

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la  
Nature et de la vie  
Département : Sciences de la Terre  
et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم : علوم الارض و الكون

## Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique  
En Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière: Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

**Etude et cartographie de la pollution aux composés  
azotés des eaux de la vallée du bas Djendjen(Jijel,  
Nord-est Algérien )**

Membres de Jury Présenté par

Président :H.Kiniouar  
Examineur:S.Mahdid  
Encadrant:F.Kessasra

M<sup>elle</sup>/ :Zahri Amel  
M<sup>elle</sup>/ Boukhalfa Oumaima

Année Universitaire 2021-2022

Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....

## **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions avant tout « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage qui nous ont permis de mener à terme ce travail.*

*Nous tenons Nos sincères remerciements et notre gratitude à notre encadrant Mr Farès Kessasra Pour ses conseils et orientations, sa présence bienveillante, le temps et la patience qu'il nous a accordés. Merci pour votre confiance et votre travail sincère.*

*Nos remerciements s'adressent aussi Zineb Khemisa et Dounyazed ben-Abbes, pour leurs conseils et orientations, et à Ahlam Bechibchi, Rahma Kihal et Retima Inas pour leur aide et leur coopération avec nous.*

*Aux membres du jury, pour avoir accepté de consacrer une partie de leurs précieux temps afin d'examiner et évaluer notre travail.*

*À nos familles pour nous avoir donné amour, soutien et encouragement tout au long de nos études.*

*Nous remercions tous les professeurs du Département des sciences de la Terre et de l'Univers.*

*Enfin, Nous offrons tous les remerciements, l'amour et toutes les belles phrases à nos amis ou nous disons à nos sœurs Naila, Hania, Mimi, Khawla, Houyam et Romi. Nos remercier tous ceux qui nous ont aidés et encouragés de près ou de loin pour réaliser ce que nous avons atteint aujourd'hui et conclure avec ce projet de fin d'études.*

***Oumaima et Amel***

## *Dédicace*

*À mes chères parents « Baba Ali » et « AbdelWahab »*

*Je vous dédie ce travail, qui est le fruit des sacrifices leur temps,*

*Leur amour, leur tendresse, leur prière.*

*Je dédie cet humble travail à la plus belle mère du monde, à celle qui a le paradis*

*Sous ses pieds et la bougie qui éclaire mon chemin depuis Ma naissance "Hakima"*

*Aux proches de mon cœur, mon grand-père "El Sadek" et ma grand-mère "Khoudjia*

*, que Dieu vous protège tous les deux*

*Remerciements particuliers à mes chères sœurs « Amal » et « Roumaissa »*

*Remerciements particuliers à mes frères : « Sami », « Nassim » et « Wassim »*

*À toute ma famille pour leur soutien*

*À toutes mes amies et ceux qui ont partagé avec moi les émotions : Amira ; souhir*

*Imen, Amel, Mimi, Hania, Naila, Khawla et Houyam*

*À tous mes professeurs depuis mes premières années d'école.*

*À notre petit poussin « Taim » que dieu le protège à ses parents.*

*Merci*

**Oumaima**



## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à*

*Mon père Cherif*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour  
mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit  
de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma  
formation*

*Ma mère Samira*

*La bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai le premier mot,  
source de ma vie*

*Mes piliers, mes premiers supporteurs et ma plus grande force. Merci pour votre présence,  
votre soutien, votre aide financière, et surtout votre amour, merci de n'avoir jamais douté de  
moi. Tout ce que j'espère, c'est que vous soyez fiers de moi aujourd'hui.*

*A mes chers frères*

*madani ,Imad ,Adem et Didine vous avez me soutenu, réconfortez et encouragez , merci pour  
tout ce que vous avez fait pour moi.*

*Un remerciement spécial à mes chères sœurs :*

*Dananou, Omo et Halima*

*A mes proches : Noha, Samia, Wissam , Ines et Yassemin vous avez la plus belle chose de ma  
vie je t'aime beaucoup*

*A mes chers sœur qui la vie ma offre : Hania, Mimi, Naila Khawla , Houyam et Oumaima*

*À ceux que j'aime, et qui m'aime*

*Amel*

*MERCI*



## Résumé

La plaine alluviale d'oued Djendjen, située au Nord-Est de l'Algérie, fait partie des plaines côtières de la région de Jijel. Elle occupe la partie aval de son bassin versant et renferme une nappe libre contenue dans des alluvions Quaternaires. Caractérisée par l'abondance en eau, elle est exploitée pour l'alimentation en eau potable et en irrigation également.

L'utilisation abusive d'engrais et l'épandage de produits fertilisants en quantités souvent supérieures aux besoins des plantes entraînent, par lessivage puis infiltration, le surplus de ces produits qui finira dans la nappe d'eau. Cette étude repose sur l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles et industrielles sur la qualité des eaux en se focalisant sur l'évaluation des teneurs en composés et azotés et leur cartographie.

Les résultats ont révélé des concentrations assez élevées en nitrates dans les eaux souterraines dépassant la norme OMS de 50mg/l, elles sont comprises entre 55.8 et 417.6 mg/l à Taher et Emir Abdelkader. Les concentrations en Nitrites sont assez élevées également dépassant la norme OMS de 0.2 mg/l, mesurées entre 0.247 et 3.709 mg/l à Tassoust. La majorité des concentrations en ion ammonium est conforme à la norme OMS de 0.5mg/l sauf un seul puits à 1.391 mg/l à Tassoust. Cela est lié à l'utilisation non-rationnelle des engrais et des pesticides chimiques. Un autre type de pollution urbaine a été identifié et causé par la contamination des ressources en eau par les eaux usées. Du point de vue biogéochimique, une nitrification-dénitrification a été clairement identifiée. Il s'agit du processus de nitrification observé sur la rive gauche de la plaine de l'Oued et une dénitrification sur sa rive droite. La cartographie des composés azotés dans la nappe a mis en évidence leur dynamique biogéochimique dans la nappe et confirme leur relation avec la profondeur et la concentration d'oxygène dissous.

Mots clés : composés azotés, pollution, cartographie, plaine alluviale, oued Djendjen.

## **Abstract**

The alluvial plain of Oued Djendjen which is located in the North-East of Algéria and it is a part of the coastal plains of Jijel region. It occupied the downstream part of its watershed and contains a free aquifer contained in Quaternary alluvium. Characterized by the abundance of water, it is exploited for supply of drinking water and also for irrigation. The excessive use of fertilizers and the spreading of fertilizer products in quantities that are often greater than the needs of the plants lead, by leaching then infiltration, to the surplus of these products ending up in the water table. This study is based on the assessment of the impact of agricultural and industrial practices on water quality by focusing on the assessment the levels of compounds and nitrogen and their mapping. The results revealed fairly high nitrate concentrations in groundwater exceeding the who standard of 50mg/l, they are between 55.8 and 417.6 mg/l in Taher and Emir Abdelkader. Nitrite concentrations are quite high, exceeding the WHO standard of 0.2 mg/l, measured between 0.247 and 3.709 mg/l in Tassoust. The majority of ammonium ion concentrations conform to the who standard of 0.5mg/l except for a single well at 1,391 mg/l at Tassoust. This is linked to the non-rational use of chemical fertilizers and pesticides. Another type of urban pollution has been identified and caused by sewage contamination. From the biogeochemical point of view, a game of nitrification-denitrification has been clearly identified. This is the nitrification process observed in the wells of the Oued Djendjen plain on the left bank and denitrification on its right one. Mapping of nitrogenous compounds in the aquifer has highlighted their biogeochemical dynamics in the aquifer and confirms the relationship with the depth and the concentration of dissolved oxygen.

**Key words:** nitrogen compounds, pollution, cartography, alluvial plain, Djendjen river.

## ملخص

السهل الغريني لوادي جن جن الذي يقع في الشمال الشرقي للجزائر وهو جزء من السهول الساحلية لجهة جيجل. وهي تحتل الجزء السفلي من مستجمعات المياه الخاصة بها وتحتوي على طبقة مياه جوفية حرة محتواة في الطمي الرباعي. وتتميز بوفرة المياه، حيث يتم استغلالها لتزويدها بمياهه: الشرب وكذلك للري. يؤدي الاستخدام المفرط للأسمدة وانتشار منتجات الأسمدة بكميات أكبر من احتياجات النباتات، عن طريق الترشيح ثم التسرب، إلى فائض هذه المنتجات في نهاية المطاف في منسوب المياه الجوفية. تستند هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الممارسات الزراعية والصناعية على جودة المياه من خلال التركيز على تقييم مستويات المركبات والنيتروجين ورسم خرائط لها. كشفت النتائج عن تراكيز عالية نسبيا من النترات في المياه الجوفية تتجاوز معيار منظمة الصحة العالمية البالغ 50 ملجم / لتر، وتتراوح بين 55.8 و417.6 ملجم / لتر في طاهير والأمير عبد القادر. تراكيز النترات عالية جداً، وتتجاوز معيار منظمة الصحة العالمية البالغ 0.2 مجم / لتر، المقاسة بين 0.247 و3.709 مجم / لتر في تاسوست. تتوافق غالبية تراكيز أيون الأمونيوم مع معيار منظمة الصحة العالمية البالغ 0.5 مجم / لتر باستثناء بئر واحد عند 1,391 مجم / لتر في. العالمية وهذا مرتبط بالاستخدام غير العقلاني للأسمدة الكيماوية والمبيدات. تم تحديد نوع آخر من التلوث الحضري وسببه تلوث مياه الصرف الصحي. من وجهة النظر البيوجيوكيميائية، تم تحديد لعبة النترجة ونزع النتروجين بوضوح. هذه هي عملية النترجة التي لوحظت في آبار سهل واد جن على الضفة اليسرى ونزع النتروجين على ضفته اليمنى. سلط رسم خرائط للمركبات النيتروجينية في الخزان الجوفي الضوء على الديناميكيات الكيميائية الحيوية في الخزان الجوفي ويؤكد العلاقة مع عمق وتركيز الأكسجين المذاب .

**الكلمات المفتاحية:** مركبات النيتروجين، التلوث، رسم الخرائط، السهل الغريني جن جن السفلي، الجزائر

# TABLE DES MATIERES

---

REMERCIEMENTS

DÉDICACE

RÉSUMÉ

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES PHOTOS

LES ABRÉVIATIONS

INTRODUCTON GENERAL .....19

## **Partie I : Etude du Milieu physique de la vallée de Djendjen**

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE ..... 21

I.1. CADRE GÉNÉRAL DE LA WILAYA DE JIJEL ..... 21

I.2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ..... 21

II. ASPECT GÉOMORPHOLOGIQUE ..... 22

III. RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ..... 22

IV. ETUDE CLIMATOLOGIQUE..... 23

IV.1. CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE..... 24

IV.1.1. PRÉCIPITATIONS..... 24

IV.1.2. TEMPÉRATURE..... 26

IV.1.3. L'HUMIDITÉ RELATIVE..... 28

IV.1.4. VENT ..... 29

IV.2. RÉGIME CLIMATIQUE ..... 30

IV.3. ESTIMATION DU BILAN HYDROLOGIQUE ..... 31

IV.3.1. EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP) ..... 31

IV.3.2. ESTIMATION DU BILAN HYDROLOGIQUE PAR LA MÉTHODE DE THORNTHWAITE.....	32
IV.3.3. RUISSELLEMENT .....	33
IV.3.4. INFILTRATION.....	33
V. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE.....	35
V.1. CADRE GÉOLOGIQUE .....	35
V.2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	36
VI. CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE .....	39
VII. CHIMIE DES EAUX .....	41
VIII. CONTEXTE ET RÉALITÉ SUR LES PRATIQUES AGRICOLES À JIJEL.....	41
VIII.1. EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT.....	41
VIII.2. POLLUTION AGRICOLE .....	42
VIII.3. PRATIQUES AGRICOLES À JIJEL .....	42
VIII.3.1. DONNÉES AGRONOMIQUES ET OCCUPATION DU SOL.....	43
VIII.3.2. ELEVAGE.....	46
VIII.3.3. UTILISATION D'ENGRAIS DANS LA WILAYA DE JIJEL.....	48
VIII.3.4. UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LA WILAYA DE JIJEL.....	50
CONCLUSION .....	52

## **Partie II : Matériels et méthodes**

INTRODUCTION.....	54
I. CHOIX ET LOCALISATION DES STATIONS DE PRÉLÈVEMENT.....	54
II. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX :.....	55
II.1. EAUX DE SURFACE.....	55
II.2. EAUX SOUTERRAINES .....	56
III. CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS.....	57
IV. MESURES IN SITU .....	58

V. NETTOYAGE DE LA VERRERIE.....	59
VI. MESURES AU LABORATOIRE .....	59
VII. DOSAGE DES SELS NUTRITIFS OU NUTRIMENTS .....	59
VII.1. MÉTHODE SPECTROPHOTOMÉTRIE D'ABSORBATION MOLÉCULAIRE.....	60
VIII. AVANTAGE ET INCONVÉNIENT D'UTILISATION DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE.....	61
CONCLUSION .....	62

### **Partie III : Résultats et discussion**

INTRODUCTION.....	64
I. EAUX DE SURFACE .....	64
I.1. DISCUSSION DES RÉSULTATS DES PARAMÈTRES PHYSIQUES.....	65
I.1.1. POTENTIEL D'HYDROGÈNE (PH) .....	65
I.1.2. CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE (CE) .....	66
I.1.3. OXYGÈNE DISSOUS (OD) .....	67
I.2. DISCUSSION DES RÉSULTATS DES COMPOSÉS AZOTÉS ET PHOSPHATÉS.....	68
I.2.1. NITRATES (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	68
I.2.2. NITRITE (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	70
I.2.3. AMMONIUM (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	71
I.2.4. ORTHO-PHOSPHATES (PO <sub>4</sub> ) .....	72
II. EAUX SOUTERRAINES .....	73
II.1. DISCUSSION DES RÉSULTATS DES PARAMÈTRES PHYSIQUES .....	73
II.1.1. POTENTIEL HYDROGÈNE (PH) .....	73
II.1.2. CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE (CE) .....	74
II.1.3. OXYGÈNE DISSOUS (OD).....	75
II.2. DISCUSSION DES COMPOSÉS AZOTÉS ET PHOSPHATÉS.....	75
II.2.1. NITRATE (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	75
II.2.2. NITRITES (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	76

II.2.3. AMMONIUM (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	77
II.2.4. ORTHO PHOSPHATES (PO <sub>4</sub> ) .....	78
III. CARTOGRAPHIE ET DYNAMIQUE DES POLLUANTS AZOTÉS DANS LA NAPPE .	78
CONCLUSION .....	85
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	90
ANNEXE .....	93

## Liste des Figures

FIG 1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE WILAYA DE JIJEL. ....	21
FIG 2 SITUATION GÉOGRAPHIQUE D'OUED DJENDJEN. (BENAZZADINE ET MEZITI 2020).....	22
FIG 3 RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE (BENSLAMA ET BOUCHABTOUL, 2020). ....	23
FIG 4 CARTE PLUVIOMETRIQUE DE LA WILAYA DE JIJEL (ANRH, 1993).....	24
FIG 5 VARIATION MENSUELLE DES PRÉCIPITATIONS DE LA ZONE D'ÉTUDE (1999 – 2019). ....	25
FIG 6 VARIATION ANNUELLE DES PRÉCIPITATIONS DE LA ZONE D'ÉTUDE (1999 – 2019).....	26
FIG 7 VARIATION MENSUELLE DES TEMPÉRATURES DE LA ZONE D'ÉTUDE (1999 – 2019).....	27
FIG 8 VARIATION ANNUELLE DES TEMPÉRATURES DE LA ZONE D'ÉTUDE (1999 – 2019).....	28
FIG 9 VARIATION MENSUELLE D'HUMIDITÉ DE LA ZONE D'ÉTUDE (1999 – 2016).....	29
FIG 10 VARIATION MENSUELLES DE LA VITESSE DU VENT (2006-2016) .....	30
FIG 11 DIAGRAMME OMBRO-THERMIQUE À LA STATION D'ACHOUAT - TAHER (2010-2019).....	31
FIG 12 CARTE GEOLOGIQUE DE LA PLAINE D'OUED DJENDJEN (FICHEUR 1971, IN KARAOUET ET BOURAFI, 2016).....	36
FIG 13 COUPE HYDROGEOLOGIQUE ORIENTEE NORD-SUD DANS LA PLAINE D'OUED DJENDJEN (KARAOUET ET BOURAFI, 2016). ....	37
FIG 14 CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA PLAINE ALLUVIALE DE L'OUED DJENDJEN (BENAZZADINE ET MEZITI 2020). ....	38
FIG 15 LES DIFFERENTES CULTURES DE LA WILAYA DE JIJEL . ....	42
FIG 16 QUANTITÉS D'ENGRAIS UTILISES AVEC LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DANS LES QUATRE COMMUNES PENDANT 6 ANS (RETIMA ET AL 2021) .....	47
FIG 17 QUELQUES ENGRAIS .....	48
FIG 18 Quantités de produits phytosanitaires utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 5 ans (Retima et al 2021).....	49
65	
FIG 19 LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT D'EAU DE SURFACE ET DES Puits ET FORAGES DANS LE BAS DJENDJEN, CAMPAGNE DE MARS 2022).....	53
FIG 20 PRÉLEVEMENT D'EAU DE SURFACE A L'AMONT DE DJENDJEN , MARS 2022.....	54
FIG 21 PRÉLEVEMENT D'EAU SOUTERRAINE DEPUIS UN Puits DANS LA PLAINE DE DJENDJEN , MARS 2022.....	54
FIG 22 CONSERVATION DES ÉCHANTILONS DANS UNE GLACIÈRE .....	55
FIG 23 LES APPAREILS UTILISES POUR MESURES PH , CE ET O <sub>2</sub> .....	56

FIG 24 SPECTROPHOTOMÈTRE .....	58
FIG 25 VARIATION SPATIALE DU PH DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022.....	62
FIG 26 VARIATION SPATIALE DU CE DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022.....	63
FIG 27 VARIATION SPATIALE DE L'OD DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022 ..	64
FIG 28 VARIATION SPATIALE DU NITRATE DES EAUX DESURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022 .....	65
FIG 29 VARIATION SPATIALE DU NITRITE DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022 .....	68
FIG 30 VARIATION SPATIALE DE L'AMMONIUM DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022.....	69
FIG 31 .VARIATION SPATIALE DE L'ORTHO PHOSPHATES DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022.....	70
FIG 32 VARIATION SPACIAL DU PH DES EAUX SUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN( MARS 2022).....	71
FIG 33 VARIATION SPACIAL DU CE DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN MARS 2022.....	71
FIG 34 VARIATION SPACIAL DE L'OD DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN .....	72
FIG 35 VARIATION SPACIAL DU NITRATE DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN MARS 2022).....	73
FIG 36 DISTRIBUTION SPATIALE DES NITRITE DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN MARS 2022).....	74
FIG37 VARIATION SPACIAL DE L'AMMONIUM DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN MARS 2022.....	75
FIG 38 VARIATION SPACIAL DE L'ORTHO PHOSPHATES DES EAUX SOUTERRAINE DE L'OUED DJENDJEN MARS 2022.....	75
FIG 39 Distribution spatiale des iso-teneurs des Nitrates dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).....	77
FIG40 carte des profondeurs dans la nappe alluviale d'oued Djendjen.....	78
FIG 41 <i>Distribution spatiale des concentrations d'oxygène dissous dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).....</i>	79
FIG 42 <i>Distribution spatiale des iso-teneurs des Nitrites dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).....</i>	80
FIG43 Distribution spatiale des iso-teneurs des Ammoniums dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).....	81

## Liste des Tableaux

TAB1 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES STATIONS D'ACHOUAT. (BENZAZZEDINE ET MEZITI 2020). .....	23
TAB 2 VALEURS MOYENNES MENSUELLES DES PRECIPITATIONS DE 1999 –2019(STATION DE JIJEL- AEROPORT).....	24
TAB 3 VALEURS ANNUELLES DES PRECIPITATIONS (MM) DE 1999 – 2019.....	25
TAB 4 VALEURS MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES (1999 A 2019).....	27
TAB 5 VALEURS MOYENNES MENSUELLES DE L'HUMIDITE RELATIVE (%) DE 1999– 2016 .....	28
TAB 6 VITESSES MOYENS MENSUELLES DU VENT (M/S) 2006 A 2016.....	29
TAB7 EVAPOTRANSPIRATIONS POTENTIELLES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES CALCULEES PAR LA METHODE DE THORNTHWAITE (1999A2019). .....	32
TAB 8 BILAN HYDROLOGIQUE SELON LA METHODE DE THORNTHWAITE (1999-2019) .....	33
TAB9 VARIATION DE RUISSELLEMENT ET L'INFILTRATION DANS LA PERIODE (1999 A 2019).....	34
TAB 10 LES DIFFERENTES ENTREPRISES DANS LA REGION D'ETUDE (KARAOUAT ET BOURAFA, 2016). .....	39
TAB 11 E TAUX ET L'OCCUPATION DU SOL DU BASSIN VERSANT DE L'OUED DJENDJEN (DSA) .....	40
TAB 12 OCCUPATION DES TERRES DANS LA WILAYA DE JIJEL (DSA, 2018) .....	43
TAB 13 DIFFERENTES SUPERFICIES OCCUPEES PAR LES CULTURES (2014 - 2019).....	45
TAB 14 EFFECTIF DU CHEPTEL A LA WILAYA DE JIJEL DE L'ANNEE 2005 A 2015 .....	46
TAB 15 DIFFERENTE PRATIQUE DES ELEVAGES DANS LES COMMUNES D'ETUDE CAMPAGNE AGRICOLE (2014 - 2019).....	47
TAB 16 PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE SURFACE D'OUED DJEN DJEN MARS 2022 ...	64
TAB 17 VARIATION SPATIALE DU PH DES EAUX DE SURFACE D'OUED DJENDJEN, MARS 2022 .....	65
TAB 18. VARIATION SPATIALE DE LA CE DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022	66
TAB 19 VARIATION SPATIALE DE LA OD DES EAUX DE SURFACE DE L'OUED DJENDJEN, MARS 2022	67
TAB 20 QUANTITES D'ENGRAIS UTILISEES DANS LES COMMUNES DE TAHER ET AMIR ABDELKADER (DSA, .....	69
TAB 21 QUANTITE DES REJETS DANS LES COMMUNES ENTOURANT DE LA VALLEE (DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT DE JIJEL, 2015).....	70
TAB 22 QUANTITE DES REJETS DANS LES COMMUNES ENTOURANT LA VALLEE (DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT DE JIJEL, 2015).....	70

## **Les abréviations**

**ANRH** : Agence National des Ressources Hydrique.

**ANDI** : Agence Nationale du Développement de l'Investissement

**CE** : Conductivité électrique.

**Déficit** : Déficit agricole.

**ETP** : Evapotranspiration Potentiel.

**ETPc** : Evapotranspiration potentielle mensuelle corrigé.

**ETR** : Evapotranspiration Réel.

**FAO** : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**ha** : Hectare.

**hr** : Humidité relative.

**ISO** : l'Organisation internationale de normalisation.

**I** : Infiltration.

**Mg. L-1** : milligramme par litre.

**Mm** : millimètre.

**M.S<sup>-1</sup>** : mètre par seconde

**NO<sup>2-</sup>** : Nitrites.

**NO<sup>3-</sup>** : Nitrates.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**:Ammonium.

**OMS** : L'Organisation mondiale de la santé.

**OD** : Oxygène dissous.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Ortho phosphate.

**RGPH** : Le Recensement général de la Population et de l'Habitat.

**STEP** : Station d'Épuration des eaux usées.

**µS.cm-1** : Microséismes par centimètre.

# ***Introduction générale***

## Introduction générale

A Jijel, les rendements agricoles des cultures maraichères dans les plaines alluviales de l'Est sont en continuelle hausse et contribuent au développement socio-économique de toute la région.

Néanmoins, ce maraichage de plus en plus extensif repose sur l'utilisation, parfois excessive, d'intrants et fertilisants chimiques et de techniques de protection des cultures non contrôlées. Il s'agit de l'une des principales raisons de la pollution des eaux des bassins versants de la région, en l'occurrence la plaine alluviale d'Oued Djendjen. L'alimentation en eau de la région (Taher, Emir Abdelkader, etc....) est, en partie, assurée par les eaux de barrage d'El Agrem mais complétée par les pompages à partir de l'aquifère alluvial de la partie aval de l'oued Djendjen. Cependant, la réalisation des nouvelles infrastructures (Port de Djendjen, zone industrielle, etc..), le développement et l'extension de certains types de cultures (plasticulture et fraisculture) ainsi que l'accroissement démographique dans les principales villes du bassin versant (un rythme annuel de 3.1 %) accroissent la demande en eau d'une part et engendrent de sérieux problèmes de pollution des nappes, d'autre part, qui fait l'objet de cette étude.

Ce projet de fin d'étude a pour objectif d'étudier la pollution aux composés azotés et leur impact sur la qualité des eaux souterraines et superficielles, de la plaine alluviale d'oued Djendjen. Pour cela une campagne de mesure de terrain a été réalisée avec la mesure *In Situ* des paramètres physiques de l'eau, à savoir, pH, CE et OD, suivie de l'analyse de quatre paramètres chimiques indicateurs de pollution à l'instar de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ , et complétée par une cartographie qui met en évidence la dynamique biogéochimique des polluants azotés dans la nappe.

Pour ce faire, ce manuscrit a été structuré en trois parties fondamentales, à savoir :

**Première partie :** consacrée à la présentation du cadre physique de la zone d'étude, le Contexte géologique, climatologique et les activités agricoles pratiquées dans la plaine alluviale d'oued Djendjen.

**Deuxième partie :** détaille la campagne de terrain que nous avons réalisée pendant la saison des hautes eaux, en Mars 2022, la méthode d'échantillonnage et de conservation des échantillons d'eau, ainsi que les méthodes d'analyse physiques et chimiques utilisées dans ce projet.

**Troisième partie :** a pour objectif d'interpréter et de discuter les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus, en les corrélant avec les différentes données relatives aux pratiques agricoles dans la région, au tissu industriel et les volumes d'eaux déversés dans l'oued, à l'occupation urbaine et les rejets liquides domestiques. Suivie d'une cartographie des composés azotés dans la nappe.

## ***Partie I :***

# ***Etude du Milieu physique de la vallée de Djendjen***

## I. Situation géographique

### I.1. Cadre général de la wilaya de Jijel :

Jijel est située au nord-est de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2.398,69 Km<sup>2</sup> avec une façade maritime de 120 Km. Elle est Limitée au Nord par la mer Méditerranée à l'ouest par la wilaya de Bejaïa ; à l'est par la wilaya de Skikda, au Sud-Ouest la wilaya de Sétif ; au Sud par la wilaya de Mila (**Fig. 1**).



