

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**

*Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel*

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



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم: علوم الأرض و الكون

## **Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

**Option : Hydrogéologie**

**Thème**

Etude de la pollution des eaux liée aux pratiques agricoles  
dans les plaines de l'Est de Jijel (Algérie du Nord-Est)

**Membres de Jury**

**Président : S. Mahdid**

**Examineur : S. Cheddad**

**Encadrant : F. Kessasra**

**Présenté par :**

**Retima Inas**

**Khelifa Maissa**

**Année Universitaire 2020-2021**

**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 bien ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mr Farés Kessasra, pour son encadrement, sa confiance et son aide dans le cheminement de cette étude et pour la peine qu'il s'est donnée tout au long de ce travail afin de faire de ce document ce qu'il représente.*

*Nos remerciements s'adressent aussi Zineb Khemisa et Dounyazed ben-Abbes, pour leurs conseils et orientations ainsi que son aimable disponibilité et le temps et la Patience qu'il nous a accordés.*

*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, tout simplement de nous avoir donné jour après jour autant d'amour, de soutien et d'encouragement tout le long de nos années d'études.*

*Nous remercions aussi tous nos enseignants de département science de la terre et de l'univers qu'ont initié aux valeurs authentiques.*

*Nous remercions aussi monsieur Mohammed Harous ingénieur en agriculture et le directeur de la direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de la willaya de Jijel.*

*Enfin, Nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidé ou encouragé de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude.*

*Maissa et Inas*



*Dédicace*

*A mon père ACHOUR*

*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.*

*A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai le premier mot,  
source de ma vie ma Mère NOURA.*

*Un remerciement spécial à mes chères sœurs : Wiam, Rafah*

*Un remerciement spécial à mon cher frère : Mohammed Ishak*

*Toute ma famille, mes cousines et cousins, mes oncles, tantes*

*À mes meilleures amies : Bouchera, Feriel, Sofia et Réda*

*À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.*

*A tous ceux que j'aime Et qui m'aiment*

*Maissa*





## Dédicace

*Je dédie ce travail à mon père KAMEL et à ma mère FOUZIA, 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 mon cher frère AYMEN, Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé, merci pour tout ce que tu as fait pour moi.*

*Au staff d'Aspire School El Milia, Du fond du cœur, merci pour votre soutien continu*

*A mes chers amies LAUREN, SANSA, et CARINA vous vous trouvez dans différents endroits de l'univers mais cela ne vous a pas empêché de me soutenir et d'être là pour moi tout le temps.*

*A mes proches, MANEL, SAMAH, NORA et HOUSSEM*

*A mes chers amis des trois spécialités de la géologie, SOFIA, KARIMA, SOUAD, CHAHRAZAD, GHADA, HOUSSEM, SOFIANE, MOHAMMED AMINE, HAROUN et YASSER.*

*À ceux que j'aime, et qui m'aiment*

*MERCI !*

*INAS*

## Résumé

Les plaines alluviales d'oued Nil et oued Djen Djen, situées dans le Nord-Est de l'Algérie, occupant la partie aval de leur bassin versant respectif ont fait l'objet de cette étude. Elles forment des nappes libres et parfois semi-captives et constituées par des alluvions Quaternaires. Caractérisées par l'abondance en eaux de surface et souterraines, elles sont exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation également. Le développement industriel et surtout agricole, associé à la croissance démographique dégradent de plus en plus la qualité de ces ressources. Cette étude repose sur l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des eaux de la région. 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. En effet, la contamination des nappes par les composés azotés ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) et phosphatés, est un réel constat. Les résultats ont révélé des concentrations assez élevées en nitrates dépassant la norme OMS, elles sont comprises entre 50.7 et 358.4 mg/l essentiellement dans la vallée de Djen Djen. Il en est de même pour l'ammonium, les concentrations sont comprises entre 0.5 et 4.7 mg/l surtout dans la vallée d'oued Nil. Cela est reliée à l'utilisation non-rationnelle des engrais et des pesticides chimiques. Un autre type de pollution urbaine a été identifié causé par la contamination par les eaux usées. Du point de vue biogéochimique, un jeu de nitrification-dénitrification a été clairement identifié dans certains puits analysés par vallée étudiée. Il s'agit du processus de nitrification observé dans les puits de la plaine de l'Oued Djen Djen et le processus de dénitrification observé en particulier au niveau des puits de la plaine d'Oued Nil.

**Mots clés :** pratiques agricoles, composés azotés, pollution des eaux, plaines alluviales, Djen Djen, Nil, Jijel, Algérie.

**Abstract:**

The alluvial plains of oued Nil and oued Djen Djen, located in north-eastern Algeria are the subject of this study, in particular the downstream part of their respective watershed. They form free and sometimes confined water tables made up of Quaternary alluvium. Characterized by abundant surface and groundwater, they are used for drinking, water supply and irrigation as well. Industrial development and agricultural practices, associated with population growth, degrade the quality of these resources. The overuse of fertilizers and their land application in quantities often exceeding the needs of plants, which result in percolation of the surplus of these products and they end up in the water table. This study is based on the assessment of the impact of agricultural practices on the quality of water in the region. Indeed, the contamination of water tables by nitrogen compounds ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) and phosphates, is a real issue. The results revealed relatively high concentrations in nitrates exceeding the WHO standards, these concentrations are between 50.7 and 358.4 mg / l mainly in Djen Djen Valley. It is the same for ammonium, the concentrations are between 0.5 and 4.7 mg / l especially in the valley of Nil. This is related to the non-rational use of fertilizers and chemical pesticides. Another type of urban pollution has been identified due to contamination by wastewater. In a biogeochemical point of view, a set of nitrification-denitrification was clearly identified in some wells analyzed in the two valleys. The nitrification process is observed in the wells of the plain of Oued Djen Djen and denitrification process is observed in particular in the wells of the plain of Oued Nil.

**Key words:** agricultural practices, nitrogen compounds, water pollution, alluvial plains, DjenDjen, Nil, Jijel, Algeria.

## ملخص:

السهول الرسوبية لوادي النيل ووادي جن جن، الواقعة في شمال شرق الجزائر، والتي تحتل الجزء السفلي من متجمعات المياه الخاصة بها هي موضوع هذه الدراسة، فهي تشكل جداول مائية حرة وأحيانًا شبه محصورة تتكون من السهول الرسوبية وتتميز بوفرة المياه السطحية والجوفية، حيث يتم استغلالها لإمداد مياه الشرب وكذلك للري. تؤدي التنمية الصناعية والزراعية بشكل خاص، المرتبطة بالنمو الديموغرافي، إلى تدهور جودة هذه الموارد بشكل متزايد. وتستند هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الممارسات الزراعية على نوعية المياه في المنطقة. سوء استخدام الأسمدة ونشر منتجات الأسمدة بكميات غالبًا ما تكون أكبر من احتياجات النباتات تؤدي، من خلال تسرب ثم ترشيح، الفائض من هذه المنتجات إلى المياه الجوفية. في الواقع، تلوث المياه الجوفية بمركبات النيتروجين والفوسفات، هو مشكلة حقيقية. كشفت النتائج عن تركيزات عالية نسبيًا من النترات تتجاوز معيار منظمة الصحة العالمية، فهي تتراوح بين 50.7 و358.4 ملغم / لتر بشكل رئيسي في وادي جن جن، وينطبق الشيء نفسه على الأمونيوم، حيث تتراوح التركيزات بين 0.5 و4.7 ملغم / لتر خاصة في وادي النيل. ويعود هذا للاستخدام الغير العقلاني للأسمدة الكيميائية والمبيدات. تم تحديد نوع آخر من التلوث الحضري الناجم عن التلوث من مياه الصرف الصحي. من وجهة نظر بيوجيوكيميائية، تم تحديد النترجة ونزع النترجين بوضوح في بعض الآبار التي تم تحليلها على مستوى المنطقة المدروسة. حيث نلاحظ ظاهرة النترجة على مستوى آبار سهل واد جن جن وعملية نزع النترجين على مستوى آبار سهل النيل.

**الكلمات المفتاحية:** الممارسات الزراعية، مركبات النيتروجين، تلوث المياه، السهول الرسوبية، جن جن، النيل، جيجل، الجزائر.

**Table des matières**

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Les abréviations	
Problématique de l'étude .....	1

***Première partie :******Etude du Milieu physique des vallées côtières de l'Est de Jijel***

I. Situation géographique .....	3
I.1 cadre général .....	3
I.2 Présentation de la zone d'étude .....	3
II. Aspect géomorphologique .....	4
III. Réseau hydrographique .....	5
IV. Contexte géologique et hydrogéologique .....	6
IV.1 Cadre géologique .....	6
IV.2 Cadre hydrogéologique .....	11
V. Contexte socio-économique .....	16
VI. Etude climatologique .....	19
VI.1. Climat de la zone d'étude .....	19
VI.2. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude .....	19
VI.3. Régime climatique .....	25
VI.4. Estimation du bilan hydrologique .....	26
VII. Chimie des eaux.....	30
VIII. Contexte et réalité sur les pratiques agricoles à Jijel .....	31
VIII. 1. Différentes zones Agro écologiques en Algérie (Selon FAO) .....	31
VIII. 2. Intrants chimiques .....	32
VIII. 2.1 Les engrais .....	32
VIII. 2. 1.1 Les types d'engrais .....	32
VIII. 2. 2 Les pesticides (produits phytosanitaires) .....	34



VIII. 2. 2.1 Classement des pesticides .....	34
VIII. 2. 2.2 Effets sur l'environnement .....	35
VIII. 3. La pollution agricole .....	37
VIII. 4. Les pratiques agricoles à Jijel .....	38

***Partie 2 :***

***Matériel et méthode***

Introduction .....	48
I. Choix et localisation des stations de prélèvement .....	48
II. Techniques d'échantillonnage des eaux .....	49
III. Conservation et prétraitement des échantillons .....	51
IV. Mesures in situ .....	51
V. Nettoyage de la verrerie .....	52
VI. Mesures au laboratoire .....	52
VI.1 Dosage des sels nutritifs ou nutriments .....	52
VII. Méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire .....	53
VIII. Avantage et inconvénient d'utilisation des analyses physico-chimique .....	54

***Partie 3 :***

***Résultats et discussion***

Introduction .....	55
I. Eaux de surface .....	55
I. 1. Discussion des résultats des paramètres physiques .....	56
I. 1. 1 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	56
I. 1. 2 Conductivité électrique (CE) .....	57
I. 1. 3 Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) .....	58
I. 2. Discussion des résultats des composés azotés et phosphatés .....	59
I. 2.1 Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	59
I. 2.2 Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	62
I. 2.3 Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	62
I. 2.4 Ortho-phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	66
II. Eaux souterraines .....	67
II. 1. Discussion des résultats des paramètres physiques .....	68
II. 1.1 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	69
II. 1.2 Conductivité électrique (CE) .....	69
II. 1. 3Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) .....	71

II. 2. Discussion des résultats des composés azotés et phosphatés .....	72
II. 2.1 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	73
II. 2.2 Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	77
II. 2.3 Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	78
II. 2.4 Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....	80
III. Effets de l'agriculture sur la qualité des eaux .....	81
Conclusion et recommandations .....	83
Références bibliographiques .....	85
Annexes	

## Liste des figures

Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude .....	3
Figure 2. Bassin versant de la zone d'étude .....	4
Figure 3. Carte d'altitude de la zone d'étude (état du lieu 2017) .....	5
Figure 4. Réseau hydrographique de la zone d'étude .....	6
Figure 5. Esquisse géologique de la plaine alluviale de l'oued Djen Djen (Etablie par A. Boufekane, Mai 2003) .....	8
Figure 6. Esquisse géologique de bassin versant d'oued Nil (Hammadi et Harendi ,2015) .....	10
Figure 7. Coupe hydrogéologique N-S dans la plaine alluviale de Djen Djen (ANRH) .....	11
Figure 8. Carte piézométrique de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Etablie par A. Boufekane, Mai 2003) .....	12
Figure 9. Carte de positionnement des coupes géologiques (Maoui et Meddour 2013).....	13
Figure 10. Coupe lithologique à partir des logs stratigraphiques (Maoui et Meddour 2013) ...	14
Figure 11. Carte piézométrique de la plaine alluviale d'oued Nil (Etablie par Bouakkaz et Zentout,2019) .....	15
Figure 12. Carte d'occupation de sol (Benslama et Bouchabtoul, 2020) .....	19
Figure 13. Variation mensuelle des précipitations de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	20
Figure 14. Variation annuelle des précipitations de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	21
Figure 15. Variation mensuelle des températures de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	22
Figure 16. Variation annuelle des températures de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	22
Figure 17. Variation mensuelle d'humidité de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	23
Figure 18. Variation annuelle d'humidité de la zone d'étude (2010 – 2019) .....	24
Figure 19. Variation mensuelles de la vitesse du vent de la zone d'étude (2010-2013) et (2016-2019) .....	25
Figure 20. Diagramme Ombro-thermique à la station d'Achouat - Taher (2010-2019) .....	26
Figure 21. Evolution mensuelle du bilan hydrique selon Thornthwaite .....	28
Figure 22. Devenir des pesticides dans l'environnement .....	36
Figure 23. Quantités d'engrais utilisées avec différentes catégories (DSA) .....	44
Figure 24. Quantités de produits phytosanitaires (DSA) .....	46
Figure 25. Localisation géographique des stations de prélèvement .....	49
Figure 26. Variations de pH dans les eaux de surfaces de la zone d'étude .....	56
Figure 27. Variations des CE dans les eaux de surface de la zone d'étude .....	57
Figure 28. Variations du OD dans les eaux de surface de la zone d'étude .....	58

Figure 29. Variations des nitrates dans les eaux de surface de la zone d'étude .....	60
Figure 30. Variations des nitrites dans les eaux de surfaces de la zone d'étude .....	62
Figure 31. Variations d'Ammonium dans les eaux de surface de la zone d'étude .....	63
Figure 32. Variations des ortho phosphates dans les eaux de surface de la zone d'étude .....	67
Figure 33. Variations du pH dans les eaux souterraines de la zone d'étude .....	69
Figure 34. Variations du CE dans les eaux souterraines de la zone d'étude .....	70
Figure 35. Variations du OD dans les eaux souterraines de la zone d'étude .....	72
Figure 36. Variations de nitrates des eaux souterraines dans la zone d'étude .....	74
Figure 37. Variations de nitrite des eaux souterraines dans la zone d'étude .....	78
Figure 38. Variations d'ammonium des eaux souterraines dans la zone d'étude .....	79
Figure 39. Variations d'ortho phosphate des eaux souterraine dans la zone d'étude .....	81

## Liste des tableaux

Tableau 1. Répartition de la population de la zone d'étude par commune (Direction de l'Environnement de la Wilaya de Jijel 2012) .....	16
Tableau 2. Les différentes entreprises dans la région d'étude .....	17
Tableau 3. Le taux d'occupation du sol dans la zone d'étude .....	18
Tableau 4. Valeurs moyennes mensuelles des précipitations (mm) de 2010 à 2019 .....	20
Tableau 5. Valeurs annuelles des précipitations (mm) de 2010 à 2019 .....	21
Tableau 6. Valeurs moyennes mensuelles des températures de 2010 à 2019) .....	21
Tableau 7. Valeurs moyennes annuelles des températures (C°) de 2010 à 2019 .....	22
Tableau 8. Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative (%) de 2010 à 2019 .....	23
Tableau 9. Valeurs moyennes annuelles d'humidité relative (%) de 2010 à 2019 .....	24
Tableau 10. Vitesses moyens mensuelles du vent (m/s) (2010-2013) et (2016-2019) .....	24
Tableau 11. Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles et annuelles calculées par la méthode de Thornthwaite à la station d'Achouât-Taher (2010-2019) .....	27
Tableau 12. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station d'Achouat - Taher (2010-2019) .....	28
Tableau 13. Variation de ruissellement et l'infiltration dans la période de 2010 à 2019 .....	30
Tableau 14. Classement des pesticides par mode d'action (Bonney, 2013) .....	35
Tableau 15. Occupation des terres dans la wilaya de Jijel (DSA, 2018) .....	38
Tableau 16. Différentes superficies occupées par les cultures (2014 - 2019) .....	41
Tableau 17. Effectif du cheptel à la wilaya de Jijel de l'année 2005 à 2015 .....	42
Tableau 18. Différente pratique des élevages dans les communes d'étude campagne agricole (2014 - 2019) .....	42
Tableau 19. Valeurs des paramètres physique des différentes stations de surface dans la zone d'étude .....	56
Tableau 20. Valeurs des paramètres chimiques des différentes stations de surface dans la zone d'étude.....	59
Tableau 21. Quantité des rejets par rapport aux populations dans les communes entourant la vallée de Djen Djen (DE,2015) .....	61
Tableau 22. Quantité et lieu des rejets dans les communes entourant la vallée Djen Djen (DE,2015) .....	64
Tableau 23. Quantités d'engrais utilisés dans les communes de Taher et Amir abdelkader (DSA, 2019-2020) .....	65

Tableau 24. Quantités d’engrais utilisés dans les communes de Chekfa et El Kennar (DSA, 2019-2020) .....	65
Tableau 25. Quantité des rejets dans les communes de El Kennar, Chakfa et Taher .....	66
Tableau 26. Valeurs des paramètres physique des différentes puits et forages prélevés dans la zone d’étude .....	68
Tableau 27. Valeurs des paramètres chimiques des différentes puits et forages prélevés dans la zone d’étude .....	72
Tableau 28. Nombre de puits qui dépassent la norme corrélée à la superficie cultivée dans les quatre communes étudiées (Taher, Chekfa, Emir Abdelkader et El Kennar) .....	76

## **Liste des photos**

Photo 1. Les différentes cultures de la wilaya de Jijel .....	39
Photo 2. Engrais NPK .....	44
Photo 3. Les produits phytosanitaires .....	47
Photo 4. Prélèvement d'eau de surface sur le pont .....	50
Photo 5. Prélèvement d'eau souterraine depuis un puits .....	50
Photo 6. La glacière .....	51
Photo 7. Les appareils utilisé pour mesurer pH et CE .....	52
Photo 8. Spectrophotomètre U.V .....	55
Photo 9. Puits superficiel qui présente une anomalie .....	75
Photo 10. Problème d'eutrophisation provoqué par l'Ammonium .....	80

## **Les abréviations**

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

**ANBT** : Agence National des Barrages et Transferts.

**C.G.G** : la Compagne Générale de Géophysique.

**C.P.G.F** : la Compagnie de Prospection en Géophysique de France.

**CE** : Conductivité électrique.

**Déficit** : Déficit agricole.

**DSA** : direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de la willaya de Jijel.

**ETP** : Evapotranspiration Potentiel.

**ETPc** : Evapotranspiration potentielle mensuelle corrigé.

**ETR** : Evapotranspiration Réel.

**ES** : Epuisement du stock.

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

**Fig** : figure.

**Ha** : Hectare.

**H** : Humidité relative.

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

**I** : Infiltration.

**Mg. L<sup>-1</sup>** : milligramme par litre.

**Mm** : millimètre.

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

**NO<sub>3</sub><sup>-</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.

**PH** : Potentiel d'hydrogène.

**P** : Pluviométrie.

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

**R** : Ruissellement.

**RFU** : Réserve facilement utilisable.

**SE** : Surplus d'eau.

**T** : Température.

**Tab** : Tableau.

**µS.cm<sup>-1</sup>** : Microséismens par centimètre.



---

---

*Problématique de l'étude*

---

---

## **Problématique de l'étude**

La population humaine a doublé depuis le milieu du siècle en cours et le volume de son économie a presque quadruplé (BROWN in BARBAULT,2003). En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations aux milieux naturels (Mc Kinney,2002), l'industrialisation et l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides conduisent à un déséquilibre des écosystèmes (Haag, Kaupenjohann,2001 ;Powlson et al, 2008) et affectent la qualité physico-chimique des milieux aquatiques récepteurs (Mullis et al, (1997).

En Algérie, Les travaux de synthèse réalisés par Boudjadja et al. En 2003 ont montré des concentrations alarmantes en nitrates dans les eaux souterraines qui est de 100 mg/l dépassent les normes de qualité d'OMS. D'autres analyses hydro-chimiques effectuées dans la Mitidja ont confirmé ces ordres de grandeurs, avec des taux de concentration en nitrates assez élevés dépassant parfois 100 mg/l (PNUE, 2004 ; Hadjoudji, 2008). Ce même constat a été vérifié par Meklati, (2009) qui confirme l'existence des concentrations élevées dans la Mitidja dans des gammes de concentrations supérieures à100 mg/l. Selon Lounis et al. (2010) et S bargoud, (2013) le bassin de sidi Rached à Tipaza enregistre de fortes concentrations en nitrates dans de nombreux forages et puits, qui dépassent la norme de 50 mg/l. Abdellouche et Kerouaz. (2019) indiquent un excès en ammonium et nitrite enregistré dans les eaux de surface dans la basse vallée de la Soummam à Bejaia qui dépassent les normes requises. Quant aux eaux souterraines, la nappe souffre d'une réelle contamination par les nitrates, ils dépassent ainsi les normes requises de potabilité. Une autre étude menée par Reggam et al. (2015) dans l'Oued Seybouse, ils ont trouvé des teneurs en nitrate qui peuvent aller jusqu'à 97 mg/l dans les eaux de surface.

A Jijel, les rendements agricoles dans les plaines alluviales de l'Est connaissent les dernières années une remarquable hausse et contribuent au développement socio-économique de toute la région. En revanche, la multiplication des pratiques agricoles non contrôlées telles que, les techniques de fertilisation des sols et de protection des cultures est l'une des principales causes de la pollution des ressources en eau de ses bassins-versants, en l'occurrence la plaine alluviale de Djen Djen et la vallée de Nil qui font l'objet de cette étude. Les études effectuées sur la nappe alluviale d'oued Nil par (Boubbache et Rouabi. 2015) montrent que les concentrations des nitrates dépassant la norme de l'OMS fixée à 50 mg/l cela est dû aux activités agricoles.

