sup>.

### **I.3. Pollution des eaux souterraines**

L'état de pollution est décrété lorsque certains paramètres caractéristiques de la qualité d'une eau se retrouvent en concentrations excessives supérieures à la normal ou que certains éléments qui ne devraient pas être présents aient été détectés. En effet, les eaux souterraines subissent des agressions diverses qui altèrent leur qualité pouvant aller jusqu'à les rendre nocives et impropres à la consommation et à tout usage. En de pareilles circonstances, le sol est également affecté et devient hostile à toute vie terrestre en particulier la faune et la flore et peut représenter un danger pour la santé humaine.

#### **I.3.1. Caractéristiques qualitatives des eaux souterraines**

Quatre grands paramètres comprenant plusieurs éléments interconnectés permettent de caractériser et de statuer sur l'état qualitatif d'une eau :

##### ❖ Les paramètres organoleptiques

L'odeur, le goût et la couleur détectables aux 3 des 5 sens de l'homme que sont l'odorat, le goût et la vue sont de parfaits indicateurs de présence d'éléments intrus notamment des gaz dissous ou des matières organiques en décomposition lorsque l'eau n'est pas inodore, transparente et sans goût.

##### ❖ Les paramètres physiques

Plusieurs facteurs peuvent entraîner la variation de la température, du pH, de la conductivité, du TDS, de la densité et de la turbidité. La majorité de ces éléments (pH, conductivité, densité et TDS) sont en liaison avec la quantité de sels dissous dans l'eau. La turbidité a pour cause la présence de matières non dissous et la température qui varie en fonction des saisons et de la profondeur influence la dissolution des éléments chimiques dans l'eau et la prolifération des micro-organismes microbiens.

❖ Les paramètres chimiques

Ces paramètres permettent de détecter les anomalies pouvant constituer une pollution. Il s'agit là principalement de la présence des différents sels minéraux en excès, de la présence de matières en suspension, de matières organiques et de la présence d'éléments intrus très nocifs comme les métaux lourds et les substances radioactives. A partir de ces irrégularités la provenance peut être établit. La présence de ces nouveaux éléments ou d'excès des éléments déjà présent sont la cause des mesures disproportionnées des paramètres physiques et de la détection d'une variation organoleptique.

❖ Les paramètres microbiologiques

La matière organique peut engendrer une invasion de microbes, virus, bactéries lorsqu'elle entame sa décomposition. Plusieurs éléments favorisent la prolifération de ces micro-organismes à savoir la température, le pH, la turbidité et l'oxygène dissous et certains sels minéraux qui jouent le rôle de nutriments. Une analyse de détection des coliformes thermotolérants, des coliformes totaux et des streptocoques fécaux permettent d'affirmer ou d'infirmer une contamination microbiologique cause de maladies très graves (choléra, fièvre typhoïde, etc.) chez l'homme.

L'on peut s'hasarder à dire que tous ces paramètres cités sont interconnectés et se succèdent, formant un schéma qui aboutit à la détection des éléments perturbateurs et de leurs origines. Pour se faire, chaque élément est soumis à des normes seuils qui fixent les limites à ne pas dépasser, en fonction de l'usage et de la ressource considérée, établies par des instances nationales (gouvernements, etc...) et internationales (ISO, OMS, ONU, FAO, UNESCO, etc.).

### **I.3.2. Origines de la pollution, cas et moyens de lutte**

#### **a. Origines anthropiques**

Il existe trois principales sources de pollutions découlant des activités humaines réparties à travers leurs aspects physiques, chimiques et microbiologiques. En France, une étude a pu

estimer le degré de pollution qu'engendre chaque secteur d'activité anthropique avec les types de polluants, représenté sur la figure I.3.

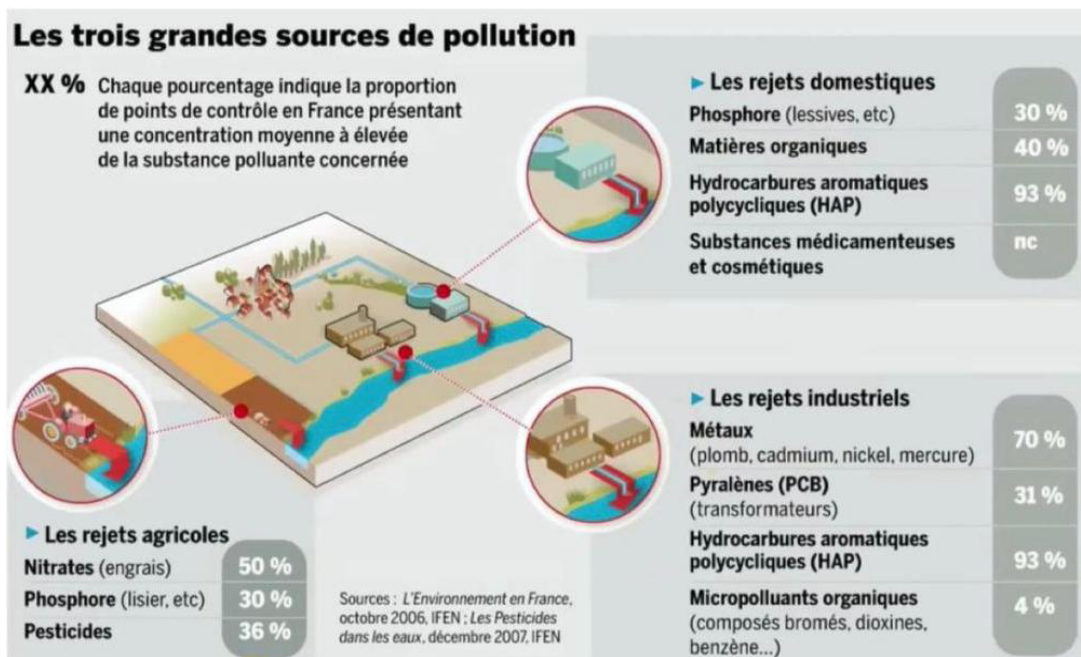


Fig. I.3 : origines, natures et degré de la pollution en France [13]

Le tableau I.1 ci-dessous [3] présente une liste plus exhaustive des pollutions perpétrées par l'homme et ses activités classées par catégories, natures et origines.

Tableau I.1 : Types, Natures et Origines des pollutions

Types de pollution	Nature	Origines
<b>Physique</b>	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques
	Matières en suspension (MES)	Rejet de toilettes, de réseaux d'assainissements défectueux, de stations d'épurations surchargées dans la nature sans traitements
	Erosion	Carrières, mines, labourage profond, etc.
<b>Chimique</b>	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, sucreries) et divers.
	Lixiviats contenant : métaux lourds (Cd, Pb, Al, As), acides minéraux (matières inorganiques), micro-organismes, etc.	Industries, agriculture, déchets domestiques.
	Composés organiques de synthèse : intrants agricoles, les composés organochlorés et	Industries, agriculture, effluents domestiques.
	Hydrocarbures	Industries pétrolières, transports
	Radioactifs (ex : le radon très nocif)	Mines, industries pharmaceutiques, laboratoires, hôpitaux, etc.
<b>Biologique</b>	Bactéries, virus, champignons	Effluents urbains, agricoles (excréments)

### b. Origine naturelle et mécanique (l'intrusion marine)

C'est un phénomène de pollution mondial qui sévit naturellement mais est accéléré par la surexploitation des nappes phréatiques côtières. Grâce à l'évolution des machines de pompages et l'exploitation à la fois anarchique et abusive des nappes à usage divers ; quelques fois à cause des élévations du niveau des eaux de mer, ce phénomène prend de l'ampleur et gagne du terrain. L'incapacité de renouvellement en quantité nécessaire des eaux souterraines en raison des besoins constamment croissants et supérieurs aux ressources disponibles et renouvelables ajouté à la rareté de pluies efficaces et des effets ravageurs du réchauffement climatique dans certaines localités peut exacerber ce problème.

Il se caractérise par une avancé de biseau salée qui est une pénétration de l'eau de mer dans les nappes phréatiques affaiblit par les pompages, se mélangeant progressivement à l'eau douce augmentant ainsi au fur et à mesure sa concentration saline et pouvant s'étendre sur des dizaines de km à l'intérieur des terres. Le schéma I.4 montre le processus de sa formation et les causes de son ampleur.

Elle altère nocivement la qualité de l'eau douce pouvant aller jusqu'à rendre le sol stérile, jouant ainsi sur la biodiversité et les écosystèmes côtiers. Le milieu devient alors hostile à toute vie et l'on emploie dans ce cas le terme de "pertes de terres" ce qui bouleverse également l'aspect socio-économique.[14]

Ce phénomène est détecté grâce à des suivit de longue période au cours de laquelle la salinité est régulièrement mesurée ainsi que les ions sodiums, chlorures, calcium, magnésium, et bicarbonates car ils sont en très grandes concentrations dans les eaux de mer et leurs teneurs peuvent révéler l'origine du surplus selon l'emplacement du site étudié lorsque ces teneurs atteignent certaines valeurs anormales.