*Fig 1 Situation géographique de wilaya de Jijel.*

### I.2. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de Djendjen est situé à une dizaine de kilomètres au Sud-est de la ville de Jijel sur une superficie de 530.4 km<sup>2</sup> (selon ANRH) et avec une longueur de 29.2 km. L'oued principal prend naissance à Djebel Babor avec un relief extrêmement encaissé à l'amont, et une faible pente dans sa partie aval et entrecoupé par nombreux oueds tels que : oued Agoug, oued Missa, oued Reha et oued Zatout. Le bassin-versant d'Oued Djendjen (0304) est bordé par la mer méditerranée au Nord, le bassin versant d'oued Nil (0305) à l'Est, le bassin de Kébir-Rhumel au Sud, et l'Ouest par Oued Agrioun(0302) avec le bassin côtier de Jijel (0303) qui borde la partie Nord-ouest(**Fig.2**).

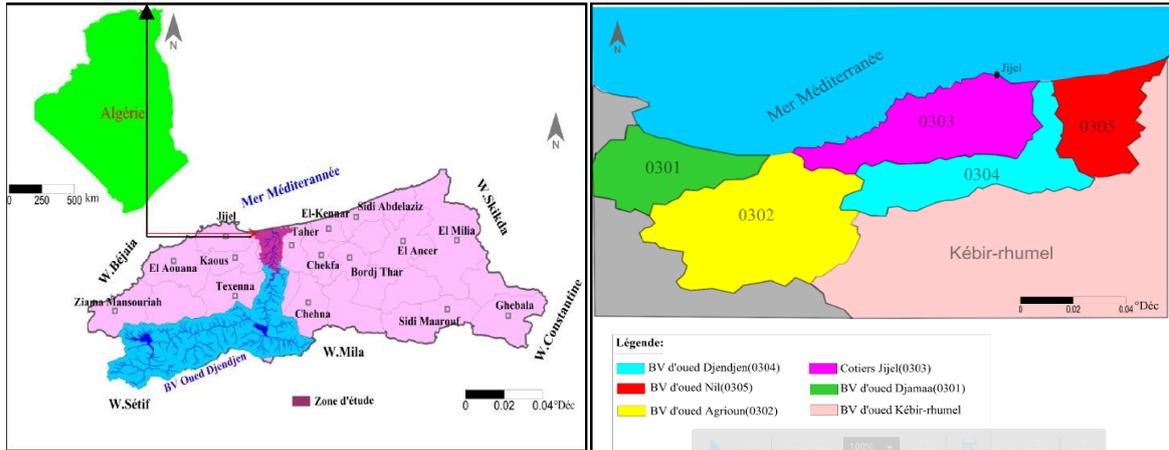


Fig 2 Situation géographique d'Oued Djendjen. (Benazzadine et al 2020).

## II. Aspect géomorphologique

L'examen de la carte topographique montre que le bassin versant d'Oued Djendjen est entouré par des monts dont l'altitude varie de 226 à 1992m. A l'Arrière du bassin versant, le massif des Babors, s'élève de façon abrupte, jusqu'à 2004 mètres d'altitude. Cette chaîne montagneuse présente un relief très accidenté, compartimenté par des gorges profondes, empruntées par les Oueds (Benazzadine et al 2020).

## III. Réseau hydrographique

Le bassin versant d'oued Djendjen est drainé par un réseau hydrographique assez dense, composé de nombreux cours d'eau permanents et intermittents. L'intensité de ce réseau est le résultat de plusieurs affluents le long de ses deux rives, tels qu'Oued Missa, Oued Kendoula, Oued Srour, Oued Erha (**Fig.3**). (Benslama et al 2020)

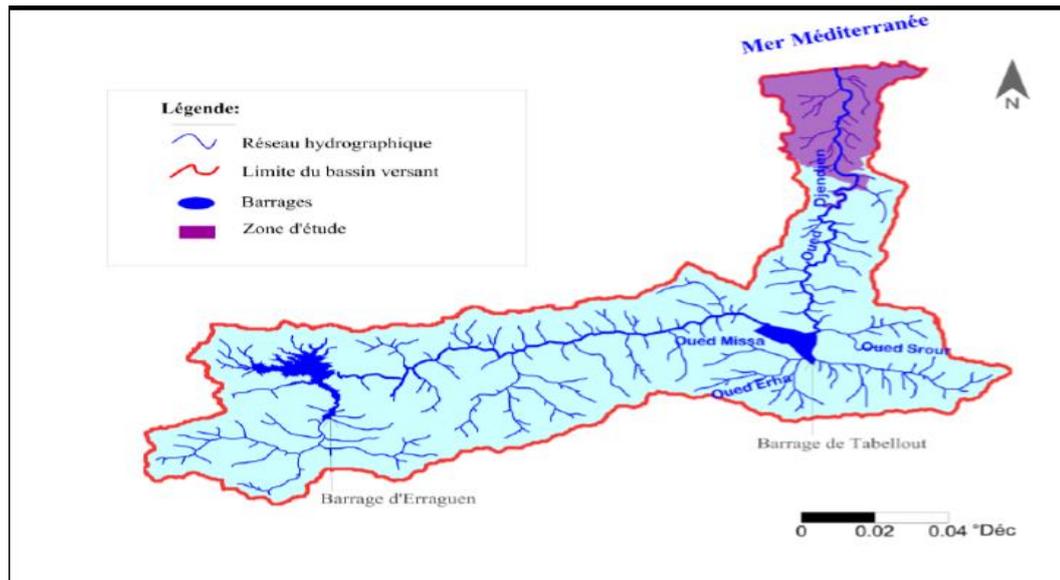


Fig 3 Réseau hydrographique de la zone d'étude (Benslama et al 2020).

#### IV. Etude climatologique

On utilisera des données climatiques telles que la pluviométrie, la température de l'air, l'humidité relative de l'air et le vent et d'autres facteurs : morphologique, lithologique et le couvert végétal, qui jouent un rôle primordial dans le comportement hydrologique des hydrosystèmes. L'établissement du bilan hydrique est donc nécessaire pour comprendre le fonctionnement des cours d'eau. Jijel est soumise à un climat tempéré et humide avec un hiver doux et un été chaud et sec relativement, elle est caractérisée par une pluviométrie décroissante du Sud vers le Nord. Elle est assez élevée sur les monts de Texenna avec plus de 1200 mm/an, alors qu'au niveau des plaines, les valeurs varient de 900 à 1000 mm/an (Berkane, 2011). Les données climatiques utilisées s'étalent sur une période d'observation de 27 ans (1988-2015) à la station d'Achouat. (Benazzedine et al 2020).

##### Station Météorologique

Tab1 Coordonnées Géographiques des stations d'Achouat. (Benazzedine et al 2020).

Station	Coordonnées Lambert		Altitude
	X (km)	Y (km)	
Achouat	783.472	392.836	6 m

#### IV.1. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

##### IV.1.1. Précipitations

La zone d'étude est l'une de plus arrosées en Algérie, Elle reçoit chaque année des apports d'eaux de pluie très importants, qui ruissellent généralement vers les principaux Oueds existants dans la wilaya Parmi ces oueds l'oued DjenDjen (Boulfrakh et Lakehel, 2017).

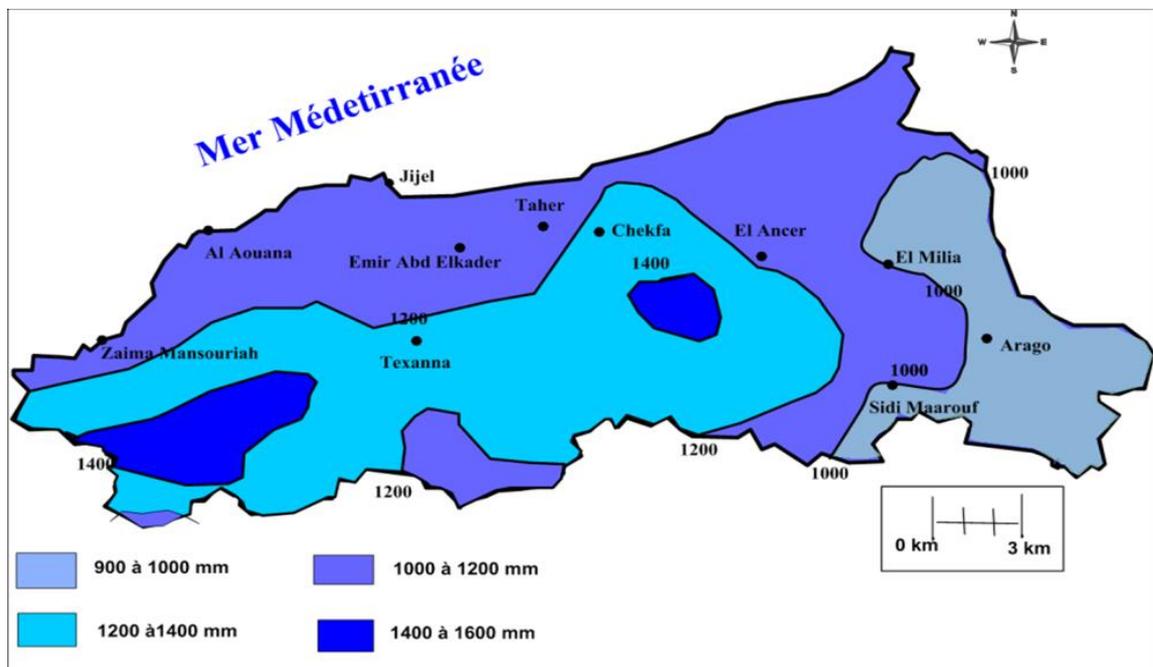


Fig 4 Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993)

Tab 2 Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de 1999 –2019(station de Jijel-  
Aéroport)

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MRS	AVL	MAI	JUN	JUL	AOUT
<b>P Moy Mensuelle (mm)</b>	65.84	78.35	150.07	156.08	169.65	114.69	93.12	104.07	38.91	9.29	1.70	15,89

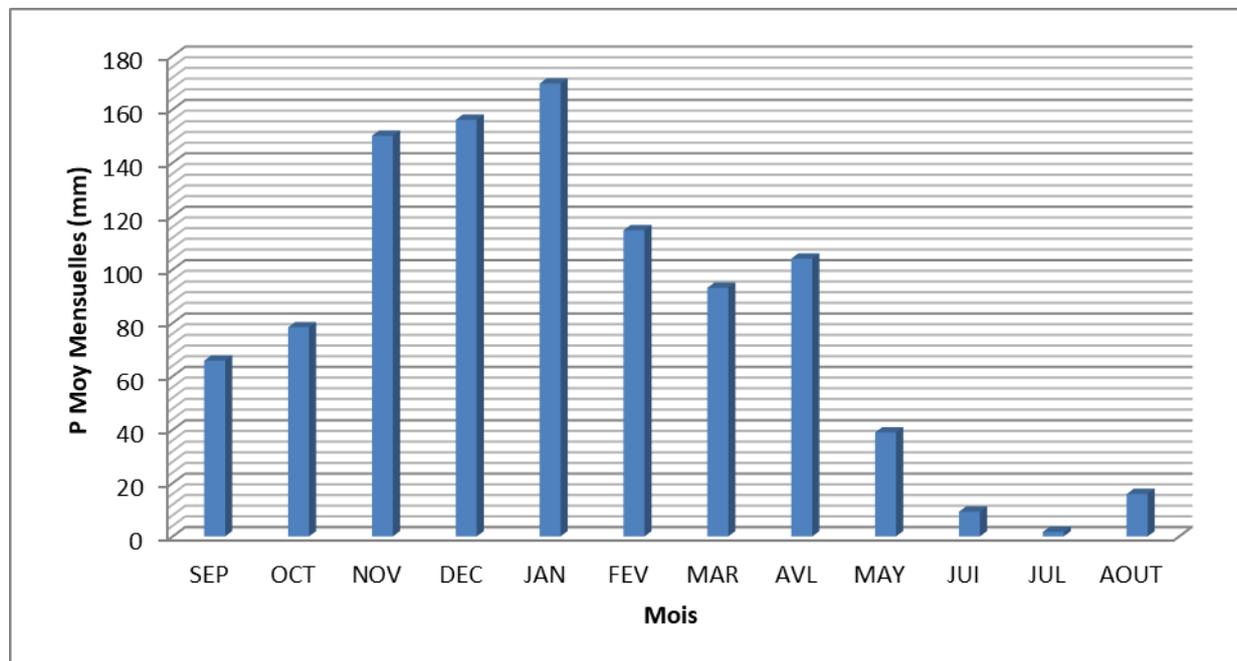


Fig 5 Variation mensuelle des précipitations de la zone d'étude (1999 – 2019).

On observe que les mois de Novembre, Décembre et Janvier sont plus pluvieux de l'année ce qui conduira à la reconstitution de la réserve d'eau et la recharge des nappes d'eau. La figure 5 montre également les mois les plus secs sont Juillet, Juin et aout, ce qui se traduit par une forte évaporation et donc une augmentation de la concentration de certains éléments chimiques dans l'eau. La valeur maximale des précipitations est de l'ordre de 169,65 mm observée pendant le mois de Janvier alors que la valeur minimale est de 1,70 mm observé pendant le mois de juillet.

Tab 3 Valeurs annuelles des précipitations (mm) de 1999 – 2019

Années	P annuelles	Années	P annuelles	Années	P annuelles (mm)
--------	-------------	--------	-------------	--------	------------------

	(mm)		(mm)		
<b>1999/2000</b>	77.625	<b>2008/2009</b>	64.62	<b>2017/2018</b>	968
<b>2000/2001</b>	52.72	<b>2009/2010</b>	79.59	<b>2018/2019</b>	1153
<b>2001/2002</b>	65.62	<b>2010/2011</b>	1051	<b>2019/2020</b>	1075
<b>2002/2003</b>	90.77	<b>2011/2012</b>	1034		
<b>2003/2004</b>	99.54	<b>2012/2013</b>	1266		
<b>2004/2005</b>	89.33	<b>2013/2014</b>	1319		
<b>2005/2006</b>	90.82	<b>2014/2015</b>	1001		
<b>2006/2007</b>	69.26	<b>2015/2016</b>	969		
<b>2007/2008</b>	99.7	<b>2016/2017</b>	932		

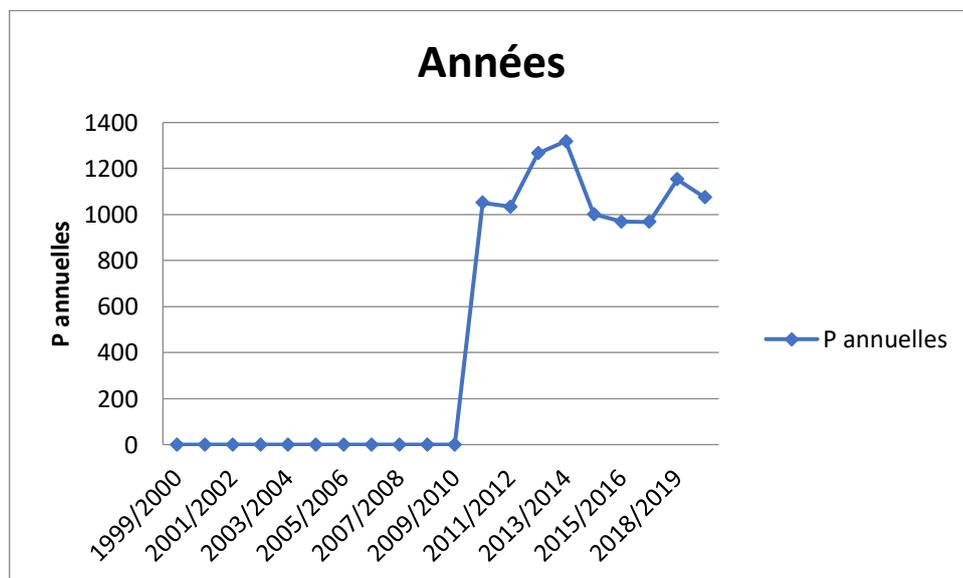


Fig 6 Variation annuelle des précipitations de la zone d'étude (1999 – 2019)

La figure 6 présente la variation annuelle des précipitations durant la période d'étude, on dénote des précipitations variantes entre 52.72 et 1319 mm, L'année la plus pluvieuse est celle de 2013/2014 avec un pic de 1319 mm par contre l'année 2000/2001 représente l'année-là moins pluvieuse en dessous de la moyenne calculée à 52.72mm.

#### IV.1.2. Température

La température de l'air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d'écoulement (évapotranspiration). Le tableau 4 résume les températures moyennes mensuelles durant la période allant de 1999 à 2019.

Tab 4 Valeurs moyennes mensuelles des températures (1999 à 2019)

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MRS	AVL	MAI	JUN	JUL	AOUT	annuelles
T Moy mensuelle	24.1	20.87	15.66	12.50	11.69	11.72	13.64	15.87	19.60	23.17	26.28	26.63	221,72

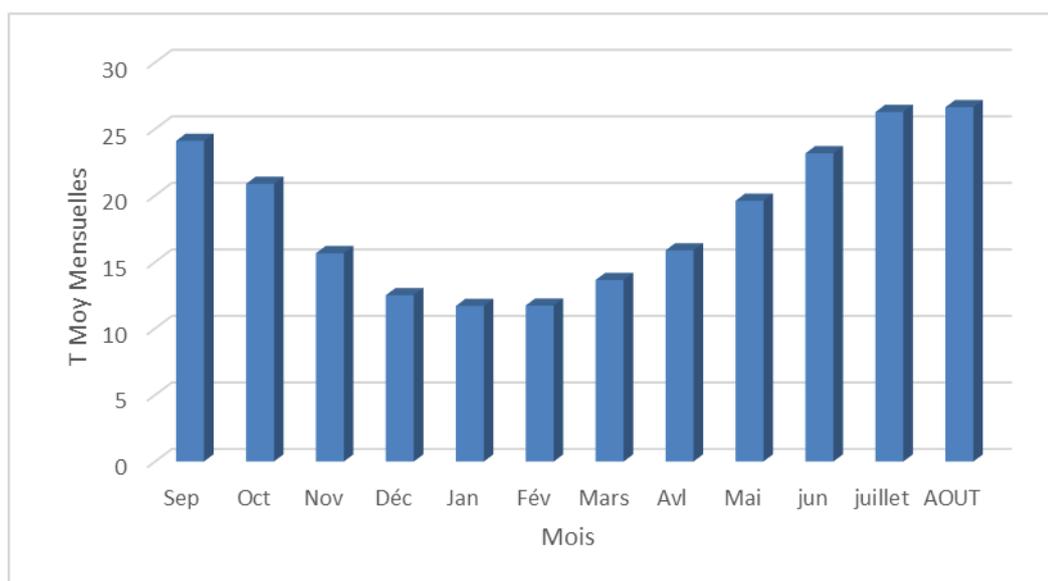


Fig 7 Variation mensuelle des températures de la zone d'étude (1999 – 2019)

La figure 7 représente l'évolution mensuelle des températures de la zone étudiée au cours des 20 dernières années (1999 à 2019), où les données montrent que la température mensuelle moyenne la plus élevée ont été enregistrée en Aout 22, 63 °C et la plus basse enregistrés en Janvier 11. 69 °C.

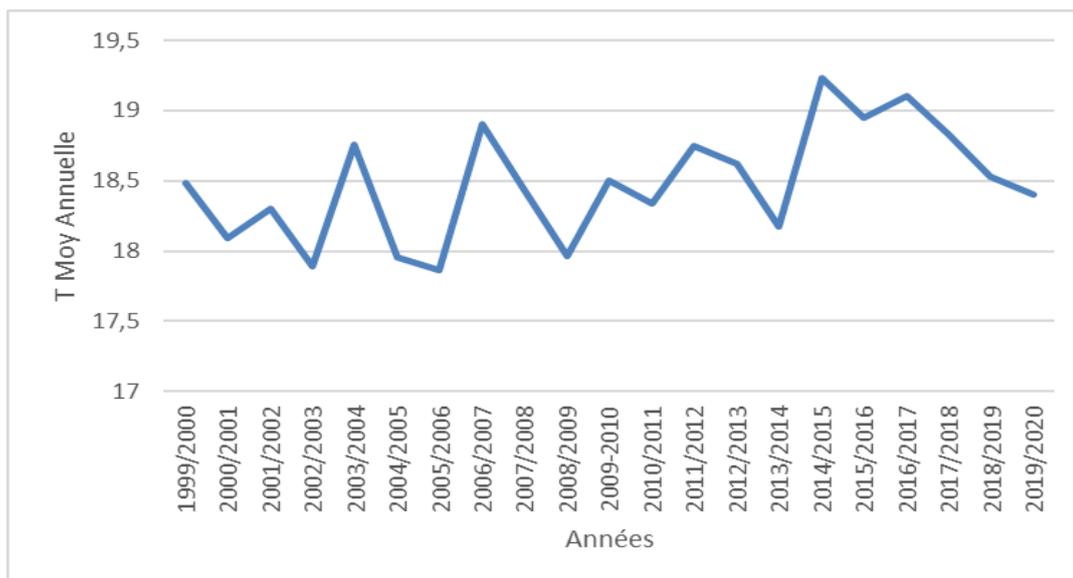


Fig 8 Variation annuelle des températures de la zone d'étude (1999 – 2019)

La figure 8 et le tableau 5 montrent l'évolution annuelle de la température de 1999 à 2019. L'année 2014/2015 a été la plus chaude, avec une moyenne de 19,23°C. Il a été noté également que l'année 2005/2006 a été la moins chaude, avec une moyenne de 17,86°C.

#### IV.1.3. L'Humidité relative

C'est une mesure de la vapeur d'eau dans l'air. Plus précisément il s'agit de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en pourcentage (%HR) de la quantité nécessaire pour atteindre un niveau de saturation à la même température.

Tab 5 Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative (%) de 1999– 2016

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MRS	AVL	MAI	JUN	JUL	AOUT
<b>H % Moyennes Mensuelles</b>	74.25	73.76	71.2	76.99	78.17	76.27	76.24	76.05	76.52	73.27	71.49	71.04

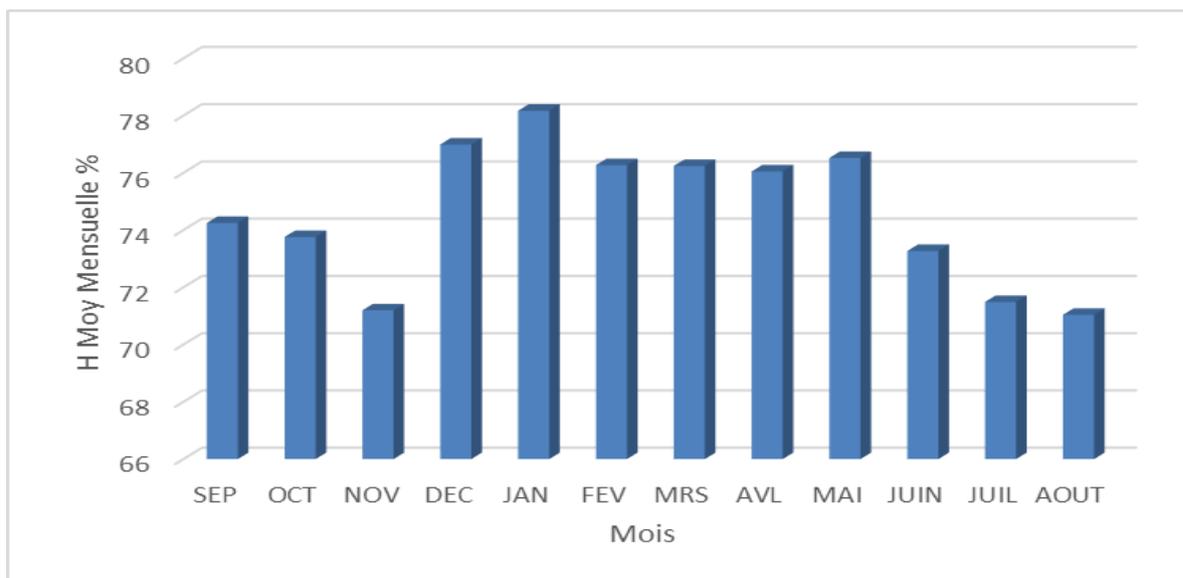


Fig 9 Variation mensuelle d'humidité de la zone d'étude (1999 – 2016)

La figure 9 et le tableau 6 représentent le pourcentage d'humidité dans la zone étudiée, où les moyennes mensuelles d'humidité varient de 71% à 78%, et le pourcentage le plus bas a été enregistré en août avec 71,04% ainsi que le pourcentage le plus élevé est enregistré en janvier 78,17%.

#### IV.1.4. Vent

Considéré comme un facteur climatique très important avec ses deux Caractéristiques (direction et force), le Tableau 8 représente les valeurs mensuelles des vitesses du vent en m/s.

Tab6 Vitesses moyens mensuelles du vent (m/s) 2006 à 2016

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MRS	AVL	MAI	JUN	JUIL	AOUT	Anunelle
V Moy Mensuelles	73.5	75.1	75.4	76.7	77.2	75.4	76.2	76.4	75.9	72.7	71.7	71.8	898

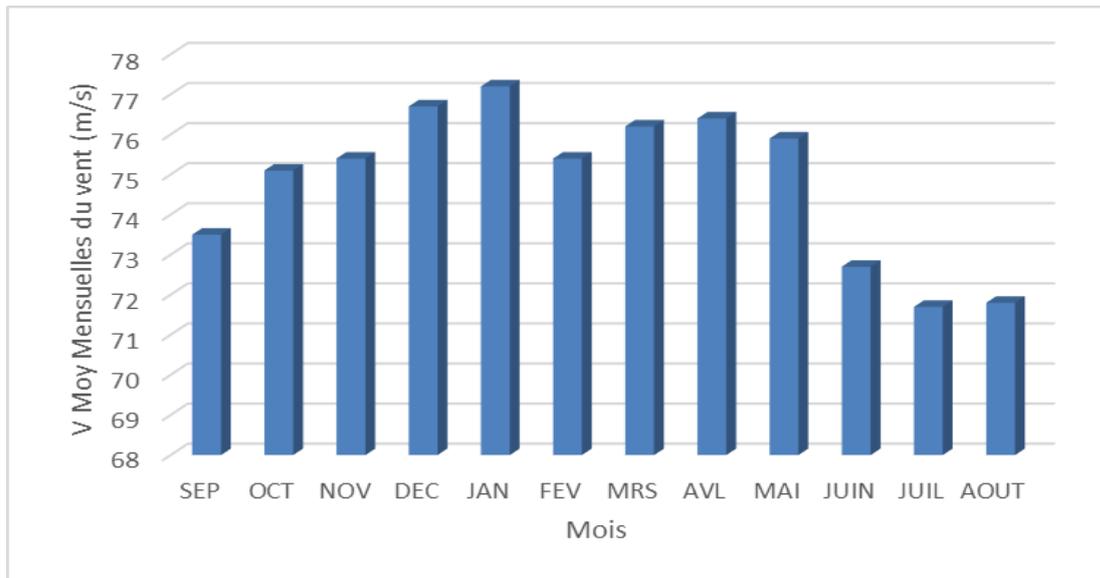


Fig 10 Variation mensuelles de la vitesse du vent (2006-2016)

Les valeurs des vents mensuels mesurées montrent un maximum de 77.2 m/s enregistrée au mois de Janvier et un minimum de vitesse à 71.7 m/s dans le mois de juillet

#### IV.2. Régime climatique

Le diagramme ombro-thermique de Gaussen est un mode de représentation classique du climat. Il nous permet de connaître les caractéristiques des saisons dans une région donnée et d'évaluer l'intensité et la durée de la période de sécheresse. La formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes ombro-thermiques traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes. (Retima et al 2021)

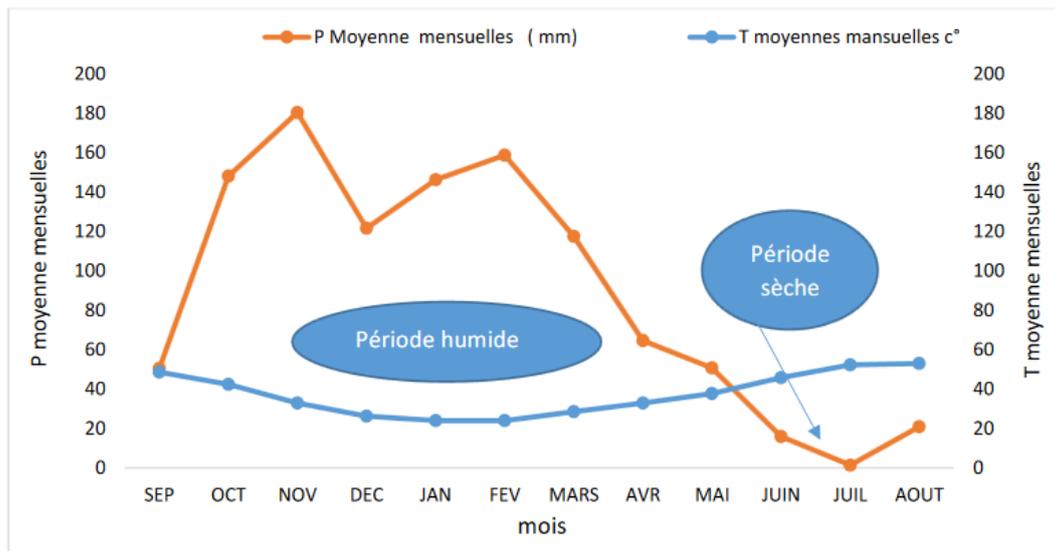


Fig 11 Diagramme Ombro-thermique à la station d'Achouat - Taher (2010-2019) (Retima et al 2021)

Le diagramme ombro-thermique de la région montre la présence de deux principales périodes,

- L'une sèche qui s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au mois d'Aout et correspond à la période des basses eaux.