Ce projet de fin d'étude a pour objectif de déterminer les effets et d'évaluer l'impact des activités agricoles sur la qualité des eaux souterraines et superficielles des plaines côtières de l'Est de Jijel, représentées par les plaines alluviales d'oued Djen Djen et oued Nil. Pour cela une campagne de mesure de terrain a été effectuée, suivie de l'analyse de quatre paramètres chimiques indicateurs de pollution agricole à l'instar de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Notre travail est subdivisé en trois parties principales :

**Première partie :** consacrée à la présentation du cadre physique de la zone d'étude, le contexte géologique, climatologique et les activités agricoles pratiquées dans les vallées côtières de l'est de Jijel et leurs répercussions sur hydrochimie des deux vallées étudiées.

**Deuxième partie :** Consacrée à la méthodologie adoptée dans ce mémoire. Il s'agit de détailler la campagne de terrain que nous avons réalisée en avril 2021, la méthode d'échantillonnage et de conservation des échantillons d'eau, ainsi que les méthodes d'analyses physiques et chimiques.

**Troisième partie :** a pour objet d'interpréter et discuter les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus, en les corrélant avec les différentes données piézométriques, litho stratigraphique, socio-économiques et climatologiques. L'effet de l'agriculture sur la qualité des ressources en eau dans les deux vallées a été mis en évidence.

---

---

*Première partie :*

*Etude du Milieu physique des vallées côtières  
de l'Est de Jijel*

---

---

## I. Situation géographique

### I.1 cadre général

Les plaines côtières de Jijel, qui font partie du Sahel littoral, sont situées au Nord - Est de l'Algérie. Elles s'étendent sur une superficie de 888 Km<sup>2</sup> avec une façade maritime de 120 Km. Limitées au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les wilayas de Mila et Sétif, à l'Est par la wilaya de Skikda et par la wilaya de Bejaia à l'Ouest (fig.1).

Ces vallées font partie des bassins versants de l'oued Djen Djen et celui de l'oued Nil qu'englobent les bassins du Côtier Constantinois N° 03.

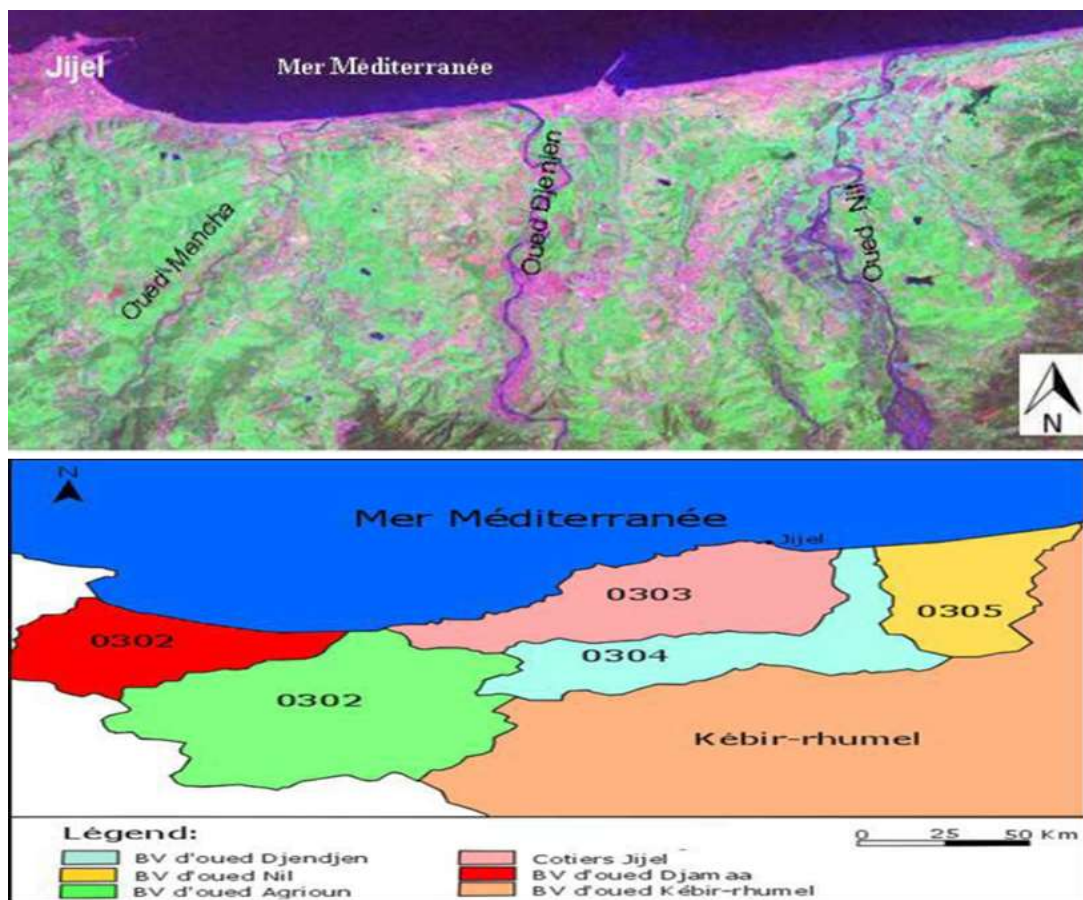


Fig.1 : Situation géographique de la zone d'étude

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

Le bassin versant de Djen Djen ; est situé à environ 9 km à l'Est de la ville de Jijel, il s'étend sur une superficie de 528Km<sup>2</sup> (selon ANRH), drainé par oued Djen Djen avec une longueur de 29.2 km et entrecoupé par nombreux oueds tels que, oued Agoug, oued missa, oued Reha et oued Zatout (fig.2). L'apport liquide annuel de l'oued est important, il est de l'ordre de 110 millions de m<sup>3</sup>.

Quant au bassin versant de Nil ; il se situe à environ 20 km à l'Est de la ville de Jijel, et occupe une superficie de 360 Km<sup>2</sup> (selon ANRH), drainé principalement par oued Nil avec un débit annuel de 230 millions de mètres cube à l'embouchure (Sadoun,2013). Il est composé de trois principaux affluents : oued Saayoud, oued Boukraa et oued Tassift (fig.2).



Fig. 2 : Bassin versant de la zone d'étude, Benslama et Bouchabtoul, 2020

## II. Aspect géomorphologique

La plaine de Djen Djen est caractérisée par une topographie sub-plane avec des pentes relativement faibles, matérialisée par un sens d'écoulement superficiel. Elle forme une cuvette d'altitude variant entre 5 et 100 m, allongée Sud-Nord et ouverte vers la mer. Le bassin versant de l'oued Djen Djen est entouré par des monts dont l'altitude varie de 226 à 1992 m. Au Sud du bassin versant, s'élève le massif des Babors en relief abrupt jusqu'à 2004 m d'altitude. Cette chaîne montagneuse présente un relief très accidenté, compartimenté par des gorges profondes, empruntées par de nombreux oueds et cours d'eau (fig.3).

La plaine de l'oued Nil présente une faible pente, matérialisée par un sens d'écoulement superficiel. Dans la partie sud, l'altitude de la plaine augmente et présente une succession des crêtes

arrondies à caractères rocheux dépassant souvent les 100 m d'altitude. La plaine est étagée en différents niveaux de terrasses quaternaires caractérisés par de nombreux petits ravins, ces derniers avec les dépressions fermées ou marécages sont rechargés par les fortes précipitations (Bechkit, 2005) (fig.3).

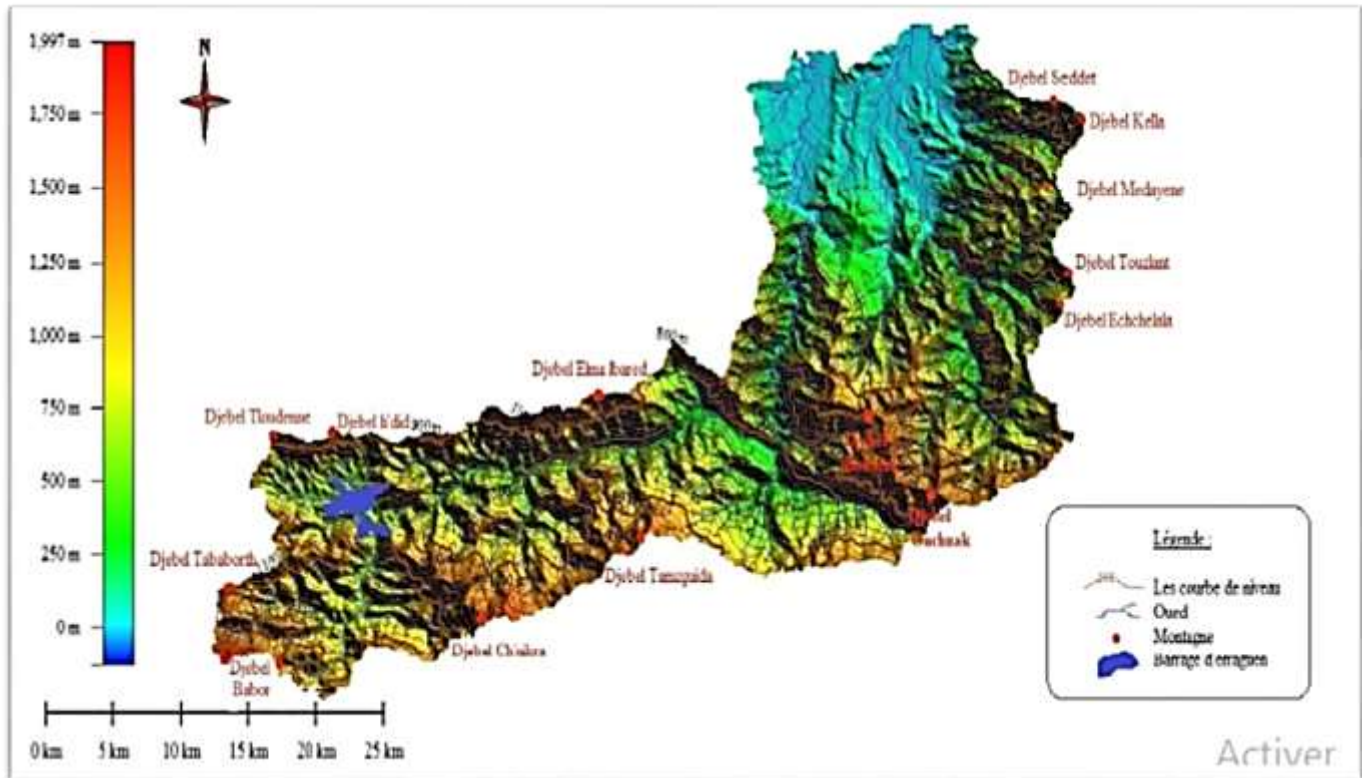


Fig. 3 : Carte d'altitude de la région d'étude (état du lieu 2017)

### III. Réseau hydrographique

- **Bassin versant d'oued Djen Djen** ; drainé par un réseau hydrographique dense, traduisant un drainage élevé. Avant de s'ouvrir sur les plaines littorales, l'oued Djen Djen est très encaissé à l'amont, empruntant des ravins qui entaillent les reliefs de Texanna et Thar Oussaf. Parmi ses principaux affluents, nous citons : oueds Agoug, Reha et Zatout (fig.4).
- **Bassin versant d'oued Nil** ; occupe une superficie de 360 km<sup>2</sup>, subdivisée en quatre sous bassins versants respectivement : oued Nil, oued Saayoud, oued Boukraa et oued Tassift. Il est considéré parmi les oueds les plus importants de la région de Jijel, drainé par oued Nil avec un débit annuel de 230 millions de mètres cube à l'embouchure (Sadoun,2013), une profondeur de 2 à 4 m et une largeur de 10 à 35 m(fig.4).

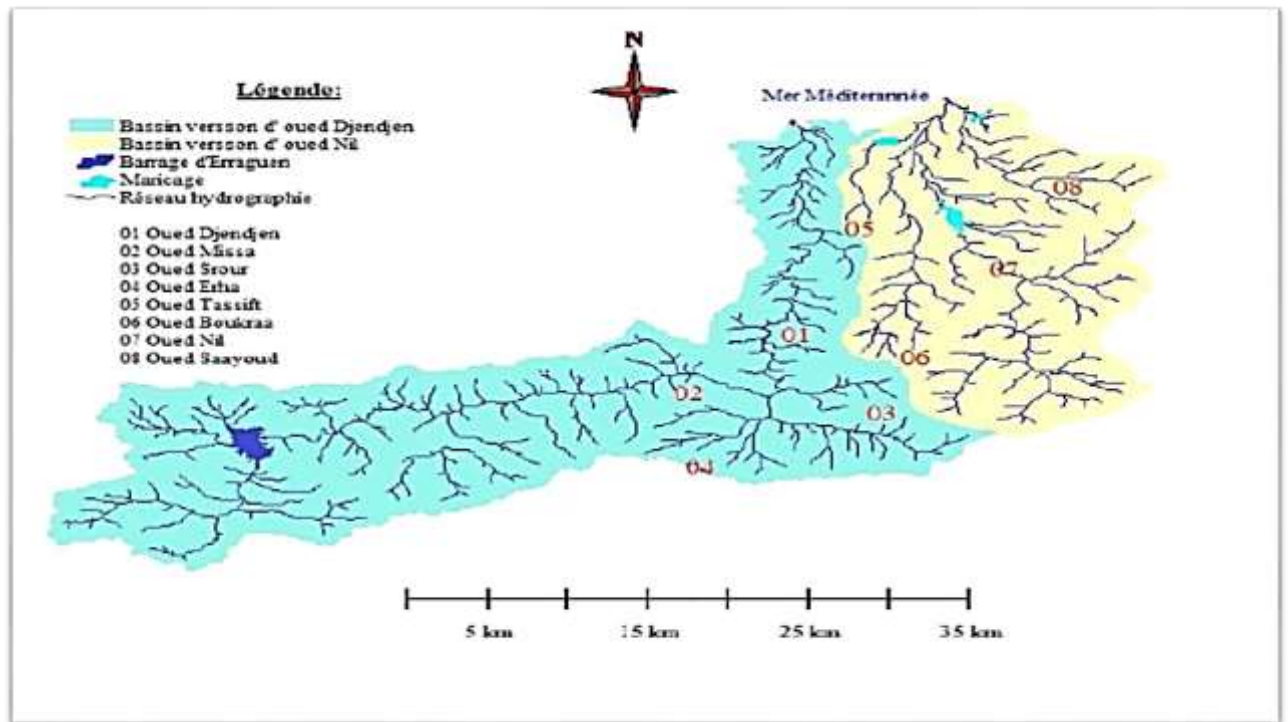


Fig. 4 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

#### IV. Contexte géologique et hydrogéologique

##### IV.1 Cadre géologique

➤ **La plaine d'oued Djen Djen** ; zone qui se trouve en position littorale 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, étudiée par Durand Delga. Cette étude a été reprise par Raoult en 1974, qui a apporté des compléments d'informations, pour la partie aval. L'esquisse géologique établie par Durozoy en 1954, reprise par la C.G.G en 1961 lors de la prospection géophysique, permet de distinguer de bas en haut la Série litho stratigraphique suivante (fig.5) :

##### ✚ Au Miocène

- **Burdigalien (m1)** : est représenté essentiellement par des marnes grises par fois sableuses, jaunâtres (oxydation) d'origine marine. D'épaisseur 200 à 300 m, le Burdigalien est caractérisé par un faciès très constant d'intercalation de niveaux détritiques et de gros nodules de calcaires jaunes, formant les masses principales des coteaux de bordure de la vallée.
- **Pontien (m3)** : présent sous forme de dépôts continentaux, il est constitué de galets, de cailloutis et de poudingues qui se trouvent mêlés à des argiles. L'ensemble de cette série



plus au moins cimentée présente une perméabilité moyenne de  $1,74 \cdot 10^{-3}$  m/s avec une épaisseur variant de 30 à 50 m.

 **Au Quaternaire :**

- **Terrasses anciennes (q)** : 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 former des conglomérats qu'on peut confondre avec ceux du Pontien. Ils ont une épaisseur de 15 m.
- **Dunes anciennes (D)** : sont présentes autour de Bazoul et Tassoust. Ces dunes sont constituées de sables jaune rouille, limoneux, souvent consolidé, ayant une épaisseur de 20m.
- **Alluvions récentes limoneuses (a<sup>2</sup>)** : composées des dépôts essentiellement limoneux des basses vallées, avec une épaisseur généralement inférieure à 20 m, elles se développent surtout sur la rive droite de l'oued Djen djen.
- **Dunes récentes (d)** : forment un cordon tout le long de la mer, constituées de sables grossiers parfois consolidés, leur épaisseur est de l'ordre de 15 m.
- **Alluvions actuelles (a)** : sont constituées de sables, graviers, conglomérats et de galets perméables, leur épaisseur peut dépasser 20 m.

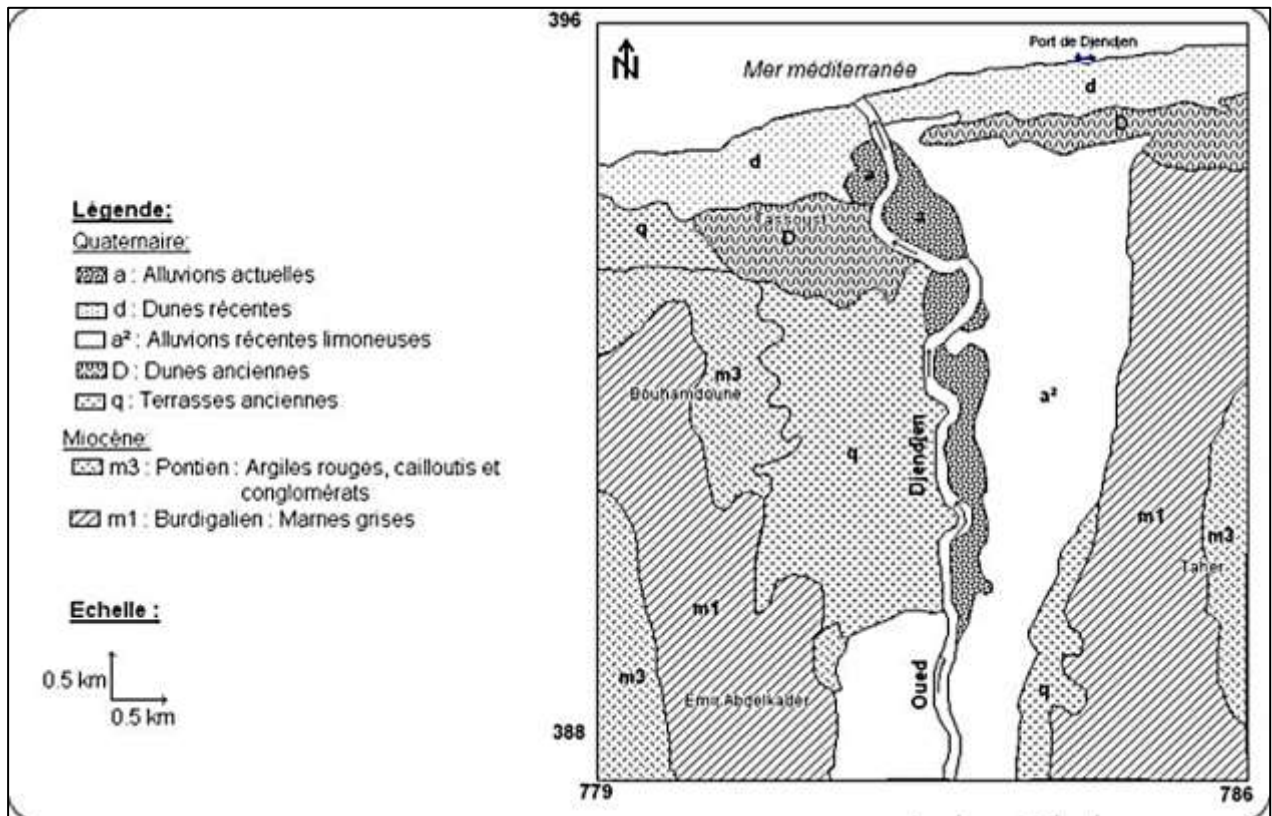


Fig. 5 : Esquisse géologique de la plaine alluviale de l'oued Djen Djen (Etablie par A. Boufekane, Mai 2003)

- **La plaine de l'oued Nil**, formée par un remplissage alluvionnaire d'une ancienne vallée creusée dans les marnes miocènes à l'Ouest (rive gauche d'oued Nil) et les terrains métamorphiques à l'Est (rive droite d'Oued Saayoud). Sur ces alluvions se déposent des formations dunaires plus au moins récentes comme celles de Bazoul et d'El-Kennar, représentées par des sables rouges limoneux et graviers roulés (fig.6). L'étude litho stratigraphique montre les formations suivantes (Lehtihet, 1983, in Sadoun, 2013) :

### I. Terrains sédimentaires

✚ **Quaternaire** : comprend plusieurs types d'alluvions,

- **Alluvions quaternaires**, comprennent des terrasses anciennes des vallées généralement aquifères représentées par des éléments grossiers, graviers, galets et conglomérats très perméables.
- **Alluvions marécageuses (a<sup>3</sup>)**, affleurent au Nord de la plaine, On les trouve dans les dépressions fermées ou Ghedirs, constituées essentiellement d'éléments argilo-limoneux parfois sableux.
- **Alluvions récentes (a<sup>2</sup>)**, constituées d'éléments grossiers, graviers, conglomérats, galets très perméables. On les rencontre le long des principaux oueds du Nil, Boukraa et saayoud.

- **Dunes anciennes(D)**, constituées de sable fin limoneux souvent consolidé. On les rencontre au Nord de la plaine dans la région d'EL Kennar.
- **Dunes actuelles (d)**, constituées de sable fin parfois consolidé. Elles se trouvent aux bordures de mer.