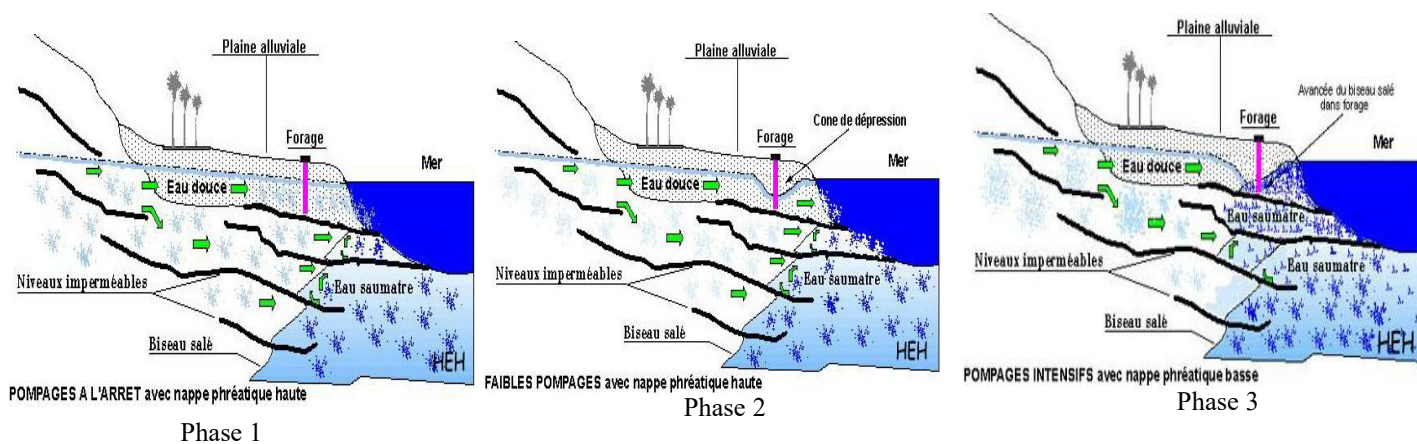


Fig. I.4 : schémas de formation du biseau salé [15]

### **I.3.3. Cas de pollutions dans le monde**

#### **a. La pollution engendrée par l'Homme dans le monde**

Plusieurs cas de pollution ont été recensés au fil du temps à travers le monde ; c'est le cas aux Etats Unies où une étude menée sur 18 emplacements de forages par l'U.S EPA à Wedron dans l'Illinois a révélé que la nappe phréatique était contaminée par des hydrocarbures, des métaux lourds et des produits chimiques industriels à savoir le benzène, le chloroforme, éthylbenzène et le xylène.

L'exploitation minière d'or, de cuivre et d'argent a également causé des dégâts radioactifs à la nappe au Pérou entraînant des effets néfastes sur la santé et l'écosystèmes des sites pollués. [16]

En France, d'innombrables cas de pollution aux métaux lourds sur le site de l'usine de Rhône, aux nitrates dans le Pas-de-Calais, aux pesticides en Picardie, en solvants chlorés et microbiologique en Serre et en Seine-maritime.[17]

Plusieurs études montrent également que les Pays Bas sont également frappées par les pollutions aux pesticides.[18]

Les pollutions par lixiviation à travers les décharges de déchets font également écho en Inde et au Brésil. L'altération de la qualité de l'eau par les métaux lourds, les hydrocarbures et les produits chimiques constitue la préoccupation majeure sur les sites pollués.

Le continent Africain connaît également les méfaits de la pollution à l'exemple de l'Afrique du Sud où la Caroline dans la ville de Mpumalanga souffre de pollution par drainage acide en raison de l'exploitation de charbon en janvier 2012 suite à une inondation par une tempête de pluie.[19] d'autres cas de pollutions radioactives ont également été enregistrés dans les régions riches en minéraux.

Au Kenya, le bassin versant de Thiririka dans la ville de Kiambu est également sujet à des pollutions diverses provenant de rejets agricoles, de déjections animales et de déchets domestiques.[20]

Les eaux intérieures souterraines de l'Afrique de l'Ouest et du Centre seraient altérées par des déchets chimiques dans les zones industrielles.[21]

En Algérie, les cas de pollutions dans les aquifères du nord sont multiples et couramment enregistrés en raison des volumes importants d'eaux usées domestiques et industrielles déversées quotidiennement dans les oueds et les quantités faibles d'oxygènes dissous. Le Sud du pays en pâtit également pour cause d'incapacité des installations de traitement à recueillir tous les effluents.

**b. Les pollutions causées par l'intrusion marine dans le monde**

Les cas d'intrusions marines sont rependus à travers le monde mettant en périls la qualité des eaux des nappes depuis les côtes en direction des terres intérieures et plusieurs études permettent de les mettre en évidence. C'est l'exemple de l'Ouest des états unis, de la Chine, de l'Inde, de l'Indonésie, du Mexique, de la Thaïlande, du Proche-Orient et surtout de plusieurs régions de l'Afrique où ce phénomène est très accentué en raison des pénuries d'eau notamment dans les régions côtières ; un problème amplifié par les effets des changement climatiques qui se font ressentir par des sécheresses intenses et de longue durée. Le nord du continent reste le plus marqué surtout dans les pays maghrébins tels que le Maroc, l'Algérie et la Tunisie.[22]

L'Algérie est très frappé par ce phénomène en raison de l'utilisation au dessus des capacités des nappes souterraines pour l'irrigation, la consommation en eau potables et divers activités dans les régions côtières. En plus d'être un pays qui traverse une période de sécheresse et classé parmi les pays en pénurie d'eau, la quantité d'eau consommée annuellement dans le nord du pays (2,4 hm<sup>3</sup> environs) surplombe le volume d'eau renouvelable par an (1,9 hm<sup>3</sup> environs) ; ceci principalement due à la forte demande sociale et agricole.[23]

La plaine de la Mitidja situé près d'Alger en est touchée depuis les années 1980 et une étude menée en 2016 atteste que le niveau de la salinité des eaux souterraines a augmenté de manière significative dans la région en particulier les zones les plus proches de la côte.[24] C'est également le cas de la région de Skikda sur la côte Est selon une étude menée en 2013 qui a révélé des niveaux élevés en chlorure et en sodium conduisant à une élévation de la salinité à plus de 5g/l dans certaines régions en raison de la surexploitation d'une nappe peu profonde et faiblement rechargé[25]; la région de Béjaïa sur la côte Nord selon une étude menée en 2014 montrant une salinisation du sol et des eaux souterraines qui a engendré une baisse des rendements agricoles ; la région d'Oran a révélé une concentration saline allant jusqu'à 3g/l[26] ; ainsi que la région d'Annaba qui a révélé des concentrations salines allant jusqu'à 4g/l.[27]

Toutes ces études montrent que concernant le phénomène de l'intrusion marine, l'Algérie est en état d'alerte ce qui oblige une surveillance continue des zones proches des côtes afin de se prévenir de ce phénomène et de ses conséquences.

**I.3.4. Moyens de lutte contre la pollution****a. Moyens de lutte contre les pollutions anthropiques**

Les pollutions anthropiques étant universelles, plusieurs dispositions sont prises chaque année individuellement et collectivement pour atténuer les effets de ce phénomène. Cela fait d'ailleurs parties des objectifs majeurs du développement durable, biais par lequel les nations du monde entier se réunissent régulièrement pour discuter et adopter des mesures visant à réduire considérablement la pollution notamment les émissions des hydrocarbures et des gaz à effets de serre. Chaque pays met en place des réglementations afin de réduire autant que possible les émissions de polluants de tout genre.

Des systèmes de gestion des déchets sont également instaurés pour assurer la collecte, le tri, le recyclage et l'élimination des déchets.

Les traitement des eaux usées est primordiale pour chaque pays à travers les stations d'épuration pré-rejet dans la nature ou pour le recyclage à l'exemple de la ville de Windhoek en Namibie où est traitée les eaux vannes jusqu'à réutilisation pour la boisson.

Une politique agricole peut être instaurée notamment l'agriculture durable pour réduire l'usage des pesticides et engrais chimiques, conserver l'eau et protéger la biodiversité (ex : le Rotary, l'agroforesterie, le gouttes à gouttes, etc.)

Bien évidemment la sensibilisation et l'information continue des citoyens lambda reste la plus importante car une population consciente du danger est plus prévoyante.

#### **b. Moyens de lutte contre l'intrusion marine**

Comme techniques de luttés contre l'intrusion marine, on peut citer :

- La réduction et limitation du débit de pompage des nappes phréatiques dans les zones sensibles,
- La mise en place de barrages 'anti-sel'
- La diversification des sources de captages,
- La réalimentation naturelle et artificielle des nappes,
- La réduction des émissions de gaz à effet de serre pour atténuer les effets du réchauffement climatique qui est un facteur favorisant la hausse du niveau de la mer,
- La surveillance continue de zones à risque, etc.