- L'autre humide qui s'étale du mois de septembre jusqu'à la fin mai et correspond à la période des hautes eaux.

### IV.3. Estimation du bilan hydrologique

L'établissement du bilan hydrologique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface entre les composantes suivantes : évapotranspiration réelle (ETR), ruissellement (R) et l'infiltration dans le sous-sol. Cette étude climatique débouchera sur un calcul du bilan hydrologique en exploitant les données météorologiques disponibles et en utilisant la méthode adaptée à la région qui est la méthode de Thornthwaite.

#### IV.3.1. Evapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie d'un tapis végétal couvrant entièrement et alimenté régulièrement en eau. Thornthwaite a établi une corrélation entre la température moyenne mensuelle et l'ETP, ou le pouvoir évaporant pour chaque mois est déterminé par la formule suivante :

$$ETP = 16 (10 T / D)^a \text{ si } 0 \leq T < 26,5^\circ\text{C}, \text{ Sachant que :}$$

**ETP** : Evapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

**ETP<sub>c</sub>** : Evapotranspiration potentielle mensuelle corrigé (mm) avec **ETP<sub>c</sub> = ETP \* K**

**T** : Température moyenne mensuelle (°C).

**I** : Somme des indices thermiques **I = Σioùi = (T/5)<sup>1,514</sup>**

**I = 67.07**

**a** : Exposant climatique : **a = 1.6 (I/100) + 0.5**

**a = 1.57**

**K** : Coefficient d'ajustement, facteur correctif mensuel en fonction de la latitude et d'altitude

*Tab 7 Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles et annuelles calculées par la méthode de Thornthwaite (1999à2019).*

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mrs	Avl	Mai	Jun	Jul	Out	Année
<b>T</b>	24.10	20.87	15.66	12.5	11.69	11.72	13.64	15.87	19.60	23.17	26.28	26.63	-
<b>i</b>	7.29	6.31	4.74	3.78	3.53	3.54	4.13	4.80	5.93	7.01	7.95	8.06	67.07
<b>ETP</b>	119.01	95	60.57	42.52	38.27	17.08	48.76	61.85	86.16	112.04	136.54	139.41	960.21
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>ETP<sub>c</sub></b>	122.58	92.15	52.09	35.71	33.29	14.51	50.22	68.03	104.25	136.68	169.30	161.71	1040.52

#### IV.3.2. Estimation du bilan hydrologique par la Méthode de Thornthwaite

Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100 mm au maximum

(Gaude, 1976) : **P=ETR+R+I**

**P** : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

**R** : ruissellement moyen annuel de surface en (mm).

**I** : infiltration moyenne annuelle (mm).

**ETR** : évapotranspiration réelle (mm).

**Déficit** : Déficit agricole (mm).

**Excédent** : le surplus d'eau ou water surplus **Ws**.

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants

- Si  $P > ETP \rightarrow ETP = ETR$ , la quantité  $(P - ETP)$  aliment la RFU jusqu'au maximum.
- Si  $P < ETP \rightarrow ETR = P$  toute une partie de la RFU jusqu'à égaliser la valeur de l'ETP.

• Si malgré l'apport de la RFU, L'ETR est toujours inférieure à l'ETP (ETP < ETR), il existe un déficit agricole  $Da = ETP - ETR$ .

• Si  $P = ETR$  : les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol. Il n'y aura de  $Wa$  pour alimenter la RFU. Pour notre cas on prend la RFU maximum égal à 100mm

Tab 8 Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite (1999-2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Out	Année
<b>P.M (mm)</b>	65.8	78.3	150.0	156.0	169.6	114.6	93.1	104.0	38.9	9.29	1.70	15,8	997.6
		5	7	8	5	9	2	7	1			9	6
<b>ETP c</b>	111.6	79.5	40.4	24.6	23.2	22.8	37.1	53.1	87.8	122.4	158.8	152.4	913.8
<b>ETR (mm)</b>	65.8	78.3	40.4	24.6	23.2	22.8	37.1	53.1	87.8	60.4	1.70	15.9	511.1
	4	5											
<b>RFU</b>	0	0	100	100	100	100	100	100	51.1	0	0	0	/
<b>Exdt</b>	0	0	9.6	131.5	146.4	91.9	56.1	51	0	0	0	0	486.5
<b>DA</b>	45.8	1.2	0	0	0	0	0	0	0	62.1	157.1	136.5	402.6

### IV.3.3. Ruissellement

Le ruissellement (R) peut être calculé par deux formules :

• TixerontBerkalof modifié par Romantchouk (1974) pour  $P > 600$  mm,  $R = P^3/3$

• TixerontBerkalof., pour  $P < 600$  mm,  $R = P^3/3 * (ETP)^2$ , Avec :

**R** : Ruissellement en mm

**P** : Précipitation moyenne mensuelle en mm

**ETP** : Evapotranspiration potentielle en mm

➤ Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm donc la formule utilisée est celle de Tixeront (1).

### IV.3.4. Infiltration

L'infiltration aussi un facteur plus important d'un point de vue hydrologique, pour l'estimer on a la formule suivante :  $P = ETR + R + I$ , Donc :  $I = P - (ETR + R)$

**P** : précipitation moyenne annuelle en mm

**ETR** : évapotranspiration réelle en mm

**R** : la lame d'eau ruisselée en mm

**I** : désigne l'infiltration en mm

D'après les valeurs de l'ETR calculées par la méthode de Thornthwaite, on calcul R et I :

*Tab 9 Variation de ruissellement et l'infiltration dans la période (1999 à 2019)*

<b>Paramètre</b>	<b>P</b>	<b>ETR</b>	<b>R</b>	<b>I</b>
<b>Quantité mm</b>	997.66	511.1	330.99	155.9
<b>Pourcentage</b>	100%	51.22%	33.17%	15.66%

Pendant la période des crues, le sol se retrouve saturé en eau, ce qui engendre un excédent d'eau en surface. Cet excédent alimentera les eaux de surface et est appelé ruissellement. Ce dernier est estimé à 330.99 mm, soit 33.17%. Le ruissellement est essentiellement associé à la présence des terrains imperméables et semi perméables (calco-marneux, sable-argileux, marnes et les terrains métamorphique) assez présents dans le bassin versant étudié. On constate également que seulement une modeste quantité d'eau soit 15.66% des précipitations annuelles tombées sur le bassin versant s'infiltrera dans le sol, alors que l'autre partie est partagée entre le ruissellement avec 33.17% et l'évapotranspiration avec 51.22%.

## V. Contexte géologique et hydrogéologique

### V.1. Cadre géologique

La plaine de l'oued Djendjen se trouve sur le littoral de l'Est Jijilien n'a, jusqu'à présent, fait l'objet d'aucune étude géologique détaillée. Nous ne disposons que de quelques données sur la partie amont du secteur d'étude. L'esquisse géologique établie par Ficheur en 1971 et Durozoy en 1954 permet de distinguer de bas en haut la litho-stratigraphie suivante (**Fig.12**) :

#### Miocène

- **Burdigalien (m1)** : s'observe dans les côtés est et ouest de la vallée et constitué de marnes grises parfois sableuses ou jaunâtres, le faciès est très constant avec des intercalations des niveaux détritiques et de gros nodules calcaires jaunâtres, son épaisseur varie entre 200 et 300 m.

- **Pontien (m3)** : représenté sous forme de dépôts continentaux, il est constitué par des galets, des cailloutis et des poudingues qui se trouvent mêlées à des argiles, l'ensemble de cette série plus ou moins cimenté, présente une perméabilité moyenne. L'épaisseur est variée entre 30 et 50 m.

#### B. Quaternaire

- **Terrasses anciennes (q)** : elles sont constituées par des cailloutis, des graviers et des galets qui sont très perméables et généralement aquifères. Parfois, les matériaux des terrasses peuvent être partiellement cimentés et forment des conglomérats qu'on peut confondre avec ceux du Pontien. Ils ont une épaisseur de 15 m.

- **Dunes anciennes (D)** : elles sont présentes autour de Bazoul et Tassoust, constituées de sables jaune-rouille, limoneux, souvent consolidés, ayant une épaisseur de 20 m.

- **Alluvions récentes limoneuses (a2)** : elles sont des dépôts essentiellement limoneux des basses vallées. D'épaisseur généralement inférieure à 20 m, elles se développent surtout sur la rive droite de l'oued Djendjen.

- **Alluvions actuelles (a)** : elles sont des dépôts de l'oued actuel. Elles sont constituées de sables, graviers, conglomérats et de galets perméables avec une épaisseur peut dépasser 20 m.

- **Dunes actuelles (d)** : ces dunes forment un cordon tout le long de la mer. Elles sont constituées de sables grossiers parfois consolidés avec une épaisseur de 15 mètres. (*Benazzadine et Meziti 2020*)

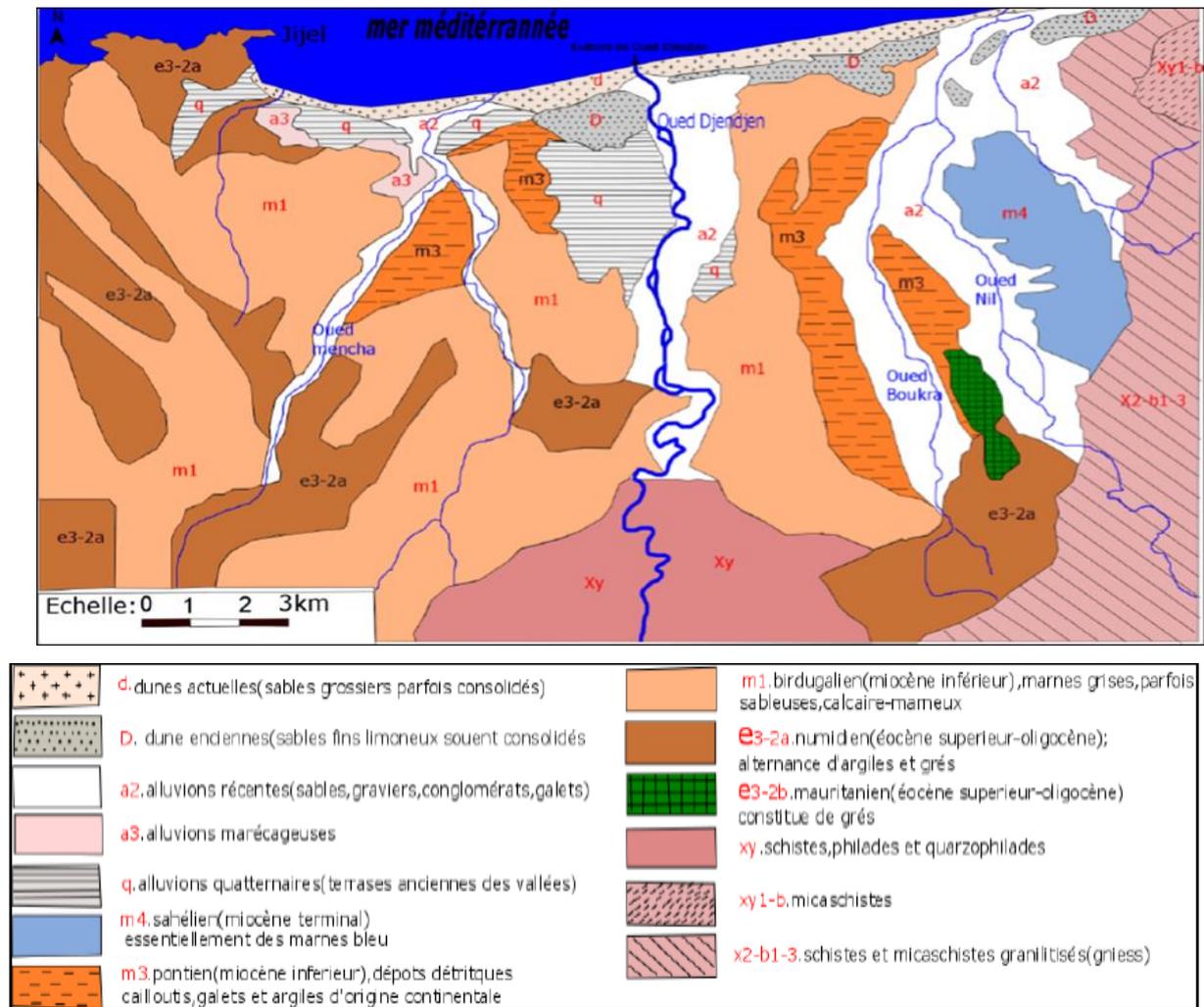


Fig 12 Carte géologique de la plaine d'oued Djendjen (Ficheur 1971, in Karaouet et al 2016)

## V.2. Contexte hydrogéologique

L'hydrogéologie de la nappe a été élaborée à l'aide des cartes piézométriques et logs stratigraphiques, la figure 13 représente une coupe longitudinale traversant l'aquifère selon une direction N-S qui fournit les renseignements suivants :

- L'aquifère est constitué de formations alluviales du Quaternaire et du Miocène supérieur (Pontien), son substratum est marneux, d'âge Miocène inférieur (Burdigalien). Il existe un bombement de son substratum au niveau du forage D28 (Nord), où l'épaisseur de la nappe ne dépasse pas 12 m.
- L'épaisseur de l'aquifère dépasse 25 m au niveau du forage D21 (zone centrale).
- Le niveau piézométrique diminue du Sud vers le Nord, le long de l'oued Djendjen où il atteint le niveau zéro (0 m) au forage D29b, et continue de diminuer sous le niveau de la mer jusqu'à

moins 1,6 m au forage D19, ce qui fait alerter d'un risque d'avancée du biseau salée (vers la centrale d'électricité d'Achouat).

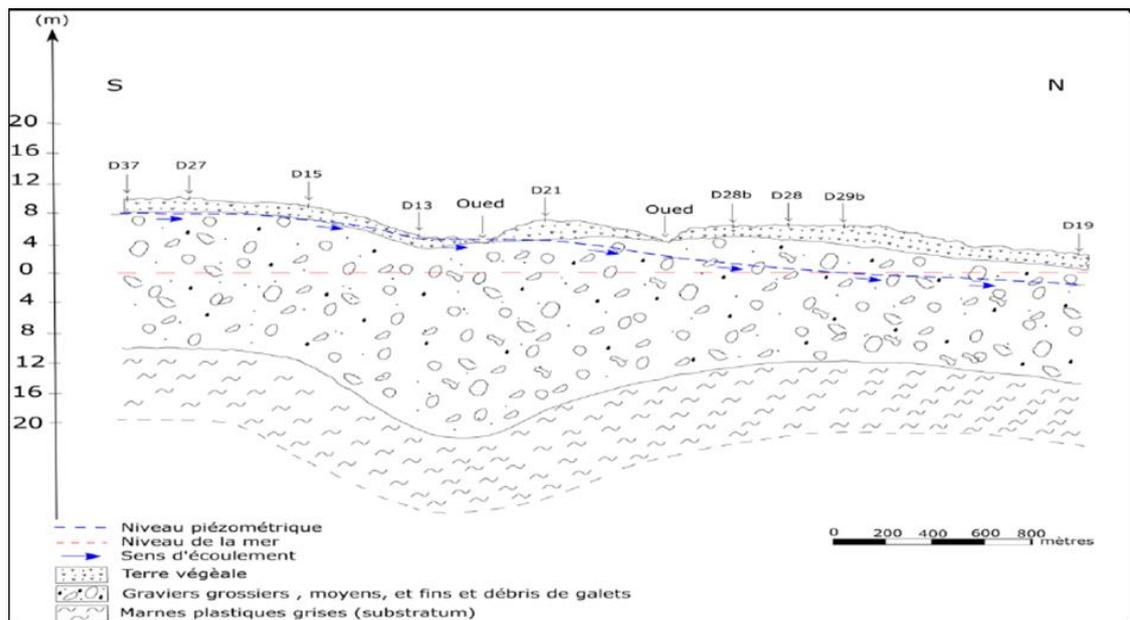


Fig 13 Coupe Hydrogéologique orientée Nord-Sud dans la plaine d'oued Djendjen  
(KaraouetetetBourafa, 2016).

La carte piézométrique de la plaine d'oued Djendjen est présentée dans la figure 14, elle représente l'état piézométrique de la nappe au mois d'Avril 2016. Cette dernière montre l'existence de plusieurs zones d'écoulement souterrains bien distinctes :

- La partie amont de la plaine (au Sud) se distingue par des courbes isopièzes espacées avec un gradient hydraulique qui varie entre 0.37% au niveau de profil AB et 0.42% au niveau du profil CD caractérisé par une vitesse d'écoulement assez faible, le sens d'écoulement est orienté vers le Nord-est, sur l'extrémité Sud-Est au Sud de la commune d'El Amir, l'écoulement est orienté vers l'Est pour alimenter l'Oued Djendjen.
- Une zone centrale située sur la rive droite de l'Oued caractérisée par des isopièzes dont la vitesse d'écoulement est très faible, un gradient hydraulique d'ordre 0.17% au niveau du profil EF, l'écoulement est convergent vers un axe de drainage.
- Au Nord-est où le sens d'écoulement dans cette partie est orienté vers la mer :  
Au niveau d'Achouat les courbes isopièzes sont bien espacées avec un gradient hydraulique de l'ordre 0.38% au niveau de profil GH.
- Au Nord-ouest le sens d'écoulement dans cette partie est orienté vers la mer :

Au niveau de Tassoust les courbes sont très serrées où la vitesse d'écoulement est plus importante par rapport à celle du Nord-est avec un gradient hydraulique de l'ordre de 1.60% au niveau de profil II (Benazzadine et Meziti 2020).

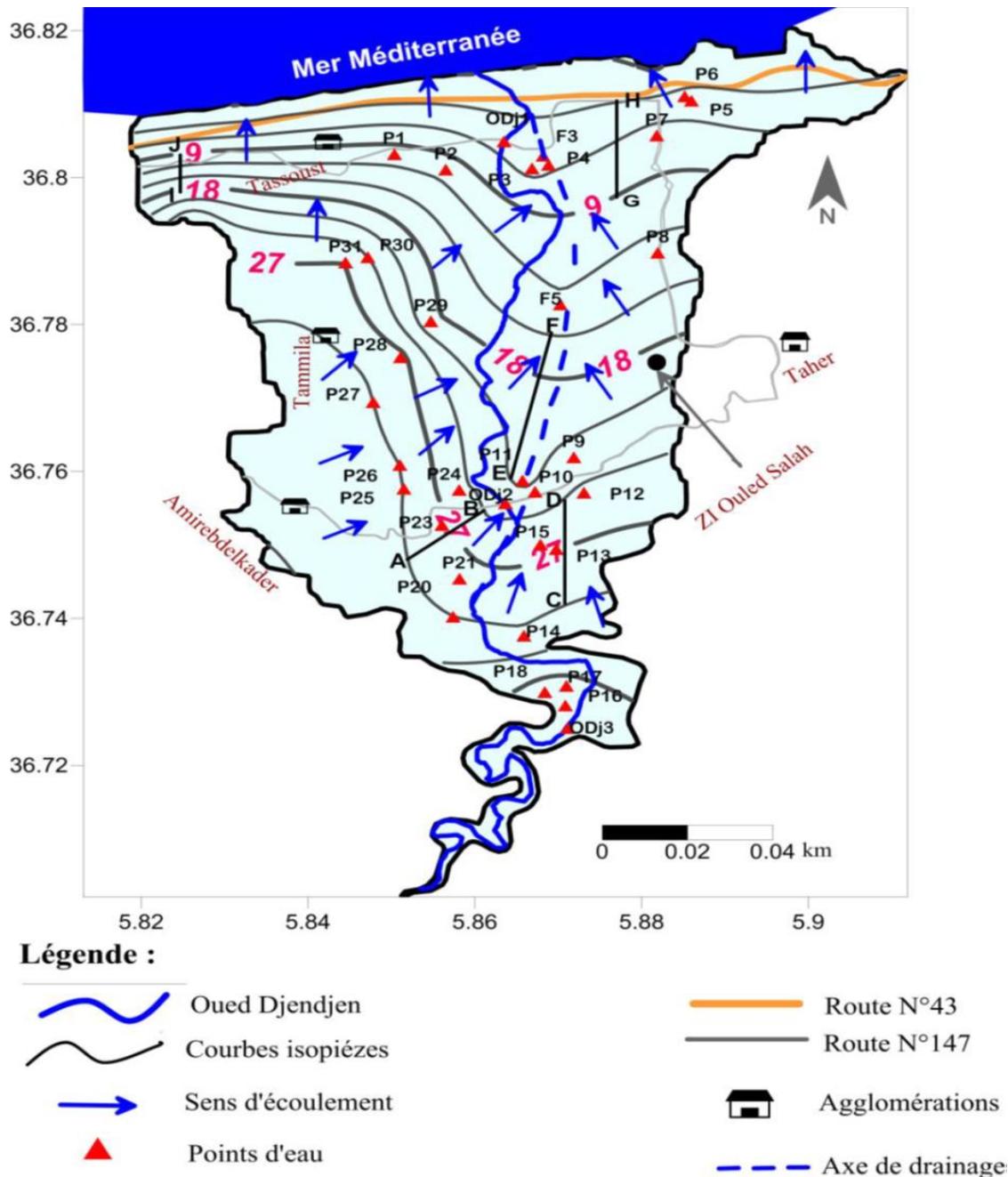


Fig 14 Carte piézométrique de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Benazzadine et al 2020).

## VI. Contexte socio-économique

L'observation sur une longue période des dynamiques socio-économiques et démographiques territoriales met en évidence un processus de localisation des hommes et des activités dans les territoires et permettra de connaître leurs impacts sur l'écosystème et surtout sur la qualité de ses eaux.

- a) Population :** Etant en relation directe avec son milieu, l'homme peut agir positivement ou négativement sur ce dernier, aussi l'analyse de l'élément humain est d'une nécessité absolue. En effet, l'évaluation des besoins en eau potable et le volume des eaux usées, son évolution ainsi que la dynamique du milieu relève en grande partie de la répartition des habitants, de leur organisation et de leur activité. La population du bassin versant de l'oued Djendjen a été estimée à 70762 habitants en 2008 avec un taux d'accroissement constant égal à 2.2% où elle devrait atteindre 86258 habitants en 2018 selon le recensement général de la population et des habitats (*R.G.P.H*) (*BoulfrakhetLakehel, 2017*)
- b) Industrie :** la zone d'étude contient une grande zone industrielle à OuledSalah qui pourrait engendrer des rejets polluants renfermant tous les sous-produits et les pertes de matières premières accélérant, de ce fait, la dégradation de la qualité des ressources en eau (**tab.11**).

Tab 10 Les différentes entreprises dans la région d'étude (*Karaouat et Bourafa, 2016*).

Entreprise	Nature de l'activité	Produit	Capacité de production
ENAJUK Unité conserverie	Industrie conserve alimentaire	Conserves alimentaire	7000 tonnes
ENAVA Société (africaverre)	Industrie du verre	Pare-brise V latérale V feuilleté V trempé V imprimé silicate	39000 unités 176000 unités 39000 m <sup>2</sup> " 15000 tonnes 14000 tonnes
Société briqueterie EPRE/SBNC	Fabrication des briques	Briques creusés	1000000 unités/an
Sarl SOMOMI Société maghrébine de mécanique et Maintenance industrielle	Mécanique de précision et maintenance industrielle	Pièces mécaniques	3000000 pièces
SNC Ayachi Saïd & associée	Fabrication de carrelage granito	Carreau granito	1200 m <sup>2</sup> /j

- c) Agriculture:**

Jijel fait partie de la cote Algérienne et des zones littorales qui, grâce à des conditions climatiques très favorables, sont occupées par les cultures maraîchères et plus particulièrement par la plasticulture. Toutes les cultures maraîchères y sont pratiquées. Le système de production est généralement intensif, l'assolement est triennal, quadriennal et parfois quinquennal. L'utilisation des pesticides et des engrais est relativement importante pour les cultures menées sous serre (Boudjedjou 2010). Selon les données de la direction des services agricoles et des enquêtes économiques de la willaya de Jijel, on observe 3 domaines principaux (**tab. 11**) :

- **Domaines agricoles** : La plaine de l'oued Djendjen est caractérisée par une activité agricole moyenne qui se développe remarquablement. La superficie agricole utile présente 43.924 Ha dont 5.580 Ha irrigables dégageant une production annuelle moyenne de 225.000 kg de culture sous serres (piment, poivron, tomate, haricot etc...), 156.000 kg de tomate industrielle et 310.000 kg de culture pérenne principalement (l'oléiculture soit 3,6 millions de litres d'huiles d'olives).
- **Domaines forestiers** La superficie forestière est 115.000 Ha dont 44.000 Ha de chêne liège dégageant une production annuelle moyenne de 22.284 kg de liège. 7.700 Ha de chêne zen qui dégage environ 10.000 m<sup>3</sup> de bois ; Liège, Souches de bruyère, Extraits de plantes et Produits pharmaceutiques
- **Terre bâtie** : occupe une superficie totale de 23 444ha, soit 9.87 % de la superficie totale de la région. Terrains urbains présentant une superficie de 2 110 ha soit 9 % de ce domaine.