#### ✚ Tertiaire

- **Maurétanien (eb<sup>3-2</sup>)**, constitué essentiellement de grès.
- **Numidien (ea<sup>2-2</sup>)**, c'est une formation de flysch comportant des alternances de grès, d'argile avec une prédominance d'argiles, de marnes à la base et de grès au sommet.
- **Néogène**
  - **Miocène inférieur Burdigalien (m1)** : caractérisé par des marnes grises parfois sableuses ou jaunâtres par oxydation avec des intercalations de niveaux détritiques et de gros nodules calcaires jaunâtres.
  - **Miocène supérieur ou Pontien (m3)**, composé de dépôt détritique, cailloutis, galets et argiles continentales.
  - **Miocène marin (m4) (sahélien)**, représenté par des marnes bleues imperméables, on les rencontre dans la région de Chekfa.

**II. Terrains métamorphiques** : ils constituent le socle kabyle paléozoïque, caractérisé par une série de formations (Djellit, 1987),

- **Schisto-phyllade** : faciès argileux micacés ou satinés de teinte très variée, traversés de filonnets de Quartz laiteux s'intercalant de couches détritiques.
- **Calcaires (Cipolins)(S<sup>2</sup>B<sup>2-1</sup>)** : ils sont de couleur blanchâtre, gris ou bleuâtre, parfois micacé et pyriteux s'intercalant en bandes irrégulières ou en amas dans les schistes et les micaschistes.
- **Micaschistes et schistes micacés** : à micas noirs et blancs.
- **Schistes granutilisés et gneiss(x<sup>2</sup>B<sup>1-2</sup>)** : ce sont des gneiss schisteux résultant de l'injection de granulites dans les micaschistes, parfois fortement kaolinisés.

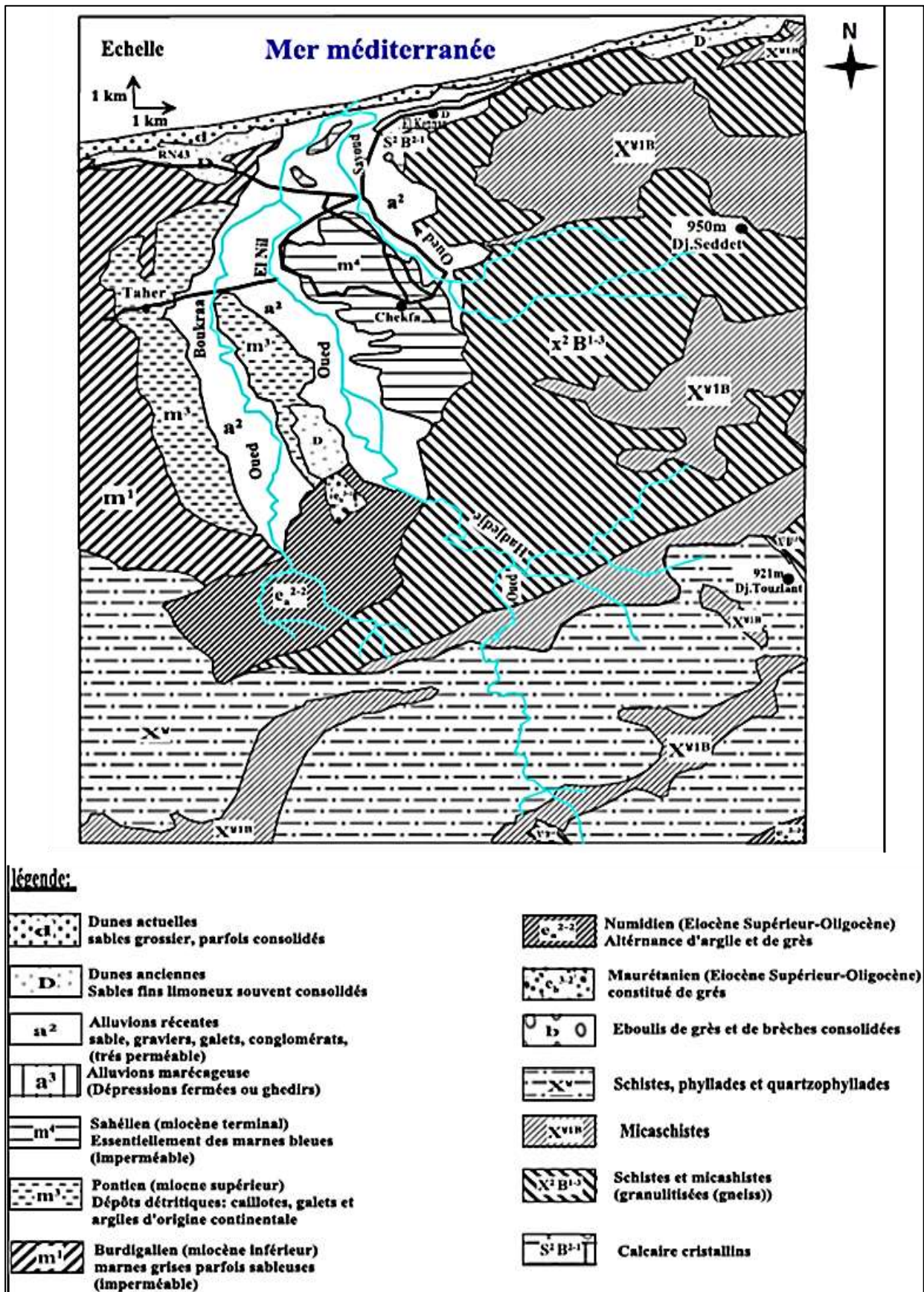


Fig. 6 : Esquisse géologique de bassin versant d'oued Nil (Hammadi et Harendi ,2015)

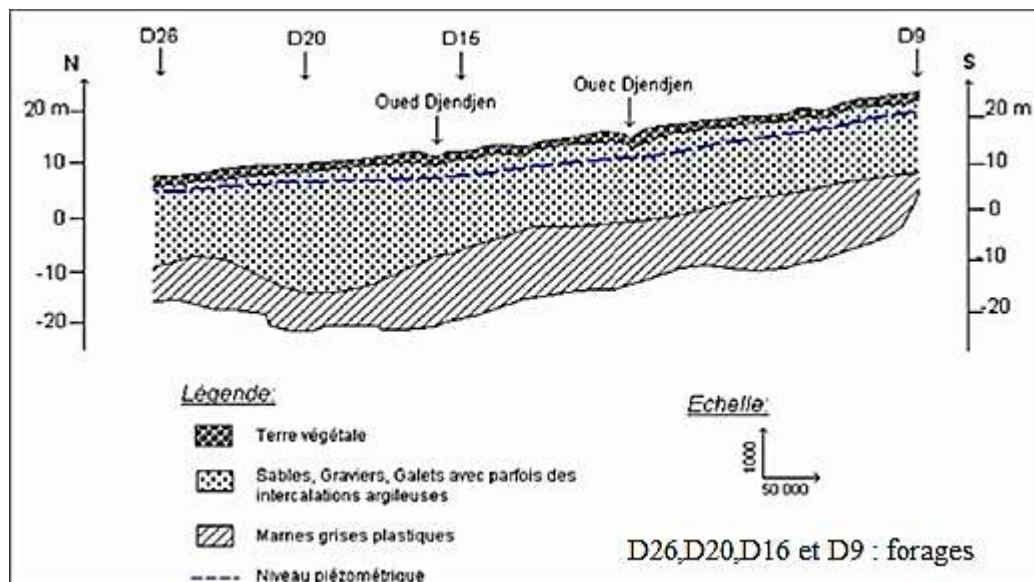
## IV. 2 Cadre hydrogéologique

Les prospections géophysiques menées sur la plaine de l'oued Nil et la partie aval de la plaine de l'oued Djen Djen réalisées par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G) en 1961 et 1971, et la Compagnie de Prospection en Géophysique de France (C.P.G.F) en 1971 ont montré la présence de plusieurs formations.

### ➤ Plaine alluviale d'oued Djen Djen

L'hydrogéologie de la nappe a été élaborée à l'aide des cartes piézométriques et logs stratigraphiques, la figure 7 représente une coupe longitudinale traversant l'aquifère selon une direction N-S qui donne les informations suivantes :

- L'aquifère est constitué de formations alluviales du Quaternaire et du Miocène supérieur (Pontien), représentées essentiellement par des sables, graviers et galets, contenant parfois des intercalations argileuses.
- Son substratum est marneux, d'âge Miocène inférieur (Burdigalien).
- L'épaisseur de l'aquifère dépasse 25 m au niveau du forage D20 (zone centrale).
- Il existe un bombement du substratum au niveau du forage D26 (Nord) où l'épaisseur de la nappe ne dépasse pas 15 m.
- Le niveau piézométrique diminue du Sud au Nord le long de l'oued Djen Djen du 20 à 10 m.



**Fig. 7 :** Coupe hydrogéologique N-S dans la plaine alluviale de Djen Djen (ANRH)

La carte piézométrique de la vallée de l'oued Djen Djen est consignée dans la figure 8, elle représente l'état piézométrique de la nappe au mois de mai 2003. Cette dernière montre :

- Un sens l'écoulement souterrains NW.
- Un gradient hydraulique global compris entre 1.8 et 3%, mais assez faible dans l'axe central.
- Sur la rive gauche, l'écoulement souterrain est dirigé vers oued Djen Djen, qui collecte les eaux et assure leur drainage vers la mer.
- Sur la rive droite, l'espacement des courbes iso pièzes est plus grand avec des gradients assez faibles de l'ordre de 0.45 à 0.80%, et traduisant un écoulement plus lent.

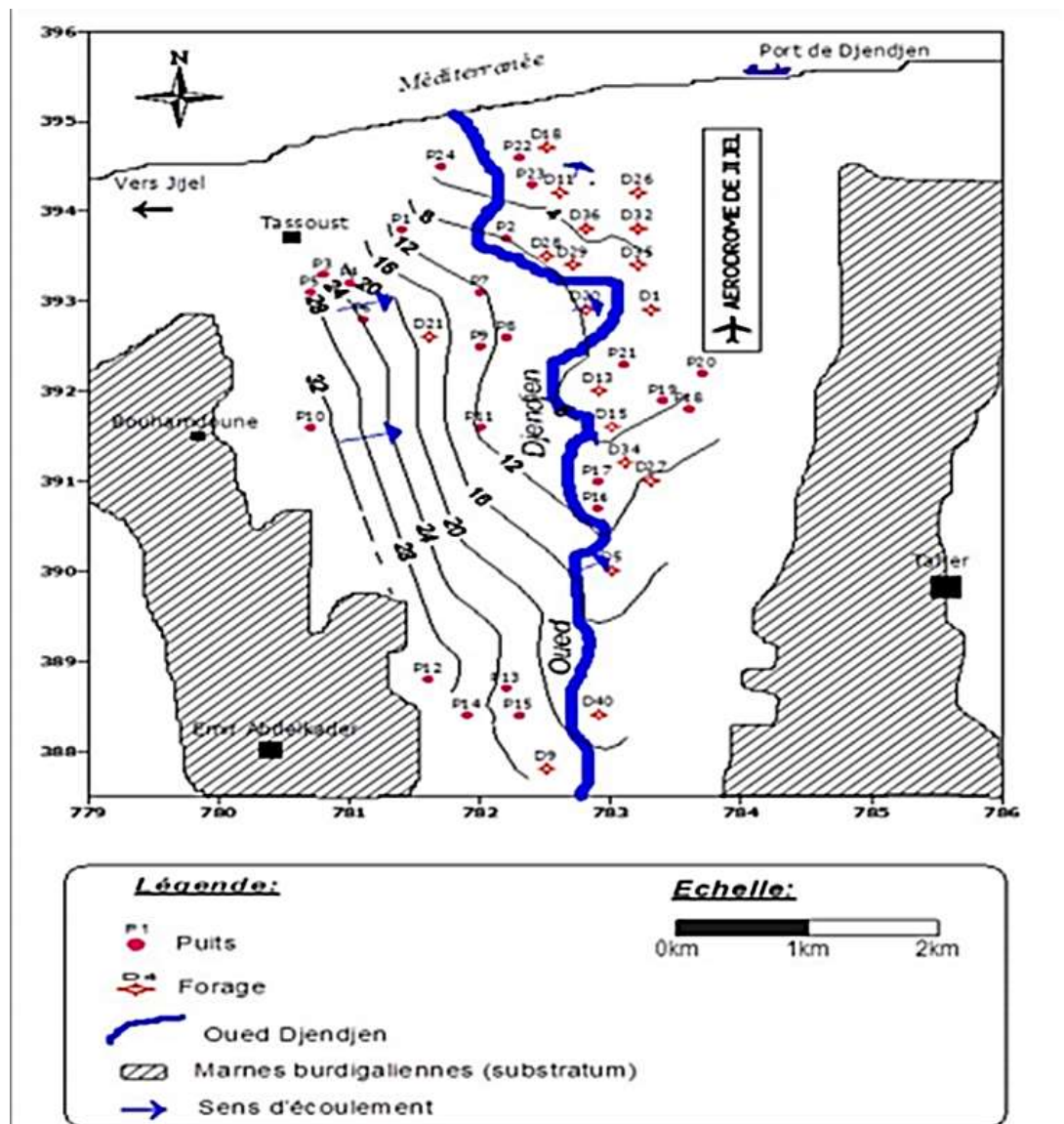


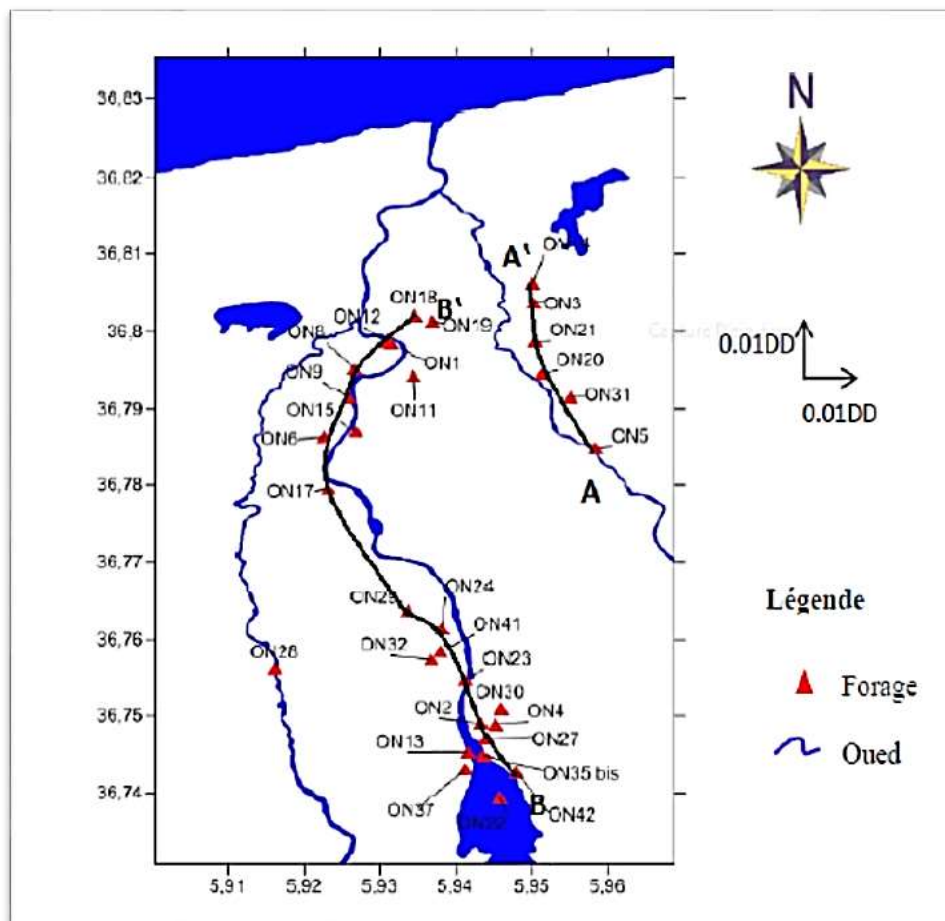
Fig. 8 : Carte piézométrique de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Etablie par A. Boufekane, Mai 2003)

### ➤ Plaine alluviale de l'oued Nil

Deux coupes géologiques ont été réalisées par Maoui et Meddour en 2013 dans la vallée de Nil (fig 9 et 10), La corrélation entre les différents logs litho stratigraphiques fournit les informations au-dessous.

Les formations géologiques ont été classées selon la perméabilité des terrains, donnant trois principales classes :

- Formations perméables, constituées de graviers et de sables.
- Formations semi-perméables, c'est un mélange des formations perméables et imperméables tels que les argiles ou les marnes.
- Formations imperméables, comportent des marnes grises.



*Fig. 9 : Carte de positionnement des coupes géologiques (Maoui et Meddour 2013)*

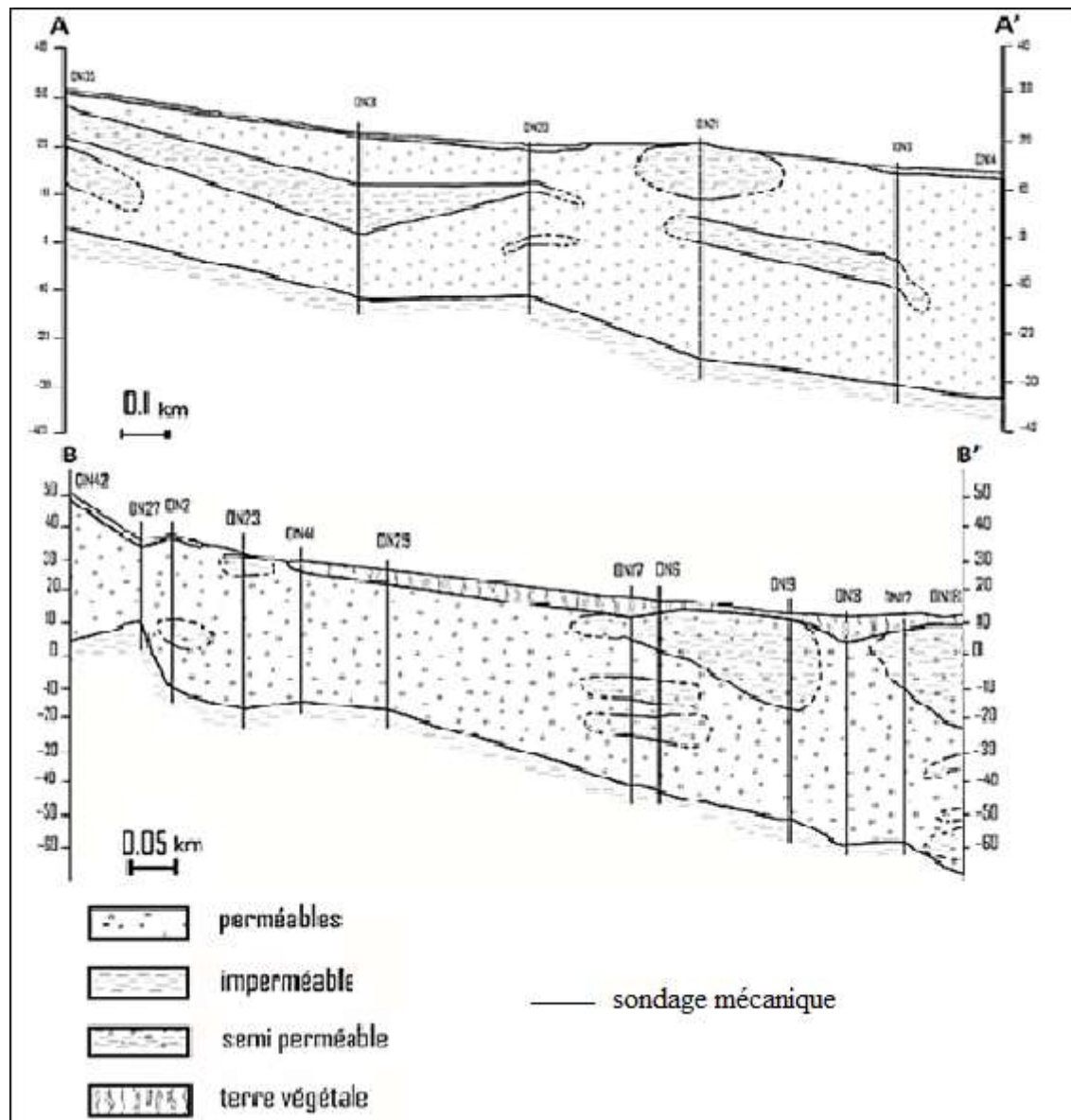


Fig. 10 : Coupe lithologique à partir des logs stratigraphiques (Maoui et Meddour 2013)

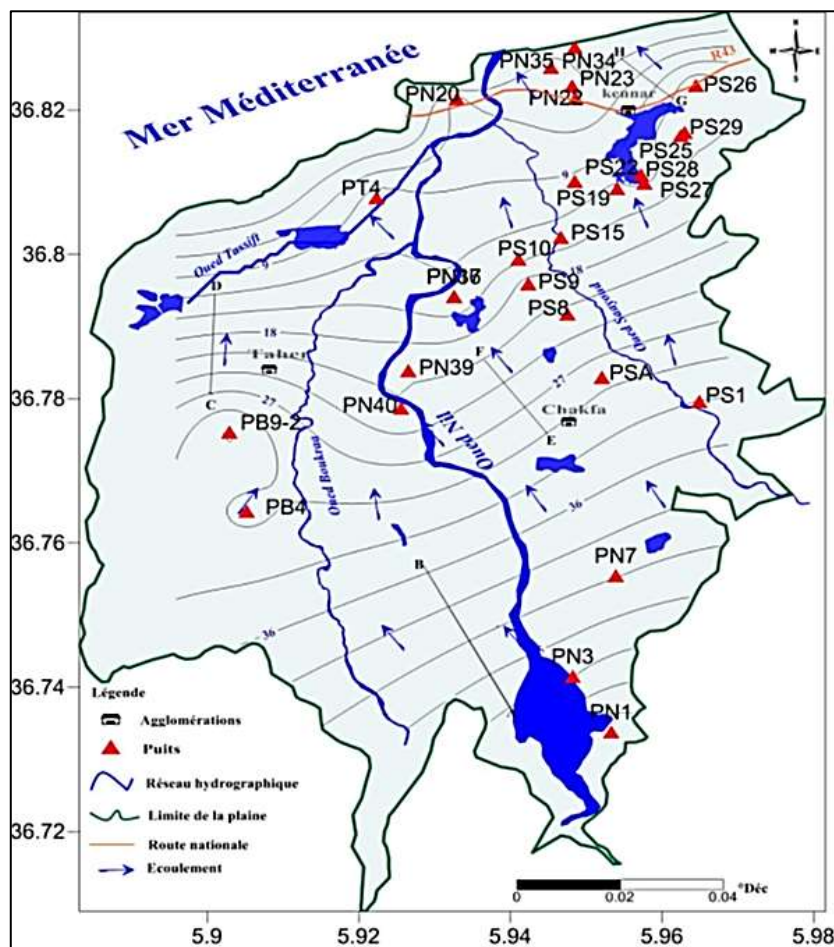
La figure 10 montre que la plaine de l'oued Nil présente une seule nappe avec des passages sous forme de lentilles semi-perméables qui rendent la nappe localement captive. L'aquifère est constitué par les alluvions, les dunes, et accessoirement par les dépôts du Pontien. Les alluvions renferment des lentilles d'argile qui mettent localement la nappe sous pression, de sorte qu'à certains endroits la nappe est captive ou semi-captive. L'ensemble de ces formations repose sur un substratum marneux d'âge Miocène.