**I.4. Conclusion**

Les eaux souterraines bien qu'étant protégées par des couches de terre constituant un filtre naturel subissent malgré tout des contaminations diverses. Ces ressources sollicitées pour divers usages tels que : irrigation, alimentation en eau potable et transformations industrielles ; renferment des éléments dissous indispensables à la vie quotidienne, à la santé et à la croissance humaine et végétale que sont les sels minéraux.

Cependant, ces éléments en concentrations naturellement basses peuvent atteindre des valeurs disproportionnées lorsqu'un apport extérieur intervient ce qui engendre dans ce cas une pollution. L'excès en plus de la présence de certains éléments intrus en provenance d'infiltration de rejets agricoles, domestiques et industrielles ou encore d'une intrusion marine constituent des polluants contre lesquels une lutte est engagée depuis des années à travers des études de suivi, des techniques et des méthodes atténuantes appliquées continuellement.





*CHAPITRE II :*

*Région d'étude et méthodologie*

## II.1. Introduction

Les nappes du territoire algérien situées aux abords de la mer méditerranée font face depuis plusieurs années au phénomène de l'intrusion marine. Le niveau de contamination est conditionné par la nature, l'hydrologie, les formations géologiques du milieu et l'intensité des activités qui y sont menées. Le diagnostic étant lié à l'ensemble des informations sur le site et sur la composition de l'eau de la nappe étudiée, leurs obtentions dépendront des informations disponibles sur site étudié et de la méthodologie adoptée pour y parvenir.

## II.2. Présentation du site étudié

### II.2.1. Situation géographique et relief

Administrativement, Damous est une commune d'une superficie de 11 204 ha et de 17 307 habitants située au nord de l'Algérie, plus précisément dans la partie Ouest de la wilaya de Tipaza en zone côtière à 150 km d'Alger la capitale Algérienne. Elle est située à 70 km à l'ouest de Tipaza, 50 km à l'ouest de Cherchell et à 55 km à l'Est de Ténès de coordonnées : 36° 32' 56'' Nord, 1° 42' 20'' Est et Alt 41m. elle est limitée à l'Est par la wilaya de Tipaza, à l'Ouest par la wilaya de Chlef, au Sud par la wilaya de Ain Delfla et au Nord par la mer méditerranée.

Le relief y est montagneux et très accidenté allant d'un plus haut point de 909 m au Sud vers un plus bas point de 0 m au Nord constitué de plusieurs djebels parmi lesquels :

- Le djebel Nador qui culmine à 905 m à Sidi Moulay Abdelkader
- Le djebel Er Rof qui atteint 851 m à koudiat Lawa
- Le djebel Boukerdous
- Le djebel Taksebt
- Le Djebel Boumaad
- Le Djebel Bou Tismene.[28]

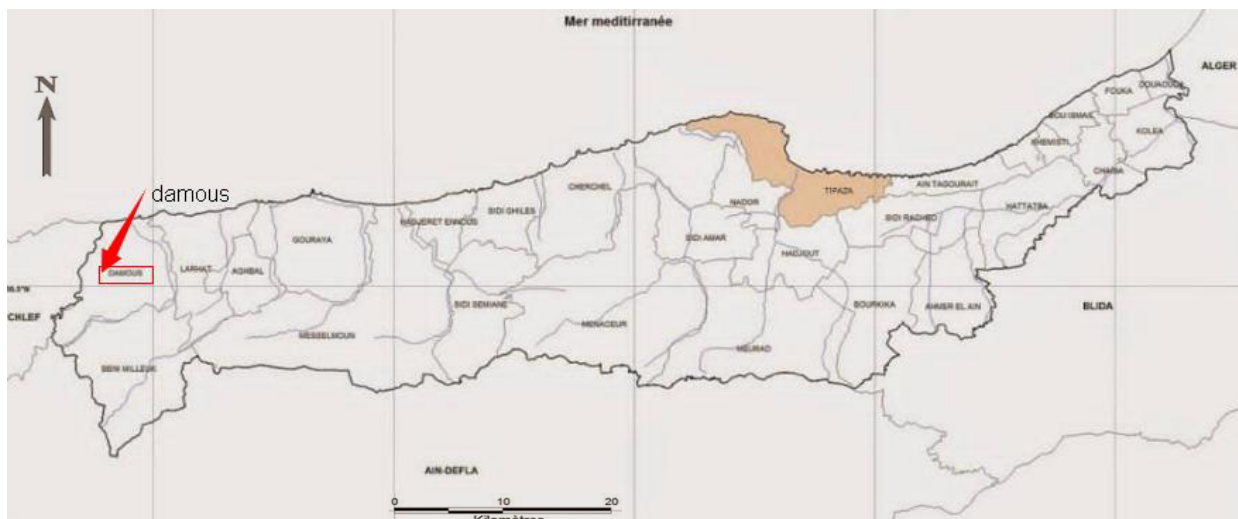


Fig. II.1 : Découpage administratif de la wilaya de TIPAZA[29]

L'Oued Damous est un cours d'eau qui longe la limite de la commune de Ténès, du côté de la willaya de Chlef et la limite de la commune de Damous, du côté de la willaya de Tipaza, sur lequel est construit le barrage Kef Eddir (fig. II.3 et II.4). Il se situe dans le bassin hydrographique du Chélif-Zahrez, dans le bassin versant du côtier Algérois. Il est limité au nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par le Djebel Boumaad et à l'Est par le Djebel Bou Tismene. Il traverse la wilaya de Chelf puis celle de Tipaza avant de se jeter à la mer. Le talweg principal de ce cours d'eau s'étend sur environ 43 Km de long avec un bassin versant d'environ 482 Km<sup>2</sup> de superficie, 122 km de périmètre et une pente globale de 2% (fig. II.2). Il prend sa source dans les chaînes de montagnes de l'Atlas Tellien et se jette dans la mer. Il est d'une grande importance économique et écologique pour la région de Tipaza car il fournit de l'eau pour l'irrigation et l'eau de consommation.[31]

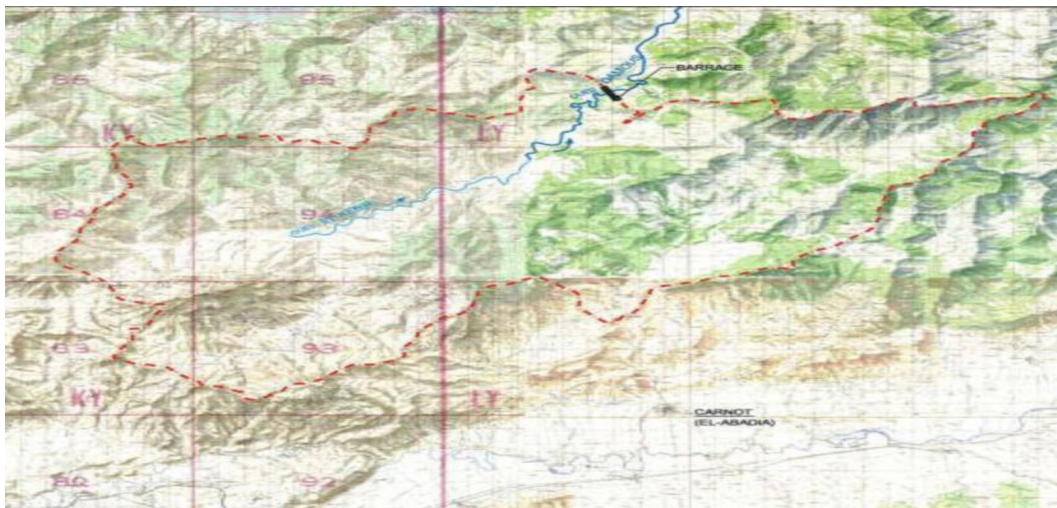


Fig. II.2 : bassin versant de l'Oued Damous [30]

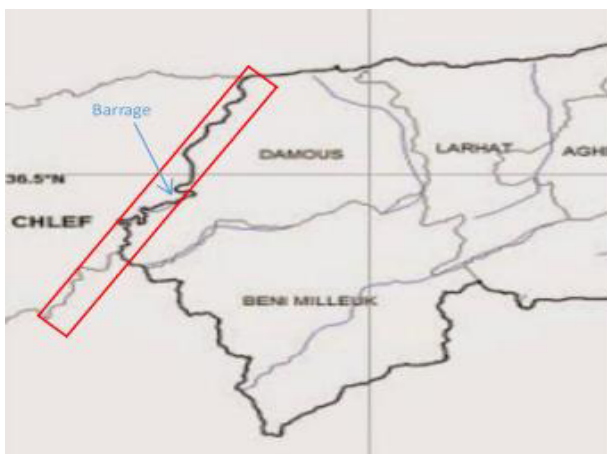


Fig. II.3 : cartographie de l'Oued Damous [29]

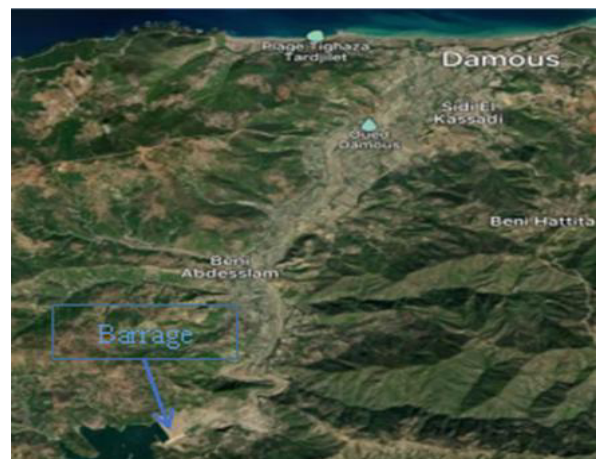


Fig. II.4 : image satellitaire de l'Oued Damous [31]



### II.2.2. Hydro-climat

Un climat méditerranéen réside dans cette localité avec une saison pluvieuse humides et fraîche qui va d'octobre à avril et une saison chaude et sèche de mai à septembre.[33] Cette partie de l'Algérie a une pluviométrie moyenne de 567,30 mm pour une température moyenne de 17 °C.[33]

Au cours de nos investigations, l'oued contenait une faible quantité d'eau au mois de février (fig II.5) provenant probablement des précipitations de la saison pluvieuse et s'est peu à peu asséché au fil du temps (fig II.6 et II.7).