*Tab 11 taux et l'Occupation du sol du bassin versant de l'oued DjenDjen (DSA)*

Domaines	Espèces	Superficie (ha)	Taux (%)
<b>Domaines forestiers</b>	Bois	13300	11.56
	Chênes lièges	43700	38
	Maquis	58000	50.43
Surface forestière Totale		115000	<b>48.43</b>
<b>Domaines agricoles</b>	Surface utile agricole	43649	44.08
	Superficie irriguée	6210	6.27
	Autres	49165	49.65
Surface agricole Totale		99024	<b>41.70</b>
<b>Terre bâtis</b>	Terrains urbains	2110	9
	Autres	21334	91
Terre bâtie totale		23444	<b>9.87</b>
Total		237 468	100

## VII. Chimie des eaux

Les eaux de l'Oued sont très chargées en éléments dissous, notamment en chlorures, sulfates, Sodium et calcium, ce qui n'est pas surprenant, étant donné la nature lithologique gypso-saline du haut bassin versant. L'hydrochimie de la nappe est influencée par des caractéristiques acquises dans le bassin versant. L'eau souterraine tend à être encore plus chargée que les eaux de surface, lorsqu'on se rapproche de la mer, à cause de l'avancée de l'eau de mer vers l'intérieur de la plaine (Derradji El Fadel, 2016) ce qui est confirmé d'après les conductivités qui varient entre 320  $\mu\text{s/cm}$  et 1732  $\mu\text{s/cm}$ .

## VIII. Contexte et réalité sur les pratiques agricoles à Jijel

### VIII.1. Effets sur l'environnement

Les pesticides se dégradent dans une variété d'autres substances ; à la suite d'interactions avec le sol, l'eau, la lumière du soleil et l'oxygène.

**a) Contamination du sol :** Un traitement important des sols avec des pesticides peut entraîner une baisse des populations de microorganismes du sol bénéfiques. Selon la scientifique du sol Elaine Ingham " Si nous perdons les bactéries et les champignons, le sol se dégrade". L'utilisation excessive d'engrais chimiques et de pesticides a des effets sur les organismes du sol.

**b) Contamination de l'air :** La dissémination des pesticides dans l'atmosphère se produit soit au moment de l'épandage, notamment lorsqu'ils sont pulvérisés, soit par évaporation, à partir des plantes sur lesquelles ils ont été répandu ou à partir du sol ou ils se sont déposés.

**c) Contamination de l'eau :** la principale cause de la pollution des eaux par les pesticides est l'agriculture intensive. Les pesticides et leurs résidus se retrouvent dans les eaux de surfaces ainsi que dans les eaux souterraines et marines. Une fois que les eaux souterraines sont polluées, la contamination peut prendre plusieurs années pour se dissiper ou être nettoyée.

### VIII.2. Pollution agricole

Au début des années 60, l'utilisation des pesticides a connu une augmentation assez remarquable en Asie et en Amérique du Sud, 4. 65 % des pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevée (Calvet et al., 2005). En même temps, l'eau polluée par les matières organiques issues de l'élevage est plus répandue que la pollution organique en provenance des zones urbaines. En Algérie, l'utilisation des pesticides à usage agricole est de plus en plus fréquente, suite à l'augmentation des superficies cultivées et à la diversité des bio agresseurs des cultures. Ainsi, près de 400 substances actives de pesticides, dont environ 7000 spécialités, y sont commercialisées annuellement sous l'expression « produits phytosanitaires à usage agricole » (Bouziyani, 2007)

### VIII.3. Pratiques agricoles à Jijel

Jijel est caractérisée par une abondance en eau souterraines où la capacité est de 73.8 Millions m<sup>3</sup>/an. Ces eaux sont utilisées pour l'alimentation en eau potable de plusieurs communes et pour l'irrigation. L'agriculture constitue l'activité économique principale. Ce secteur dénombre plus de 19.443 exploitations agricoles dont 95% relèvent du statut privé. Il est à noter que 83% des exploitations ont une superficie inférieure à 05 ha.

Les terrains agricoles de la wilaya sont répartis de la manière suivante :

- Zones de plaines : 14.173 Ha, soit 33% de la SAU.
- Zones de montagne et piémonts : 29.424 Ha, soit 67% de la SAU. (ANDI, 2013).

Notre étude se focalise sur les quatre communes de Taher, Chekfa, Emir Abdelkader et El Kennar, dans le but est d'évaluer l'ampleur de l'utilisation des différents types d'engrais et produits phytosanitaires et leurs effets sur la qualité des eaux. Nous discuterons également les différents

types de cultures qu'occupent les surfaces agricoles, l'irrigation et les besoins en eau de chaque commune.

### VIII.3.1. Données agronomiques et occupation du sol

D'après le tableau 12 on constate que la superficie agricole totale est de 98499 ha, soit 41% de la surface totale. Parmi laquelle 44418 ha de surface agricole utile, soit 45 % de la surface totale des domaines agricoles et 7209 ha de terres irriguées soit 0.9 % de la surface totale. Les cultures pratiquées sont dominées par les cultures maraichères, les fraisiers et les arbres fruitiers.

*Tab12 Occupation des terres dans la wilaya de Jijel (DSA, 2018)*

<b>Superficie totale wilaya</b>	240000 Ha	100 %
<b>Superficie agricole totale</b>	98499 Ha	Soit 41 % de la S.T
<b>Superficie agricole utile</b>	44418 Ha	Soit 45% de la S.A.T
<b>Superficie agricole irriguée</b>	7209 Ha	Soit 0,9 % de la S.A.U



*Fig 15 Les différentes cultures de la wilaya de Jijel.*

Le tableau 14 montre la répartition de la surface agricole par les différents types des cultures et cela durant la période de 2014 jusqu'à 2019. Nous remarquons que :

**2014 -2015** : la surface agricole utile (SAU) totale est égale à 2713 ha dont la plus grande surface est observée à Taher avec une superficie estimée à 923 ha. Cette dernière est dominée par les cultures maraichères d'environ 908 ha. La surface agricole d'el Amir Abdelkader est évaluée à 905 ha, occupée par les cultures fruitières (53 ha). Au niveau d'el KennarNouchfi, la culture maraichère et fruitière est la seule culture employée, elle occupe 159 ha et 52 ha successivement de la surface totale de 211 ha. Pour Chekfa c'est également de la culture maraichère et fruitière qui occupe une superficie respectivement de 490 ha et 104 ha de la surface totale de 675 ha.

**2015-2016** : On y constate un bouleversement, où la commune de l'Emir Abdelkader est classée en première position avec une superficie égale à 1055 ha sur une surface totale de 2772 ha (culture maraichère principalement). La commune de Taher vient en deuxième position avec une surface agricole de 785.75 ha. Pour les régions de Chekfa et Elkenar, la surface agricole utilisée est équivalente respectivement à 711 ha et 220 ha. Ces dernières sont également caractérisées par la culture maraichère occupant une importante surface en comparaison avec les autres cultures. Au niveau d'El Kennar, on remarque l'apparition de diverses autres cultures sur 10 ha avec l'absence totale de la céréaliculture et des vignobles.

**2016-2017** : On observe une baisse des terrains agricoles qui s'établissent à 2610 ha, cela est dû à la baisse de la surface culturale au niveau des communes de Taher, Chekfa et El Kennar.

D'ailleurs on observe que la SAU dans El Amir Abdelkader a connu un élargissement de 1100 ha.

Dans les quatre communes, on constate que la culture maraichère est la plus dominante, simultanément avec l'absence totale des céréales, des vignobles et les cultures industrielles sauf à Chekfa où l'agriculture industrielle occupe 50 ha.

**2017-2018** : durant cette période, la surface cultivée dans la zone d'étude a augmenté jusqu'à 2774 Ha. La commune d'El Amir Abdelkader occupe la plus grande partie avec 1120 ha. Vient ensuite Taher avec 642 ha, Chekfa et Elkennar avec respectivement 642 et 247 ha.

**2018-2019** : la surface agricole totale a été estimée à 3713.46 ha. Avec l'apparition de nouvelles cultures qui sont représentées par :

- Les Céréales concentrés au niveau d'El Amir Abdelkader avec 37 ha, Chekfa avec 9 ha et Elkennar avec 4 ha.
- Les cultures industrielles principalement à El Kennar avec 208 ha.
- Les vignobles dans la commune de Taher avec 6 ha

*Tab 13 Différentes superficies occupées par les cultures (2014 - 2019) (Retima et al 2021)*

Communes	Emir-Abdelkader			Taher		Chekfa		El Kennar		Tot
année	type de culture	Sup (Ha)	tot	sup (Ha)	tot	sup (Ha)	tot	Sup (Ha)	tot	
2014-2015	Cereales	-	905	-	923	-	675	-	211	2713
	Fruitieres	53		2		104		52		
	Maraicheres	804		908		490		159		
	Industrielles	10		13		57		-		
	Vignobles	-		-		-		-		
	Divers	48		-		23		-		
2015-2016	Cereales	-	1055	-	785,75	-	711	-	220	2772
	Fruitieres	64		40		105		29		
	Maraicheres.	900		737,25		524		182		
	Industrielles.	11		2,50		57		-		
	Vignobles	-		-		-		-		
	Divers	80		6		25		10		
2016-2017	Cereales	-	1100	-	761	-	570	-	180	2610
	Fruitieres	41		44		102		36		
	Maraicheres.	959		713		388		135		
	Industrielles.	-		-		50		-		
	Vignobles	-		-		-		-		
	Divers	100		4		30		9		
2017-2018	Cereales	-	1120	-	765	-	642	-	247	2774
	Fruitieres	41		126		115		37		
	Maraicheres	976		625		443		194		
	Industrielles	-		5,00		45		-		
	Vignobles	-		6		-		-		
	Divers	103		3		39		16		
2018-2019	Cereales	37,00	1214,43	-	1258,97	9,00	774,56	4,00	465,50	3713,46
	Fruitieres	56,25		126,00		145,00		35,00		
	Maraicheres	1052,38		1070,47		533,56		208,25		
	Industrielles	0,80		4		48,00		208,25		
	Vignobles	-		6		-		-		
	Divers	68,00		52,5		39,00		10,00		

### VIII.3.2. Elevage

Les gros élevages pratiqués en Algérie concernent cinq principales espèces à savoir : Les bovins, les ovins, les caprins, les camelins, et les équins (zerdoudietyounsi .2019). Les excréments du bétail contiennent une quantité importante de nutriments, Où les déjections et les effluents d'élevage comportant l'azote organique sous quatre formes principales : l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), le diazote ( $\text{N}_2$ ), le monoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ou les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (Milchunas et Lauenroth, 1993 ; Whitmore, 2000). Ces excréments sont également riches en phosphore, dont La charge de phosphore excrétée par une vache est équivalente à celle excrétée par 18 ou 20 personnes (Novotny et al, 1989).

Tab 14 Effectif du cheptel à la wilaya de Jijel de l'année 2005 à 2015

Type	2005	2015	Évolutions %
<b>Bovin</b>	95 500	85 807	-11
<b>Dont vache laitières</b>	50 800	45 540	-12
<b>Ovin</b>	111000	83 319	-33
<b>Dont brebis</b>	55600	48 733	-14
<b>Caprins</b>	63800	51 086	-25
<b>Dont chèvres</b>	33000	26 582	-24
<b>Poule pondeuse</b>	68 000	160 310	58
<b>Poulet chaire</b>	836000	4 093 869	80
<b>Nombre de ruches</b>	39600	41894	5

Tab 15 Différente pratique des élevages dans les communes d'étude campagne agricole (2014 - 2019)

Année	Type D'espèce	Emir Abdelkader	Total	Taher	Total	Chekfa	Total	El Kennar	Total
2014 2015	Bovines	2839	9719	5942	9454	5205	12435	722	1562
	Ovines	4110		2732		3640		530	
	Caprines	2770		780		3590		310	
2015 2016	Bovines	2842	8842	4944	7680	4967	9729	704	1508
	Ovines	3690		2226		2480		514	
	Caprines	2310		510		2282		290	
2016 2017	Bovines	2699	7999	4642	6529	4514	8159	678	1283
	Ovines	3340		1630		1885		380	
	Caprines	1960		257		1760		225	
2017 2018	Bovines	2423	7423	4064	5433	4059	7500	617	1127
	Ovines	3140		1216		1764		300	
	Caprines	1860		153		1677		210	
2018 2019	Bovines	2035	6155	4550	5684	3989	7621	560	1010
	Ovines	2500		981		1967		265	
	Caprines	1620		153		1665		185	

Jijel dispose d'un cheptel domestique non négligeable estimé à 220 221 têtes en 2015, réparti comme suit : 44% pour l'espèce bovine, 42 % pour l'espèce ovine et 14 % pour l'espèce caprine.

Selon les données obtenues d'après la direction des services agricoles à Jijel allant de 2014 à 2019, le total des têtes de chaque espèce diminue avec le temps dans les quatre communes. La commune de Chakfa représente le plus grand nombre de têtes pendant les 5 ans d'étude avec un pourcentage de 35.73%, vient en deuxième position la commune de Emir Abdelkader avec

31.81%, suivi par Taher avec un pourcentage de 27.28%, et enfin la commune de EL Kenner avec 13.60%.

### VIII.3.3. Utilisation d'engrais dans la wilaya de Jijel

La figure 15 représente les quantités d'engrais utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 6 ans (2014 - 2020). D'après les résultats obtenus on constate une variation remarquable dans l'utilisation des engrais :

- La commune de Taher est considérée comme la commune qui emploie le plus d'engrais par rapport aux quatre communes étudiées, particulièrement entre 2014 et 2018 avec un pic de 213.835kg durant la période de 2017 à 2018. On peut expliquer cette croissance de consommation par la hausse des surfaces agricoles et à la diversification des types culturaux.

On remarque que l'utilisation des engrais NPK domine dans la période de 2014 à 2017 avec des quantités correspondant respectivement à 56660, 53575 et 12035Kg. Par contre, une diminution de la quantité de NPK est remarquée dans les deux dernières années 2019 et 2020.

Les engrais organiques ont fait une apparition remarquable durant la période de 2018 à 2020, avec ses deux variantes : Fiente de poule qui atteint un pic de 5450kg en 2018 et 2019 et l'Urée avec une valeur maximale de 18620kg dans la même année.

- Pour la commune De l'Emir Abdelkader, on observe que les NPK prédominent dans les années d'étude (2014-2020) avec une valeur maximale de 38150kg durant 2016-2017 et une valeur minimale de 22910kg durant la campagne de 2019-2020. Les agriculteurs locaux utilisent les engrais organiques avec des doses variables dont le plus employé est l'Urée.

- Dans la commune de Chekfa, on remarque que la catégorie la plus utilisée est aussi les NPK. Les quantités consommées durant la période d'étude varient entre une valeur maximale de 41650kg durant la campagne agricole de 2016-2017 et une valeur minimale de 20500kg durant la campagne de 2017-2018. Les agriculteurs locaux emploient également des engrais organiques dont le pic de consommation est observé de 2019 jusqu'à 2020.

- Pour la commune d'El Kennar, on constate une variation des quantités NPK utilisées pendant la période d'étude, avec des proportions variables d'engrais organique surtout La fiente de poule et l'Urée qui atteignent leur pic dans l'année 2017-2018 avec des quantités 8000kg et 6300kg respectivement.

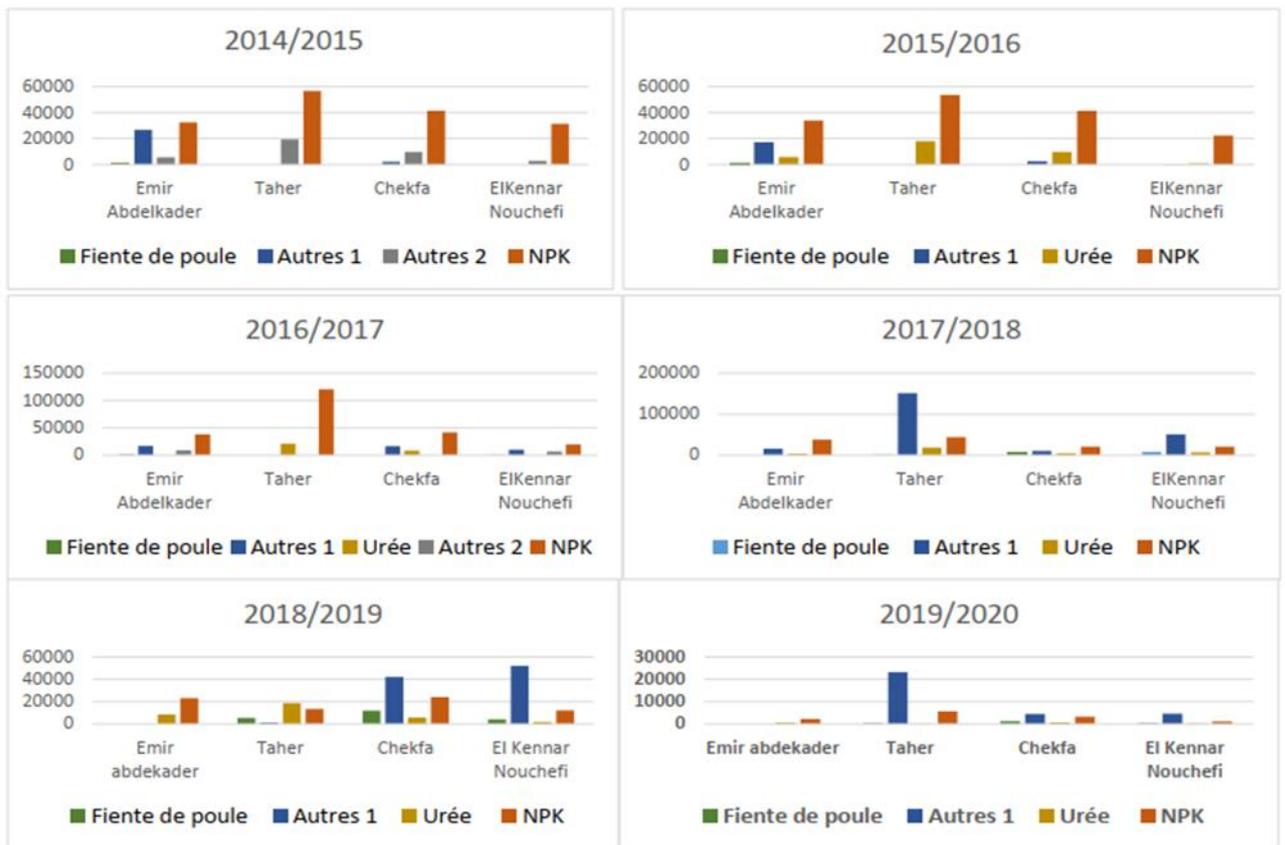


Fig 16 Quantités d'engrais utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 6 ans. (Retima et al 2021)



Fig 17 quelques engrais

### VIII.3.4. Utilisation des produits phytosanitaires dans la wilaya de Jijel

Les agriculteurs utilisent principalement ; les fongicides, les insecticides et les régulateurs de croissance durant la période d'étude, ces types de produits existent sous deux formes : Solides et liquides. Les agriculteurs de la commune d'El Kennar sont les plus consommateurs de pesticide pendant la période de 2014 à 2017. On constate la dominance des fongicides liquides avec des fortes quantités qui atteignent 23000 L et 21000 L respectivement durant les campagnes agricole de 2014-2015 et 2015-2016, et les insecticides avec des quantités de 1863 L et 19360 L, alors que la SAU de la région est très réduite par rapport aux autres communes étudiées.

On remarque une diminution dans l'utilisation de ces deux produits pendant la période qui s'étend de 2016 jusqu'à 2019. Les agriculteurs de cette région utilisent les acaricides et les régulateurs de croissance dans des quantités assez élevées par rapport aux autres régions. Pour la commune d'El Amir Abdelkader ; On remarque l'utilisation des pesticides ; principalement des insecticides et herbicides surtout pendant la période de 2014 à 2016.

Pendant la période qui s'étend de 2016 à 2019, la quantité des pesticides utilisés diminue dans cette région.

Au niveau de la commune de Taher, on observe que l'utilisation intensive des pesticides durant la campagne de 2016-2017, où les agriculteurs utilisent des fongicides solides et des insecticides liquides en très grande quantité, environ 2739.80 kg et 1450 L. Ces quantités augmentent jusqu'à atteindre 3605 kg et 3347 L durant la campagne de 2018-2019. On peut expliquer cette augmentation par la grande SAU dont dispose Taher équivalente à 1258,97 ha.

Au niveau de la commune de Chekfa, on remarque une forte utilisation des pesticides pendant la période s'étendant de 2014 à 2016. Durant la campagne agricole de 2016 – 2017 de nouveaux types de pesticides sont employés par les agricultures dans des moyennes doses, sauf les régulateurs de croissance (liquide) appliqués aux élevages avec une quantité de 2500 L. Durant la période de 2018 – 2019, on observe une augmentation significative des quantités des pesticides utilisés en particulier les régulateurs de croissance à hauteur de 3 700 L. cette forte quantité est liée aux activités d'élevages dans cette commune. ( *Retima ; al 2021* )

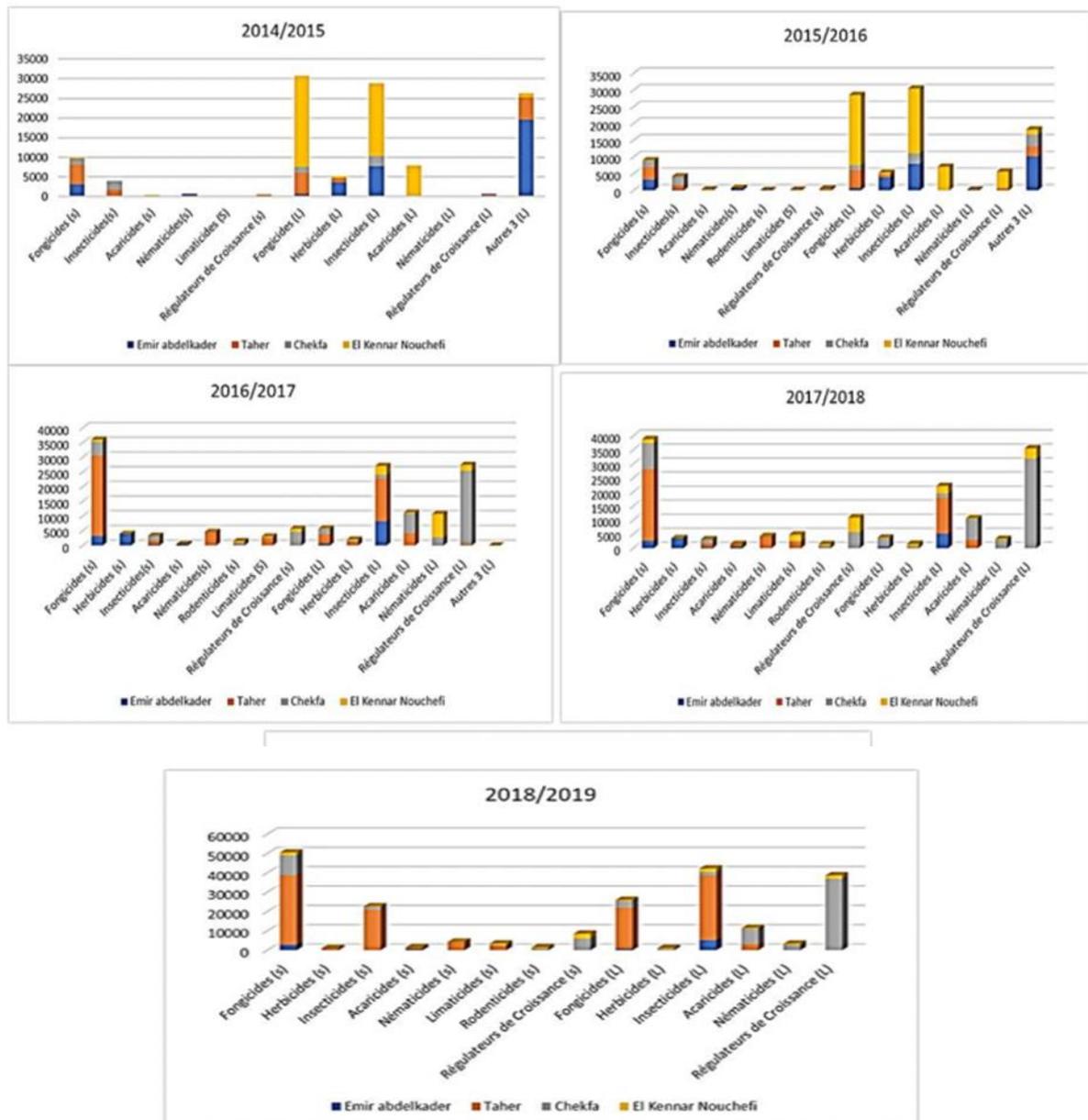


Fig18 Quantités de produits phytosanitaires utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 5 ans(Retima et al 2021)

Cette étude montre que les cultures pratiquées dans notre zone d'étude sont dominées par les cultures maraichères, et plus particulièrement par la plasticulture. Ce type de culture est généralement de cycle court. Pour atteindre un bon rendement agricole, les agriculteurs doivent utiliser des différents types d'engrais et produits phytosanitaires, avec NPK étant l'engrais chimique le plus dominant, avec des valeurs qui atteignent jusqu'à 213.835 kg au niveau de la commune de Taher, ce dernier a un effet rapide sur le sol et est accessibles, moins chers et plus

efficaces pour les maraîchers, En plus les agriculteurs de Jijel utilisent les engrais organiques avec des doses un peu plus faible par rapport aux NPK où ces derniers renforcent la fertilité du sol, et permettent une meilleure conservation des récoltes avec une efficacité durable. Les fongicides dans la catégorie des produits phytosanitaires (avec ces deux type, solide et liquide) sont les plus dominant dans notre région d'étude, avec des quantités qui atteignent jusqu'à 23000 L tous ces entrants chimiques augmentent les rendements et luttent contre les maladies de la plante. Mais cette utilisation excessive contribue fortement à la pollution des sols, des cours d'eau et des nappes d'eau phréatiques. Il en résulte des concentrations en nitrates, nitrites, ammonium, phosphates et leurs dérivés assez fortes dans les eaux souterraines. (Retima et al 2021)

### **Conclusion**

*Le bassin versant d'oued Djendjens'étend sur 530.4 km<sup>2</sup>-qui fait partie des bassins Côtiers Constantinois N°03. Il est caractérisé par un climat méditerranéen avec un hiver doux et un été se. Pendant la période de 1999 à 2019, il a été mesuré les précipitations moyennes annuelles à 997.66mm, le ruissellement calculé à 330.99mm et l'infiltration à 59. 54mm.laplain de Djendjen fait partie de la petite Kabylie (chaîne des Maghrébides) formée dans des faciès géologiques variés : sédimentaires et métamorphiques. Leur âges 'étend de l'ère primaire jusqu'au quaternaire. Le sens d'écoulement de la plaine alluviale est orienté d'amont vers aval (vers la mer).*

## ***Partie II :***

# ***Matériels et méthodes***

## **Introduction**

En mars 2022 pendant la période des hautes eaux une campagne d'échantillonnage sur terrain a été réalisée. En effet, vingt-sept points de prélèvement ont été choisis, répartis sur la plaine d'Oued Djendjen dont 24 puits prélevant les eaux souterraines et trois stations prélevant les eaux de surface. Afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines et de surface et les effets des pratiques agricoles, industrielles, d'élevage et de l'aviculture dans la plaine alluviale d'oued Djendjen, nous avons scrupuleusement suivi un mode d'échantillonnage selon recommandations préconisées. Les échantillons prélevés ont été analysés au niveau des laboratoires de recherche de Génie Géologique (LGG) et du laboratoire d'hydrogéologie de la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Jijel. Les paramètres physiques (pH, conductivité électrique et Oxygène dissous) ont été mesurés in situ à l'aide d'un multi-paramètre. Sachant que Le dosage chimique des composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium) ainsi que les ortho- phosphates a été effectué au laboratoire à l'aide de la méthode de spectrophotométrie.