La carte piézométrique de la vallée de l'oued Nil est consignée dans la figure 11. Cette dernière montre :

- Le sens d'écoulement principal est de direction Sud-Nord.



- Les courbes iso pièzes sont serrées au niveau des bordures Est de la plaine, à l'approche du marécage d'El Kennar, ce qui traduit un gradient hydraulique fort de l'ordre de 0.93%. Au Nord l'espacement des courbes devient important, ce qui signifie une baisse du gradient. Ce changement dans la vitesse d'écoulement traduit un changement de la perméabilité. Cette dernière assez faible au bordures Est et devienne importante au nord caractérisant ainsi un changement de faciès.
- Dans la zone Ouest à côté de la commune de Taher, les courbes isopièzes sont plus ou moins serrées qui traduit un fort gradient de l'ordre de 0.94 %.
- Alors qu'au niveau des zones Sud et Sud-Ouest, les courbes espacées sur les bordures traduisant un faible gradient de 0.50 %, se resserrent au centre de la plaine à côté de la commune de Chekfa, avec un gradient de l'ordre de 0.61%, avant de s'espacer à nouveau dans la partie Nord-Ouest de la plaine. Cette situation est générée par le changement des perméabilités confirmé par la présence des formations marneuses aux extrémités de la plaine, des alluvions dans la partie centrale au voisinage d'oued El Nil et des sables dunaires dans la zone côtière au Nord.



**Fig. 11 :** Carte piézométrique de la plaine alluviale d'oued Nil (Bouakkaz et Zentout, mai 2019)

## V. 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 ces eaux (article, internet : [http://www.pays-de-la-loire.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ChapitreI\\_epbl\\_cle52455c-1.pdf](http://www.pays-de-la-loire.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ChapitreI_epbl_cle52455c-1.pdf)).

**V.1.Population** : une répartition irrégulière de la population dans les deux vallées. Cela est lié aux conditions de vie. Une population condensée et localisée au niveau de grandes villes à l'instar de Taher, Emir Abd El Kader, Chekfa, Kaous et ELkennar, mais dispersée sous forme de mechtas comme Erraguène, Texanna et Chahna.

Le tableau 1 présente la répartition de la population dans notre zone d'étude corrélée aux superficies de chaque commune. On observe une répartition inéquitable de la population, elles sont localisées au niveau des grandes villes telles que Taher et Emir Abdelkader en premier lieu avec une population de 83 235 et 41 435 hab sur une superficie de 64,88 et 50,52 Km<sup>2</sup>. En second lieu les communes de Chekfa et Kaous avec une population de 28 549 et 28 103 hab sur une superficie de 52,46 et 51,92 Km<sup>2</sup>. Enfin la commune de El Kennar avec une population de 17 041 hab sur une superficie de 56.53 Km<sup>2</sup>. Par contre au niveau des mechtas, on remarque une faible population sur de vastes superficies comme les communes de Chahna, Erraguène et Texanna avec des populations de 9 442 ,2 721 et 16 777 hab sur des superficies de 87,24 ;143,7 et 125,79 Km<sup>2</sup>.

**Tab1** : Répartition de la population de la zone d'étude par commune (Direction de l'Environnement de la Wilaya de Jijel 2012)

communes	Population (hab) au 2012	Superficie (km <sup>2</sup> )
<b>Taher</b>	83.235	64,88
<b>Emir A/Kader</b>	41.435	50,52
<b>Chekfa</b>	28.549	52,46
<b>El Kennar</b>	17.041	56,53
<b>Kaous</b>	28.103	51,92
<b>Chahna</b>	9.442	87,24
<b>Erraguène</b>	2.721	143,7
<b>Texanna</b>	16.777	125,79

**V.2. Industrie :** la wilaya de Jijel possède de réelles potentialités dans le secteur de l'industrie. Il est en train d'enregistrer, récemment, une intense activité économique. La majorité des unités industrielles de la wilaya est concentré dans le périmètre sensible de la plaine Jijel-Taher et El Milia (42%), où le potentiel hydrique superficiel et souterrain est important.

*Tab 2 : Les différentes entreprises dans la région d'étude ( Karaouat et Bourafa, 2016)*

Entreprise	Nature de l'activité	Produit	Cap.de production
<b>COJAK</b> unité conserverie Taher	Industrie conserve alimentaire	Conserve	7000 tonnes
<b>Société</b> (africaverre)	Industrie du verre	Pare-brise V. latérale V. feuilleté V. trempé V. imprimé silicate	39 000 unités 176 000 unités 39 000 m <sup>2</sup> // 15 000 tonnes 14 000 tonnes
<b>Société</b> <b>Briqueterie</b> <b>Taher</b>	El achouat BP 01 Taher – Jijel	Production briques creuses	1000000 unité/an
<b>Sarl SOMOMI</b> Société maghrébine de mécanique et maintenance industrielle	Mécanique de précision et maintenance industrielle	Pièces mécaniques	3000000 pièces
<b>SNC Ayachi Saïd &amp;</b> <b>associée</b>	Fabrication de carrelage granito	Carreau granito	1200 m <sup>2</sup> /j

### V.3. Agriculture

Jijel fait partie de la zone du Sahel et des zones littorales qui, grâce à des conditions climatiques très favorables, sont occupées par les cultures maraîchères et plus particulièrement par la plasticulture. Au niveau de cette zone agroécologique, toutes les cultures maraîchères 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 L,2010).

En se basant sur les données statistiques disponibles au niveau de la direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques de la wilaya de Jijel (tableau 3) et sur la carte d'occupation du sol établie dans notre zone d'étude (figure 12), nous distinguons trois domaines essentiels dans la région d'étude :

- **Domaines forestiers** : occupent une superficie totale de 115 000 ha, il représente 48.43% de la superficie totale de la région. Les forêts productives telles que les Bois et les Chênes lièges, y occupent 57 000 ha, soit environ 49.56 % de la superficie totale du domaine forestier. Quant à la superficie du maquis, elle est estimée à 58000 ha, soit 50.43% de la surface totale de ce domaine.
- **Domaines agricoles** : occupent une superficie totale de 99024 ha, il représente 41.70 % de la superficie totale de la région. Parmi laquelle 43 649 ha de surface agricole utile soit 44.08 % et 6 210 ha des terres irriguées soit 6.27 % réparties entre les cultures sous-serres et plein champ.
- **Terre bâtie** : occupent une superficie totale de 23 444ha, soit 9.87 % de la superficie totale de la région. Terrains urbains présente une superficie de 2 110 ha soit 9 % de ce domaine.

*Tab 3 : Le taux d'occupation du sol dans la zone d'étude (DSA)*

<b>Domaines</b>	<b>Espèces</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Taux (%)</b>
<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

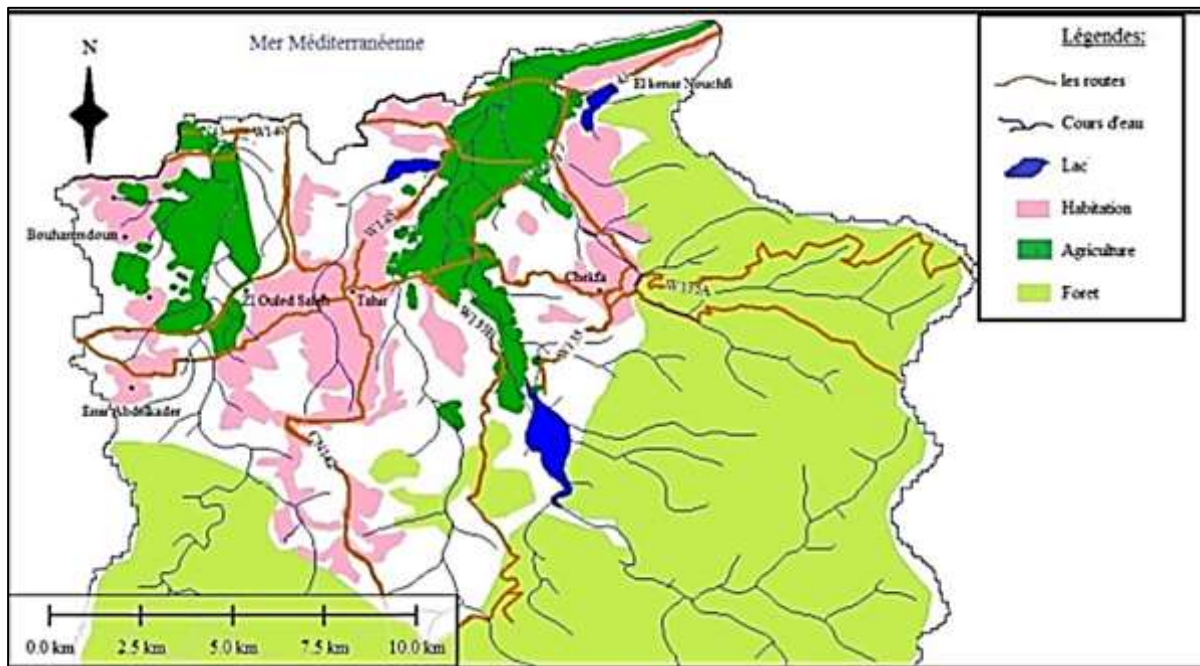


Fig.12 : Carte d'occupation de sol, Benslama et Bouchabtoul, 2020

## VI. Etude climatologique

Les conditions climatiques telle que la pluviométrie, la température de l'air, l'humidité relative de l'air et le vent et d'autres facteurs : morphologie, lithologie et le couvert végétal, jouent un rôle primordial dans le comportement hydrologique des hydro systèmes. Pour cela une étude climatologique effectuée au niveau de notre zone d'étude (BV d'oued Nil et BV d'oued Djen Djen) a pour objectif d'établir le bilan hydrique nécessaire pour le fonctionnement des cours d'eau. Les données climatiques utilisées dans cette étude appartiennent à la station la plus proche de la plaine qui est la station météorologique d'Achouat-Taher.

### VI. 1.Climat de la zone d'étude

La région de Jijel se caractérise par un climat méditerranéen, elle fait partie du littoral marin, pluvieuse et froide en hiver, chaude et humide en été. La présence des hautes montagnes des Babors la caractérise par un volume important de précipitations pendant les saisons pluviales. Elle est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie.

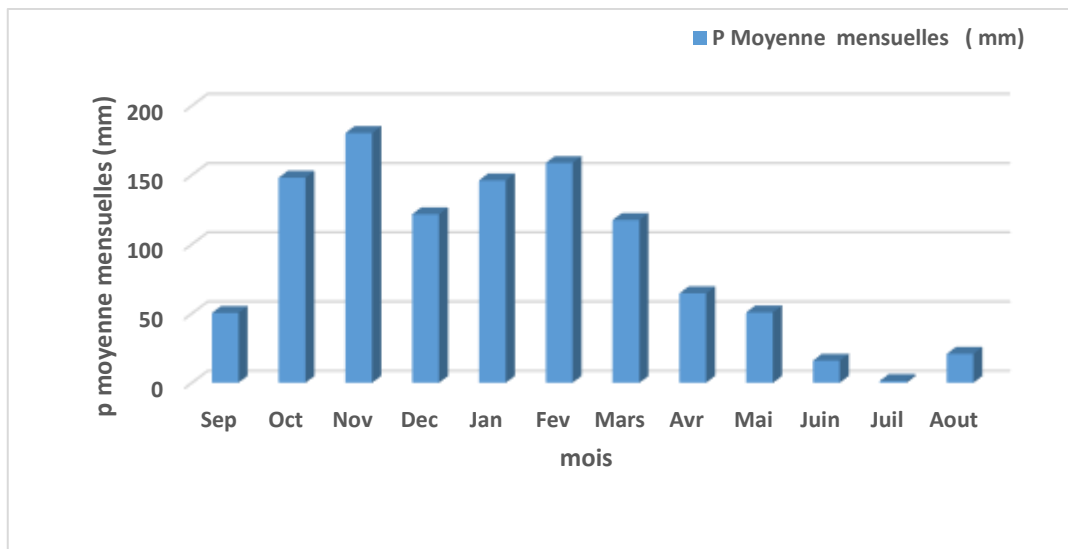
### VI. 2.Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

**VI. 2.1. Précipitations :** La région d'étude est considérée parmi les régions les plus arrosées d'Algérie, caractérisée par une pluviométrie croissante qui varie du Nord vers le Sud. Elle est élevée sur les monts de Texenna avec plus de 1200 mm/an, alors qu'au niveau des plaines les

valeurs le taux baisse à 1000 mm/an (Berkane, 2011). Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la région d'étude représentées dans le tableau 4 :

**Tab 4 :** Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de 2010 – 2019, station de Jijel-Aéroport

Moins	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Total
<b>P Moyennes Mensuelles (mm)</b>	50,4	148,1	180,4	121,7	146,2	158,7	117,6	64,6	50,8	16	1,4	20,9	1076.8



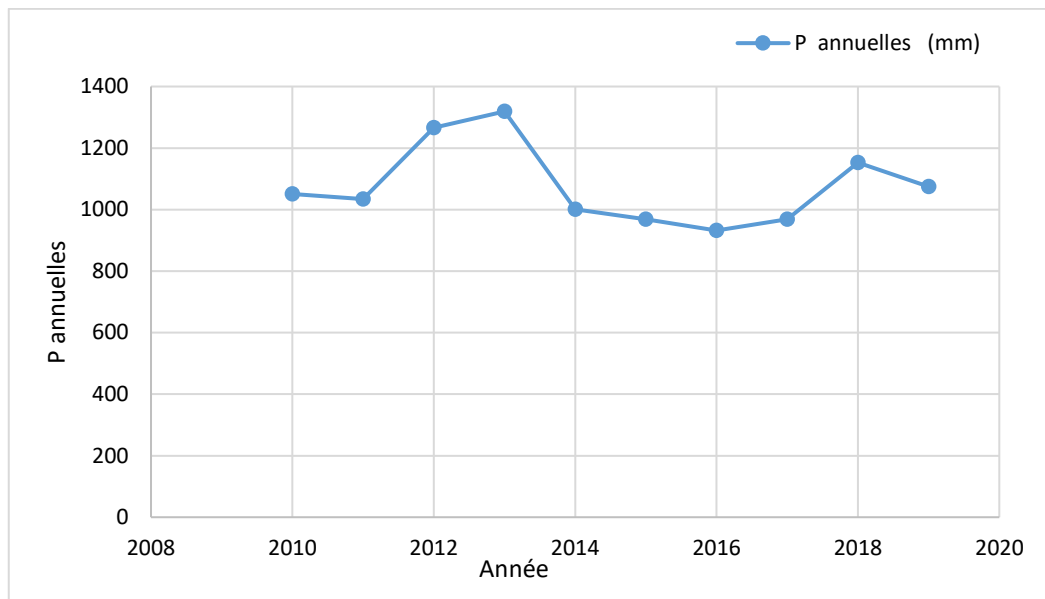
**Fig. 13 :** Variation mensuelle des précipitations de la zone d'étude (2010 – 2019)

La figure 13 présente l'évolution mensuelle des précipitations durant la période de 2010 à 2019. Elle montre que les mois les plus pluvieux de l'année sont les mois de novembre, octobre, janvier et février, ce qui produira une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimiques. Par contre, les mois les plus secs sont juillet, aout et juin, Ce qui produira une intense évaporation et par conséquent l'augmentation de la concentration de certains éléments chimiques dans l'eau comme les sels dissous.

La valeur maximale de précipitations est de l'ordre de 180,4 mm observée pendant le mois de novembre alors que la valeur minimale est de 1,4 mm observé pendant le mois de juillet.

**Tab 5 :** Valeurs annuelles des précipitations (mm) de 2010 – 2019

Années	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>P annuelles (mm)</b>	1051	1034	1266	1319	1001	969	932	968	1153	1075



**Fig.14 :** Variation annuelle des précipitations de la zone d'étude (2010 – 2019)

La figure 14 présente la variation annuelle des précipitations durant la période d'étude, on dénote des précipitations variant entre 932 et 1319 mm, L'année la plus pluvieuse est celle de 2013 avec un pic de 1319 mm par contre l'année 2016 représente l'année la moins pluvieuse en dessous de la moyenne calculée à 1076.8 mm.

## VI. 2.2. 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 6 résume les températures moyennes mensuelles durant la période allant de 2010 à 2019, mesurées à la station d'Achouat.

**Tab 6 :** Valeurs moyennes mensuelles des températures (2010 à 2019)

Moins	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Moyenne
<b>T moyennes Mensuelles C°</b>	24.22	21.23	16.44	13.16	12	11.98	14.25	16.47	18.87	22.93	26.18	26.49	18.69

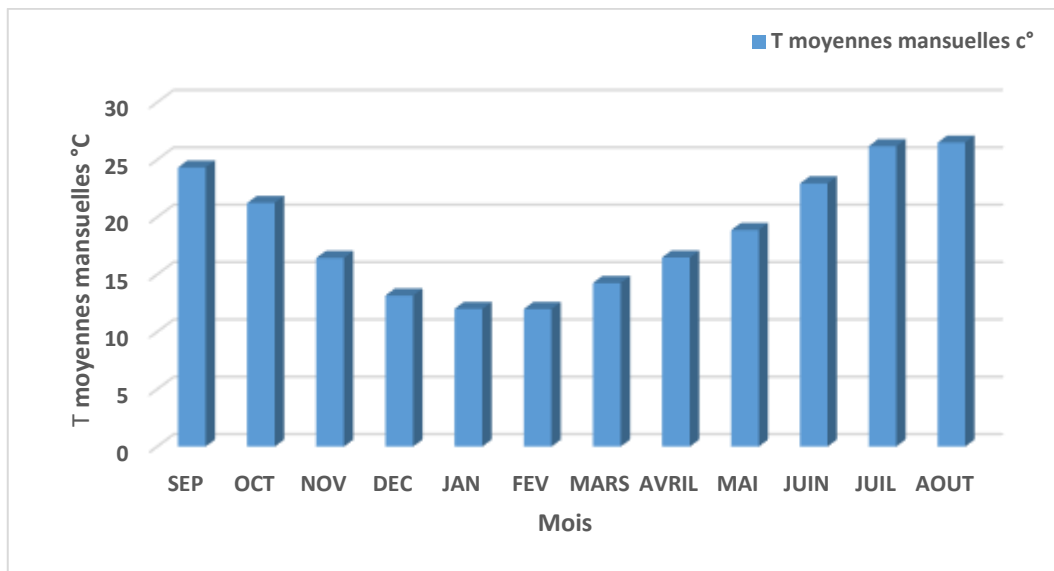


Fig.15 : Variation mensuelle des températures de la zone d'étude (2010 – 2019)

Les données observées pendant une période de 9 ans à la station d'Achouat-Taher (Fig.15) et (tab 6), font ressortir que les températures moyennes mensuelles enregistrent un maximum au mois d'Aout de 26,49°C et un minimum pendant le mois de Février de l'ordre de 11,98°C.