Fig. II.5 : l'oued au mois de février[33]



Fig. II.6 : l'oued au mois de mars [33]



Fig. II.7 : l'oued au mois de mai[33]

Le site bénéficie également, de temps à autre des lâchers de barrage permettant de réalimenter artificiellement la nappe et de maintenir un bon niveau piézométrique.

### **II.2.3. Aspect socio-économique et industriel**

Toute la localité où se situe l'Oued est entièrement agricole. Toute la vallée est bordée d'agriculteurs et les cultures sont essentiellement maraîchères sous serre et à ciel ouvert (fig. II.9 et II.10). On y trouve des tomates, des concombres, des courgettes, de la laitue, etc. La nappe du cours d'eau constitue la principale source pour l'irrigation à l'aval du barrage car le cours d'eau ne possède pas assez de volume d'eau pour assurer le service à ces endroits et n'est pas non plus proche de tous les sites agricoles. Les puits traditionnels sont les plus utilisés pour le captage mais l'exploitation se fait de façon anarchique. Plusieurs pompes sont reliées à chaque puits et le pompage s'effectue sur de longues durées pour arriver à couvrir toutes les surfaces à irriguer.(Figure II.8)



Fig. II.8 : illustration de l'exploitation au niveau des puits[33]

Des dizaines d'hectares y sont cultivés et l'usage des intrants agricoles (pesticides ainsi que fertilisants) y sont courantes.



Fig. II.9 : Cultures sous serres [33]





Fig. II.10 : Culture à ciel ouvert [33]

Par ailleurs, aucune activité industrielle majeure n'a été enregistrée ou détectée dans la localité.

#### II.2.4. Structure géologique et perméabilité du site

Très peu d'informations sont disponibles concernant la composition géologique du site. Les quelques données recueillies révèlent que la lithologie du bassin versant de l'oued est composée de formations géologiques marneuses peu ou pas perméables et de vastes plaines alluviales plio-quadernaires d'origine carbonatée qui recouvrent les terrasses alluviales des principaux oueds de la localité à savoir : Damous, Nador, El Hachem, Mazafran et Messelmoune. Une étude géophysique par la méthode électrique menée en 1966 a montré une épaisseur de 50 à 60 m au nord où se situe l'embouchure de l'oued avec des résistivités indiquant un matériau fin, une épaisseur de 20 à 30 m au centre du même matériau et une couche d'alluvions grossières et résistantes au Sud.[32] Les figures suivantes montrent les structures géologiques superficielles à l'embouchure de l'oued.

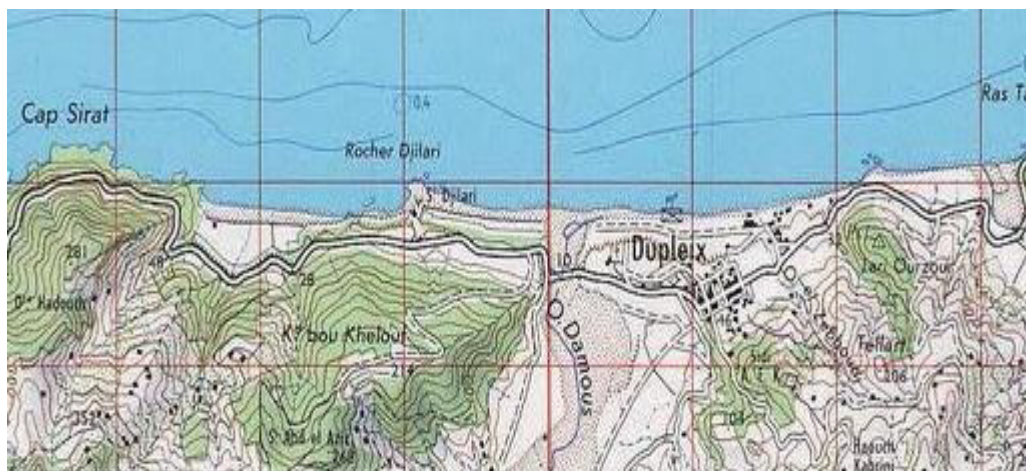


Fig. II.11 : présentation de la nappe alluviale de l'oued Damous [34]



Fig. II.12 : formation alluvionnaire du lit du cours d'eau [33]

### II.3. Méthodologie

Le prélèvement des échantillons d'analyse s'est déroulé sur trois (3) sorties sur le site respectivement le 7 février, le 11 mars et le 6 mai 2023. Au cours de ces sorties, 24 (3x8) échantillons ont été prélevés au niveau de 7 différents puits repartis le long du cours d'eau du plus éloigné à la plus proche de la rive (fig. II.18) grâce à un petit récipient relié à une corde jouant le rôle d'une puisette. Chaque échantillon est ramené dans une bouteille en plastique d'eau de 1,5 litre préalablement vide et hermétiquement fermée avant et après le prélèvement (fig. II.15).

Une sonde (fig. II.13 et II.14) nous a également permis de mesurer et de recueillir des informations sur certains paramètres sur place à savoir le TDS, la conductivité, la Température et la profondeur piézométrique des puits. Cet instrument est matérialisé sur les figures ci-dessous.



Fig. II.13 : physionomie d'une sonde [33]



Fig. II.14 : paramètres mesurés [33]

L'analyse des échantillons prélevés est confiée à l'Agence nationale des ressources hydrauliques de Blida (ANRH Blida) qui est une agence public gouvernementale Algérienne

responsable de la planification, de la gestion et de la protection des ressources en eau du pays. L'objectif étant la mesure de l'ensemble des paramètres contenus dans les échantillons grâce à l'équipement dont est doté le laboratoire de l'agence dans le but d'observer leurs teneurs ainsi que la variation de ces mesures dans le temps et dans l'espace.

Ayant suivi de près l'analyse de certains échantillons, l'analyse se définit donc comme un ensemble de processus et de procédés par lesquels l'on arrive à étudier toutes les caractéristiques d'un échantillon en usant d'appareils et de différents composants chimiques pour le dosage ou le calcul de chaque paramètre. L'agence dispose d'un manuel où est répertorié tous les procédés d'analyse d'échantillons qui lui sont propres et d'un personnel qualifié pour les appliquer.

Les éléments analysés en laboratoire pour notre étude visent principalement les anions majeurs (les chlorures, les sulfates, le bicarbonate et les nitrates) et les cations majeurs (le potassium, le calcium, le sodium, et le magnésium) en plus d'autres ions complémentaires (dioxyde de silicium, ammonium et nitrites) et de certains éléments comme la dureté totale, le TAC, la matière organique, les résidus secs et le pH.

La méthode par dosage spectrophotométrique (fig II.16) ou le spectrophotomètre (fig II.17) sont des méthodes utilisées en laboratoire pour évaluer les concentrations en solution de certains ions.

Seulement, par manque de temps et de moyens, les mesures furent limitées essentiellement à l'estimation de la teneur de certains paramètres sur tous les échantillons et d'autres paramètres sur quelques échantillons à courte durée et parfois en une seule mesure et cela limite les détails sur l'étude.