### **I. Choix et localisation des stations de prélèvement**

L'échantillonnage sur terrain a été effectué au mois de Mars. Vingt-sept stations ont été choisies le long de la plaine d'Oued Djendjen. La figure 17 montre les différentes stations de prélèvement.

- eaux de surface : trois stations de surface ont été prélevées, Les stations ont été reparti le long de l'oued une station à l'amont, une deuxième au centre et une dernière à l'aval afin de nous permettre de suivre l'évolution spatiale de la qualité de ces eaux.

- eaux souterraines : vingt-quatre puits ont été choisis, situés sur les deux rives de l'oued et répartis d'une manière plus ou moins homogène sur la plaine alluviale de djendjen. Ceci a été respecté afin de faciliter la cartographie spatiale des paramètres analysés dans l'eau.

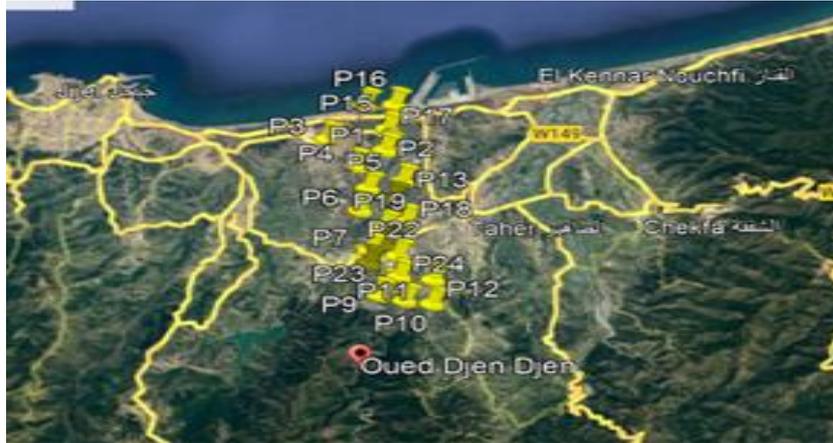


Fig 19 Localisation des stations de prélèvement d'eau de surface et des puits et forages dans le bas Djendjen, (Campagne de mars 2022)

## II. Techniques d'échantillonnage des eaux :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (Rodier et al, 2009).

Nous avons échantillonné deux types d'eau pour chaque type, une méthode sur laquelle nous nous sommes appuyés pour prélever les échantillons :

### II.1. Eaux de surface

On rince les bouteilles au moins trois fois avec de l'eau prélevée, on prélève un échantillon d'eau de surface à l'aide d'un seau attaché à une corde en les remplissant à ras-bord et les fermant hermétiquement.



*Fig 20 Prélèvement d'eau de surface a l'amont de Djendjen, mars 2022*

## **II.2. Eaux souterraines**

Le prélèvement d'eau a été effectué soit à l'aide d'une pompe si le puits sélectionné y est équipé, on laisse l'eau couler pendant deux à cinq minutes puis on réalise le prélèvement, soit à l'aide d'un seau s'il n'en est pas le cas tout en évitant la remise en suspension des dépôts. Les flacons stérilisés au préalable au laboratoire d'analyse ont été lavés trois fois avec de l'eau échantillonnée ; et remplis attentivement en évitant les bulles d'air à l'intérieur du flacon.



*Fig 21 Prélèvement d'eau souterraine depuis un puits dans la plaine de DjenDjen, mars 2022.*

### **III. Conservation des échantillons**

Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire s'est fait dans une glacière dotée de quatre blocs réfrigérants. A leur arrivée au laboratoire, les échantillons ont conditionné au réfrigérateur à une température recommandée de 4 °C. Cette étape est cruciale afin d'éviter de multiples réactions hydro chimiques favorisées par le facteur thermique et qui pourraient influencer considérablement nos résultats d'analyses.



*Fig 22 Conservation des échantillons dans une glacière*

#### **IV. Mesures in situ**

Un certain nombre de mesures ont été effectuées sur le terrain ; Ceci afin d'éviter l'apparition de réactions (physiques ou chimiques...) qui conduisent à un ajustement important des concentrations de certains éléments.

Trois paramètres physiques à savoir pH, conductivité électrique et oxygène dissous ont été mesurés sur terrain, à l'aide d'un pH-mètre, un conductimètre et un oxymètre. L'eau à analyser est donc versée dans un bécher en verre nettoyé et rincé à l'eau prélevée dans lequel l'électrode de mesure est plongée.



Fig 23 . Les appareils utilisés pour mesurer pH ; CE et O<sub>2</sub>.

## V. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinés au dosage des composés azotés et phosphatés (ammonium, phosphates, nitrates et nitrites) ont été nettoyés à l'aide de l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique, puis rincés à l'eau distillée au laboratoire d'analyses chimiques, selon les recommandations de Rodier en 2005.

## VI. Mesures au laboratoire

La variation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles et souterraines dans notre vallée d'étude se limite à mesurer certains paramètres indicateurs de la pollution anthropique. Nous suivrons spatialement l'évolution des composés  $\text{NH}_4^+$  ;  $\text{NO}_2^-$  ;  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  en période des hautes eaux, ces paramètres sont mesurés par spectrophotométrie. Ces composés nous renseignent sur le degré de pollution de l'eau par des éléments polluants responsables de la détérioration de la qualité physique et chimique de l'eau naturelle.

## VII. Dosage des sels nutritifs ou nutriments

### 1. Nitrates

Le dosage a été effectué par la méthode colorimétrique. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie. Les résultats sont exprimés en mg/l.

## **2. Nitrites**

Les nitrites sont dosés selon la méthode au réactif de Zambelli (Rodier, 1971). L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

## **3. Ammonium**

Le dosage de l'ammonium est réalisé selon la méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitro-prussiate qui agit comme un catalyseur. Les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol, susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Rodier, 2005). Les résultats de la teneur en ion d'ammonium sont exprimés en mg/l.

## **4. Ortho phosphates**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les Ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui est réduit par l'acide ascorbique et développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrie. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, tartrate double d'antimoine et de potassium.

### **VII.1. Méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire**

La technique de spectrophotométrie est basée sur la propriété de la matière et plus particulièrement de certaines molécules, elle consiste à absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration. Nous avons utilisé cette technique pour le dosage d'ammonium, des ortho-phosphates, des nitrites, des nitrates.



Fig 24 Spectrophotomètre.

## VIII. Avantage et inconvénient d'utilisation des analyses physico-chimique

### 1. Avantages

Les analyses physico-chimiques restent l'outil le plus utilisé pour identifier la qualité de l'eau par rapport à d'autres outils (Ex : outils biologiques), il a l'avantage de fournir une mesure précise de la concentration des polluants dans l'eau, ce qui permet d'identifier les polluants qui dépassent les seuils de qualité prédéfinie, en plus les prélèvements sont simples, rapides et demandent peu de matériels.

### 2. Inconvénients

Les analyses physico-chimiques présentent par ailleurs quelques inconvénients, elles offrent une information ponctuelle et indiquent la qualité de l'eau au moment et à l'endroit du prélèvement, et ne prend pas en charge les fluctuations horaires et journalières dues à la différence de la charge polluante. Néanmoins, l'augmentation du nombre des prélèvements et leur bonne répartition spatiale peuvent pallier à ce problème.

## Conclusion

*Vingt-sept stations et puits représentatives Ont été prélevées dans cette étude. Elles sont réparties selon la distribution des surfaces cultivées, en particulier en aval de la plaine, le long d'oued Djendjen. On a mesuré trois stations d'eaux superficielles et Vingt-quatre puits et forages d'eau captant la nappe alluviale. Les paramètres analysés au laboratoire sont les composés azotés et phosphatés :  $NO_3^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$  et  $PO_4^-$ . Ce sont des indicateurs d'une pollution anthropique des eaux naturelles. Néanmoins, d'autres paramètres comme le potentiel Hydrogène (pH), la conductivité électrique(CE) et l'oxygène dissous ont été mesurés In Situ. Les composés étudiés peuvent présenter une évaluation du degré d'enrichissement des eaux par ces éléments polluants.*

## **Partie III :**

# **Résultats et discussion**

## Introduction

Les paramètres physiques (pH, CE et OD) ont été mesurés in situ et l'analyse chimique des composés azotés et orthophosphatés ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NH}_4$  et  $\text{PO}_4$ ) au laboratoire. L'interprétation des résultats s'est basée sur les normes d'irrigation de la FAO pour les eaux de surface et les normes de potabilité de l'OMS pour les eaux souterraines.

### I. Eaux de surface

Nous avons échantillonné trois stations dans l'oued de DjenDjen pendant la saison des hautes eaux (mars 2022). La stratégie de prélèvement a été adoptée afin de pouvoir suivre l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques de l'eau de surface, ces stations sont situées respectivement en amont, au milieu et en aval de la plaine. Par ailleurs, trois paramètres ont été mesurés in situ, à savoir le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous. La température n'a pas été mesurée car l'appareil ne fonctionnait pas.

En outre, quatre paramètres chimiques essentiellement les composés azotés et phosphatés ont été dosés aux laboratoires d'hydrogéologie du département et du Laboratoire de Génie Géologique (LGG). Il s'agit des nitrates, nitrites, ammonium, et orthophosphates. Les résultats sont illustrés dans le tableau 17.

Tab 16 paramètre physico-chimique des eaux de surface d'oued Djen Djen mars 2022

Station	Nitrates	Nitrites	Ammonium	Orthophosphate	pH		CE	OD
	mg/l				/		$\mu\text{s/cm}$	mg/l
Embouchure	4,886	0,574	1,3460	0,0783	7,91		539	8,68
Milieu	1,342	0,096	0	0,011	8,84		480	17,55
Amont	0	0,019	0,0411	0	8,15		459	14,84
Norme FAO	50	0.1	0.5	0.2	mi	Ma	700	7
					n	x		
					6.5	8.4		

## I.1. Discussion des résultats des paramètres physiques

### I.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Il s'agit d'un paramètre physique sans unité. Un indice qui permet de mesurer l'activité de l'ion hydrogène dans une solution.

Tab 17 Variation spatiale du pH des eaux de surface d'oued djendjen, mars 2022

station	pH mesuré	min (FAO)	max (FAO)
Embouchure	7,91	6,5	8,4
Milieux	8,84	6,5	8,4
Amant	8,15	6,5	8,4

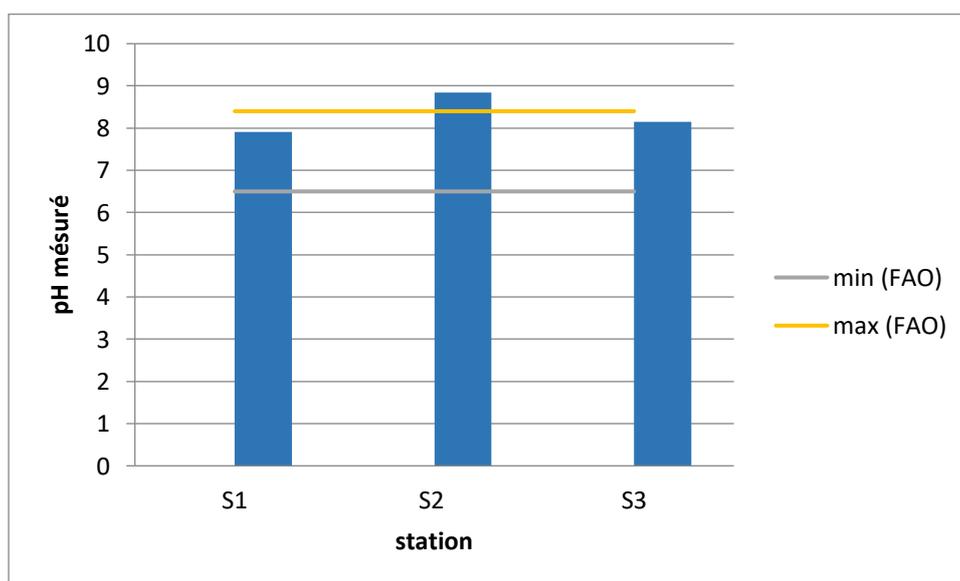


Fig 25 Variation spatiale du pH des eaux de surface d'oued djendjen, mars 2022

Les eaux de l'oued montrent des valeurs de l'ordre de 7.91, 8.84 et 8.15 respectivement au niveau des S1, S2 et S3. Les valeurs du pH mesurées dans l'oued Djendjen sont conformes aux normes fixées par la FAO destinées aux eaux d'irrigation sauf la station S2 qui a dépassé la norme, 8.84 a été mesuré au niveau de cette station. Cela indique que les eaux de surface de la vallée d'oued Djendjen sont à tendance alcaline [à cause de l'existence de plusieurs sources de

pollution naturelle et anthropique]. Principalement, les eaux usées d'origine domestique évacuées sans épuration préalable et entraînant la dégradation du milieu, une pollution agricole occasionnée par deux sources principales l'élevage et les intrants chimiques et une pollution industrielle provenant de la zone industrielle d'ouled Saleh. Donc ces eaux ne sont pas aptes à un usage pour l'irrigation des cultures maraichères largement pratiquées dans de la plaine alluviale.

### I.1.2. Conductivité électrique (CE)

Il s'agit d'un paramètre physique qui traduit le degré de minéralisation des eaux. Il permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau.

Tab 18 . Variation spatiale de la CE des eaux de surface d'oued Djendjen, mars 2022

station	$\sigma$ mesuré	Max (FAO)
	$\mu\text{s/cm}$	
S1	539	700
S2	480	700
S3	459	700

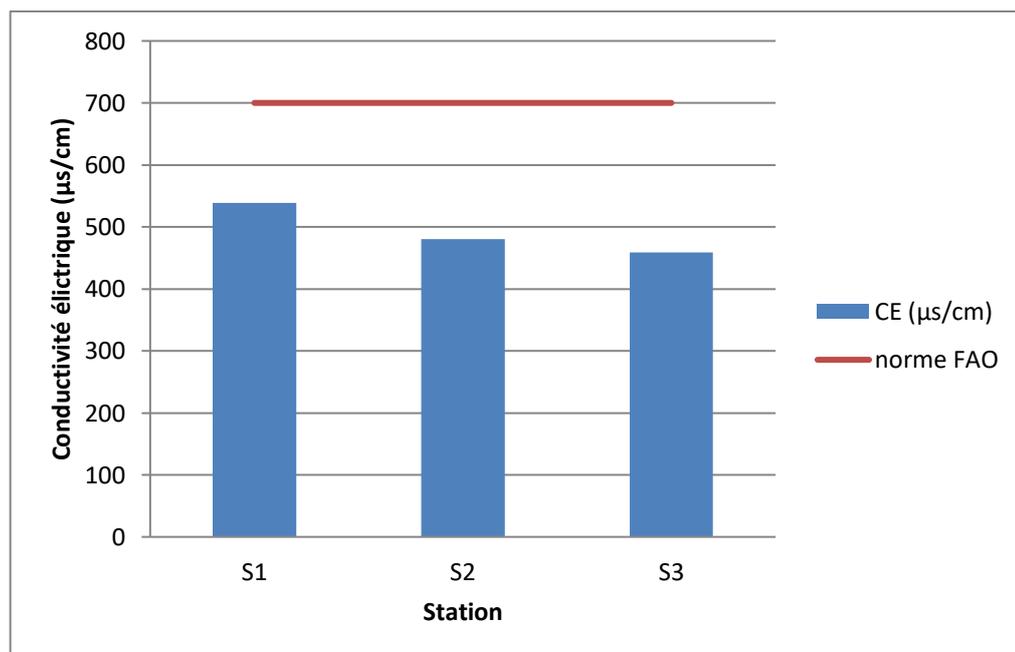


Fig 26 Variation spatiale du CE des eaux de surface de l'oued Djendjen, mars 2022

Les valeurs de la conductivité électrique sont conformes à la norme d'irrigation FAO qui est fixée à 700  $\mu\text{s/cm}$ , ce qui traduit une salinité moyenne. Les eaux de surface d'oued Djendjen sont

moyennement chargées en sels dissous, donc elles sont bonnes à excellentes pour l'irrigation des cultures maraichères de la région.

### I.1.3. Oxygène dissous (OD)

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O<sub>2</sub> diminue lorsque la température et l'altitude augmentent.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

En supposant qu'une température ambiante standard soient prises en compte en hautes eaux.

Tab 19 Variation spatiale de la OD des eaux de surface de l'oued Djendjen, mars 2022

station	OD (mg/l)	Normes FAO
S1	8,68	7
S2	17,55	7
S3	14,84	7

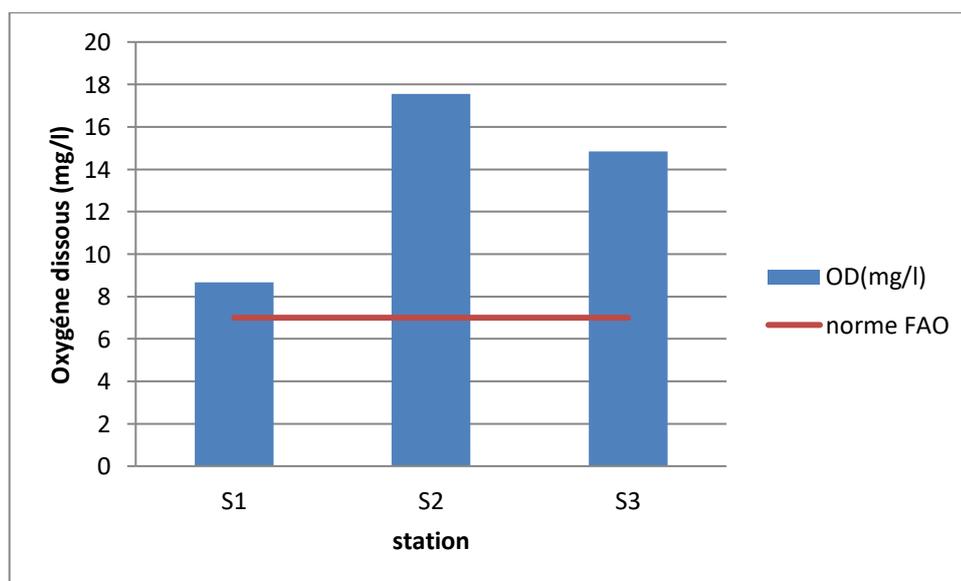


Fig 27 Variation de l'OD dans les eaux de surface d'oued Djendjen

Les valeurs de l'oxygène dissous mesurées dans les eaux d'oued Djendjen possèdent des teneurs assez fortes variant entre une valeur maximale de 17.55 mg/l au niveau de la station S2 et une valeur minimale de l'ordre de 8.68mg/l au niveau de station S1.

On constate une dégradation de la qualité de ces eaux d'amont en aval, cela est due probablement aux rejets urbains des communes entourant la vallée comme celles de Taher, Tassoustet Emir Abdelkader et les rejets industriels de la zone d'oued Salah, près de Taher. Cela indique une consommation assez importante d'oxygène par des processus d'oxydation de la matière organique. En général, les eaux de surface d'oued Djendjen sont moyennes à bonnes pour l'irrigation

## I.2. Discussion des résultats des composés azotés et phosphatés

### I.2.1. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Le changement de l'occupation du sol entraîne une libération de nitrate, mais la principale source d'origine anthropique provient des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique). Même si une bonne partie de l'azote apportée est consommée directement par les cultures, une partie notable peut être lessivée par l'eau de pluie. Les ions de nitrate, très solubles dans l'eau, sont mobiles dans les écosystèmes. Le ruissellement, l'érosion et les pluies tendent à ramener les nitrates non captés par la biomasse terrestre vers les rivières, les lacs et les nappes phréatiques. Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique provenant du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux.

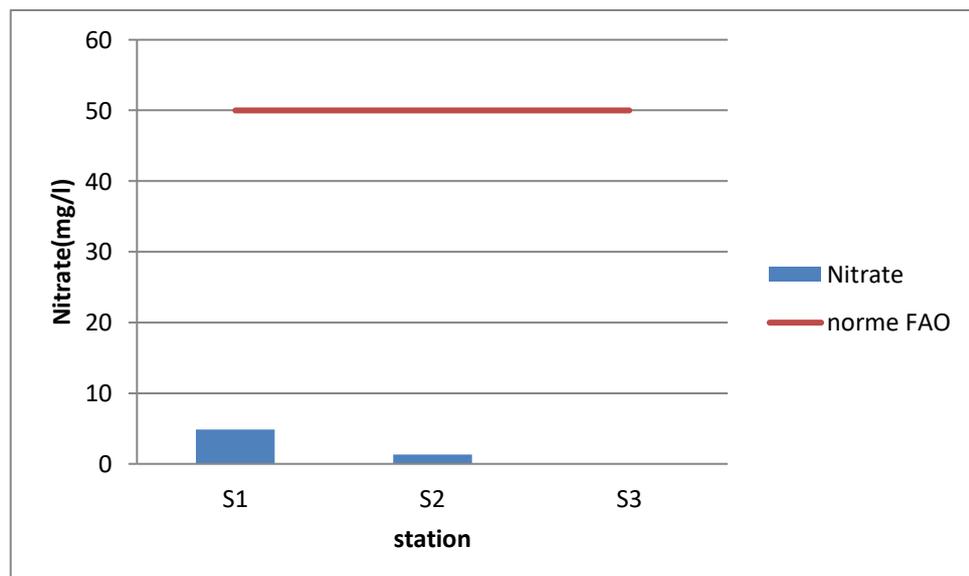


Fig 28 Variation spatiale du Nitrate des eaux de surface d'oued Djendjen, mars 2022

Les résultats de dosage de l'ion Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) dans les eaux de Djendjen varient d'amont en aval respectivement entre une absence totale au S3 et une valeur maximale au niveau de l'embouchure de l'ordre 4.88 mg/l.

Une augmentation remarquable au niveau de S1 par rapport à la station amont. S1 est située en aval, une zone d'embouchure qui est considérée comme une zone réceptrice par excellence où le risque de pollution s'avère élevé, Les nitrates peuvent avoir plusieurs origines ; en l'occurrence :

- l'origine agricole marquée par l'utilisation d'engrais chimiques surtout de type NPK, les différents fertilisants agricoles et les divers types d'élevage. La mobilité de l'ion de nitrate est générée par le lessivage des terres et le ruissellement d'eau directement vers les oueds qui représente 33.2% des pluies où à travers l'infiltration vers les nappes souterraines qui ne représente que 5.9 % des précipitations, selon le bilan hydrique calculé auparavant. Vu l'importance du ruissellement par rapport à l'infiltration dans le secteur d'étude, l'origine des nitrates peut être principalement le lessivage des surfaces cultivées et leur transfert vers l'oued Djendjen. Rejets agricoles dominés par les engrais azotés et les produits phytosanitaires comme le montre le tableau 21. En général, on y utilise les engrais qui sont de deux types. Les engrais organiques tels que la fiente de poulet et autre avec une quantité de 23 530 quintaux ainsi que les engrais minéraux simples et composés respectivement tels que l'Urée avec 751 quintaux et le NPK avec une quantité qui s'élève à 7911 quintaux. Concernant les produits phytosanitaires stockés au niveau des communes de Taher et Emir Abdelkader, les statistiques fournies par la DSA de Jijel montrent deux types de produits stockés entre 2018 et 2019. Les produits solides à hauteur de 6885 Kg et les produits liquides à hauteur de 6372L.

Tab 20 Quantités d'engrais utilisées dans les communes de Taher et Amir Abdelkader (DSA,

Engrais	Nature	Unités en Quintaux
Fiente de poulet et autre	Engrais organique	23 530
Urée	Engrais minéral simple	751
NPK	Engrais minéral composé	7 911

- Ensuite, l'origine domestique, provenant des eaux usées en l'absence d'une STEP dans la région. Le tableau 21 montre les quantités des eaux usées déversées des trois communes étudiées. On constate que le volume des rejets urbains augmente avec l'accroissement de la population. Les trois communes génèrent un volume total d'environ 25 200 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées. Taher est en première position avec un volume de 12 300 m<sup>3</sup>/j pour une population de 83.235 hab., Emir Abdelkader en second lieu

totalisant un volume de 9 898 m<sup>3</sup>/j pour une population de 41.435 hab et Kaous en dernier lieu avec un volume de 3002 m<sup>3</sup>/j pour une population de 28.103 hab. En effet, Taher représente 48.8% du volume total des trois communes relevées en 2015, puis la Emir Abdelkader avec 39,3 %.

- Enfin, l'origine industrielle à travers les activités industrielles présentes dans la région regroupant une briqueterie au Nord-Est, une conserverie à l'Est et la zone d'Ouled Saleh au sud-Est, le long des deux rives de l'oued DjenDjen, où la majorité de ces effluents déversent directement dans l'oued sans aucun traitement préalable car ces unités industrielles ne disposent pas de STEP.

*Tab 21 Quantité des rejets dans les communes entourant de la vallée (Direction de L'Environnement de Jijel, 2015)*

Commune	Population (hab.)	Eaux usées (m <sup>3</sup> /j)	Pourcentage %
Taher	83.235	12 300	48.81
Kaous	28.103	3 002	11.91
Emir Abdelkader	41.435	9 898	39.28
<b>Total</b>	<b>152.773</b>	<b>25 200</b>	<b>100</b>

*Tab 22 Quantité des rejets dans les communes entourant la vallée (Direction de l'Environnement de Jijel, 2015).*

Communes	Débit journalier (m <sup>3</sup> /j)	Lieu de rejet
Taher	12 300	Oued Boukraa, Oued Nil, Oued Djen Djen
Emir Abdelkader	9 898	Oued Djen Djen
Kaous	3 002	Tous les rejets ont été supprimés et prolongés vers des collecteurs de la future station de pompage de Mencha

### I.2.2. Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

C'est la transformation des nitrates en nitrites qui peut, potentiellement, avoir un impact négatif sur la santé. Les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets domestiques d'eaux usées et la décomposition d'organismes végétaux et animaux figurent parmi les sources les plus importantes de nitrites. Compte tenu de leur très grande solubilité dans l'eau, les sels de nitrites peuvent migrer facilement dans le sol et se retrouver dans les eaux souterraines.