Tab 7 : Valeurs annuelles des températures (C°) de 2010 – 2019

Années	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
T annuelles C°	18,34	18,75	18,62	18,17	19,23	18,95	19,1	18,83	18,53	18,4

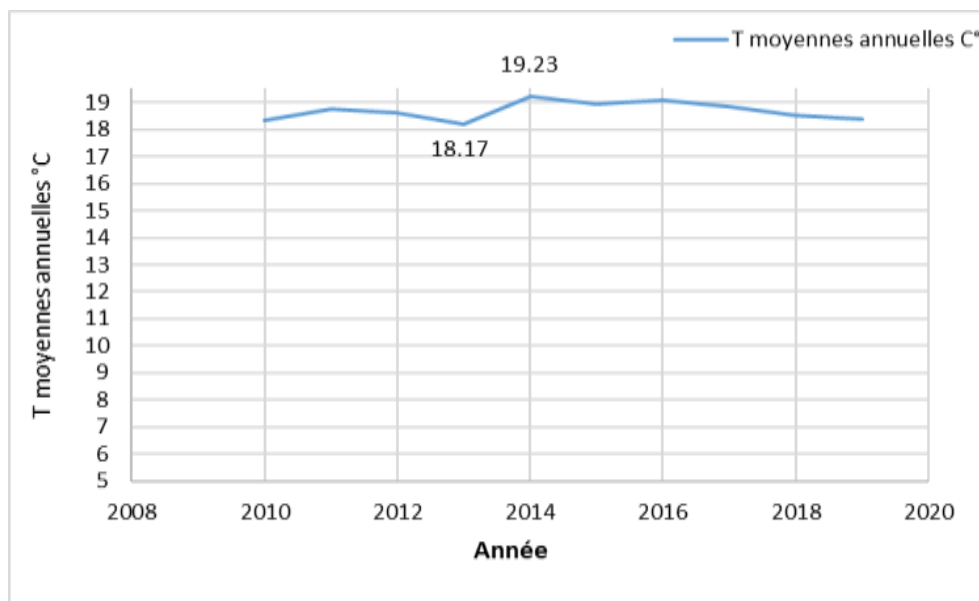


Fig.16 : Variation annuelle des températures de la zone d'étude (2010 – 2019)



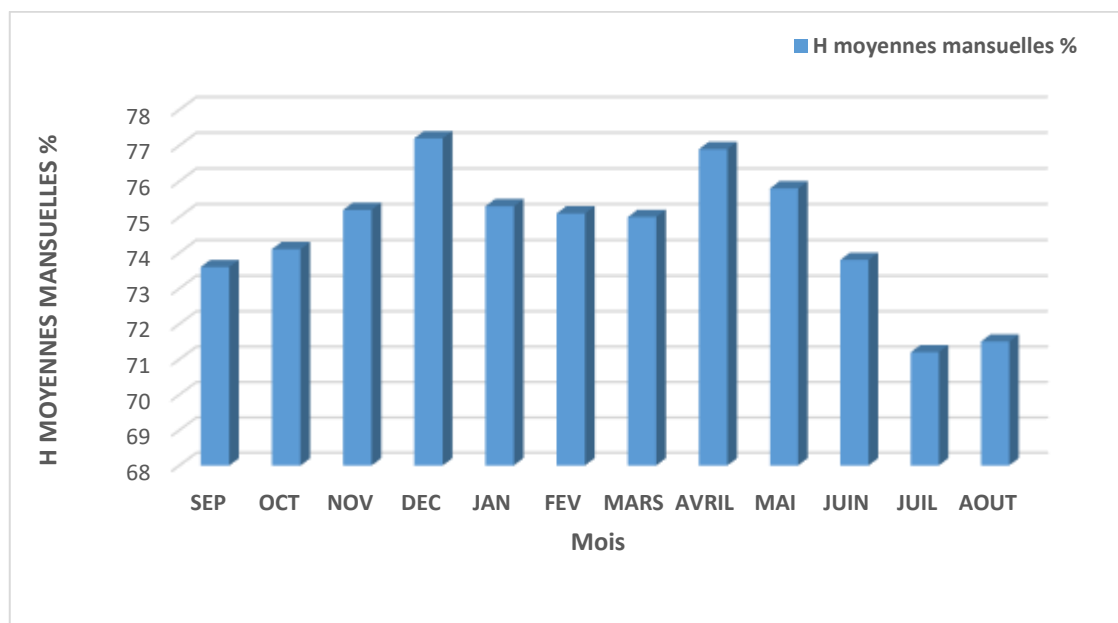
Les données de variation des températures annuelles (tab.7, fig.16) pour la Période considérée (2010-2019), montre une certaine stabilité, avec un intervalle de variation qui s'étale en général entre 0,5 à 1C°. On dénote que l'année la plus froide est celle de 2013 avec une moyenne de 18,17C°, et la plus chaude est celle de 2014 où la moyenne est de 19,23C° et cela affectera le taux de recharge des nappes alluviales de la région d'étude, combiné aux totaux des précipitations annuelles.

## VI. 2.3. L'Humidité relative

Joue un rôle très important dans le cycle hydrologique, car non seulement elle indique l'état plus ou moins proche de la condensation de l'atmosphère mais elle contrôle le taux d'évaporation du sol et du couvert végétal. Les valeurs obtenues de l'humidité relative sont présentées dans le (tab 8) et la (fig. 17).

**Tab 8 :** Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative (%) de 2010 – 2019

Moins	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Moyenne
<b>H moyennes Mensuelles %</b>	73,6	74,1	75,2	77,2	75,3	75,1	75	76,9	75,8	73,8	71,2	71,5	74.56



**Fig.17 :** Variation mensuelle d'humidité de la zone d'étude (2010 – 2019)

La région d'étude est caractérisée par une humidité élevée durant toute l'année, on remarque une humidité homogène avec des moyennes mensuelles varient entre 71.2 et 77.2%.

Tab 9 : Variation annuelle d'humidité relative de la zone d'étude (2010 – 2019)

Années	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>H moyennes Annuelles %</b>	75,75	76,67	75,33	76	72,75	74,83	74	71,92	75,58	72,75

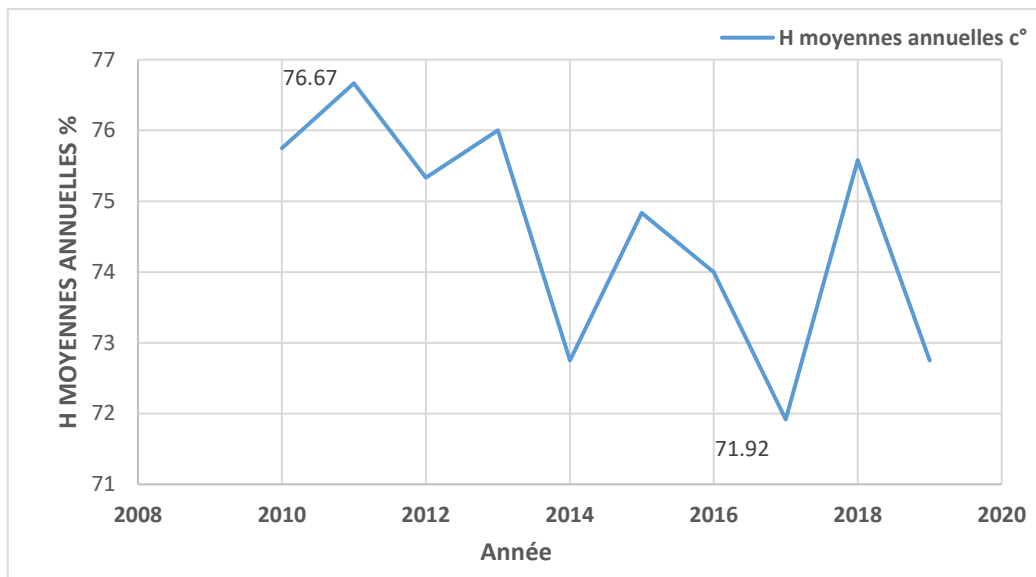


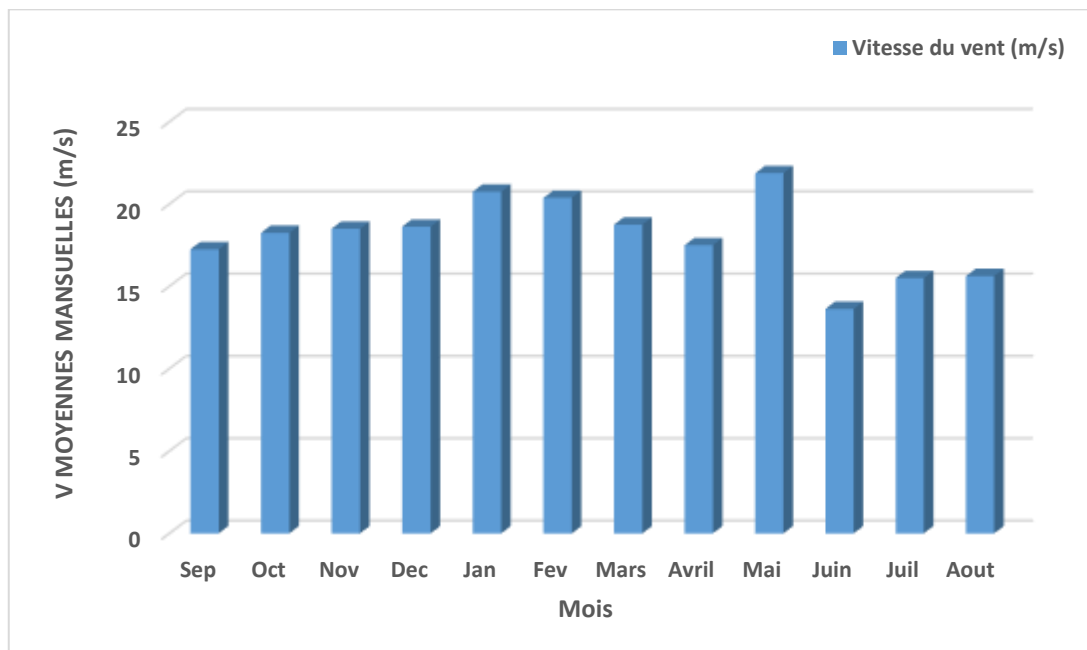
Fig. 18 : Variation annuelle d'humidité de la zone d'étude (2010 – 2019)

Les données des variations d'humidité moyennes annuelles (tab.9) et (fig.18) montre que la hauteur annuelle d'humidité varie de 76,67 % pour l'année 2011 à 71,92 % pour l'année 2017.

**VI. 2.4. Vent :** Considéré comme un facteur climatique très important avec ses deux caractéristiques (direction et force), la wilaya de Jijel est caractérisée par des vents faibles à modérés de direction variant entre 2 et 36 degrés. Le Tableau 10 représente les valeurs mensuelles des vitesses du vent m/s.

Tab 10 : Vitesses moyens mensuelles du vent (m/s) (2010-2013) et (2016-2019)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Vitesse M(m/s) (2010-2013)	18	18	18	16,75	18,75	20	17,5	18,5	20,25	14,5	17	16
Vitesse M (m/s) (2016-2019)	16,5	18,5	19	20,5	22,75	20,75	20	16,5	23,5	12,75	14	15,25
Vitesse M Mensuelle (m/s)	17,25	18,25	18,5	18,62	20,75	20,37	18,75	17,5	21,87	13,62	15,5	15,62



*Fig.19 : Variation mensuelles de la vitesse du vent de la zone d'étude  
(2010-2013) et (2016-2019)*

Les valeurs des vents mensuels mesurées montrent une valeur maximale enregistrée au mois de mai avec 21.87 m/s et une valeur minimale dans le mois de juin de l'ordre de 13.62 m/s.

### **VI. 3. Régime climatique**

Le diagramme ombro-thermique de Gausson 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.

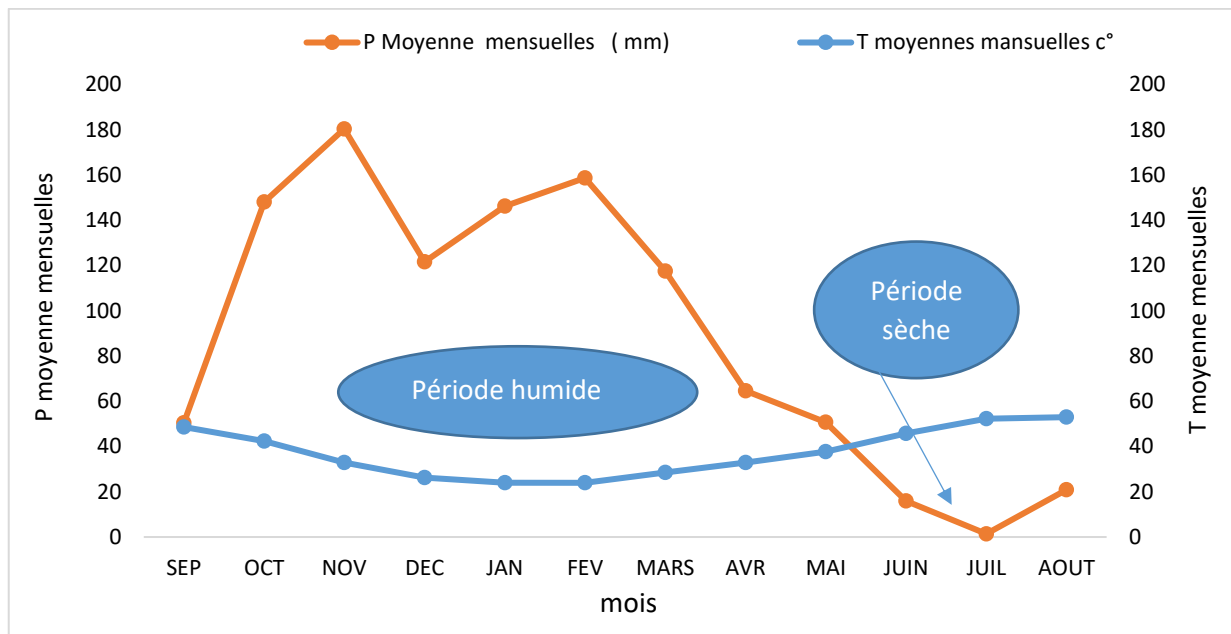


Fig. 20 : Diagramme Ombro-thermique à la station d'Achouat - Taher (2010-2019)

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.

#### VI. 4. 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.

##### VI. 4.1. 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).

**ETPc** : Evapotranspiration potentielle mensuelle corrigé (mm) avec  $ETPc = ETP * K$

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

**I** : Somme des indices thermiques  $i$  :  $I = \sum i$  où  $i = (T/5)^{1,514}$

$$I = 90.93$$

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

$$a = 1.95$$

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

**Tab 11** : Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles et annuelles calculées par la méthode de Thornthwaite à la station d'Achouât-Taher (2010-2019)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	juin	juil.	Aout	Total
<b>T</b>	24.22	21.23	16.44	13.16	12	11.98	14.25	16.47	18.87	22.93	26.18	26.49	-
<b>I</b>	10.90	8.93	6.06	4.33	3.76	3.75	4.88	6.08	7.47	10.03	12.26	12.48	90.93
<b>ETP</b>	108.09	83.60	50.77	32.9	27.48	27.39	38.42	50.95	66.43	97.15	125.80	128.72	837.7
<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 corrigé</b>	111.33	81.09	43.66	27.64	23.91	23.28	39.57	56.04	80.38	118.52	155.99	149.31	910.72

## VI. 4.2 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 le RFU maximum égal à 100mm.

Tab 12 : Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station d'Achouat - Taher (2010-2019)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Total
<b>P.M (Mm)</b>	50.4	148.1	180.4	121.7	146.2	158.7	117.6	64.6	50.8	16	1.4	20.9	1076.8
<b>ETP c</b>	111.33	81.09	43.66	27.64	23.91	23.28	39.57	56.04	80.7	118.52	155.99	149.31	910.72
<b>ETR(mm)</b>	50.4	81.09	43.66	27.64	23.91	23.28	39.57	56.04	80.7	86.1	1.4	20.9	434.69
<b>RFU</b>	0	67.01	100	100	100	100	100	100	70.42	0	0	0	-
<b>Excédent</b>	0	0	104.44	94.06	122.29	135.42	78.03	8.56	0	0	0	0	542.8
<b>Déficit agricole</b>	60.93	0	0	0	0	0	0	0	0	32.9	154.59	128.41	376.83

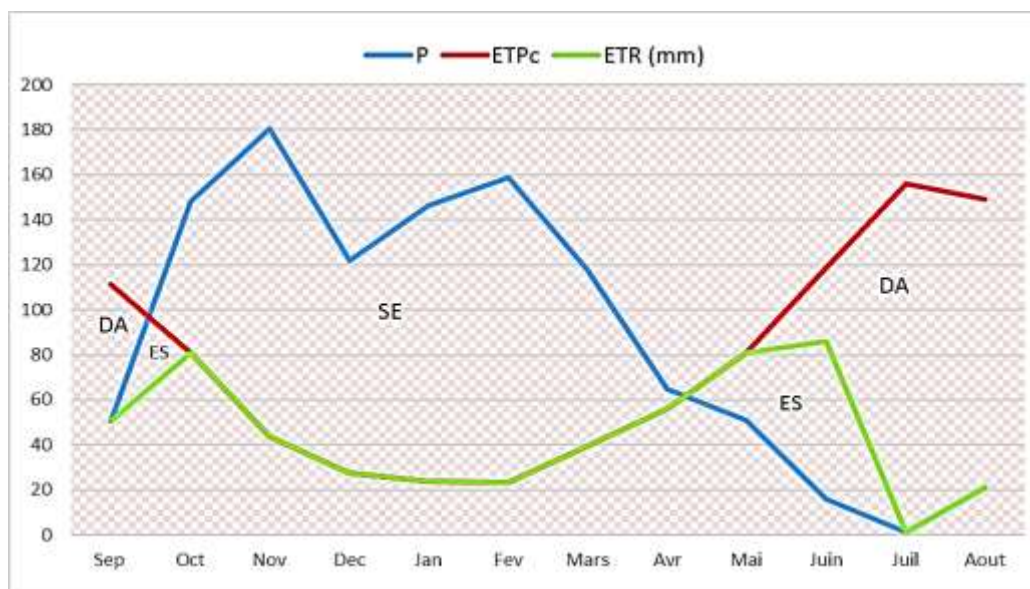


Fig. 21 : Evolution mensuelle du bilan hydrique selon Thornthwaite

ES : Epuisement du stock

SE : Surplus d'eau

DA : Déficit Agricole

La figure 17 montre la variation mensuelle du bilan hydrique selon Thornthwaite sur une période de 9 ans (2010 – 2019). On observe l'existence de deux périodes successives :

- La première période s'étalant de la fin septembre jusqu'au mois d'avril, est caractérisée par une forte pluviométrie atteignant une hauteur maximale de 180.4 mm au mois de novembre, et une faible évapotranspiration de 81.09 mm en octobre. Ce qui produit une recharge de la nappe, Lorsque cette dernière dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration vers la nappe, soit sous forme de ruissellement.

La moitié de la quantité du surplus s'écoule dans le réseau hydrographique et l'autre moitié alimente l'écoulement souterrain durant le mois considéré. La RFU commence à se reconstituer à partir du mois d'octobre pour atteindre son maximum de 100 mm en novembre. Un excédent sous forme de ruissellement atteint son maximum au mois de Février avec 135,42mm.

- La deuxième période s'étendant d'Avril jusqu'au mois de juillet est caractérisée par une forte évapotranspiration qui atteint sa valeur maximale en juillet avec 155.99 mm, ce qui produit un déficit agricole de l'ordre de 154.59 mm.

**VI. 4.3. 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).

**VI. 4.4. 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 13 :** Variation de ruissellement et l'infiltration dans la période (2010 à 2019)

Paramètre	P	ETR	R	I
Quantité mm	1076.8	434.69	416.18	225.13
Pourcentage	100%	40.36%	38.65%	20.90%

- Pendant la période des crues, le sol se retrouve saturé en eau, ce qui engendre un effet d'excédent d'eau en surface. Cet excédent alimente les eaux de surface et appelé ruissellement. Ce dernier est estimé à 416.18 mm, soit 38.65%
- On constate que seulement une modeste quantité d'eau soit 20.90% des précipitations annuelles tombées sur le bassin versant s'infiltré dans le sol, alors que l'autre partie est partagée entre le ruissellement avec 38.65% et l'évapotranspiration avec 40.36%.
- 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 les bassins versant étudiés.

## VII.Chimie des eaux

### ➤ Nappe d'oued Nil

Les eaux de l'Oued Nil sont peu chargées car la minéralisation est de l'ordre de 390 mg/l Néanmoins dans la partie aval, à la confluence des Oueds Nil et BouKaraa, l'eau à un taux élevé en ions ferreux, qui donne à l'eau une couleur rouille.

L'étude hydrochimique des eaux de la plaine alluviale d'Oued Nil montre que la répartition spatiale des éléments chimiques est fortement liée à la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques. (Bouali, Namous, 2015)

### ➤ Nappe d'oued Djen Djen

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) Les valeurs de conductivité qui varient au minimum de 414 de 1739  $\mu\text{s/cm}$ .



Les principales caractéristiques climatologiques, géomorphologiques, hydrographiques, géologiques et hydrogéologiques des deux vallées côtières de l'est de Jijel, ont été étudiées. La zone d'étude caractérisée par un climat de type méditerranéen avec un hiver doux, un été sec et une pluviométrie moyenne mensuelle de 1076.8 mm. Géo morphologiquement les deux plaines possèdent une topographie sub-plane avec des pentes faibles de l'ordre de 15 à 30% d'altitude pour la plaine d'Oued Nil et 20% pour la plaine d'Oued Djen Djen. Elles sont caractérisées par un Réseau hydrographique dense surtout dans la période hivernale. Un ruissellement correspond à une lame d'eau de 416.18 mm, soit environ 38.65% de l'eau précipitée. L'eau infiltrée correspond à une lame d'eau de 227.15mm, soit 20.90%. Les études géologiques et hydrogéologiques ont mis en évidence les formations susceptibles de former un bon aquifère. Les recouvrements alluviaux, de miocène et quaternaire, apparaissent comme étant les meilleures formations aquifères et constituent le réservoir principal.

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

#### VIII. 1. Différentes zones Agro écologiques en Algérie (Selon FAO)

La polyculture ou activités agricoles diversifiées, est concentrée dans la zone nord du pays. Les cultures dominantes sont les cultures annuelles et particulièrement les grandes cultures (céréales, fourrages, légumineuses alimentaires et pomme de terre). Les grands ensembles écologiques naturellement délimités orientent les activités agricoles et les systèmes de production pratiqués : (Article FAO, Rome, 2005)

La zone pluvieuse du nord reste le pourvoyeur de produits agricoles diversifiés : céréales, légumes et fruits ainsi que ceux de l'élevage semi intensif

La zone intermédiaire sert de parc à ovins de par ses espaces étendus de parcours (steppe et pâturages extensifs).

Le troisième ensemble écologique improductif représente le désert saharien où les seules activités agricoles reposent sur l'agriculture oasienne et l'exploitation du palmier dattier.

Le Sahel et les zones littorales, grâce à des conditions climatiques très favorables sont occupés par les cultures maraîchères et plus particulièrement par la plasticulture. Dans la région de Jijel, toutes les cultures maraîchères 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.