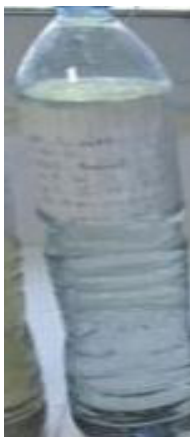


Fig. II.15 : Echantillon  
[33]



Fig. II.16 : dosage spectrophotométrique  
[33]



Fig. II.17 : spectrophotomètre [33]



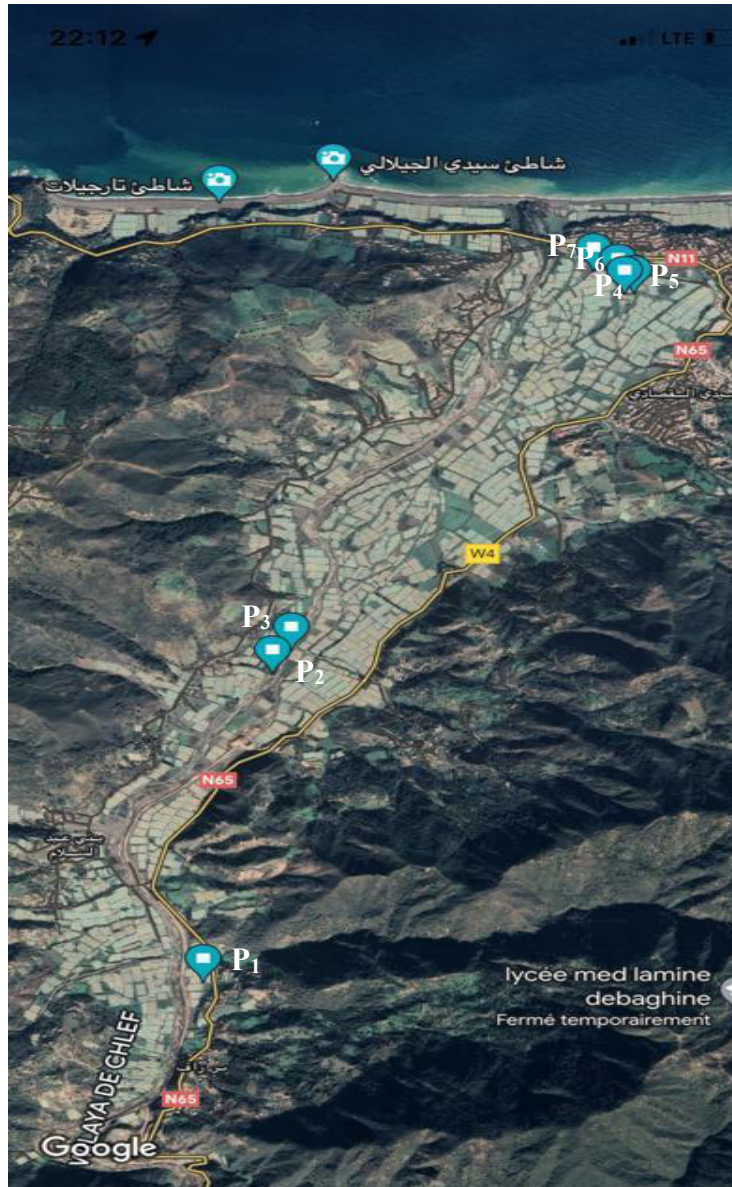


Fig. II.18 : géolocalisation des puits [35]

#### II.4. Conclusion

Localisé à l'ouest de la willaya de Tipaza, l'oued damous se situe dans une plaine alluviale de la commune de damous à proximité de la mer. La faible pluviométrie du site accompagné de l'intense exploitation des puits pour des besoins agricoles et de consommation font que sa nappe devient vulnérable à une contamination par les eaux salées marines malgré la recharge artificielle occasionnelle qu'elle reçoit. Les échantillons prélevés et qui seront analysés nous permettront de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse d'une probable pollution marine à cet endroit du territoire algérien.



*CHAPITRE III :*

*Résultats et discussion*



### III.1. Introduction

Les eaux de bonne qualité sont les plus propices à la consommation et aux différents usages domestiques, agricoles et industrielles de l'Homme. Les eaux souterraines en renferment une grande quantité mais elles restent néanmoins exposées à diverses contaminations. Statuer sur l'état d'une nappe n'est pas chose aisée car le processus repose sur différents éléments non seulement physiques mais également chimiques combiné aux informations obtenues sur les caractéristiques du site étudié ce qui mènera à une bonne déduction de l'état des lieux.

Ainsi, l'ensemble des mesures réalisées sur les paramètres physico-chimiques est crucial au bon aboutissement de l'étude qualitative de la nappe de l'Oued Damous.

### III.2. Présentations des résultats obtenus

#### III.2.1. Mesures in-situ

Les mesures in-situ concernent les paramètres tels que : la température, la profondeur piézométrique, la conductivité et le TDS.

##### a. La température

La température est un paramètre qui conditionne la solubilité des sels et des gaz ainsi que la prolifération des micro-organismes dans l'eau. Elle influence également les mesures de certains paramètres comme la conductivité, le pH, le TDS, etc. C'est donc un paramètre qui pourrait indiquer une potentielle pollution et contribuer à déceler son origine. [36]

La figure III.1 montre la variation de la température en fonction du temps. Les températures fluctuent entre une valeur minimale de 18,5 °C durant le mois de février et une valeur maximale de 21,1 °C durant le mois de mai. La température varie en fonction des saisons, de la nature géologique et de la profondeur piézométrique. Ces variations restent dans la norme admise par le gouvernement Algérien qui fixe le maximum acceptable à 25 °C.

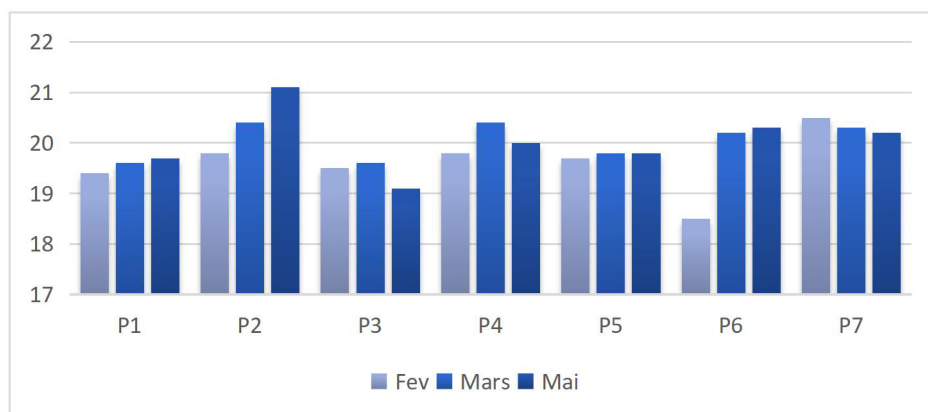


Fig. III.1 : Variations de la température de l'eau au niveau des puits de l'Oued Damous sur les 3 sorties

### b. La profondeur piézométrique

La profondeur à laquelle se trouve le niveau de l'eau par rapport au niveau du sol surtout en zone côtière permet de suivre l'évolution de l'exploitation de la nappe souterraine au fil du temps et d'évaluer les risques encourus en fonction des autres variables.

La figure III.2 ci-dessous montre une faible variation de la profondeur du niveau de l'eau. Les profondeurs restent presque invariantes durant la période hivernale excepté au niveau du puits 6 et varie quelque peu (1 m environ) en période estivale au mois de mai. D'après les agriculteurs et certaines études, des lâchers de barrages sont effectués occasionnellement ce qui peut expliquer la faible variation du niveau piézométriques pendant la période de février à avril et sa baisse par la suite aux mois de mai due aux activités dépendantes de l'eau souterraine menées sur le site.

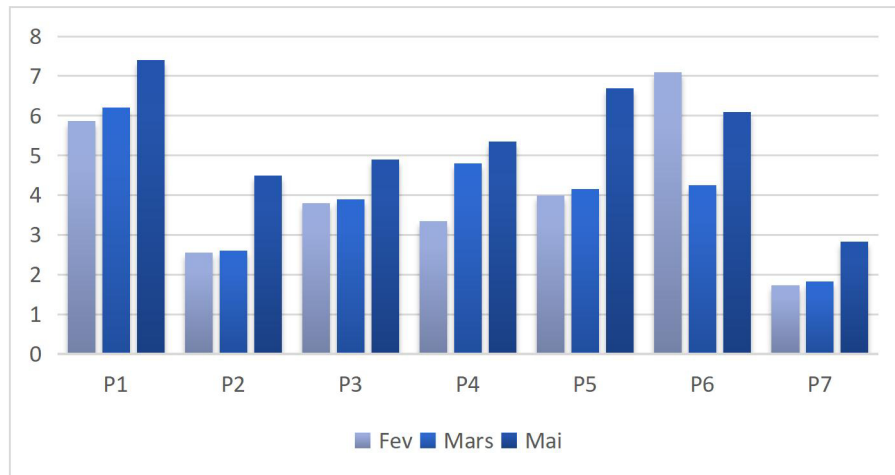


Fig. III.2 : Variation de la profondeur du niveau de l'eau au niveau des puits de l'Oued Damous sur les 3 sorties

### c. La conductivité et la salinité

La conductivité et la salinité sont de bons indicateurs des matières en solution et peuvent révéler également la source de ces éléments dissous. Ces deux paramètres sont très liés; une relation que la loi de Kohlrausch est parvenue à établir en fonction des différents électrolytes contenus en solution. La hausse ou la baisse de la salinité entraîne également la hausse ou la baisse de la conductivité. Le contrôle de la salinité est très important car sa teneur dans l'eau d'irrigation et dans le sous-sol peut être dangereuse pour la croissance des plantes en cas d'excès et peut engendrer des effets indésirables pour la consommation et l'irrigation.[37]

La figure III.3 ci-dessous montre une variation de la conductivité comprise entre 1010  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 3300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Au niveau de la majorité des puits, la conductivité excède les 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et

va même au-delà de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau des emplacements plus en proximité de la mer ce qui reflète une minéralisation élevée. Cela se confirme en observant la figure III.4 où la concentration en sels dissous varie de 657 ppm à 2150 ppm. la majorité des puits présentent une concentration saline surpassant les 1000 ppm allant jusqu'à 2150 ppm. Malgré cela, toutes ces valeurs restent voisines aux normes fixées par la FAO et le gouvernement Algérien qui sont de 2000 ppm pour la salinité et 3000 ppm pour la conductivité. Par ailleurs, nous remarquons que les concentrations des puits plus proches de la mer sont sensiblement plus élevées que ceux un peu plus en amont ce qui se reflète sur la conductivité.