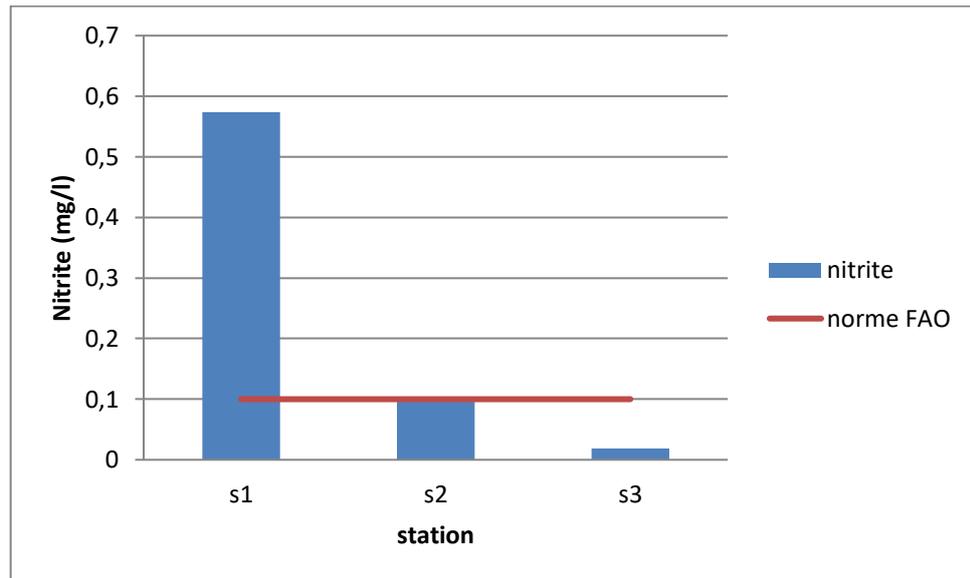


Fig 29 Variation spatiale du Nitrite des eaux de surface de l'oued Djendjen, mars 2022

Les résultats de dosage de l'ion nitrite dans les eaux de Djendjen illustrent deux concentrations l'une est conforme à la norme FAO d'irrigation(S2) et l'autre est non conforme et dépasse 0.1 mg/l. en effet, la station S1(située à l'embouchure) présente une teneur de l'ordre de 0,4mg/l. Cette augmentation provient d'une oxydation incomplète de l'ammonium qui apparait essentiellement dans les rejets urbains des grandes communes longeant la vallée. L'OD est de l'ordre de 17.55mg/l et cela peut traduire une nitrification des eaux de surface.

### I.2.3. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans toutefois négliger les apports d'origine domestique, agricole et industrielle (Abboudi et al. 2014). L'ammonium est un excellent indicateur de la pollution de l'eau.

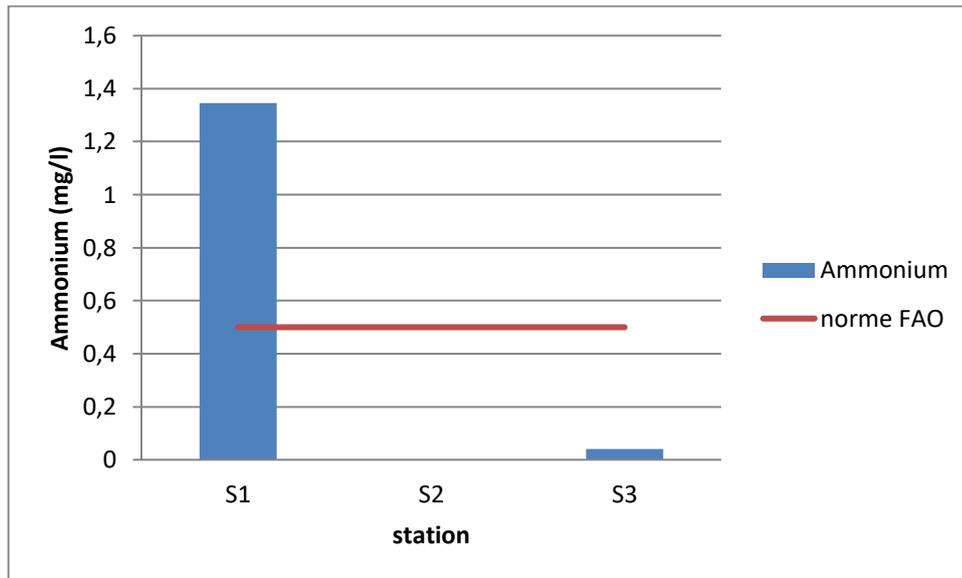


Fig 30 Variation spatiale de l'Ammonium des eaux de surface de l'oued Djendjen, mars 2022

Les concentrations en ion d'ammonium  $\text{NH}_4^+$  trouvées dans les eaux d'oued Djendjen montrent deux teneurs distinctes. Supérieures à la norme FAO d'irrigation qui est fixée à 0.5 mg/l. L'origine de cette augmentation est due probablement :

- à une dégradation incomplète de la matière organique d'origine naturelle.
- aux eaux usées d'origine domestique au niveau de Tamilla, Emir Abdelkader sur la rive gauche de l'oued Djendjen déversant environ 9898 m<sup>3</sup>/j et Taher sur sa rive droite déversant plus de 12 300 m<sup>3</sup>/j. Les communes longeant la vallée génèrent au total 28 674 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées qui rejoignent directement l'oued comme le montre le tableau 21
- aux rejets industriels tels que la société africaine de verre à Taher (Africaver) qui déversent 1250 m<sup>3</sup>/j et EURL Sijico (la conserverie de Taher) qui déversent aussi plus de 480 m<sup>3</sup>/j dans l'oued de Djendjen. Aucun traitement préalable n'est appliqué, des effluents industriels rejoignent l'oued dans plusieurs endroits dans la vallée.

#### I.2.4. Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4$ )

La présence des ortho- phosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique

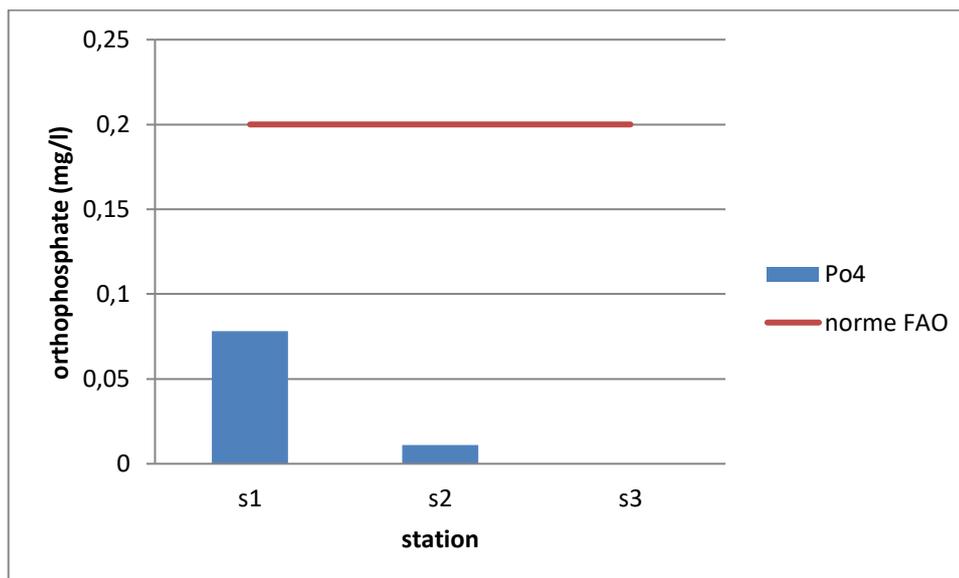


Fig 2 Variation d'orthophosphates dans les eaux de surface d'oued Djendjen

Nos analyses montrent des traces de phosphates dans les stations S1 (0.078 mg/l) et S2 (0.011 mg/l). Ces concentrations proviennent probablement du lessivage des terrains agricoles riches en fertilisants phosphatés. Les phosphates proviennent aussi des eaux usées d'origine domestique (sous forme de polyphosphates).

## II. Eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent la source la plus sûre pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation. L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique de ces eaux. Pour cela une campagne de prélèvement a été accomplie dans la région d'étude. Les valeurs des paramètres physiques des différents puits prélevés sont représentées dans le tableau 24 (dans les annex) et les paramètres azotés consignés dans le tableau 25

### II.1. Discussion des résultats des paramètres physiques

#### II.1.1. Potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs du pH mesurées dans les différents puits captant la nappe alluviale sont conformes à la norme OMS fixée entre 6.5 et 9.5. Les valeurs mesurées varient entre 7.08 et 8.46 respectivement au niveau du P5 et P18, cela indique que les eaux souterraines de la vallée d'oued Djendjen sont légèrement neutres à alcalines.

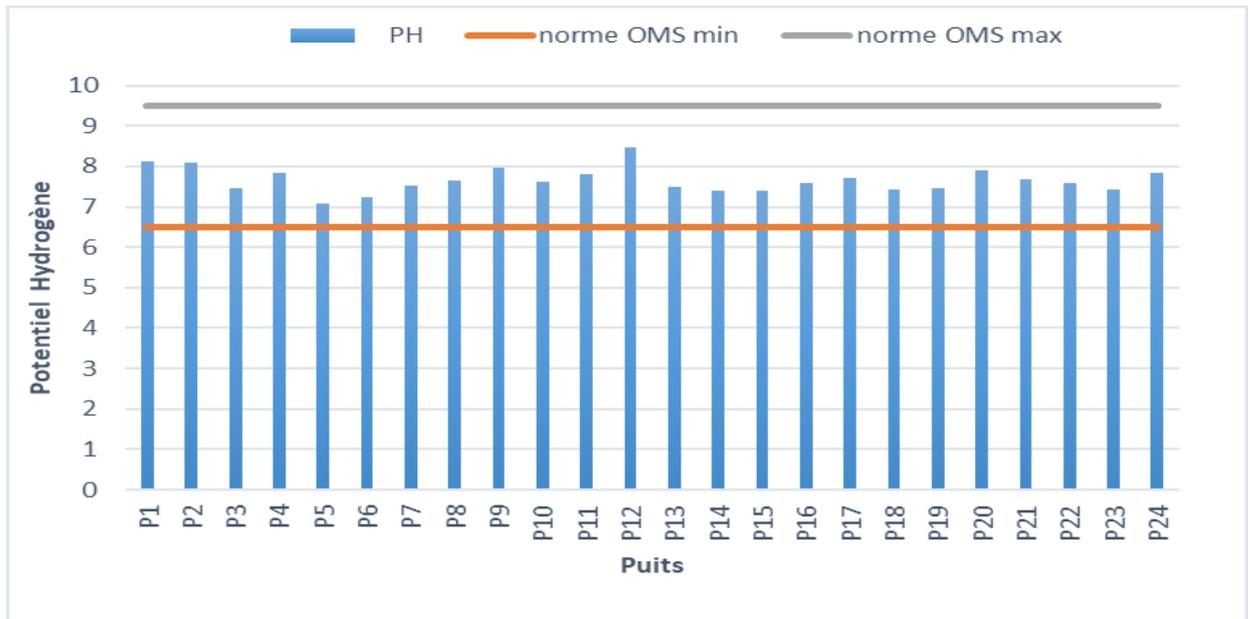


Fig 3 Variation spatiale du pH des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

### II.1.2. Conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la conductivité électrique sont conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  dont les teneurs mesurées varient respectivement entre 374  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au niveau du P5 et 1732  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au P11. Cette variation exprime la teneur en sels minéraux dissous dans l'eau. En général, les eaux souterraines de la plaine d'oued Djendjen sont moyennement chargées en sels dissous.

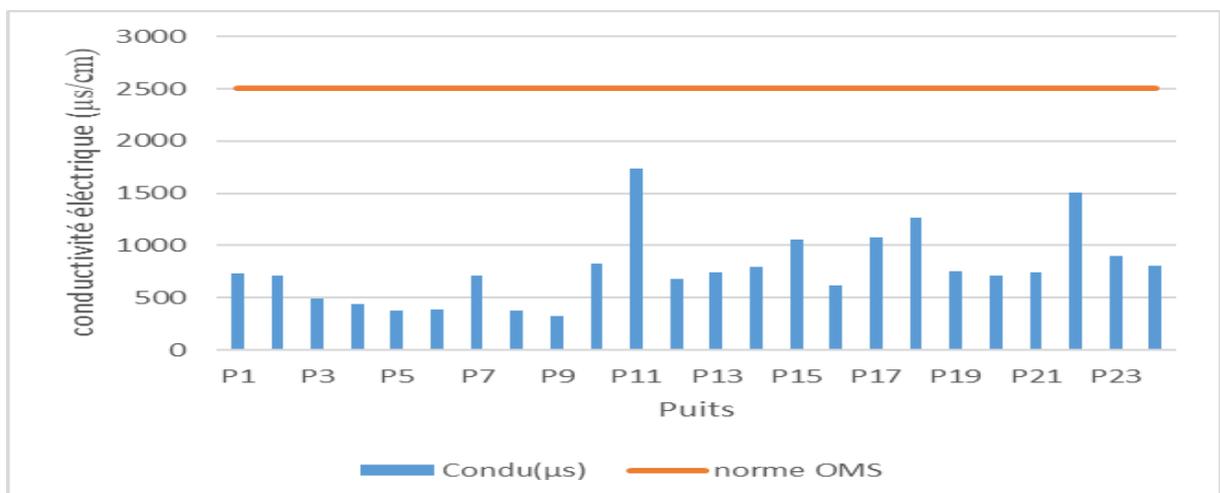


Fig 4 Variation spatiale du CE des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

### II.1.3. Oxygène dissous (OD)

Les valeurs d'oxygène dissous mesurées dans les différents puits varient entre 2.93 et 13.38 mg/l. Quinze puits dépassent 7 mg/l (P6,7,8,9,10,12,13,14,16,17,18,19,22,23 et 24) donc ces eaux sont bien oxygénées et Neuf puits restants ont des concentrations inférieures à celle fixée par l'OMS à 7mg/l pour une bonne qualité des eaux potables.

La teneur en oxygène est liée à plusieurs facteurs à l'instar de la profondeur de l'eau ou l'épaisseur de la zone non-saturée. En effet, plus la profondeur est grande plus la valeur de l'oxygène est faible et celle-ci augmente au fur et à mesure que l'eau se rapproche de la surface. Les puits 3 et 2 ont enregistré un déficit en oxygène dissous avec des valeurs respectivement de l'ordre de 2.93 (Puits couvert) et 4.28 mg/l pour des profondeurs de 3,47 et 5,1 m mesurées en mars 2022. Au contraire, les puits 13 et 24, le fait qu'ils soient non couverts, ils montrent des valeurs plus élevées en oxygène dissous, mesurées respectivement à 13.38 et 12.97 mg/l.

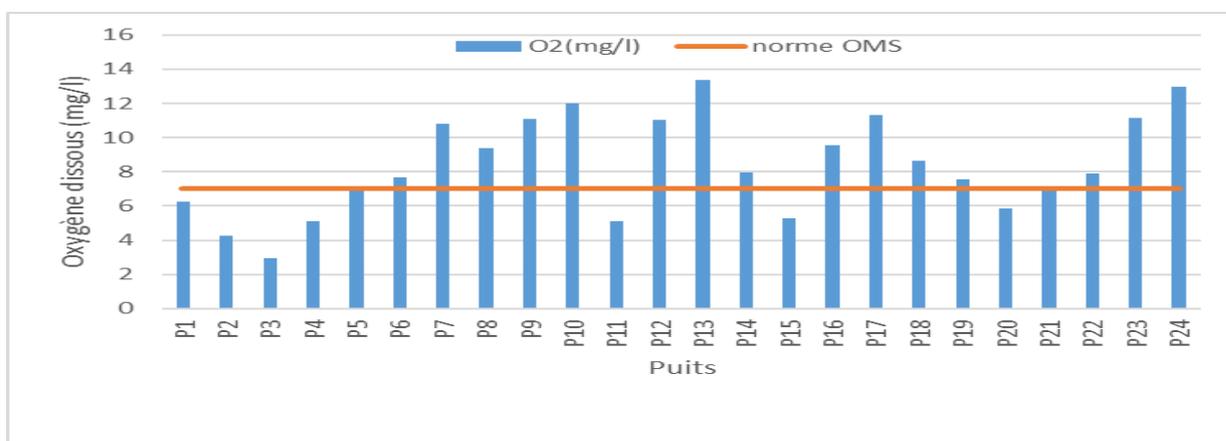


Fig 5 Variation spatiale de l'OD des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

## II.2. Discussion des composés azotés et phosphatés

### II.2.1. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Les concentrations en ion de nitrates  $\text{NO}_3^-$  dans la plupart des puits sont conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 50 mg/l. A l'exception de neuf puits parmi les vingt-quatre analysés, qui sont non-conformes. Il s'agit respectivement des puits P2, P3, P5, P6, P10, P12, P18, P23 et P24 qui ont des concentrations assez élevées oscillant de 55.8 à 417.6 mg/l.

Au niveau des puits 12 et 24 localisés dans un milieu urbain près du village de l'Emir Abdelkader, leurs concentrations sont respectivement de 55.8 et 201.8 mg/l, dus aux eaux usées déversées dans le milieu naturel.

Au niveau des P3 et P 18 localisés à Tassoust et à Ouled Salah, les fortes concentrations en nitrates de l'ordre de 103.8 et 381.2 mg/l sont probablement dues aux rejets des collectivités locales et de la zone industrielle d'Ouled Salah. Ces zones appartiennent aux communes de l'Emir Abdelkader et Taher, qui déversent plus de 22 198 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées selon la direction de l'Environnement de Jijel en 2015. Ces fortes teneurs en nitrates proviennent du processus de dénitrification qui transforme le nitrate en nitrites puis en ammonium dans des conditions d'oxydation assez défavorables, l'oxygène dissous y a été mesuré entre 2.93 et 8.65 mg/l, dans le puits 18 on signale une nitrification totale de l'ammonium avec une concentration nulle en NH<sub>4</sub>.

P2 et P5 analysés respectivement à 103.6 et 216.2 mg/l. Ils sont situés dans les zones agricoles d'El ouldja et de Bouhamdoun, par conséquent, les fortes concentrations en nitrates sont liées à l'usage d'intrants chimiques destinés au traitement des plantes et aux grandes quantités de fertilisants épandues sur les surfaces agricoles. En effet, ces zones agricoles appartiennent à la commune de l'Emir Abdelkader. Selon la DSA de la wilaya de Jijel, les agriculteurs locaux ont consommé plus de 2887 Quintaux d'engrais en 2020 et plus de 925 Quintaux de produits phytosanitaires en 2019. Pour les puits 6, 10 et 23, situés respectivement à Tamille, Emir Abdelkader et TherOuassaf (Taher) sont respectivement analysés à 122.9, 149.3 et 417.6 mg/l, cela est dû aux engrais utilisés dans l'agriculture et l'élevage. L'usage de ces produits chimiques conduit à leur lessivage et leur transformation en nitrates quand les conditions biogéochimiques le permettraient,

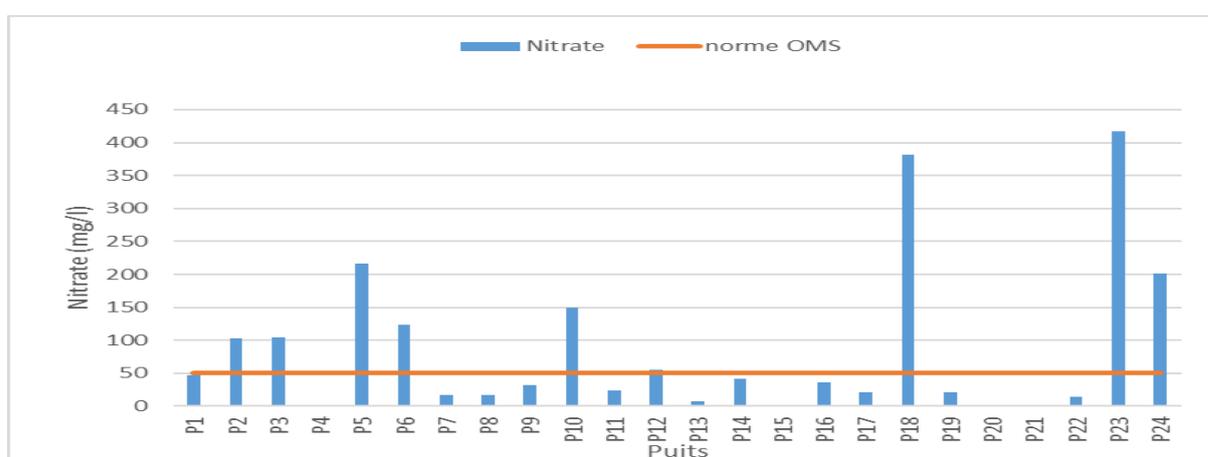


Fig 6 Variation spatiale du Nitrate des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

### II.2.2. Nitrites (NO<sub>2</sub>-)

Les concentrations en ion nitrite obtenues dans les eaux de la nappe d'oued Djendjen sont comprises entre 0.019 à 3.71 mg/l. Cependant toutes ces teneurs restent conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 0.2 mg/l sauf deux valeurs élevées à 0.247 et 3.709 mg/l et mesurées au

niveau des P2 et P3 à Tassoust. Il faut rappeler que les nitrites proviennent de l'oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou la réduction des nitrates sous l'action d'une flore réductrice et de l'absence de l'oxygène. Une dénitrification a été confirmée, elle transforme les nitrates en nitrites puis en ammonium avec un taux d'oxygène dissous mesuré sur terrain respectivement à 4.28mg/l (P2) et 2.93mg/l (P3).

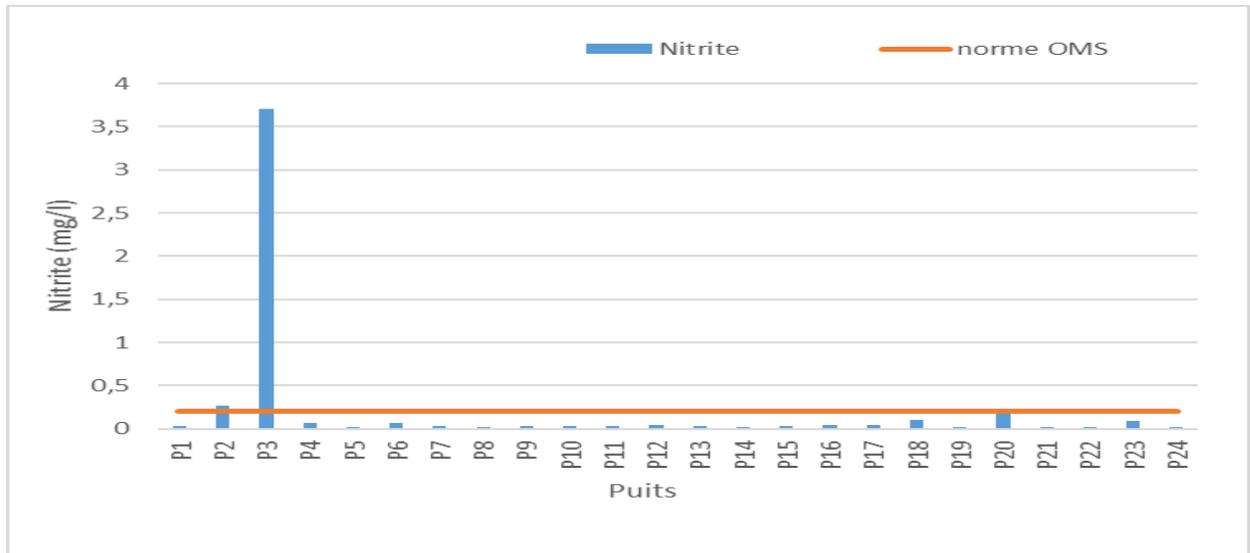


Fig 36 Variation spatiale du Nitrite des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

### II.2.3. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

La majorité des concentrations en ion ammonium  $\text{NH}_4^+$  trouvée dans la nappe d'oued Djendjen est conforme à la norme OMS de potabilité sauf une seule valeur élevée à 1.39 mg/l et mesurée au niveau de P3. Cela est dû probablement à une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques. On dénote une dénitrification qui transforme les nitrates mesurés à 103.8 mg/l en nitrites mesurés quant à eux à 3.7 mg/l puis en ammonium mesurés à 1.39mg/l avec un taux d'oxygène dissous assez bas mesuré à seulement 2.93mg/l.

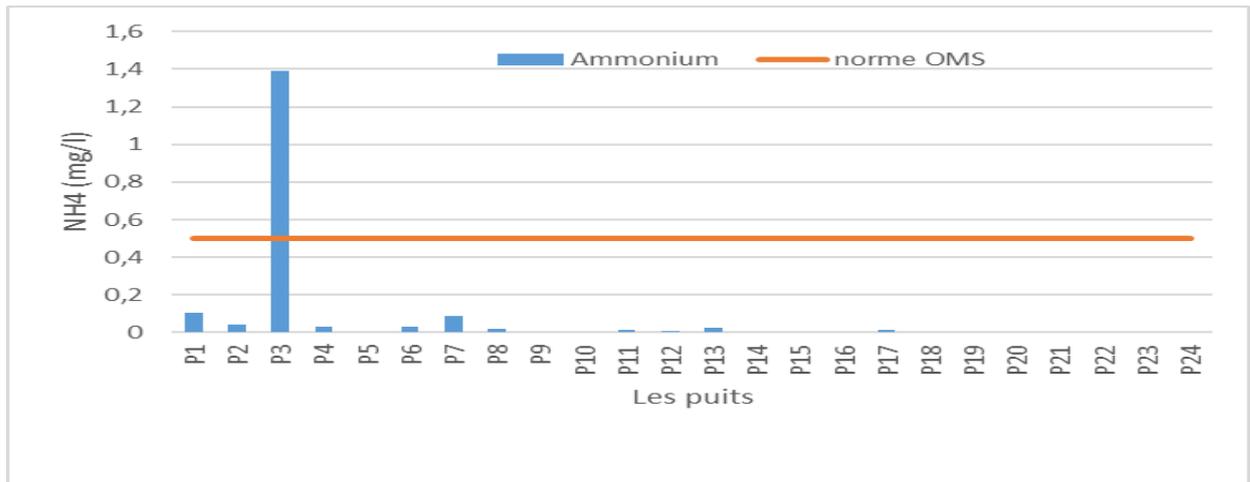


Fig 7 Variation spatiale de l'Ammonium des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

#### II.2.4. Ortho phosphates (PO<sub>4</sub>)

Les résultats d'analyse montrent des concentrations en ortho-phosphates conformes aux normes de potabilité fixées à 1 mg/l selon ISO.