**VIII. 2. Les intrants chimiques**

**VIII. 2.1 Engrais :** On entend par engrais tous les composés minéraux et organiques qu'on ajoute au sol et qui sont destinés à être acheminés directement ou indirectement vers les plantes alimentaires (Bliefert et Perraud, 1997). Les engrais tout produit contenant au moins 05% ou plus de l'un ou plus des trois principaux éléments nutritifs des plantes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), fabriqué ou d'origine naturelle. Les engrais issus de fabrication industrielle sont appelés les engrais minéraux (Anonyme, 2003). Toute matière fertilisante organique ou minérale incorporé au sol pour en accroître ou en maintenir la fertilité, apportant notamment aux végétaux les éléments qui leur sont directement utile (Mazoyer, 2002).

**VIII. 2.1.1 Les types d'engrais :** On peut classer les engrais en 3 grandes catégories :

**a) Engrais minéraux ou chimiques :** Les engrais minéraux sont formés de substances d'origine minérale. Certains, sont produits par l'exploitation de gisements naturels notamment de roches broyées comme la poussière de lave. Cependant la plupart des engrais minéraux sont fabriqués par l'industrie chimique. Ceux-ci prennent donc le nom d'engrais chimiques.

Selon la contenance en éléments nutritifs primaires : azote (N), phosphore (P) et potassium (K), ces engrais sont simples en possédant uniquement un seul de ces éléments. Ils peuvent alors être azotés, phosphatés ou potassiques. (W.H. PERRON , 2018)

**b) Engrais organiques :** Les engrais organiques, sont d'origine animale ou végétale (pouvant pourtant être synthétisés comme l'urée). Ils ont pour la plupart, la propriété de favoriser la multiplication rapide de la microflore du sol ainsi que d'avoir une décomposition lente du fait de leur structure en grosses molécules. Ceux-ci peuvent être des :

- Déchets organiques divers pouvant provenir de déchets industriels.
- Plantes et déchets de plantes. (W.H. PERRON , 2018).

**c) Engrais organo-minéraux :** Les engrais organo-minéraux, sont composés de matières minérales ainsi que d'un minimum de 25% de substances organiques d'origine animale ou végétale. Ceux-ci forment donc un mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques et agissent de manière douce et soutenue sur les plantes. (W.H. PERRON , 2018). L'engrais le plus abondant c'est le NPK.

➤ **L'engrais N.P.K :** représente une formule classique de fertilisant qui correspond à l'abréviation des éléments chimiques qui les composent, à savoir azote, phosphore, potassium. Ils font partie des éléments dits majeurs (dont la plante a besoin en grande quantité) et sont les éléments les plus susceptibles de manquer dans un sol.

- **L'azote (N)** : L'azote a de nombreuses fonctions pour la plante c'est pourquoi il est particulièrement important. Il est principalement responsable de la croissance des plantes tout comme de leur régénération. S'il manque d'azote, les plantes ne poussent suffisamment et les fruits éventuels ont un faible rendement. Un excédent a lui de nombreux inconvénients : il conduit à une formation de fleurs et de fruits ralenti, le tissu végétal est très mou et donc moins stable et des maladies et des parasites apparaissent ce qui diminue les rendements. (Growland, 2015).
- **Le phosphore (P)** : Il favorise le développement des feuilles. Il agit sur la maturation des fruits, mais pas sur leur qualité gustative. En cas de carence, les feuilles âgées sont vertes foncées, rabougries, prenant une teinte bronzée sur l'ensemble de la feuille (Ctifl, 1982).
- **Le potassium (K)** : Cette substance assure l'absorption de l'eau et ainsi un régime d'eau adapté pour la plante. Un tissu fort et une haute capacité de charge ainsi qu'une haute résistance y sont associés. Il renforce en même temps la résistance contre les maladies.

Comme toutes les plantes n'ont pas le même besoin en substances nutritives, il existe des engrais NPK de différentes compositions. Ce dont la plante a le plus besoin est présent en plus grande quantité c'est-à-dire dans une concentration plus importante. Les différentes compositions sont montrées par des colonnes de chiffres sur le produit, c'est ce que l'on appelle la valeur NPK.

La plante absorbe 89% des nutriments nécessaires à sa croissance, mais les 11% restants n'atteignent pas la plante et ont des effets destructeurs sur le biotope (Fanny Ria, Léa Mesté, Maxime Dizier, 2016). Les éléments qui ne sont pas absorbés sont néfastes à tout l'écosystème entourant la plante, réduisant la quantité de micro-organismes dans le sol, qui sont essentiels à la croissance de la plante. Cette destruction entraîne alors une dépendance aux engrais : plus le sol est pauvre en matière organique, plus les cultures ont besoin d'apports externes.

Couplé à un mauvais drainage, l'emploi intensif d'engrais risque la salinisation des zones trop arrosées, provoquant ainsi la stérilisation des sols et leur désertification. Les nappes phréatiques sont les principales réserves d'eau que nous consommons. Elles sont alimentées par l'eau de pluie qui s'infiltré dans le sol. L'eau de pluie emporte avec elle des particules de terre de sels minéraux, d'engrais ou de produits chimiques répandus sur le sol. Ainsi lorsque les terres agricoles sont saturées en engrais, l'eau emporte donc les NPK, qui polluent donc ces réserves en eau, la rendant impropre à la consommation. Les fleuves et rivières, étant alimentés par les nappes phréatiques, peuvent aussi être pollués. Les nitrates et les phosphates provoquent la prolifération des végétaux aquatiques. Lorsque ceux-ci meurent, leur décomposition consomme le dioxygène contenu dans l'eau, entraînant la mort de la plupart des animaux : c'est le phénomène

d'eutrophisation. Cette pollution touche au final plusieurs écosystèmes : les mers, les océans, les fleuves, les forêts. (Fanny Ria, Léa Mesté, Maxime Dizier, 2016).

### VIII. 2.2 Pesticides (produits phytosanitaires)

Un pesticide est une substance sensée prévenir, détruire, repousser ou contrôler :

- Tout ravageur animal
- Toute maladie causée par des microorganismes
- Les mauvaises herbes.

Selon la définition de la FAO, un pesticide est une substance utilisée pour neutraliser ou détruire un ravageur, un vecteur de maladie humaine ou animale, une espèce végétale ou animale nocive ou gênante au cours de la production ou de l'entreposage de produits agricoles.

#### VIII. 2.2.1 Classement des pesticides : les pesticides sont classés par grandes familles selon un double classement :

- a. Classement par cible :** Les pesticides sont le plus souvent classés en fonction du ravageur visé (insecticides (Insectes), acaricides (acariens), aphicides (pucerons), ovicides (oeufs), larvicides (larves), herbicides (plantes indésirables), fongicides (champignons), molluscicides (mollusques), hélicides (escargots), rodenticides (rongeurs), taupicides (taupes), corvicides (oiseaux), termicides (termites), et les produits répulsifs (Rousseau et al, 2007).
- b. Classement par groupe chimique :** Il s'agit d'un classement technique à partir de la molécule principale utilisée. On peut ainsi parler de pesticides organochlorés, de pesticides organophosphorés, de carbamates, de pyréthrinoides ou encore de triazines. Parler de pesticides organochlorés ou organophosphorés permet de regrouper sous un même vocable des substances aux comportements et propriétés similaires (Garcia et al., 2012).
- c. Classement par mode d'action :** Un dernier type de classement des pesticides peut être opéré à partir du mode d'action du pesticide considéré sur l'organisme indésirable visé. Les modes d'action des pesticides sont ainsi très variés et évoluent au gré des innovations de l'industrie phytosanitaire (Bonney, 2013). Le classement par mode d'action des pesticides en herbicides, fongicides et insecticides, détaillés dans le tableau 14. Ils représentent les principales familles de pesticides utilisées en agriculture fruitières et légumières.

Tab 14 : Classement des pesticides par mode d'action (Bonnefoy, 2013)

<b>Herbicides</b>	
<b>De contact</b>	Agit sur les parties de la plante avec lesquelles il entre en contact.
<b>Systémique</b>	Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci.
<b>Sélectif</b>	Ne contrôle que certaines plantes traitées.
<b>Non sélectif</b>	Contrôle toutes les plantes traitées.
<b>Résiduaire</b>	Se dégradent lentement et contrôle les plantes sur une longue période.
<b>Non résiduaire</b>	Est rapidement inactif après son application et ne contrôle les plantes que sur une courte période.
<b>Fongicides</b>	
<b>Préventif</b>	Protège la plante en empêchant que la maladie ne se développe.
<b>Curatif</b>	Réprime une maladie qui est déjà développée.
<b>Insecticides</b>	
<b>De contact</b>	Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit.
<b>D'inhalation</b>	Agit lorsque l'insecte respire le produit.
<b>D'ingestion</b>	Agit lorsque l'insecte se nourrit du produit.

**VIII. 2.2.2 Effets sur l'environnement :** dans 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

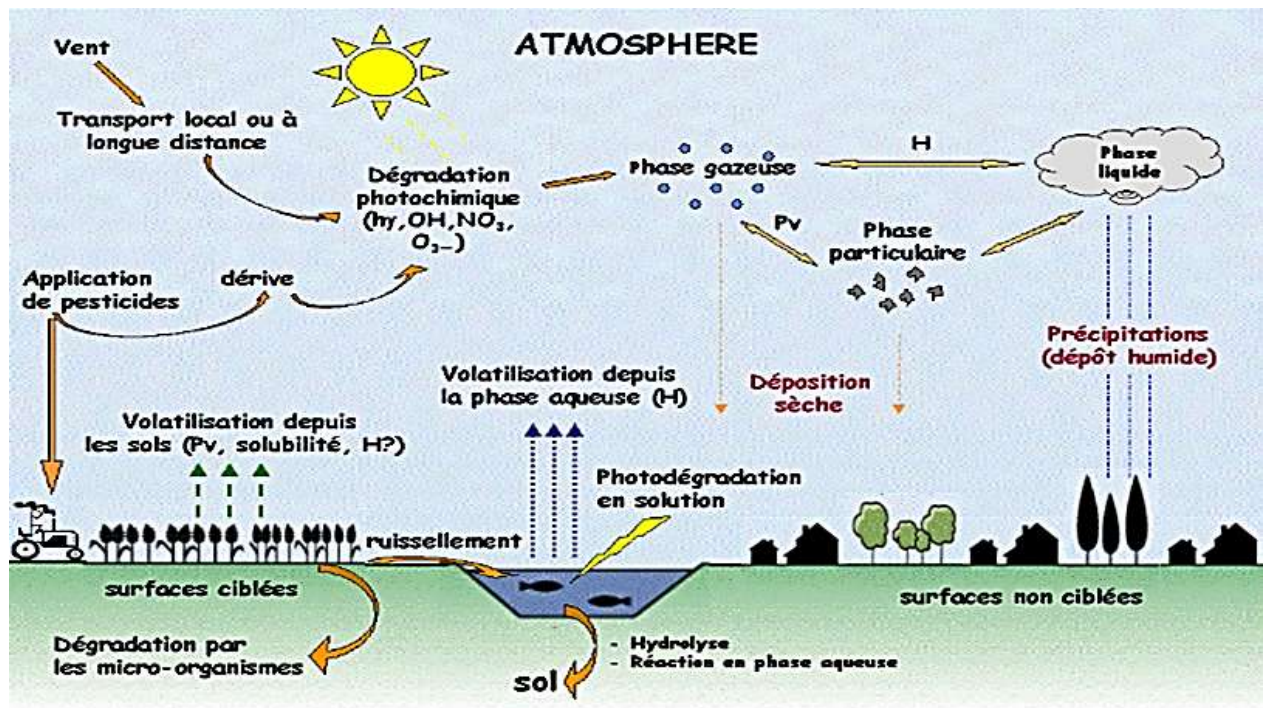


Fig. 22 : Devenir des pesticides dans l'environnement (Memoire Online - Etude sur les pesticides - Awatef Berrah, 2011)

- a) **Contamination du sol** : Le sol est un matériau à la fois minéral et organique. La partie minérale représente la fraction la plus importante : - Minéraux primaires : Issus de l'altération du substrat géologique sous l'action conjuguée de la température, de l'air et de l'eau. - Minéraux secondaires : produit d'altération comme les argiles, les oxydes et les hydroxydes. Le sol joue un rôle fondamental dans le devenir des pesticides qui peuvent être appliqués. 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 répandus ou à partir du sol où 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. 3. La pollution agricole**

A partir des débuts de 1960, l'utilisation des pesticides est montée en flèche en Asie et en Amérique du Sud. 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 bioagresseurs 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 » (Bouziani, 2007)

**VIII. 3.1. Pollution d'eau via l'agriculture : chiffres clés (FAO)**

- L'irrigation produit la plus importante quantité d'eau usée au monde (sous la forme de drainage agricole).
- D'un point de vue mondial, près de 115 millions de tonnes d'engrais minéraux azotés sont appliqués chaque année sur les cultures. Près de 20 % de ces apports en azote finissent par s'accumuler dans les sols et la biomasse, là où 35 % d'entre eux pénètrent dans les océans.
- Dans le monde, chaque année, 4,6 millions de tonnes de pesticides chimiques sont pulvérisés dans l'environnement.
- Les pays en développement représentent 25 % de l'utilisation mondiale des pesticides dans l'agriculture, mais dans ces pays sont pourtant enregistrés 99 % des décès dus aux pesticides.
- Selon de récentes estimations, l'impact économique des pesticides sur les espèces non visées (y compris les êtres humains) s'élève approximativement à 8 milliards de dollars chaque année dans les pays en développement.
- L'appauvrissement en oxygène (l'hypoxie), phénomène d'origine humaine qui trouve son origine dans la surabondance de nutriments, affecte une zone équivalente à 240 000 km<sup>2</sup> à l'échelle mondiale. Cette zone est constituée de 70 000 km<sup>2</sup> d'eaux intérieures et de 170 000 km<sup>2</sup> de zones côtières.
- Dans le monde, 24% des zones irriguées seraient affectées par le phénomène de salinisation.
- Actuellement, plus de 700 polluants émergents, leurs métabolites et les produits de transformation sont listés comme étant présents dans l'environnement aquatique européen.

### VIII. 4. Pratiques agricoles à Jijel

La wilaya de Jijel est caractérisée par une abondance en eau souterraines où la capacité est de 73.8 Million m<sup>3</sup>/an (DHW). Ces eaux sont utilisées pour l'alimentation en eau potable de plusieurs communes de la wilaya et pour l'irrigation. L'agriculture constitue l'activité économique principale de la wilaya de Jijel. 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 d'évaluer l'ampleur de l'utilisation des différents types d'engrais et produits phytosanitaires dans la zone d'étude 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. 4.1. Données agronomiques et occupation du sol

L'agriculture constitue une activité essentielle dans l'économie locale de la Wilaya de Jijel, D'après le tableau 1 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 % du surface totale. Les cultures pratiquées sont dominées par les cultures maraichères, les fraisiers et les arbres fruitiers.

*Tab 15 : 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





*Photo. 1 : Les différentes cultures de la wilaya de Jijel*

Le tableau 16 montre la répartition de la surface agricole par les différents types des cultures au niveau de notre zone d'étude 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 Kennar Nouchfi, 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 la commune de 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 El kennar avec 4 ha.
- Les cultures industrielles principalement à El Kennar avec 208 ha.
- Les vignobles dans la commune de Taher avec 6 ha.

Tab 16 : Différentes superficies occupées par les cultures (2014 - 2019)

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. 4.2. Elevage

Les gros élevages pratiqués en Algérie concernent cinq principales espèces à savoir : Les bovins, les ovins, les caprins, les camelins, et les équins (zerdoudi, younsi .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).

**Tab17 : 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 18 : 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	

La wilaya de 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 (Tableau17).

Selon les données obtenues des campagnes 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 Kennar avec 13.60%. (Tableau.18).

#### VIII. 4.3. Utilisation d'engrais dans la wilaya de Jijel

La figure 23 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.

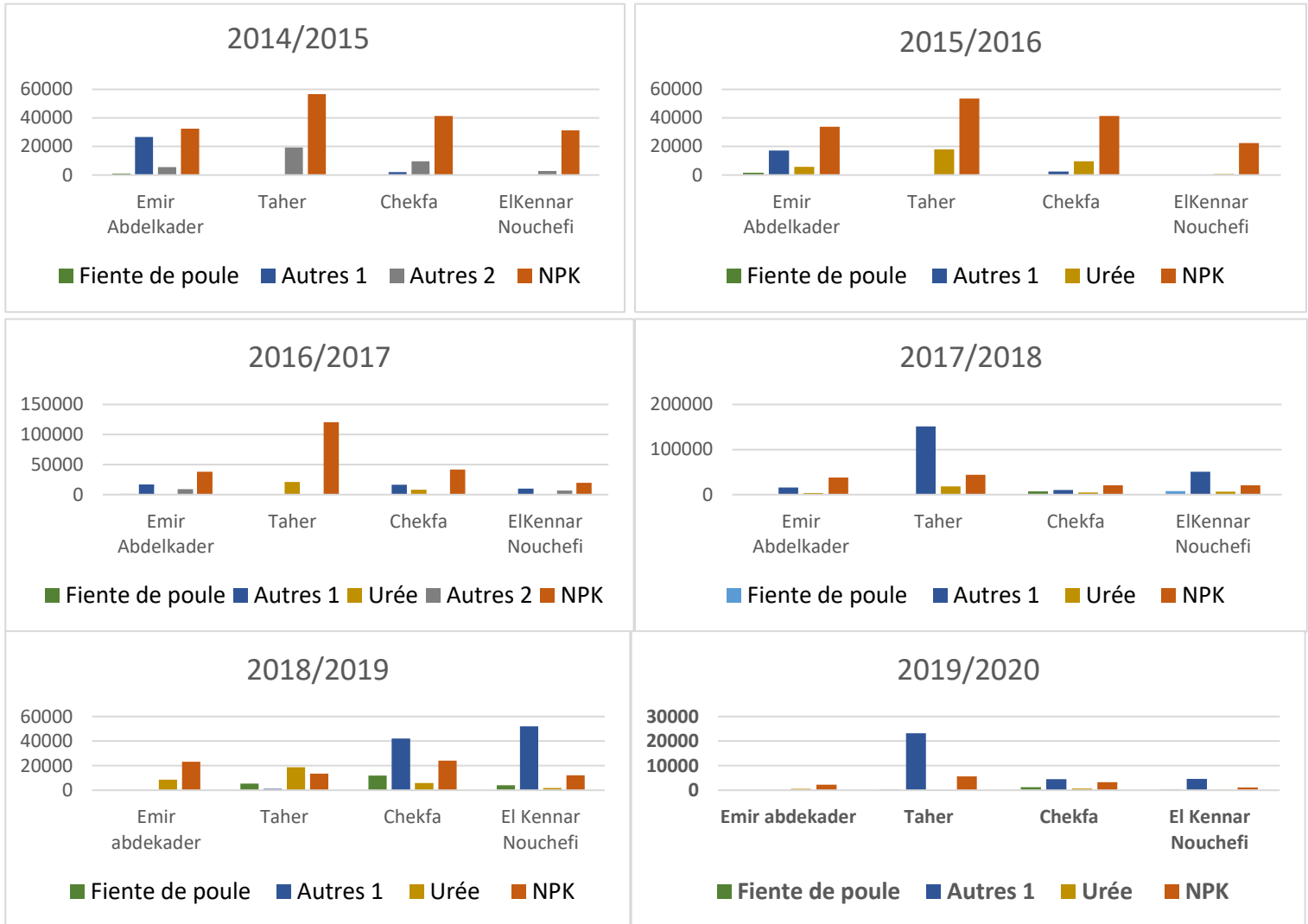


Fig. 23 : Quantités d'engrais utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 6 ans



Photo. 2 : Engrais NPK

**VIII. 4.4. L'utilisation des produits phytosanitaires dans la wilaya de Jijel**

Les enquêtes auprès des agriculteurs et des revendeurs ont permis de donner un aperçu sur les pesticides en Algérie, dont l'utilisation est faible comparant aux pays développés. Les pesticides les plus utilisés en Algérie sont les fongicides et les insecticides contrairement aux pays développés ou les herbicides occupant la première place. (Djellouli, 2013).

Au niveau de notre zone d'étude, 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. (Fig.24) 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.