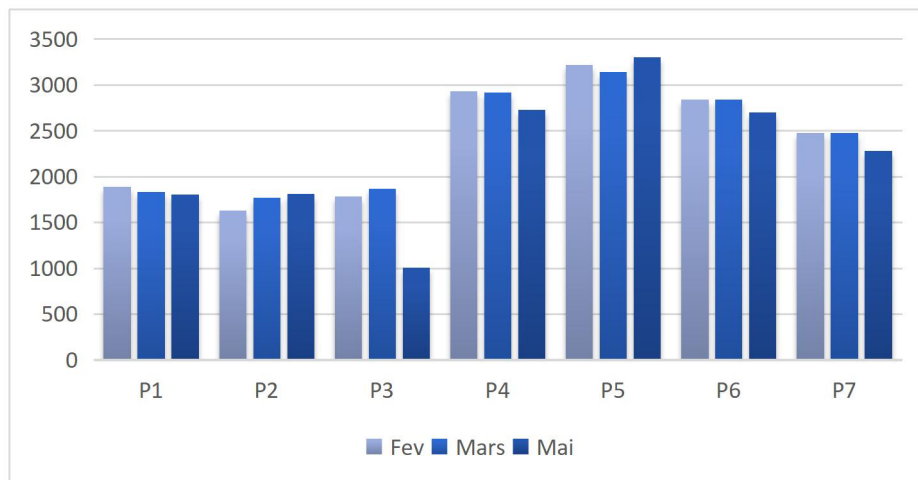


Fig. III.3 : Variation de la conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de l'eau au niveau des puits de l'Oued Damous sur les 3 sorties

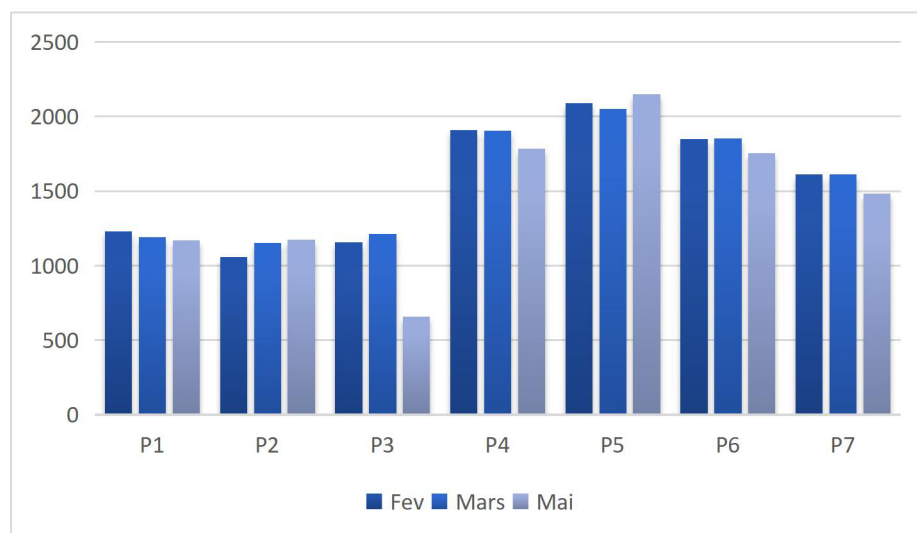


Fig. III.4 : Variation de la concentration (ppm) de l'eau au niveau des puits de l'Oued Damous sur les 3 sorties

**d. Variations de la conductivité et de la salinité par rapport à la profondeur au niveau de chaque puits**

La baisse ou l'augmentation du niveau d'eau dans la nappe peut influencer la variation de la salinité et de la conductivité en raison de l'ajout (dilution) ou de la diminution d'eau douce. Cela peut permettre de détecter des anomalies lorsque la nappe est contaminée par des polluants extérieurs qui seront très concentrés en cas de faible présence d'eau. La variation du niveau de l'eau dans les puits n'engendre presque pas de modifications de la salinité et de la conductivité dans notre étude en observant les mesures effectuées, consignées dans le tableau III.1. Les valeurs restent presque constantes et cela peut être interprété comme une efficacité des lâchers de barrages. Une étude plus approfondie pourra fournir plus de détails à ce propos.

**Tableau III.1 :** Variations de la salinité et de la conductivité en fonction de la profondeur

Puits Mois	Puits 1			Puits 2			Puits 3			Puits 4			Puits 5			Puits 6			Puits 7		
	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pfds (m)	TDS (ppm)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Février	5,87	1299	1892	2,55	1058	1627	3,8	1159	1784	3,34	1909	2930	4	2090	3220	7,10	1849	2840	1,73	1613	2480
Mars	6,20	1193	1836	2,6	1152	1771	3,9	1213	1867	4,8	1904	2920	4,15	2050	3140	4,25	1852	2840	1,83	1613	2480
Mai	7,4	1169	1808	4,5	1174	1809	4,9	657	1010	5,35	1786	2930	6,7	2150	3300	6,1	1756	2700	2,83	1483	2280

**III.2.2. Résultats des analyses de paramètres chimiques en laboratoire**

Les analyses physico-chimiques réalisées en laboratoire ont porté principalement sur les éléments minéraux majeurs à savoir :

- Les cations :  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$
- Et les anions :  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ .

En plus de certains ions supplémentaires à l'exemple du  $\text{NH}_4^+$ , du  $\text{SiO}_2$ , et du  $\text{NO}_2^-$  ; et sur certains paramètres comme : les résidus secs, le TAC, le pH, la matière organique, et la dureté totale.

**a. Les chlorures (Cl)**

Très répandus dans la nature sous forme de sels de sodium (halite NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl), ils contribuent à déceler les cas de pollutions industriels, urbaines ou d'intrusion marine selon leurs teneurs dans les eaux souterraines et les caractéristiques du site.



Étant un des paramètres les plus révélateurs d'anomalies dans la ressource souterraine, les mesures obtenues sur les échantillons, représentés sur la figure III.9, montrent que les concentrations en chlorures varient entre 64 et 299 mg/l. Pour la plupart des puits, cette concentration reste voisine à la norme qui est de 250 mg/l[38] et ne la dépasse que de peu au niveau des puits 4 et 5. On observe également une légère supériorité des teneurs en chlorures au niveau des puits situés dans la frange côtière par rapport aux puits plus éloignés.

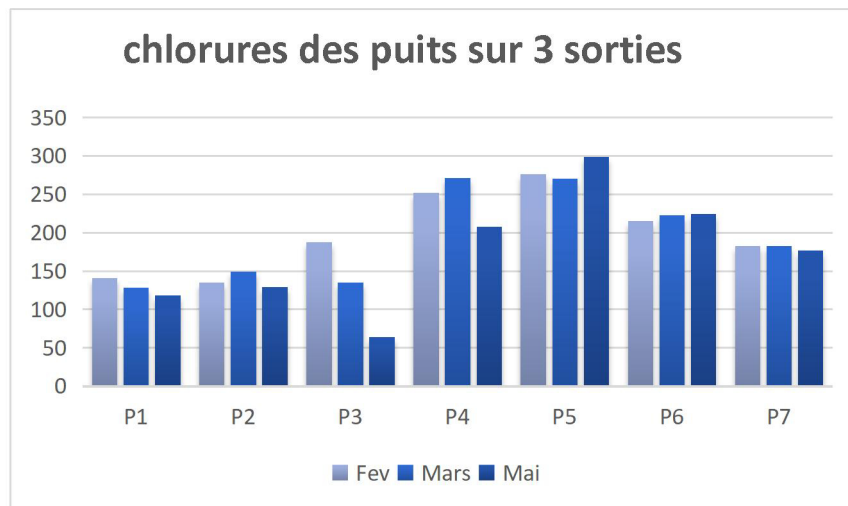


Fig. III.5: Variations des chlorures dans l'eau au niveau des puits de l'Oued Damous sur les 3 sorties

#### b. Calciums ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésiums ( $\text{Mg}^{2+}$ ), dureté totale (TH) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les calciums et les magnésiums sont liés. Ils déterminent la dureté de l'eau. Le calcium et le magnésium sont des métaux alcalino-terreux provenant de roches carbonatées et leurs teneurs contribuent à rendre l'eau dure pouvant conduire à la formation d'un dépôt de calcaire capable d'obturer les interstices dans le sol et de bloquer la circulation de l'eau dans les nappes. Une forte concentration de ces éléments peut entraîner une élévation du TDS, ce qui altère la qualité de l'eau devenant toxique pour les plantes et difficile de traitement.