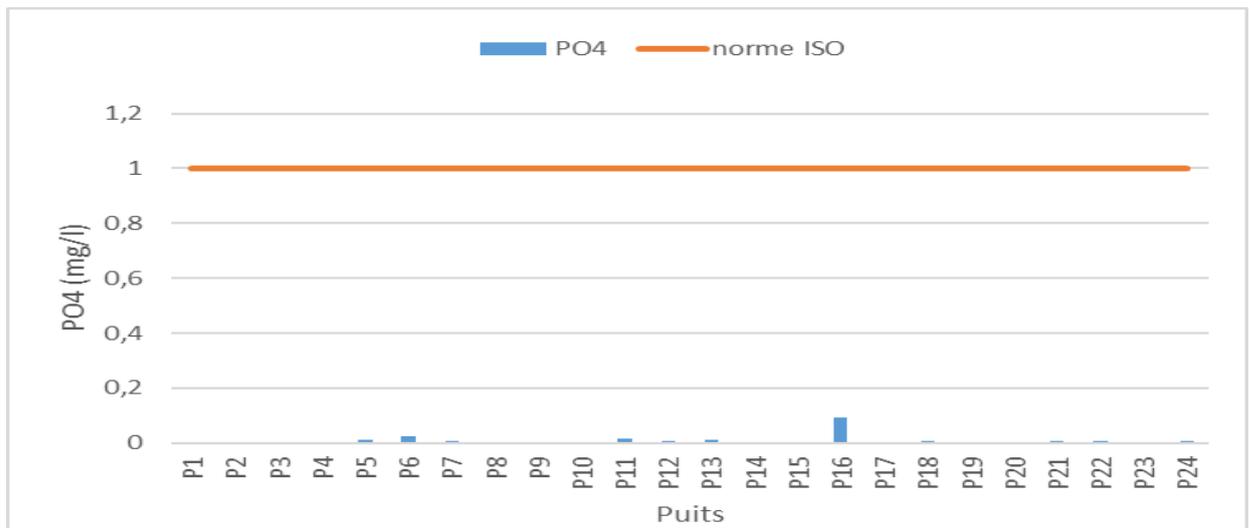


Fig 8 .Variation spatiale de l'Ortho phosphates des eaux de souterraine de l'oued Djendjen, mars 2022

### III. Cartographie et dynamique des polluants azotés dans la nappe

Les cartes de distribution spatiale des iso-teneur des Nitrates, carte des profondeurs et distribution spatiale des concentrations d'oxygène dissous illustrent la répartition spatiale des différentes concentrations en composés azotés mesurées en mars 2022 dans les eaux de la nappe de Djendjen. Elles ont été établies afin de mettre en lumière les éventuels liens biogéochimiques qui pourraient exister entre ces composés azotés analysés et deux facteurs essentiels à la répartition des teneurs, à savoir la profondeur de la nappe et la concentration en oxygène dissous dans l'eau souterraine.

Nous constatons qu'il existe généralement une relation d'inverse proportionnalité entre la profondeur de la nappe et la concentration en oxygène dissous, à mesure que la profondeur augmente les concentrations en oxygène dissous diminuent, par contre il existe une relation proportionnelle directe entre la concentration en Nitrate et celle de l'Oxygène dissous, et entre la concentration en Nitrate et la profondeur. Nous distinguons trois zones préliminaires, en l'occurrence :

-La première zone située dans les communes de Taher et Emir Abd-elkader où il a été constaté que la concentration des Nitrates mesurée entre 240 et 400mg/l correspond à des teneurs en oxygène dissous assez élevées mesurées entre 9.5 et 13.5mg/l. Ces fortes concentrations en nitrates sont les résultats de la nitrification de  $\text{NH}_4$  essentiellement en présence d'oxygène dissous dans l'eau.

-La deuxième zone localisée à Tamilla entre Tassoust et EAK où la concentration des Nitrates oscille entre 140 et 220mg/l avec de l'oxygène dissous mesuré entre 6.5 et 9 mg/l. Ces valeurs sont inférieures aux mesures de la première zone et confirment le processus de nitrification.

- La troisième zone localisée à Tassoust et près de l'aéroport où la concentration des Nitrates varie de 0 à 120mg/l correspondant à de l'oxygène dissous mesuré in Situ entre 2.5 et 6 mg/l. Ces teneurs sont relativement faibles par rapport aux précédentes et indiquent plutôt une nitrification partielle due à l'appauvrissement du milieu souterrain en oxygène dissous. D'ailleurs les concentrations en nitrites et ammonium y sont assez élevées.

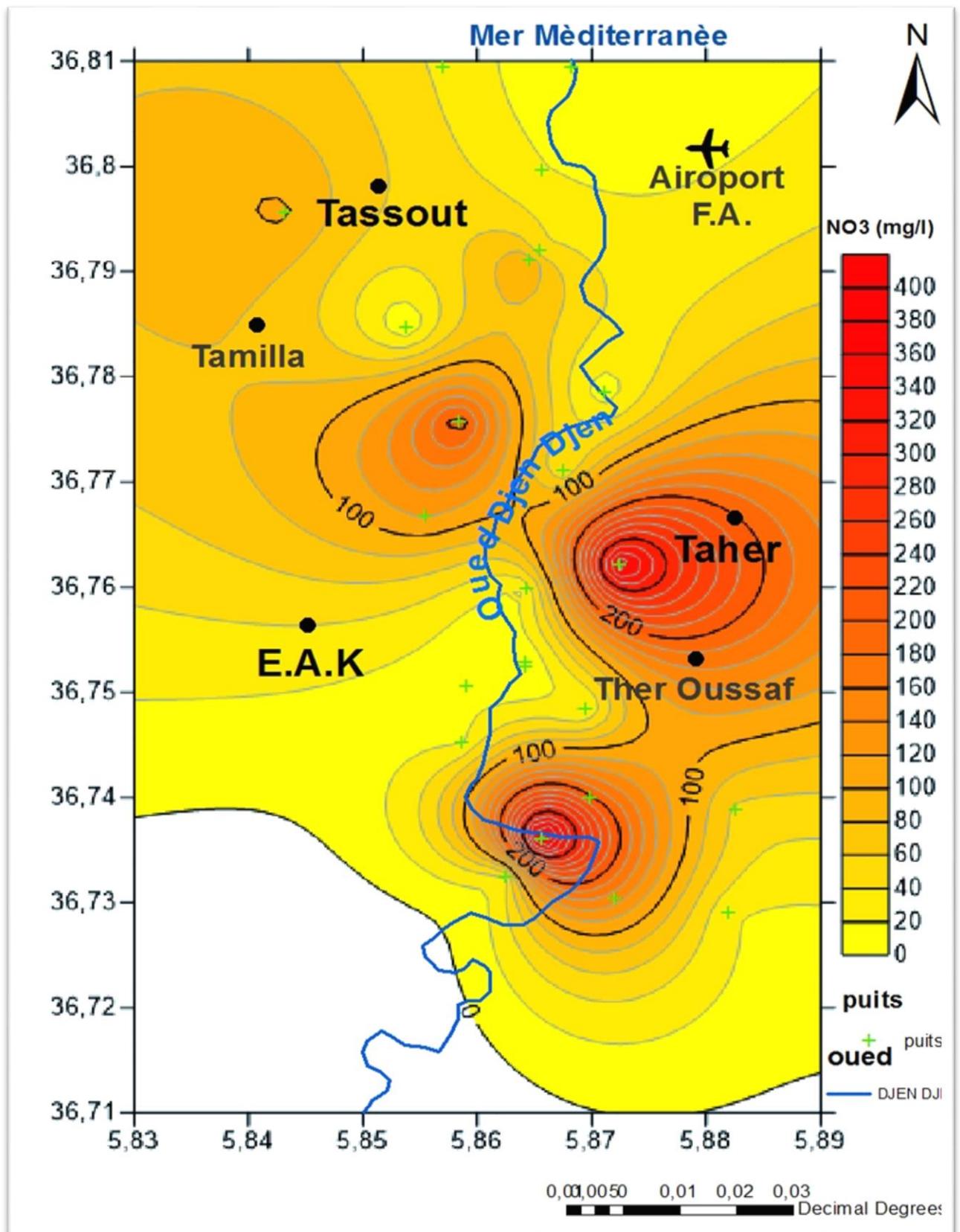


Fig 39 Distribution spatiale des iso-teneurs des Nitrates dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).

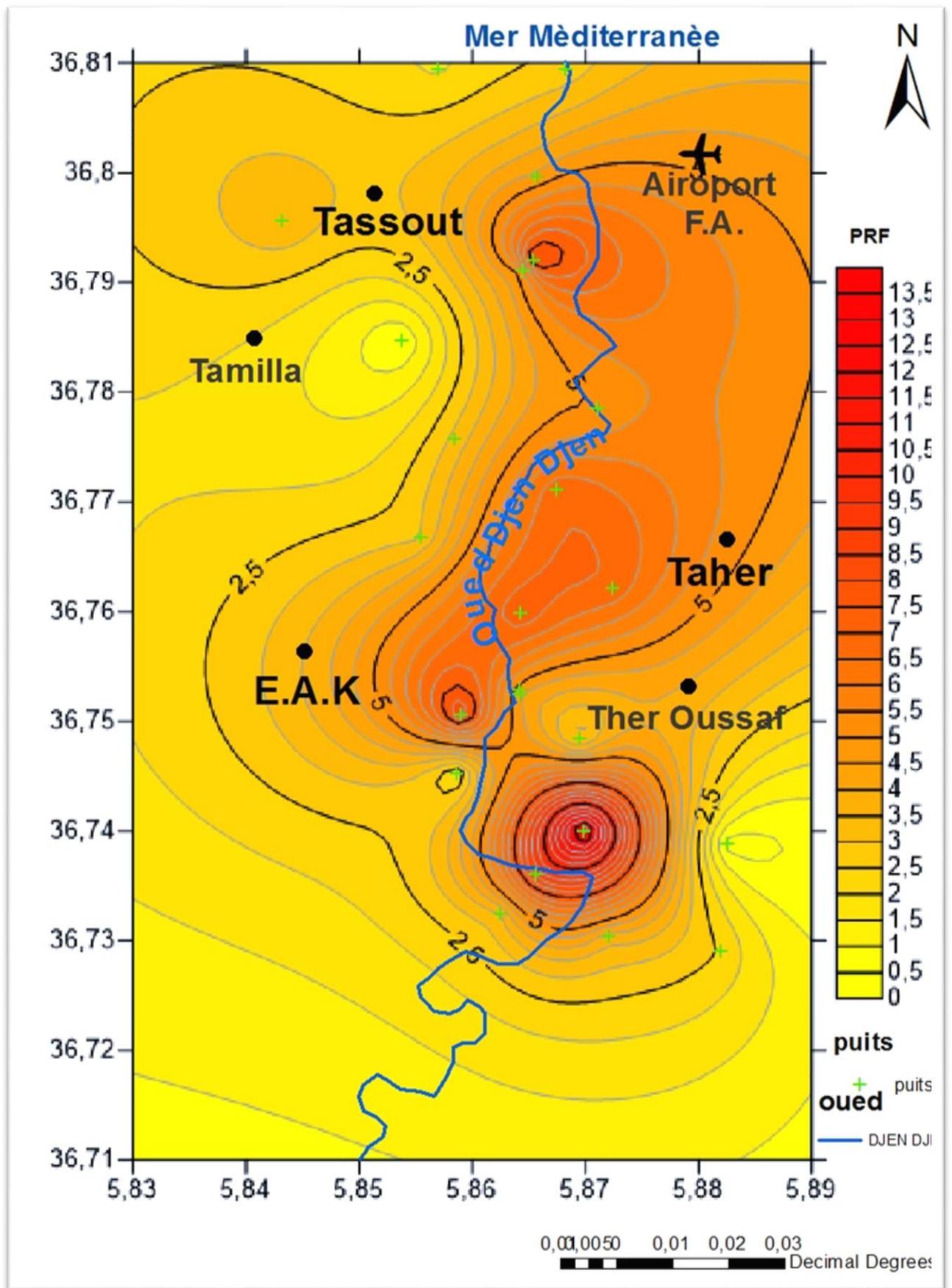


Fig 40 carte des profondeurs dans la nappe alluviale d'oued Djendjen

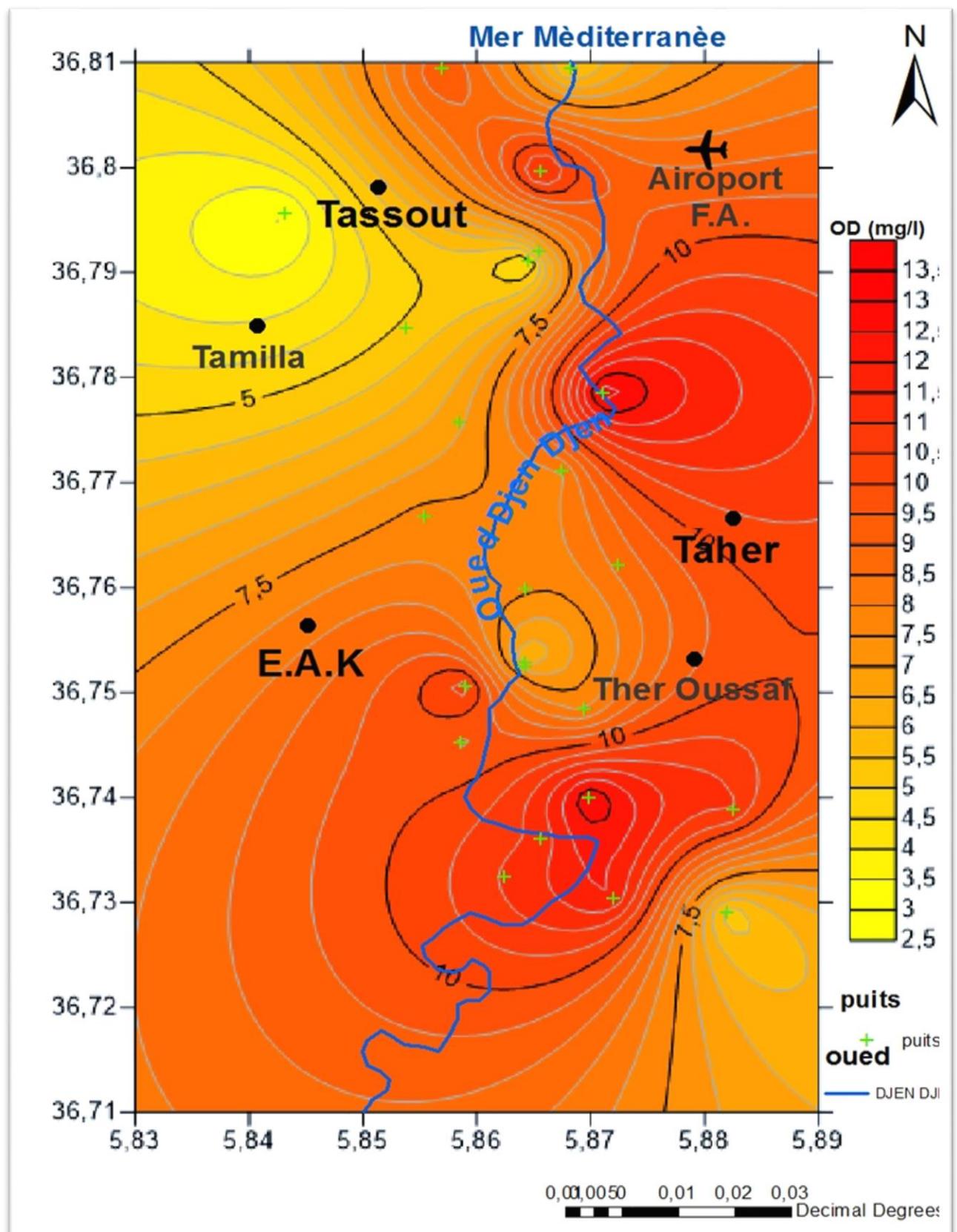


Fig 41 Distribution spatiale des concentrations d'oxygène dissous dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).

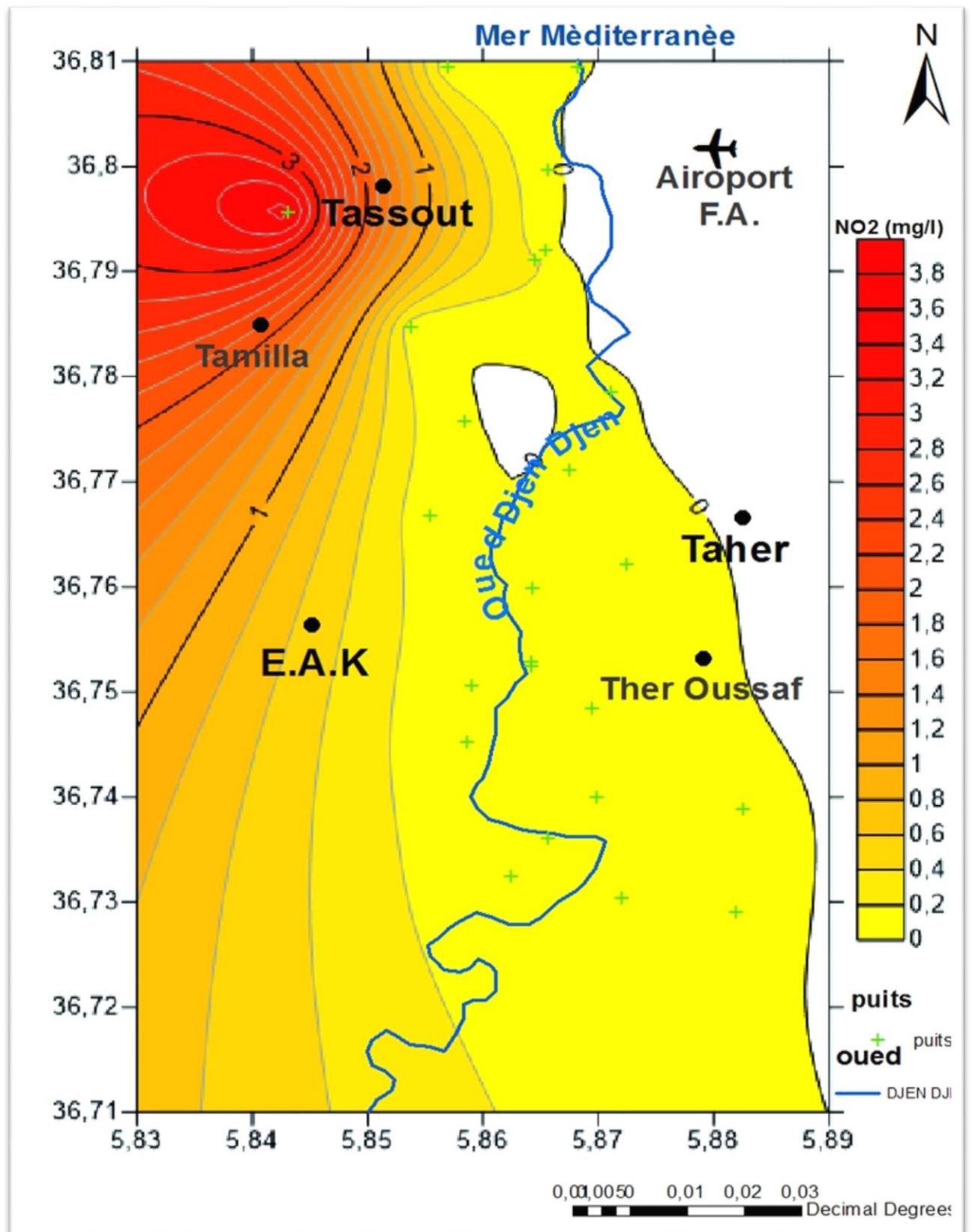


Fig 42 Distribution spatiale des iso-teneurs des Nitrites dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).

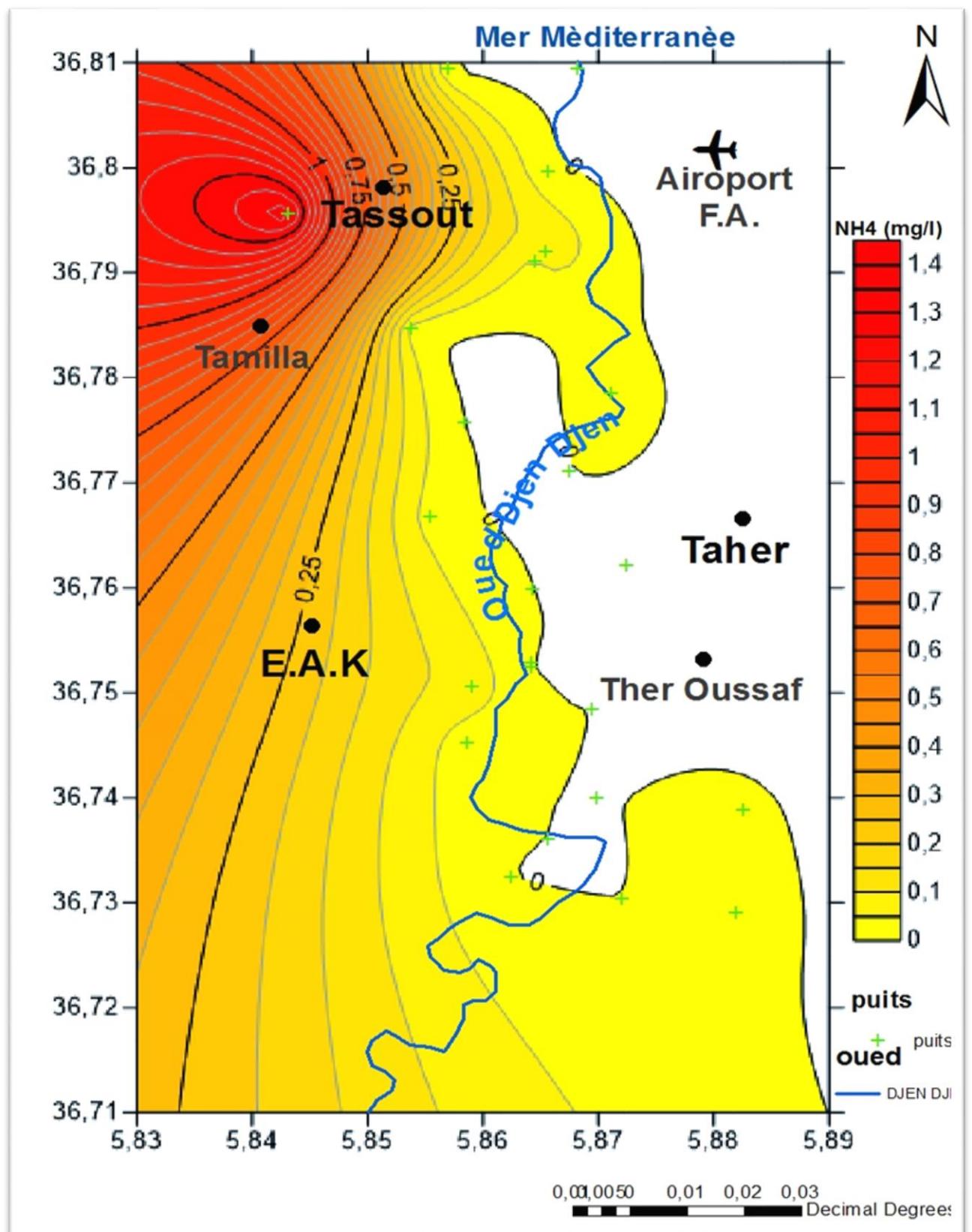


Fig 9 Distribution spatiale des iso-teneurs des Ammoniums dans la nappe des alluvions de Djendjen (Campagne des hautes eaux-Mars 2022).

En comparant la carte de distribution spatiale des iso-teneurs des Nitrites avec la carte de distribution spatiale des iso-teneurs des Ammonium dans la nappe des alluvions de Djendjen (campagne des hautes eaux – Mars 2022). On constate une homogénéité des concentrations des deux polluants, en l'occurrence les nitrites et l'ammonium. En effet, on y distingue deux principales zones, l'une concentrée autour de Tassoust-Tamila hautement concentrée que ce soit en nitrites et en ammonium, et une seconde zone faiblement concentrée qui couvre le reste de la zone. En associant la carte de l'OD, elle nous indique un milieu anaérobie pauvre en oxygène de 2.5mg/l à 6mg/l qui favoriseraient la dénitrification du nitrate en nitrite et puis en ammonium. Ceci est d'autant vrai que la zone de Tassoust-Tamilamontre des concentrations de nitrates de l'ordre de 140 à 220mg/l.

Il y'a lieu de signaler que le phénomène de dénitrification est dominant sur la rive droite de l'oued où la concentration des nitrates oscille entre 240 à 400mg/l. Cependant une nitrification partielle domine sur la rive gauche en aval où la concentration en Ammonium est mesurée entre 0.8 et 1.4 mg/l

### **Conclusion**

*Les résultats des analyses chimiques des composés azotés et ortho phosphatés, montrent que la majorité des teneurs de Nitrate dépasse la norme de l'OMS, où la plus grande teneur est de 417.6mg/l avec la présence d'une dénitrification. Pour le Nitrite mesuré à 3.71mg/l et pour l'Ammonium à 1.39 mg/l avec présence du phénomène de nitrification. Ces valeurs élevées sont dues aux activités agricoles et industrielles et à leur impact sur la qualité des eaux souterraines et superficielles de la plaine côtière d'oued Djendjen. La dénitrification est prédominante sur la rive droite dans la partie amont de la vallée où la concentration de Nitrate est de 240mg/l à 400mg/l et la nitrification prédomine sur la rive gauche dans sa partie aval où la concentration des Nitrites est de 0.8 à 1.4mg/l et la concentration de l'Ammonium est de 0.8 à 1.4 mg/l.*

# **Conclusion et recommandations**

### Conclusion et recommandations :

Notre travail a pour objectif d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux Souterraines et superficielles de la plaine alluviale d'oued Djendjen. Quatre paramètres indicateurs de pollution ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ) ont été mesurés. Les résultats en période des hautes eaux réalisées en mars 2022 montrent que la qualité de l'écosystème aquatique étudié est en dégradation d'amont en aval. En effet, l'analyse physico-chimique a montré que la plupart des eaux de surface (S1, S2 et S3) et souterraines de la vallée du bas Djendjen présente un pH à tendance neutre à alcaline (ne dépassant pas 9). Pour les eaux de surface nous avons observé qu'au niveau des trois stations S1, S2 et S3 les valeurs de la conductivité électrique (539, 480, 459  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) sont conformes à la norme d'irrigation FAO qui est fixée à 700  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une élévation du taux de saturation en oxygène dans les eaux de surface. En général, les eaux de surface d'oued Djendjen sont moyennes à bonnes pour l'irrigation parce que Les valeurs de l'oxygène dissous mesurées dans les eaux d'oued Djendjen possèdent des teneurs fortes variant entre une valeur maximale de 17.55 mg/l au niveau de la station S2 et une valeur minimale de l'ordre de 8.68 mg/l au niveau de station S1. En général, les eaux souterraines de la plaine d'oued Djendjen sont moyennement chargées en sels dissous, traduisant une minéralisation assez importante. Les valeurs de la conductivité électrique sont conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  dont les teneurs mesurées varient respectivement entre 374  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 1732  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ainsi, un déficit en OD dans les eaux souterraines varie entre 2.93 et 13.38 mg/l. Quinze puits dépassent 7 mg/l donc ces eaux sont bien oxygénées et Neuf puits restants ont des concentrations inférieures à celles fixées pour la qualité des eaux potables qui est fixée par l'OMS à 7 mg/l.