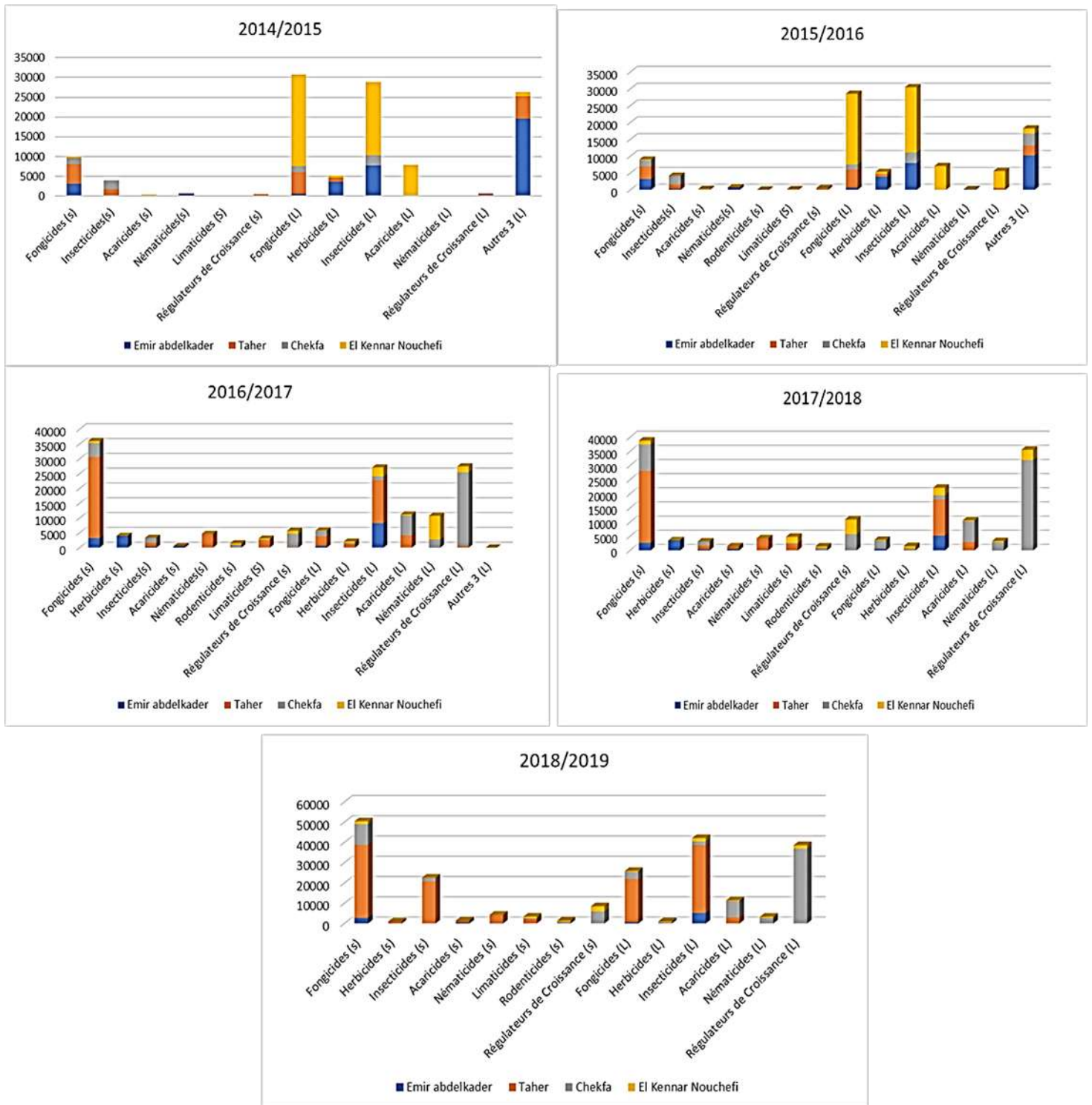


Fig. 24 : Quantités de produits phytosanitaires utilisées avec les différentes catégories dans les quatre communes pendant 5 ans





*Photo. 3 : Produits phytosanitaires*

*Cette étude montre que les cultures pratiquées dans notre zone d'étude sont dominées par les cultures maraîchères, 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.*

---

---

*Deuxième Partie :*

*Matériel et méthode*

---

---

## **Introduction**

Afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines et les effets des pratiques agricoles dans les plaines de l'Est de Jijel, une campagne de terrain a été réalisée en période des hautes eaux, en Avril 2021. Trente-deux points de prélèvement ont été choisis, répartis sur les deux plaines alluviales. Les modes d'échantillonnage et de prélèvement ont été réalisés selon les recommandations préconisées.

Les échantillons prélevés ont été analysés au niveau du laboratoire de Génie Géologique (LGG), Université de Jijel. Les paramètres physiques (pH, conductivité électrique) ont été mesurés in situ à l'aide d'un conductimètre et un pH-mètre. Et les paramètres chimiques comme les nitrates, nitrites, ammonium, et ortho-phosphate ont été dosés par spectrophotométrie au laboratoire.

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

L'échantillonnage sur le terrain a été effectué au mois d'Avril. Trente-deux stations ont été sélectionnées le long des deux plaines selon une répartition propre à chaque site. La figure 25 montre les différentes stations de prélèvements.

- Les eaux de surface : quatre stations de surface ont été prélevées, deux points représentatifs pour oued Nil et deux autres pour oued Djen Djen. La stratégie suivie pour prélever les eaux de surface était d'analyser un échantillon en l'amont de l'oued et un échantillon à l'exutoire de l'oued.
- Les eaux souterraines : Vingt-huit puits et forages de prélèvement ont été choisies ; trois stations pour les eaux de barrages et Vingt- cinq puits et forages.

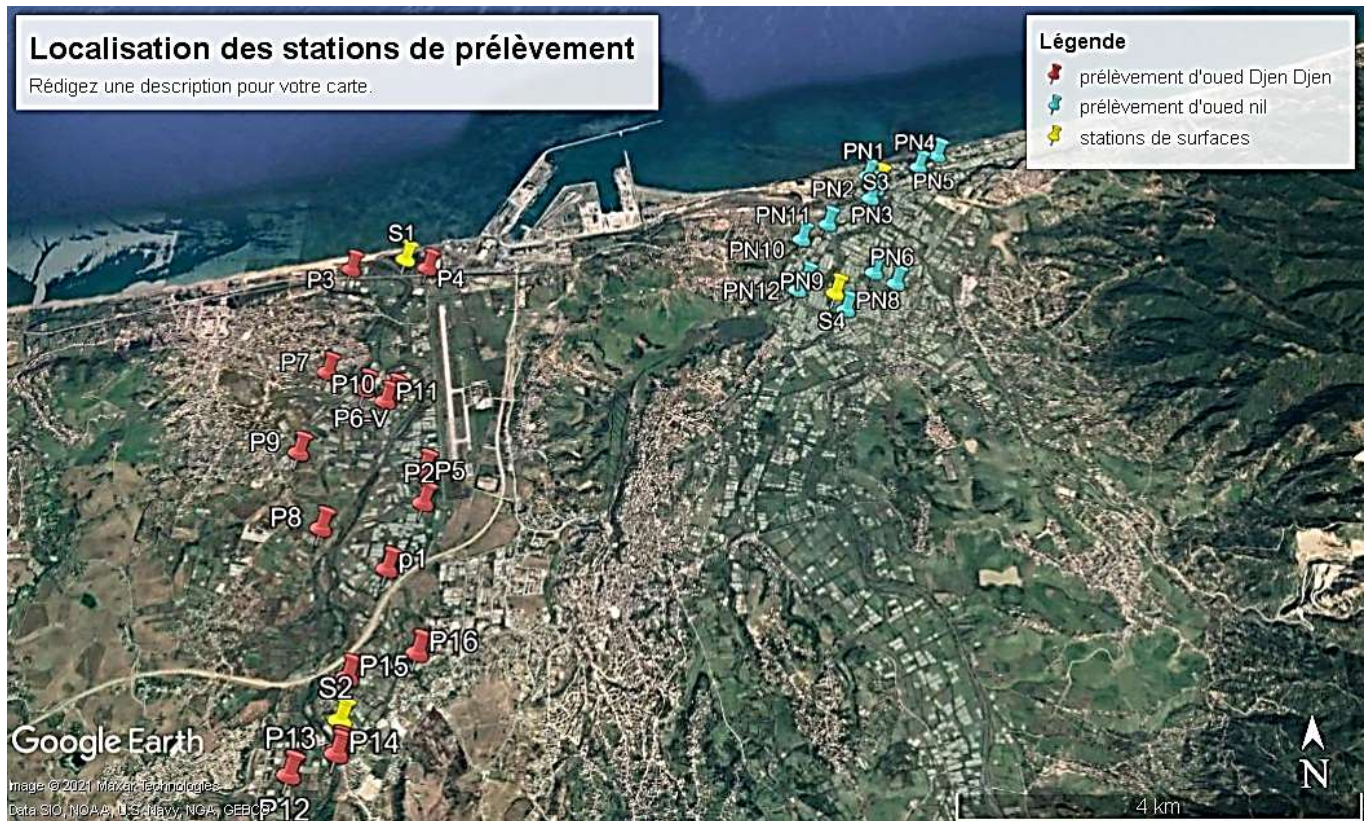


Fig. 25 : Localisation géographique des stations de prélèvement

## 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 physico chimiques de l'eau (Rodier et al., 2009).

Pour chaque type d'eau, un mode de prélèvement a été adopté :

### II. 1. Eaux de surface

Le prélèvement de l'eau a été fait au milieu de l'oued en plein courant, et loin des bordures et des obstacles naturels ou artificiels. Dans chaque station nous avons prélevé deux bouteilles d'eau en polyéthylène, étiquetés pour éviter tout risque de confusion et rincés au moins trois fois avec l'eau échantillonnée. Le prélèvement d'eau superficielle est réalisée à l'aide d'un seau lié à une corde. Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord puis le bouchon vissé afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère.



*Photo.4 : Prélèvement d'eau de surface sur le pont*

## II. 2. Eaux souterraines

Le prélèvement d'eau a été effectué soit à l'aide d'une pompe, on laisse l'eau couler pendant deux à cinq minutes puis on réalise le prélèvement, soit à l'aide d'un seau tout en évitant la remise en suspension des dépôts lorsque le puits ou le forage n'est pas équipé en pompe.



*Photo.5 : Prélèvement d'eau souterraine depuis un puits*

### III. Conservation et prétraitement des échantillons

Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4 °C (photo 6). Lorsque les échantillons arrivent au laboratoire, ils sont rapidement mis au réfrigérateur. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage.



*Photo.6 : La glacière*

### IV. Mesures in situ

De nombreuses réactions (chimiques, physiques ou biologiques) peuvent se produire au sein d'un échantillon destiné à l'analyse, modifiant sensiblement les concentrations de certains éléments, donc un certain nombre de mesures est effectué obligatoirement sur terrain, de préférence dans la rivière.

Trois paramètres physiques (pH, conductivité électrique et oxygène dissous) ont été mesurés sur terrain, à l'aide d'un pH-mètre, un conductimètre et un oxymètre (photo 7). En prenant soin de vérifier que le matériel soit en bon état et étalonné avant la sortie de terrain. L'opération se déroule au laboratoire avec plusieurs tests pour éviter les résultats erronés. L'eau à analyser est donc versée dans un bécher en verre dans lequel l'électrode est plongée. Concernant la température, l'appareil nous donne la même valeur, donc nous n'en avons pas tenu compte.



*Photo.7 : Les appareils utilisés pour mesurer pH et CE*

## V. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinés au dosage des composés azotés et phosphatés (ammonium, phosphates, nitrates et nitrites) sont nettoyés à l'aide de l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique, puis rincés à l'eau distillée (Rodier, 2005).

## VI. Mesures au laboratoire

Parallèlement aux mesures effectuées in situ, d'autres analyses sont faites au laboratoire, comme le dosage de certains éléments qu'il ne faudrait pas dépasser les 48 heures après leur échantillonnage.

La variation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles et souterraines dans notre étude se limite à mesurer certains paramètres indicateurs de la pollution. Comme il a été mentionné avant, nous nous intéresserons dans ce travail, seulement au suivi spatial des composés azotés et phosphatés ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ), ces paramètres sont dosés par spectrophotométrie. Ces composés permettent l'estimation du degré d'enrichissement des eaux par les éléments polluants, qui sont responsables de la dégradation de la qualité physico-chimique des eaux naturelles.

### VI. 1. Dosage des sels nutritifs ou nutriments

#### VI. 1.1. 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.

#### VI. 1.2. 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.

#### VI. 1.3. 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.

#### VI. 1.4. 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. 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 orthophosphates, des nitrites, des nitrates, et d'azote ammoniacal. Le matériel utilisé est un spectrophotomètre UV (photo 8). Visible, avec un trajet optique de 1 cm (cuve en quartz).



*Photo.8 : Spectrophotomètre U.V*

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



### VIII. 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.

### VIII. 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.

*Trente-deux stations représentatives ont été prélevées dans cette étude. Elles sont réparties selon la répartition des surfaces cultivées, en particulier en aval des plaines, le long d'oued Nil et d'oued Djen Djen. Elles sont distribuées en quatre stations d'eaux superficielles et Vingt-huit puits et forages d'eau captant les nappes alluviales ainsi que l'eau de barrage destinée à l'irrigation. Les paramètres analysés au laboratoire sont les composés azotés et phosphatés :  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  et  $PO_4^{3-}$  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.*

---

---

*Troisième partie :*

*Résultats et discussion*

---

---

## Introduction

Dans cette partie, nous présenterons les résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons d'eau, ayant été prélevés dans les plaines côtières de l'Est de Jijel. Ces échantillons ont été dosés avec de la spectrophotométrie aux laboratoires de l'université de Jijel. Les différents résultats sont insérés dans les tableaux 20 et 27. Ils sont répartis en deux catégories, ceux prélevés dans la plaine de Djen Djen numérotés du puits 1 au puits 16 et ceux prélevés dans la plaine de Nil numérotés du PN1 au PN12.

La présentation graphique de chaque paramètre permet d'illustrer les éventuelles variations et faciliter nos interprétations. A cet égard, l'interprétation est basée sur la comparaison des paramètres physico-chimiques et des paramètres indicateurs de la pollution agricole aux normes de qualité des eaux. Deux normes de qualité ont été retenues, selon qu'elles soient eaux de surface ou eaux souterraines, comme suit :

- Les eaux de surface discutées selon les normes FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et parfois complétées par la norme marocaine pour les orthophosphates.
- Les eaux souterraines discutées selon les normes OMS (Organisation mondiale de la santé) et complétées par les normes ISO (l'Organisation internationale de normalisation).

### I. Eaux de surface

Échantillonnées sur quatre stations, en l'occurrence, deux stations dans l'oued Djen et deux autres dans l'oued Nil, la stratégie de prélèvement suivie a été de relever l'état initial de l'eau dans la station située à l'amont de chaque oued et l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques de l'eau à leur aval. Par ailleurs, trois paramètres ont été mesurés in situ, à savoir le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous. Les résultats sont illustrés dans le tableau 19.

En outre, quatre paramètres chimiques essentiellement les composés azotés et phosphatés ont été dosés au laboratoire. Il s'agit des nitrates, nitrites, ammonium, et orthophosphates. Les résultats sont illustrés dans le tableau 20.

Tab 19 : Paramètres physiques des différentes stations de surface dans la zone d'étude

Identifiant	Oued	Type d'ouvrage	X	Y	pH	Cond (µs/cm)	Oxygène dissous (mg/l)
S1	Djen Djen	Eau de surface	36.810944	5.862585	8.47	813	4.10
S2	Djen Djen	Eau desurface	36.755644	5.864082	9.35	614	5.85
SN3	Nil	Eau desurface	36.821738	5.936657	8.29	428	9.50
SN4	Nil	Eau desurface	36.804741	5.928062	8.28	409	7.75

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

### I. 1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'un milieu c'est-à-dire la concentration en ions d'hydrogène. De manière générale, l'augmentation du pH entraîne la formation de composés insolubles et favorise la sorption des métaux lourds. En revanche, une diminution de pH entraîne la mise en solution des sels métalliques et la dissolution des phases de rétention (Devallois, 2009).

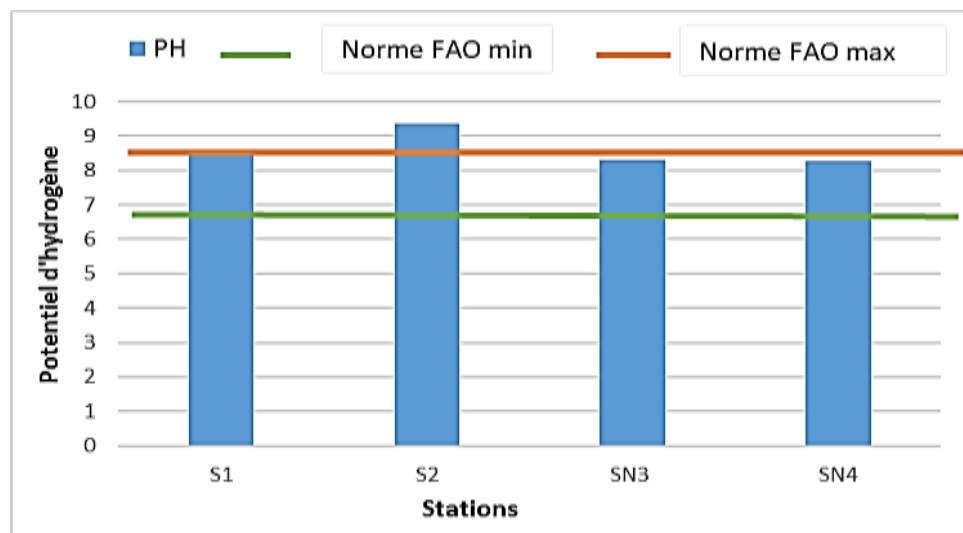


Fig.26 : Variation de pH dans les eaux de surfaces de la zone d'étude

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les valeurs du pH mesurées dans les deux stations ne sont pas conformes aux normes fixées par la FAO pour les eaux d'irrigation, qui sont de 6.5 au 8.4. Les eaux de la vallée montrent des valeurs de l'ordre de 8.47 et 9.35 respectivement au niveau des S1 et S2. Cela indique que les eaux de surface de la vallée d'oued Djen Djen sont alcalines. Ces eaux ne sont aptes à un usage pour l'irrigation des cultures maraichères largement pratiquées dans les parcelles irriguées de la plaine alluviale.

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les eaux de surface d'oued Nil possèdent un caractère légèrement alcalin. Les deux stations montrent des valeurs de l'ordre de 8.28 et 8.29 respectivement au niveau des SN3 et SN4. Cette variation peut être attribuée à l'effet tampon des ions bicarbonatés. Par conséquent, ces eaux sont excellentes pour l'irrigation, d'après les normes retenues.

## I. 1.2. Conductivité électrique (CE)

C'est un paramètre physique très important car il traduit le degré de minéralisation des eaux. Il permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau.

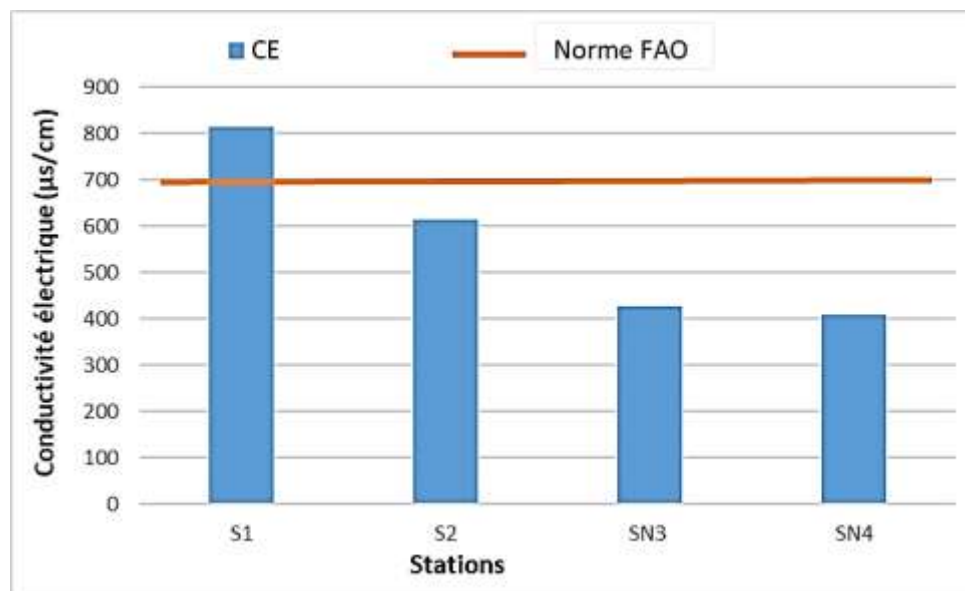


Fig.27 : Variation des CE dans les eaux de surface de la zone d'étude

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Pour les eaux d'oued Djen Djen, deux valeurs de conductivités électriques ont été mesurées, l'une est conforme à la norme FAO fixée à 700 µs/cm (S2), et l'autre (S1) dépasse la norme avec

une valeur de 813  $\mu\text{s} / \text{cm}$ . Cette variation exprime la forte teneur en sels minéraux dissous dans l'eau, de plus en plus concentrés à l'aval. La station S1 représente un milieu récepteur de l'ensemble du bassin versant éponyme. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans le sol affectera négativement le rendement des récoltes et provoquera une dégradation et la salinisation des sols et la pollution des eaux souterraines.

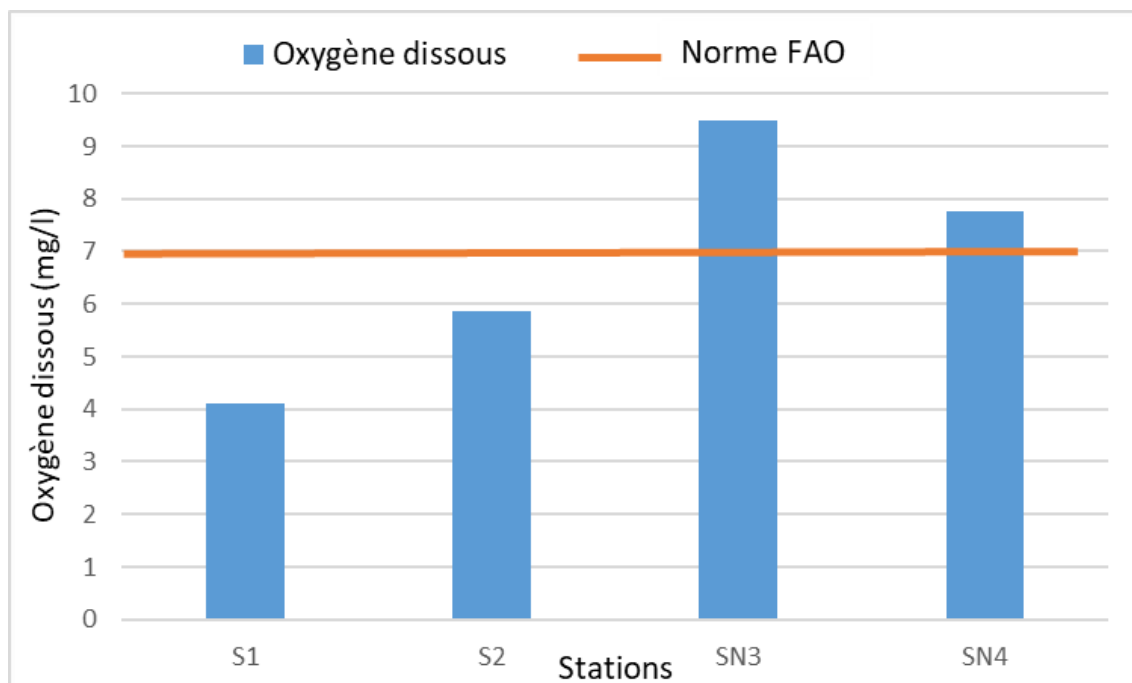
### ➤ Vallée d'oued Nil

Les valeurs de conductivités électriques sont conformes à la norme d'irrigation FAO fixée à 700  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ce qui traduit une salinité moyenne. Les eaux de surface d'oued Nil 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 ( $\text{O}_2$ )

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  $\text{O}_2$  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.