Les nitrates par contre proviennent de l'infiltration de composés azotés de sources agricoles. Ils sont indispensables aux écosystèmes et constituent un nutriment de premier ordre pour la croissance des végétaux cependant leur présence dans l'eau au-delà de 50 mg/l est considéré comme une pollution et peut engendrer une eutrophisation de l'eau qui est un phénomène altérant sévèrement la qualité de l'eau.

Les mesures de ces quatre paramètres effectués sur les échantillons du puits 7 (le plus proche de la mer) indiquées sur la figure III.6 ci-dessous montrent des concentrations résiduelles de calcium et de magnésium dans de milieu prouvent ainsi la présence d'une formation

sédimentaire carbonatée et des teneurs en nitrates attestant de l'usage de produits azotés. Les concentrations calciques et magnésiennes sont élevées au mois de mars uniquement avoisinant la norme admise mais ne représentent aucun danger car ces concentrations retournent à la normale au mois suivants et cela se confirme par les variations de la dureté totale qui reste bien en dessous de la norme de 200 mg/l. De même, on relève également un pic de concentration en nitrates au mois de février qui retourne à la normal au cours des mois suivants. N'ayant remarqué aucune activité industrielle à proximité du site, ces pics ne peuvent donc que provenir de l'usage de produits chimiques agricoles pendant des périodes spécifiques qui s'infiltrent dans le sol et rejoignent la nappe produisant un effet cumulé d'ions en solution.

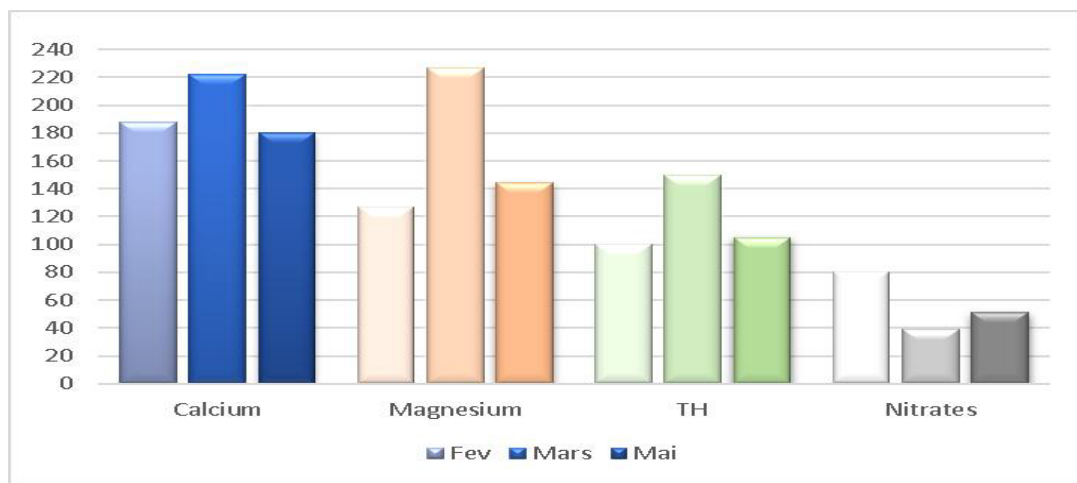


Fig. III.6: Variation de la concentration en calciums, magnésiums et nitrates dans l'eau ainsi que de la dureté totale au niveau du puits 7 de l'Oued Damous sur les 3 sorties

### c. Autres paramètres mesurés avec l'échantillon du puit 7 au mois de février :

Lors de l'analyse des échantillons de la première sortie au mois de février, d'autres mesures ont été effectuées sur l'échantillon du puits 7. Les résultats de ces éléments sont listés dans le tableau III.2.



**Tableau III.2** : Tableau de paramètres supplémentaires analysés

Paramètres	Teneurs	Normes Algériennes de consommation	Normes pour l'irrigation
Sodium	123 mg/l	200 mg/l	230 mg/l
Potassium	1 mg/l	12 mg/l	2 méq/l
Sulfates	483 mg/l	400 mg/l	250 mg/l
Bicarbonates	400 mg/l	400 mg/l	518 mg/l
Résidus secs	1668 mg/l	1500 mg/l	[750, 225] mg/l
TAC	33 mg/l	500 mg/l	...
SiO <sub>2</sub>	11,8 mg/l	50 mg/l	[30, 50] mg/l
Nitrite (NO <sub>2</sub> )	0 mg/l	4 mg/l	0,5 mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	0 mg/l	0,5 mg/l	2 mg/l
MO	2,5 mg/l	4 mg/l	...
pH	8	9,5 mg/l	...

Dans ce tableau, les teneurs de certains ions tels que les sulfates et les bicarbonates, ainsi que les mesures de résidus secs et de pH sont élevées et voisines où légèrement supérieur aux normes admissibles. Ces quantités peuvent être engendrées par l'usage intensive de produits chimiques agricoles durant la période de janvier à mars. Le manque de plus d'informations stoppe l'évolution de la discussion sur ces paramètres.

### **III.3. Conclusion**

L'analyse de ces données nous permet de conclure que même si ces résultats ne sont pas assez concluantes pour affirmer clairement une intrusion marine à cet endroit de la côte Algérienne, le risque par contre est bel et bien présent en raison de la croissance de certains paramètres spécifiques tels que : TDS, conductivité et chlorures qui sont des paramètres propres aux eaux marines ; et des antécédents de la zone qui a enregistré des cas d'intrusion marine d'après des études menées par le passé. Certaines mesures pour contenir le phénomène sont déjà déployées sur le site notamment les lâchers de barrages pour colmater les insuffisances pluviométriques afin de satisfaire les besoins et maintenir un niveau optimal d'eau douce dans la nappe pour repousser le biseau salé. Seulement ces mesures seront bientôt inefficaces si les conditions hydrologiques ne s'améliorent pas et si plus de mesures ne sont pas instaurées afin de réduire l'exploitation des puits et de diversifier les sources de captages. Un niveau d'alerte et de surveillance est à maintenir sur le site afin de parer à toute éventualité à venir.



*CONCLUSION GENERALE*



## *CONCLUSION GENERALE*

Les eaux souterraines sont sollicitées pour divers usages par l'homme en raison de leurs qualités et de leur accessibilité répondant aux exigences de ses besoins. En effet, la pureté de la nappe conditionne la productivité globale et la potabilité des eaux de consommation. La position avantageuse de ces ressources en profondeur leur évite certaines contaminations et leur permet de sauvegarder leurs textures grâce au filtre naturel que constitue le sol et ses formations géologiques.

Malheureusement, cela n'a pas été suffisant pour protéger les nappes de toutes les pollutions causées par les nouvelles techniques et machines, en agriculture et en industrie dans le but d'accroître la production pour satisfaire la demande sans cesse grandissante de la population. Cette révolution a provoqué des dégâts considérables pour le sol, le climat et les ressources en eau, exposant désormais le sous-sol à toutes sortes de souillures notamment l'infiltration d'excès de minéraux et les intrusions d'eau marine au niveau des côtes.

Partout dans le monde des luttes sont engagées pour contrer cette problématique qui trouble l'usage et la bonne gestion des ressources naturelles parmi lesquelles l'instauration de lois, la surveillance des paramètres physico-chimiques des sites les plus vulnérables et l'adoption de méthodes atténuantes pour limiter les conséquences.

En Algérie où la côte est de plus en plus affectée par le phénomène d'intrusion d'eaux saumâtres, la surveillance de la qualité des nappes est menée le long du littoral pour rester en alerte sur les endroits sensibles et y apporter les solutions adéquates.

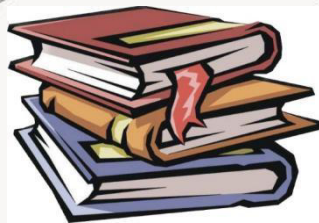
Le suivi piézométrique et des variables caractéristiques de l'état de la nappe de l'oued Damous situé à l'Ouest de la wilaya de Tipaza dans la commune de Damous en périphérie de la mer a révélé une vulnérabilité de l'eau souterraine à la contamination saline.

Dans cette zone où le climat est méditerranéen avec une température moyenne de 17°C et une pluviométrie moyenne annuelle de 567,30 mm, et où l'activité agricole est la plus répandue, les mesures recueillies au niveau des puits révèlent que :

- La température dans les puits reste inférieure à 25°C et oscille entre 18 et 21°C.
- La campagne piézométrique a révélé une très faible variation du niveau de l'eau dans la nappe durant les mois de février et de mars et une augmentation d'au moins 1 mètre pendant le mois de mai.