L'analyse des eaux de surface indique une contamination importante par les composés azotés ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ) surtout aux niveaux de l'embouchure d'oued Djendjen. Un telenrichissement peut avoir comme cause de multiples activités anthropiques entre autres de

Nombreux rejets urbains et agricoles. Nous avons observé une contamination par:

- Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) : toutes les teneurs mesurées ne dépassent pas la Norme FAO
- Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) : (S1) mesuré 0,57 mg/l dépassant la norme FAO ixée à 0.1 mg/l
- Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) : (S1) mesurée à 1,34 mg/l dépassant la norme FAO e 0.5 mg/l

Les ressources principales en eau potable dans la région sont les eaux souterraines. Leur qualité chimique naturelle dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches

qui emmagasinent l'eau, ainsi que des conditions physico-chimiques caractéristiques du milieu. Nous avons observé une contamination par :

- Les Nitrates : (P2, P3, P5, P6, P10, P12, P18, P23 et P24) avec des concentrations assez élevées oscillant de 55.8 à 417.6 mg/l.
- Les Nitrites : (P2 et P3) avec de teneur qui dépassent 0.2 mg/l
- L'Ammonium : (P3) mesuré à 1.391 mg/l dépassant la norme de 0.5mg/l

Ces résultats nous aideront à réaliser une Cartographie et comprendre la dynamique des polluants azotés dans la nappe de Djendjen. Nous avons relevé une dénitrification sur la rive droite dans la partie amont où les concentrations des Nitrates oscillent de 240 à 400mg/l et une nitrification sur la rive gauche dans la partie aval où les concentrations des Nitrites mesurées de 0.8 à 1.4mg/l et celles d'Ammonium de 0.8 à 1.4 mg/l.

La contamination des eaux de surface et souterraines, peut être principalement liée aux activités anthropiques largement répondues sur la rive d'oued. Les pratiques agricoles telles que l'utilisation des engrais, les produits phytosanitaires, l'élevage intensif, semblent être la première source de contamination des eaux par les matières azotées. En outre, les effluents urbains (déchets domestiques et eaux usées) participent éventuellement à l'enrichissement des eaux en nutriments.

Pour une meilleure gestion et protection des ressources en eau, il est recommandé de :

- Contrôler l'utilisation intensive des engrais chimiques dans les sols à forte perméabilité afin d'éviter l'infiltration des éléments chimiques dans la nappe.
- De faire des campagnes de sensibilisation auprès des agriculteurs par les autorités compétentes concernant l'utilisation optimale des engrais et des produits phytosanitaires.
- Localiser des périmètres de protection autour des ressources en eau qui sont vulnérables à la pollution et établir une cartographie de la vulnérabilité à la pollution azotée.
- Installer des stations d'épuration des eaux usées (STEP) au niveau des grandes agglomérations urbaines.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- **Aéroport-Taïher**. Les données climatiques (1999-2019).
  - **ANRH 1993**. La carte pluviométrique de la wilaya de Jijel.
  - **Benazzadine,A et Meziti,B.2020**. Mise en évidence d'une pollution anthropique des eaux souterraines de la nappe alluviale d'oued Djen Djen (Jijel,NEAlgérien)
  - **Benslama,M et Bouchabtoul,A.2020**. Incidence des pratiques agricoles sur la qualité des eaux des vallées côtières de l'Est de Jijel. Mémoire de Master. Univ. Jijel.
  - **Berkane, S.2011**. Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale d'oued El Nil, Wilaya de Jijel. Mémoire d'ingénieur, univ. Constantine.
  - **Boulefreh, I et Lakehel, Z.2017**. Fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique de la nappe alluviale d'oued Djen Djen (jijel – NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel.
  - **Calvet R. 2005**. Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales. France Agricole Editions.
  - **Chedad, S.2020**. Cours hydrogéologie de l'Algérie.
  - **DSA.2020**. Direction des services agricole.
  - **Direction de l'environnement de Jijel. 2015**.
  - **FAO. Mai 2018**. Bonnes pratiques agricoles : Opportunités pour les pays d'Afrique de l'est.
  - **JOLANKAI. G.1990**. Les impacts de l'agriculture sur les ressources en eau et les voies de transfert par l'eau dans l'environnement. Hongrie.
  - **Karaouet A and Bourafa S., 2016**. Caractérisation Hydrogéologique et Hydrochimique de la nappe alluviale de l'oued Djen\_djen (Jijel-NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel
  - **Landreau A - J.C. Roux.1985**. Les nitrates dans les eaux souterraines
  - **Ministère de l'agriculture de la Colombie-Britannique. 2017**. Pesticide Toxicity and Hazard.
  - **Novotny, V., Imhoff, K.R., Olthof, M. et Krenkel, P.A. 1989**. Handbook of urban drainage and wastewater. New York, Etats-Unis, Wiley & Sons Publishers.
  - **OMS.2007**. L'eau, première édition.
  - **Onil Samuel, Louis saint Laurent. Juin 2001**. Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraichère.
  - **Qualité des eaux : Pollution diffuse Septembre 2012**.
  - **Rodier J.2009**. L'analyse de l'eau : Eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9 éditions Dunod, Paris.
- **Les site web**
- <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/nitrates>
  - <https://lesintrants.wordpress.com/>
  - <https://www.senat.fr/rap/102-215-1/102-215-113.html>

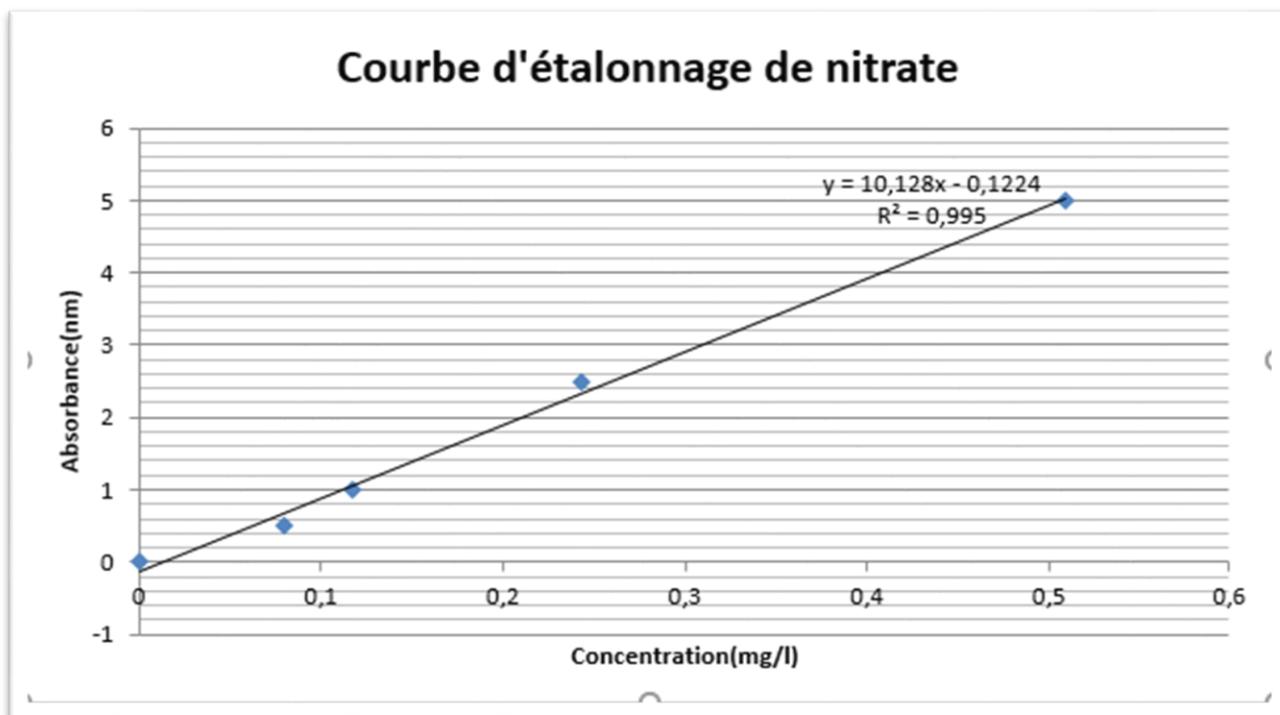
- <http://nitrates79.e-monsite.com/pages/i-origines-des-nitrates/origines-des-nitrates.html>
- [Leau-du-robinet/la-definition-de-leau-potable/#:~:text=A%20ce%20jour](#)
- <http://eduterre.ens-lyon.fr/nappe/html/Ressources/Normes/normes.htm>
- <https://www.lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.htm>
- <http://www.fao.org/3/a1386f/a1386f.pdf>
- <https://www.enviro-option.com/fr/nitrates-nitrites-dans-leau-potable>
- <https://www.1h2o3.com/apprendre/parametres-des-eaux-usees/parametres-de-qualite-des-eaux-usees/composes-phosphates-des-eaux-usees-phosphore-orth>
- [https://www.iso.org/fr/standard/35051.html#:~:text=R%C3%A9sum%C3%A9,mg%20F1%20\(P\).norme](https://www.iso.org/fr/standard/35051.html#:~:text=R%C3%A9sum%C3%A9,mg%20F1%20(P).norme)

# **Annexes**

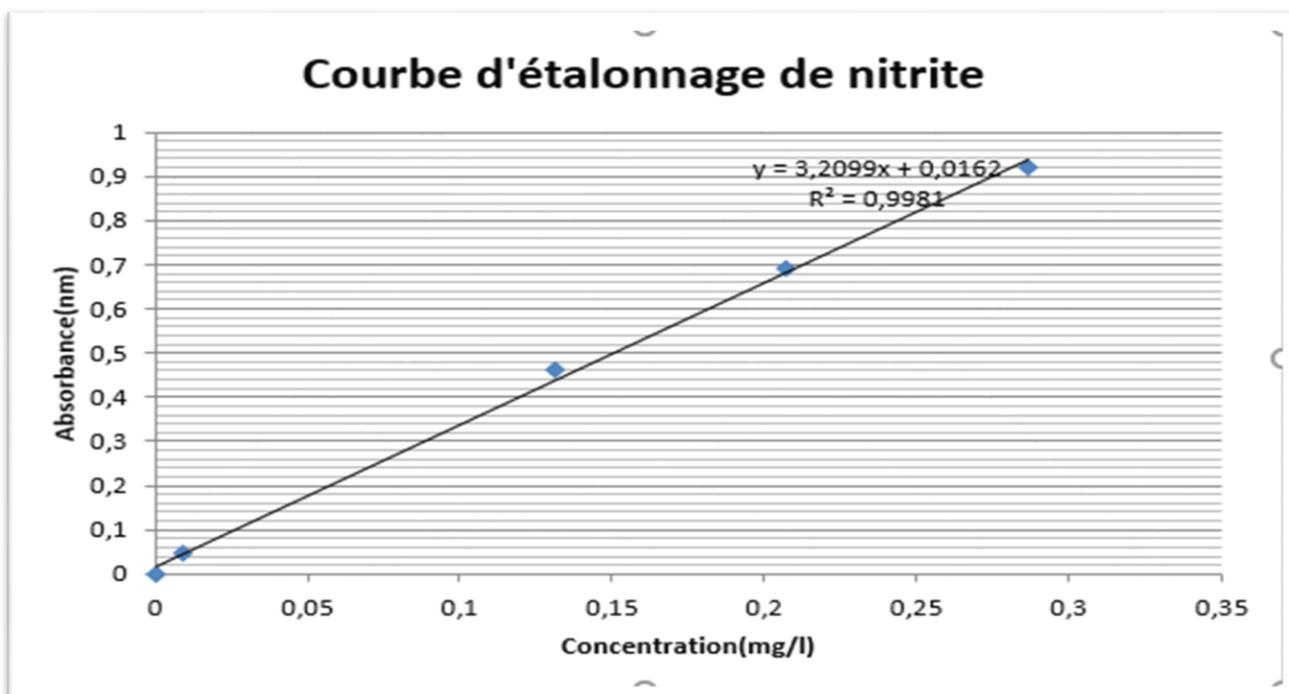
## ANNEXE I

## Courbes d'étalonnage des analyses des eaux

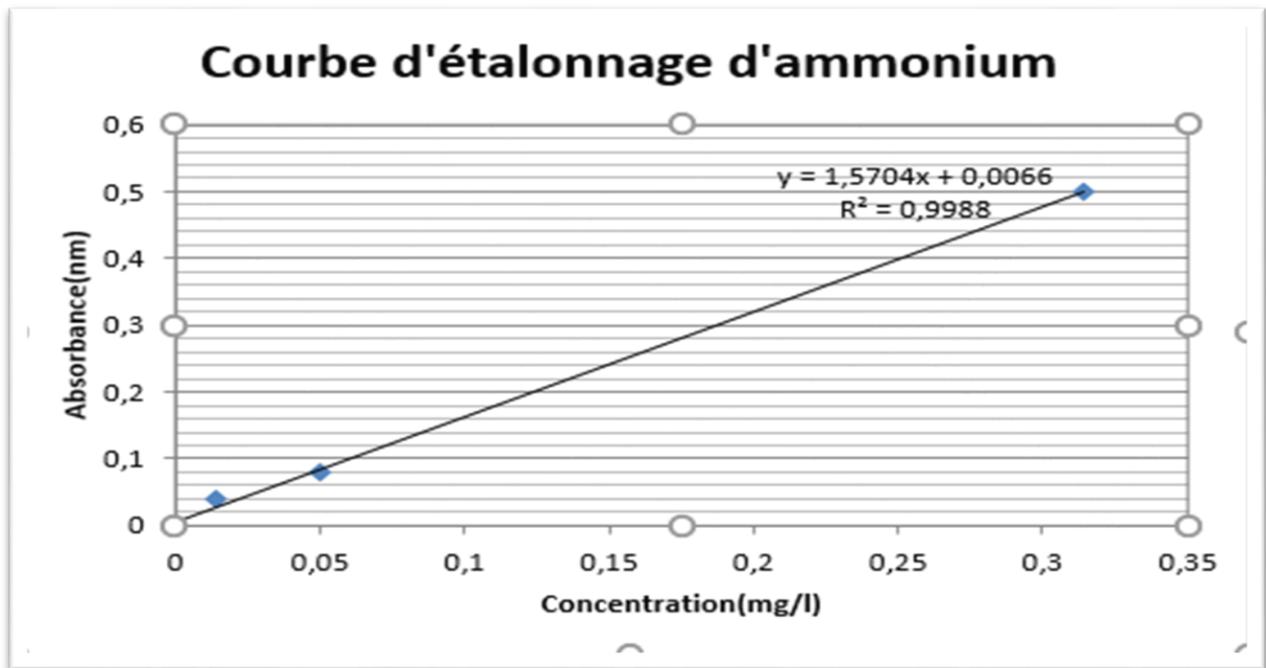
## 1. Courbe d'étalonnage de nitrate



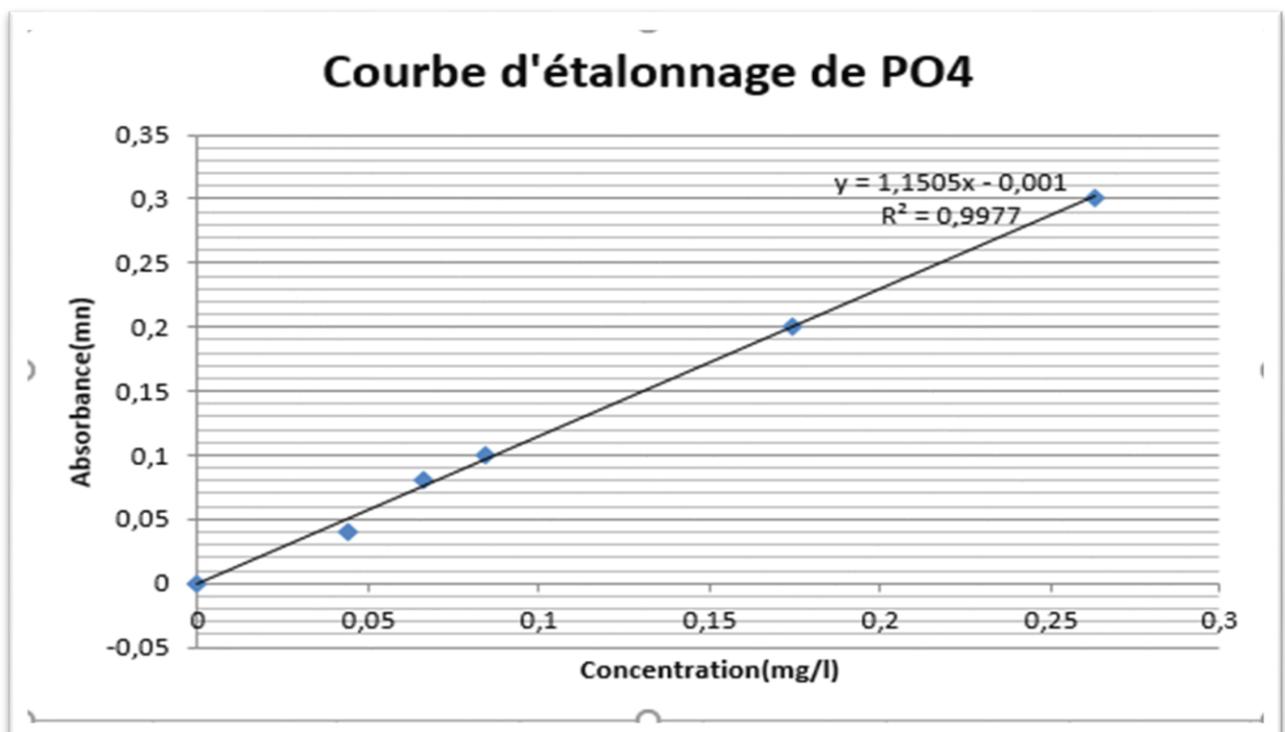
## 2. Courbe d'étalonnage de nitrite



### 3. Courbe d'étalonnage d'ammonium



### 4. Courbe d'étalonnage d'orthophosphate



Tab Valeurs annuelles des températures (C°) de 1999– 2019

<b>Années</b>	<b>T annuelles C°</b>	<b>Années</b>	<b>T annuelles C°</b>
<b>1999/2000</b>	18.48	<b>2012/2013</b>	18.62
<b>2000/2001</b>	18.09	<b>2013/2014</b>	18.17
<b>2001/2002</b>	18.3	<b>2014/2015</b>	19.23
<b>2002/2003</b>	17.89	<b>2015/2016</b>	18.95
<b>2003/2004</b>	18.76	<b>2016/2017</b>	19.1
<b>2004/2005</b>	17.95	<b>2017/2018</b>	18.83
<b>2005/2006</b>	17.86	<b>2018/2019</b>	18.53
<b>2006/2007</b>	18.9	<b>2019/2020</b>	18.4
<b>2007/2008</b>	18.44		
<b>2008/2009</b>	17.96		
<b>2009/2010</b>	18.5		
<b>2010/2011</b>	18.34		
<b>2011/2012</b>	18.75		

**5. Les valeurs des paramètres physiques des différents puits prélevés (tableau 24)**

<b>PUITS</b>	<b>Commune</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Profondeur (m)</b>	<b>pH</b>	<b>Conductivité(µs)</b>	<b>Oxygène Dissous(mg/l)</b>
<b>P1</b>	Tassoust	36.7919 54	5.86538 7	9	8.1 1	737	6.25
<b>P2</b>	Tassoust	36.7910 31	5.86450 5	5.50	8.0 9	717	4.28
<b>P3</b>	Tassoust	36.7955 69	5.84313 2	4.11	7.4 6	494	2.93
<b>P4</b>	Tamilla	36.7847 08	5.85379 5	1.30	7.8 3	435	5.11
<b>P5</b>	Bouhamdou ne	36.7757 11	5.85835 2	0.63	7.0 8	374	6.88
<b>P6</b>	Tamilla	36.7667 85	5.85536 4	3.70	7.2 5	393	7.69
<b>P7</b>	El Ouldja	36.7506 26	5.85897 5	9	7.5 3	710	10.79
<b>P8</b>	EAK	36.7452 74	5.85859 3	2.87	7.6 6	382	9.41

<b>P9</b>	EAK	36.7325 21	5.86243 2	4.11	7.9 5	320	11.08
<b>P10</b>	EAK	36.7303 84	5.87195 9	5.43	7.6 2	829	11.98
<b>P11</b>	Oudjana	36.7290 83	5.88190 8	3.33	7.8 2	1732	5.14
<b>P12</b>	Taher	36.7388 04	5.88244 4	1.45	8.4 6	685	11.06
<b>P13</b>	Ouled Saleh	36.7784 77	5.87105 9	5.80	7.5 0	742	13.38
<b>P14</b>	Ouled Saleh	36.7710 48	5.86749 7	7.40	7.4 0	795	7.96
<b>P15</b>	Achouat	36.8094 11	5.86816 0	2.90	7.4 1	1061	5.31
<b>P16</b>	Sattara	36.8093 58	5.85698 2	2.47	7.6 0	620	9.57
<b>P17</b>	Tassoust	36.7996 27	5.86561 0	5.30	7.7 0	1083	11.33
<b>P18</b>	Ouled Saleh	36.7621 21	5.87240 3	8	7.4 4	1261	8.65
<b>P19</b>	EAK	36.7598 06	5.86424 3	8	7.4 5	755	7.59

<b>P20</b>	El Ouldja	36.7528 53	5.86420 5	5.65	7.8 9	710	5.86
<b>P21</b>	El Ouldja	36.7524 88	5.86416 2	5.55	7.6 8	745	6.95
<b>P22</b>	Ther	36.7484 53	5.86936 9	3.23	7.5 8	1504	7.89
<b>P23</b>	Ther	36.7360 82	5.86559 7	9.18	7.4 4	904	11.13
<b>P24</b>	Taher	36.7400 21	5.86985 9	14.28	7.8 4	804	12.97

*Tab 25 Paramètres chimiques des différents puits prélevés*

<b>Puits</b>	<b>Nitrate (mg/l)</b>	<b>Nitrite (mg/l)</b>	<b>Ammonium (mg/l)</b>	<b>PO<sub>4</sub> (mg/l)</b>
<b>P1</b>	46.564	0.029	0.102	0.003
<b>P2</b>	103.623	0.27	0.0411	0.002
<b>P3</b>	103.848	3.708	1.391	0.002
<b>P4</b>	0.983	0.067	0.030	0.005
<b>P5</b>	216.220	0.022	0	0.011
<b>P6</b>	122.916	0.073	0.0285	0.026
<b>P7</b>	17.180	0.032	0.0882	0.007
<b>P8</b>	16.462	0.019	0.0191	0.00015
<b>P9</b>	32.476	0.032	0	0.0036
<b>P10</b>	149.368	0.029	0	0.0036

---

<b>P11</b>	23.371	0.035	0.0128	0.0139
<b>P12</b>	55.806	0.048	0.0097	0.0093
<b>P13</b>	8.0722	0.029	0.0238	0.0116
<b>P14</b>	41.449	0.019	0	0.00015
<b>P15</b>	0.130	0.029	0	0.0036
<b>P16</b>	36.244	0.045	0	0.094
<b>P17</b>	21.666	0.045	0.0128	0.00015
<b>P18</b>	381.293	0.10	0	0.0082
<b>P19</b>	21.263	0.016	0	0
<b>P20</b>	1.162	0.022	0	0.0013
<b>P21</b>	1.790	0.0194	0	0.0059
<b>P22</b>	14.981	0.025	0	0.0093
<b>P23</b>	417.673	0.096	0	0
<b>P24</b>	201.863	0.022	0	0.0059



## Résumé

La plaine alluviale d'oued Djendjen qui est située au Nord-Est de l'Algérie et fait partie des plaines côtières de la région de Jijel. Elle occupe la partie aval de son bassin versant et renferme une nappe libre contenue dans des alluvions Quaternaires. Caractérisées par l'abondance en eau, elles sont exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation également. L'utilisation abusive d'engrais et l'épandage de produits fertilisants en quantités souvent supérieures aux besoins des plantes entraînent, par lessivage puis infiltration, le surplus de ces produits finira dans la nappe d'eau. Cette étude repose sur l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles et industrielles sur la qualité des eaux en se focalisant sur l'évaluation des teneurs en composés et azotés et leur cartographie. Les résultats ont révélé des concentrations assez élevées en nitrates dans les eaux souterraines dépassant la norme OMS de 50mg/l, elles sont comprises entre 55.8 et 417.6 mg/l à Taher et Emir Abdelkader. Les concentrations en Nitrites sont assez élevées dépassant la norme OMS de 0.2 mg/l, mesurées entre 0.247 et 3.709 mg/l à Tassoust. La majorité des concentrations en ion ammonium est conforme à la norme OMS de 0.5mg/l sauf un seul puits à 1.391 mg/l à Tassoust. Cela est relié à l'utilisation non-rationnelle des engrais et des pesticides chimiques. Un autre type de pollution urbaine a été identifié et causée par la contamination par les eaux usées. Du point de vue biogéochimique, un jeu de nitrification-dénitrification a été clairement identifié. Il s'agit du processus de nitrification observé dans les puits de la plaine de l'Oued DjenDjen sur la rive gauche et une dénitrification sur sa rive droite. La cartographie des composés azotés dans la nappe a mis en évidence leur dynamique biogéochimique dans la nappe et confirme la relation avec la profondeur et la concentration d'oxygène dissous.

Mots clés : composés azotés, pollution, cartographie, plaine alluviale, bas Djendjen,

## Abstract

The alluvial plain of Oued Djendjen which is located in the North-East of Algéria and is part of the coastal plains of Jijel region. It occupied the downstream part of its watershed and contains a free aquifer contained in Quaternary alluvium. Characterized by the abundance of water, it is exploited for supply of drinking water and also for irrigation. The excessive use of fertilizers and the spreading of fertilizer products in quantities that are often greater than the needs of the plants lead, by leaching then infiltration, to the surplus of these products ending up in the water table. This study is based on the assessment of the impact of agricultural and industrial practices on water quality by focusing on the assessment of the levels of compounds and nitrogen and their mapping. The results revealed fairly high nitrate concentrations in groundwater exceeding the WHO standard of 50mg/l, they are between 55.8 and 417.6 mg/l in Taher and Emir Abdelkader. Nitrite concentrations are quite high, exceeding the WHO standard of 0.2 mg/l, measured between 0.247 and 3.709 mg/l in Tassoust. The majority of ammonium ion concentrations conform to the WHO standard of 0.5mg/l except for a single well at 1,391 mg/l at Tassoust. This is linked to the non-rational use of chemical fertilizers and pesticides. Another type of urban pollution has been identified and caused by sewage contamination. From the biogeochemical point of view, a game of nitrification-denitrification has been clearly identified. This is the nitrification process observed in the wells of the Oued DjenDjen plain on the left bank and denitrification on its right one. Mapping of nitrogenous compounds in the aquifer has highlighted their biogeochemical dynamics in the aquifer and confirms the relationship with the depth and the concentration of dissolved oxygen.

Key words: nitrogen compounds, pollution, cartography, alluvial plain, lower Djendjen, Algeria.