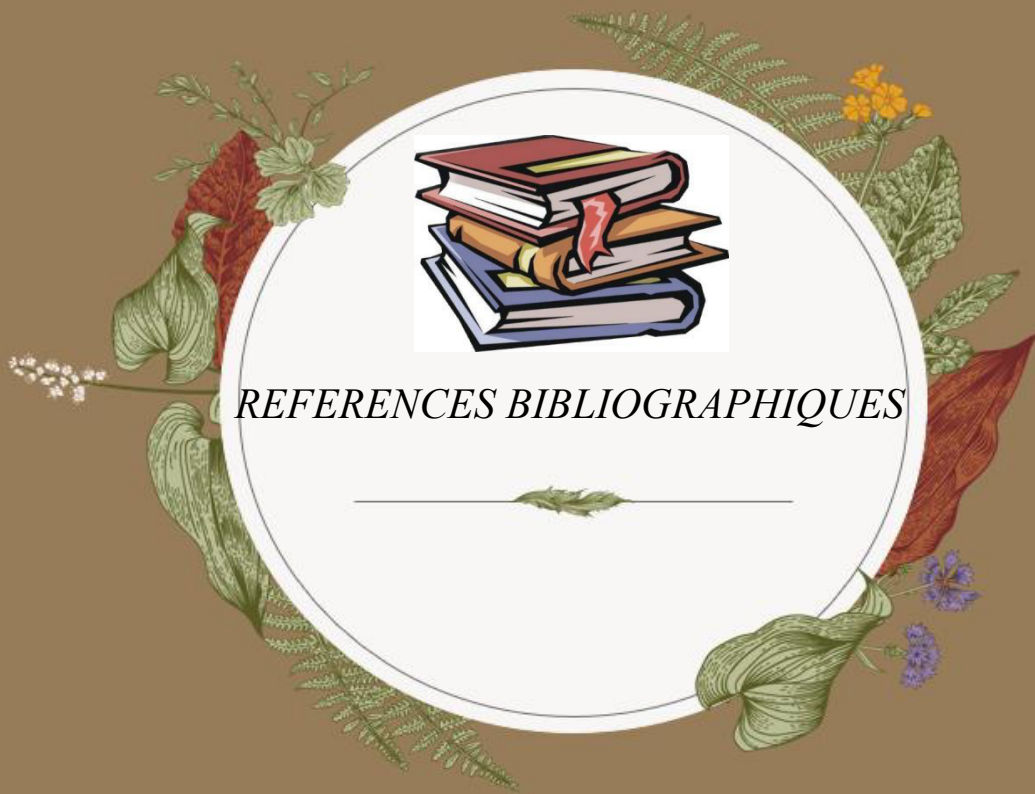
- Au cours de cette campagne, la conductivité, la salinité et les chlorures sont restés presque inchangés au niveau de chaque puits.
- Par contre, leurs mesures augmentent lorsque l'on se rapproche de la mer. Dans la frange marine, le TDS atteint 2150 ppm, la conductivité 3300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et les chlorures, 299 mg/l et les mesures des ions calciums, magnésiums et nitrates respectent les normes malgré des pics pendant certaines périodes.
- D'autres paramètres ont été étudiés mais ne contiennent pas assez d'informations pour se prononcer sur leurs évolutions.

Ces valeurs ne suffisent pas pour affirmer ouvertement une intrusion marine. Néanmoins, cette zone a été marquée par le passé par ce phénomène, donc la menace est toujours existante au vu de ces fluctuations. Des moyens de luttés sont déjà instaurés à savoir les lâchers de barrages qui permettent de garder les concentrations et les niveaux piézométriques optimales mais cela risque de paraître inefficace à l'avenir face la perpétuelle croissance de la demande agricole et des problèmes climatiques. Ainsi, trouver une alternative à mettre en place pour diversifier les sources de captage et limiter l'exploitation anarchique des puits serait bénéfique. La surveillance doit être maintenue afin de suivre l'évolution de la qualité de l'eau et l'efficacité des méthodes de lutte déjà en place.



*REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

---



*REFERENCCES BIBLIOGRAPHIQUES*

- [1] Falkenmark M. & Rockström J., (2006) journal of water resources planning and management, 132 (3), 129-132
- [2] Peter H. Gleick & Meena Palaniappan.(2010) “peak water limits to freshwater withdrawal and use PNAS, vol 107, no 25, 11155-11162
- [3] Ayad W., (2016) “évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d’El Harrouch ( willaya de Skikida)” thèse de doctorat en microbiologie. Université Badji Mokhtar (Annaba)
- [4] Programme des Nations unies pour l'environnement. (2014). Les écosystèmes marins et côtiers en danger. <https://www.grida.no/resources/7192>
- [5] Remini B., (2010) la problématique de l’eau en Algérie du Nord, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 27-46.
- [6] "Evaluation de la qualité de l'eau souterraine et gestion des risques environnementaux" sur le site de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse ( [www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr) )
- [7] “Nappe souterraine” sur le site de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse ( [www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr) )
- [8] Centre d’information sur l’eau [www.Cieau.com](http://www.Cieau.com)
- [9] MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B. É.O., Taylor,(2018) R.G Nature Quantitative maps of groundwater resources in Africa. Nature. Revue scientifique 569(7756), 374-378)
- [10] Ministère des ressources en eau Algérien (2021). La ressource en eau. <http://www.mre.gov.dz/ressource-eau/> .
- [11] Bouchekima B, Bechki D, Bouguettaia H, Boughali S et Tayeb Meftah M, (2008) “Les eaux souterraines saumâtres du sud algérien : ressources potentielles et viables Laboratoire de Développement des Energies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides Sahariennes”, Université de Ouargla.
- [12] “Répartition de l’eau souterraine sur le territoire Algérien” sur le site de Fanack eau
- [13] (57) la pollution de l’eau : partie1 YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=b2YSPnmupYU>
- [14] Australian Government Department of the Environment and Energy. (2015). Threat abatement plan for the impacts of marine debris on vertebrate marine life. Commonwealth of Australia
- [15] “Le biseau salé de la nappe alluviale d’Hyères” [www.Histoire-eau-hyeres.fr](http://www.Histoire-eau-hyeres.fr)
- [16] Journal of cleaner production, 126, P 432-447

- [17] étude intitulée « pollution et dépollution des nappes d'eau souterraines » de l'université de Picardie Jules Verne.
- [18] « les Pays Bas peuvent-ils arrêter de polluer leurs propres eaux pour nourrir le monde » une publication intitulée du site d'Equaltimes.
- [19] Environnemental justice atlas <https://ejatlas.org/conflict/acid-mine-drainage-south-africa>
- [20] Ebenezer ASHUN, (2014) « Assessment and mapping of groundwater quality in the Thiririka Sub Catchment Kiambu county, Kenya »
- [21] Davide Calmari, « situation de la pollution dans les eaux intérieures de l'Afrique de l'Ouest et du Centre » [www.FAO.org](http://www.FAO.org)
- [22] Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, 1993, livre consultable sur [www.FAO.org](http://www.FAO.org) au chapitre 3, I l'eau rare
- [23] British Geological Survey, 2018. Atlas des eaux souterraines d'Afrique : Hydrogéologie de l'Algérie.
- [24] Morsli B, Habi M, Bouchekara., (2017) larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°30, pp. 225-237
- [25] Belhadj A., (2013) Caractérisation et modélisation de l'intrusion marine dans la nappe côtière de Skikda, Mémoire de Master. Université de Skikda
- [26] Ammar M., (2015) Etude de l'intrusion marine dans la nappe côtière de la région d'Oran, Mémoire de Master. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran.
- [27] Bensaad A., (2014) Modélisation de l'intrusion marine dans la nappe côtière de la wilaya d'Annaba, Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar – Annaba.
- [28] Révision du PDAU de la commune de Damous Phase III « Edition Finale »
- [29] Plateforme logicielle en ligne de publications sur le web propriété de google [www.blogger.com](http://www.blogger.com)
- [30] Kadir Samra., (2019) impact des lâcher de barrage des Kef Eddir sur la recharge de la nappe d'Oued Damous mémoire de master. Université de Blida.
- [31] Outil de cartographie google [www.mapcarta.com](http://www.mapcarta.com)
- [32] Ouassila HALLOUCHE, Samra KADIR, Rabah BERKANE, Mohamed BOUKLACHI., (2023) IMPACT OF RELEASES FROM THE KEF EDDIR DAM ON THE RECHARGE OF THE OUED DAMOUS AQUIFER, GeoScience Engineering Vol. 69, No. 1 geoscience.cz pp. 1–10, ISSN 1802-5420 DOI 10.35180/gse-2023-00.
- [33] photos prises par Yaméogo M.G Armel.



- [34] BENMEDDAH, K. (2018) Etablissement de la carte de ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tipaza. Khemis Miliana, Master thesis. Université Djillali Bounaama Khemis Meliana.
- [35] Google Maps
- [36] Rodier, J. (1996) L'Analyse de l'eau. eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8ème Edition, DUNOD, Paris, p-1383
- [37] N. Katerji, J.W. van Hoorn, A. Hamdy, F. Karam, M. Mastrorilli., (1994) Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize Agricultural Water Management, 26 81-91
- [38] OMS, 2017 directives de qualité pour l'eau de consommation. 4e édition. Genève, Suisse.
- [39] journal officiel N°34, 2011 comportant les normes Algériennes.