*Fig. 28 : Variation du OD dans les eaux de surface de la zone d'étude*

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les valeurs d'oxygène dissous mesurées dans les eaux d'oued Djen Djen possèdent des teneurs faibles variant entre 4.10 et 5.85 mg/l. On constate une dégradation de la qualité de ses eaux, cela est due probablement aux rejets urbains des communes entourant la vallée comme celles de Taher, Kaous et Emir Abdelkader et les rejets industriels de la zone d'ouled 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 Djen Djen sont moyennes à bonnes pour l'irrigation.

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les eaux de surface d'oued Nil montrent des valeurs variant entre 7.75 et 9.5 mg/l, ce qui indique que les eaux de surface d'oued Nil sont excellentes pour l'irrigation.

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

**Tab. 20 :** Paramètres chimiques des différentes stations de surface dans la zone d'étude

Identifiant	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)
S1	6.681	0.379	2.017	0.023
S2	0.534	0.061	0.105	0.0001
SN3	8.252	0.543	1.687	0.017
SN4	3.092	0.395	1.241	0.012

### I. 2.1 Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

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. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore.

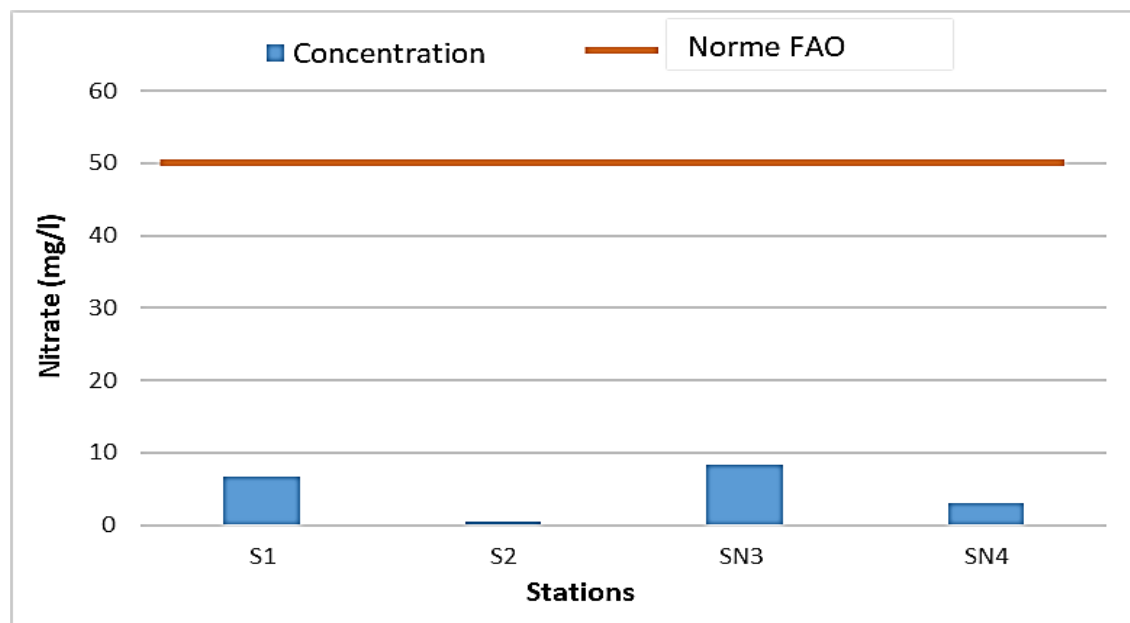
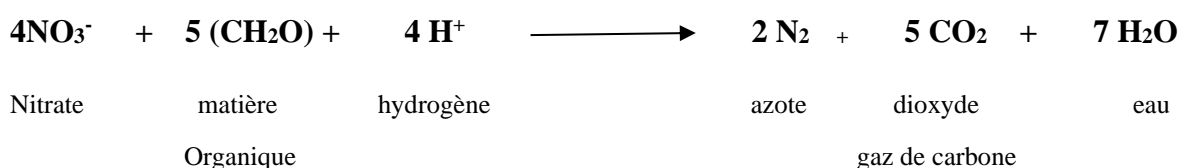


Fig. 29 : Variation des nitrates dans les eaux de surface de la zone d'étude

### ➤ Vallée de l'oued Djen Djen

Les résultats de dosage de l'ion nitrate dans les eaux de Djen Djen sont conformes à la norme FAO et ne dépassent pas 50 mg/l. Cela est engendré par le phénomène de dénitrification c'est le retour de l'azote à l'atmosphère sous sa forme moléculaire N<sub>2</sub>, avec comme produit secondaire du CO<sub>2</sub> et de l'oxyde d'azote N<sub>2</sub>O.

Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) → Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) → Oxyde nitrique (NO) → Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) → Diazote gazeux (N<sub>2</sub>). La réaction est de type :



Une faible augmentation remarquable au niveau du S1, par rapport à la station amont, zone d'embouchure et réceptrice par excellence où le risque de pollution y est très élevé, avec une valeur de 6.68 mg/l. Les nitrates ont plusieurs origines :

- D'abord l'origine industrielle à travers les zones 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 Djen Djen, où la majorité de ces effluents déversent vers l'oued sans aucun traitement.
- Ensuite, 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 d'ion de nitrate



est générée par le lessivage des terres et le ruissellement d'eau directement vers les oueds qui représente 38.65% des pluies où à travers l'infiltration vers les nappes souterraines qui ne représente que 20.90% des précipitations, selon le bilan hydrique calculé auparavant. L'infiltration engendre la contamination des oueds par les échanges oued–nappe durant les périodes de sécheresse. Vu l'importance du ruissellement par rapport à l'infiltration dans le secteur d'étude, l'origine des nitrates peut être principalement le lessivage de surface des terres cultivées vers l'oued Djen Djen.

- Enfin l'origine domestique, provenant des eaux usées dont la commune de Taher présente le plus grand pourcentage de déversement avec 48.81%, puis la commune de l'Emir Abdelkader avec 39,28 % et enfin la commune de Kaous avec 11.91%.

**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>

Le tableau 21 montre les quantités des eaux usées déversées dans les 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. La commune de Taher est en première position avec un volume de 12 300 m<sup>3</sup>/j pour une population de 83.235 hab, la commune de Emir Abdelkader en second lieu totalisant un volume de 9 898 m<sup>3</sup>/j pour une population de 41.435 hab et la commune de Kaous en dernier lieu avec un volume de 3 002 m<sup>3</sup>/j pour une population de 28.103 hab.

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les concentrations en ions nitrates dans les eaux d'oued Nil sont conformes à la norme FAO et ne dépassent pas 50 mg/l. Cela peut être justifié par le phénomène de dénitrification.

Une faible augmentation au niveau du SN3, par rapport à la station SN4, zone d'embouchure et réceptrice par excellence où le risque de pollution y est très élevé. Du au processus de nitrification et suite à l'abondance de l'oxygène, mesuré à 9.50 mg/l, on y enregistre une valeur de 8.25 mg/l. Le milieu devient convenable à l'oxydation de la matière organique. En effet, la nitrification transforme les produits de la fixation (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>3</sub>) en NO<sub>2</sub> (soient NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), des

nitrites et nitrates. C'est une réaction d'oxydation qui se fait par catalyse enzymique reliée à des bactéries du genre *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* autotrophes.

L'origine de la pollution dans les eaux de surface d'oued Nil provient essentiellement de l'agriculture, suite à l'épandage de doses massives d'engrais azotés et de lisier (effluents d'élevage). Les zones les plus atteintes étant les plaines alluviales qui recueillent les eaux des grands bassins versants et sont des lieux privilégiés de l'agriculture intensive. Le reste est issu des rejets des collectivités locales telles que les régions de Taher avec 12.300 m<sup>3</sup>/j, de Chekfa avec un volume de 2141 m<sup>3</sup>/j, et El Kennar avec un volume de 1333 m<sup>3</sup>/j. Sachant que ces collectivités ne sont pas dotées de station d'épuration et de traitement des eaux usées ou de bassins de lagunage (direction d'environnement de jijel,2015).

### 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. Dans le sang, la présence de ces nitrites peut en effet provoquer la formation de « méthémoglobine », une forme d'hémoglobine incapable de transporter l'oxygène. (Philippe Beaulieu, département Qualité-Santé du C.I eau).

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.

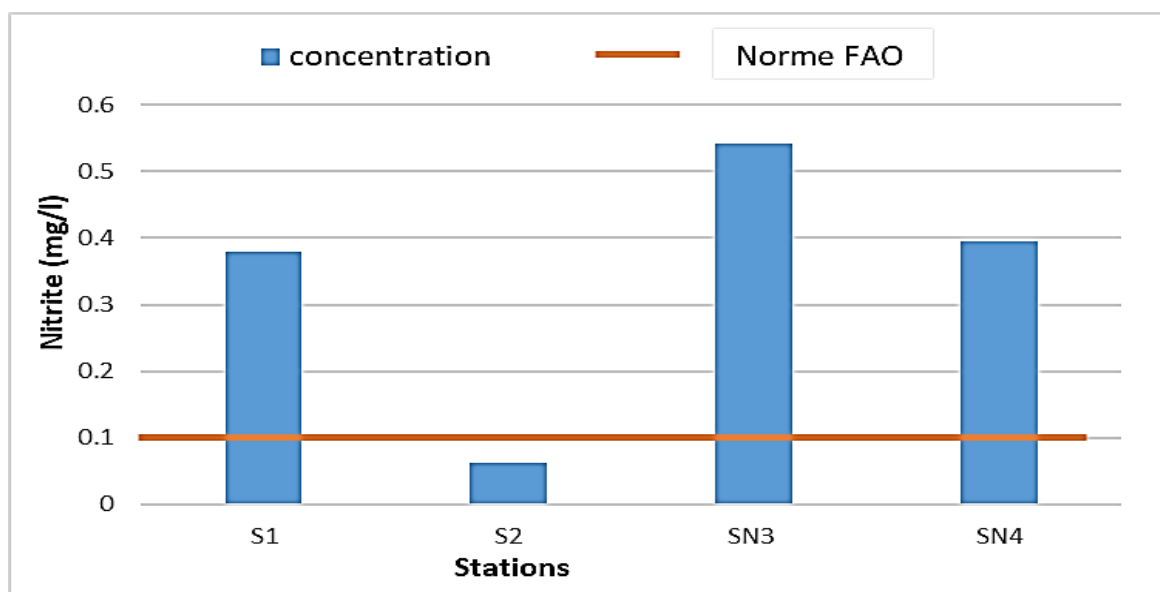


Fig.30 : Variation des nitrites dans les eaux de surfaces de la zone d'étude

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

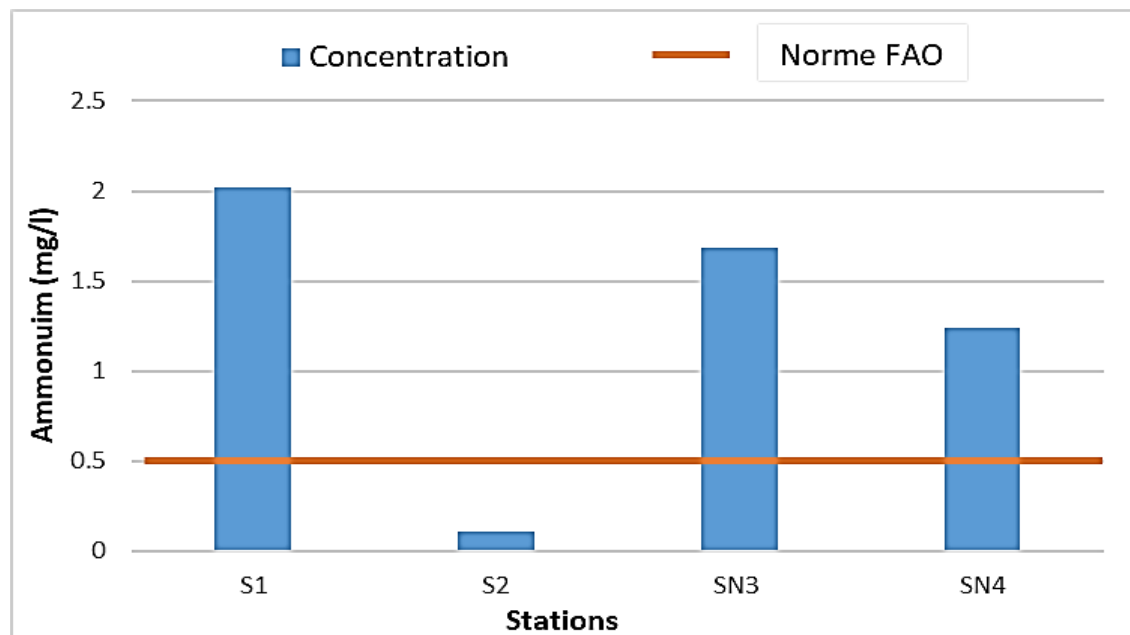
Les résultats de dosage de l'ion nitrite dans les eaux de Djen Djen illustrent deux concentrations l'une est conforme à la norme FAO d'irrigation(S2) et l'autre est non conforme et dépasse 0.1 mg/l. en effet, la station S1 située dans la zone d'embouchure présente une teneur de l'ordre de 0, 4mg/l. Cette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

### ➤ Vallée d'oued Nil

La totalité des concentrations en ion nitrites  $\text{NO}_2^-$  analysé dans les eaux de surfaces d'oued Nil n'est pas conforme au norme FAO d'irrigation qui est de 0.1 mg/l, Cette augmentation provient d'une oxydation incomplète de l'ammonium.

## 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.31 : Variation d'Ammonium dans les eaux de surface de la zone d'étude*

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les concentrations en ion d'ammonium  $\text{NH}_4^+$  trouvées dans les eaux d'oued Djen Djen montrent deux concentrations distinctes. L'une est conforme à la norme FAO d'irrigation (S2) et l'autre non conforme à ladite norme. Cette dernière enregistre une teneur de l'ordre de 2.01 mg/l et dépasse 0.5 mg/l. L'origine de cette augmentation est due probablement aux :

- Une dégradation incomplète de la matière organique d'origine naturelle.
- Les 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 Djen Djen. Aucun traitement préalable n'est appliqué, des effluents industriels rejoignent l'oued dans plusieurs endroits dans la vallée.
- Les eaux usées d'origine domestique au niveau de Tamilla, Emir Abdelkadersur la rive gauche de l'oued Djen Djen déversent environ 9898 m<sup>3</sup>/jet Taher sur sa rive droite déversent plus de 12 300 m<sup>3</sup>/j. Les communes entourant 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 22.

**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

- Rejets agricoles dominés par les engrais azotés et les produits phytosanitaires comme le montre le tableau 23. En général, on 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. 23 :** Quantités d'engrais utilisées dans les communes de Taher et Amir abdelkader (DSA, 2019-2020)

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

➤ **Vallée d'oued Nil**

Les concentrations en ion d'ammonium  $\text{NH}_4^+$  dans les eaux d'oued Nil sont non conformes à la norme d'irrigation FAO qui est établie à 0.1 mg/l. Les teneurs varient entre 1.24 et 1.69 mg/l l'origine de cette augmentation est due probablement à :

- Rejets organiques d'origine agricole issus du lessivage des terrains agricoles riches en fertilisants. D'importantes quantités d'engrais et de pesticides sont utilisés dans les communes de El Kennar et Chekfa. Pour ce qui est des engrais, les agriculteurs locaux utilisent trois types tout d'abord les engrais organiques tels que la fiente de poulet et autre avec une quantité de 10 700 quintaux ainsi que les engrais minéraux simples tels que l'Urée et Sulfate d'ammonium avec 1035 quintaux et enfin des engrais composés de type PK et NPK avec 4628 quintaux comme le montre le tableau 24. Ces quantités restent inférieures par rapport à celles enregistrées à Taher et Amir Abdelkader.

**Tab. 24 :** Quantités d'engrais utilisés dans les communes de Chekfa et El Kennar (DSA, 2019-2020)

Engrais	Nature	unités en Qx
Fiente de poulet et autre	Engrais organique	1550 9 150
Urée Sulfate d'ammonium	Engrais minéral simple azoté (N)	835 200
PK NPK	Engrais minéral composé	211 4417

Pour les pesticides, une grande quantité est appliquée chaque année sur les sols agricoles sous forme de pesticides au niveau de Chekfa et El Kenner. Il s'agit de produits solides représentés par 2428 Kg et les produits liquides à hauteur de 5880 L. Ces quantités restent inférieures à celles enregistrées à Taher et El Emir Abdelkader qui sont de 6885 Kg pour les produits solides et 6372 L pour les produits liquides.

- Rejets domestiques et industriels, la commune de Taher déversent 12 300 m<sup>3</sup>/j, suivie de la commune de Chakfa avec 2141 m<sup>3</sup>/j et enfin la commune de El Kennar qui déversent 1333 m<sup>3</sup>/j, générant ainsi un volume total d'environ 15 774 m<sup>3</sup>/j.

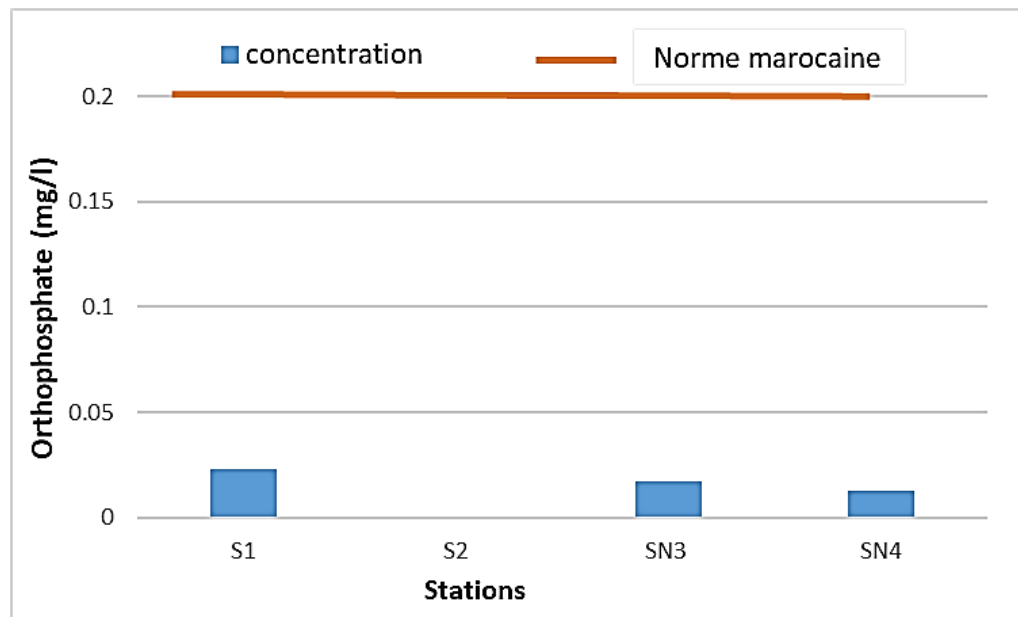
*Tab. 25 : Quantités des rejets dans les communes de El Kennar, Chakfa et Taher (Direction de l'Environnement de Jijel, 2015)*

Communes	Débit journalier (m <sup>3</sup> /j)	Pourcentage %	Lieu de rejet
Taher	12 300	77.98	OuedBoukraa, Oued Nil, Oued Djen Djen
Chakfa	2141	13.57	Oued Nil, Oued Sayoud
El Kennar	1333	8.45	Oued Nil, OuedBouhadid, OuedBartchoune
<b>Total</b>	<b>15 774</b>	<b>100</b>	/

L'apparition de l'ammonium indique des conditions de milieu réductrices et pauvres en oxygène, c'est le processus d'ammonification. Les variations des teneurs en composés azotés dans les différentes stations de prélèvement des eaux de surface sont probablement justifiées par un jeu de processus de nitrification ou dénitrification.

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

La présence des orthophosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.



**Fig.32 :** Variation des ortho phosphates dans les eaux de surface de la zone d'étude

Nos analyses montrent des traces de phosphates assez négligeables inférieures à 0.05 mg/l dans les eaux des vallées d'oued Djen Djen et oued Nil. Ces concentrations oscillent entre 0.0001 et 0.023 mg/l. Ces faibles 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 ressource la plus importante pour l'alimentation en eaux potables 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 et forages prélevés sont représentées dans le tableau 26.

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

Tab. 26 : Paramètres physiques des différentes puits et forages prélevés

Identifiant	Commune	Type d'ouvrage	X	Y	Z (m)	Profondeur (m)	Np(m)	pH	Cond (µs/cm)	OD (mg/l)
<b>P1</b>	Ouledsaleh	Puits	36.771048	5.867497	<b>13</b>	7.5	<b>5.5</b>	7.90	1087	2.82
<b>P2</b>	achouat	puits	36.778463	5.871185	<b>10</b>	8.06	<b>1.94</b>	9.13	414	2.24
<b>P3</b>	Settara	puits	36.809358	5.856980	<b>3</b>	6.5	<b>-3.5</b>	8.30	760	9.35
<b>P4</b>	achouat	puits	36.809411	5.868160	<b>4</b>	4.17	<b>-0.17</b>	7.91	1195	9.90
<b>P5</b>	achouat	puits	36.782344	5.870810	<b>9</b>	6.41	<b>2.59</b>	7.7	1215	7.58
<b>P6</b>	Tassoust	E-barrage	36.792643	5.861382	/	/	/	8.91	385	9.24
<b>P7</b>	Tassoust	Puits D	36.795569	5.843132	<b>17</b>	3.58	<b>13.42</b>	7.39	675	8.27
<b>P8</b>	bouhamdoune	Puits	36.775711	5.858352	<b>21</b>	Niveau du sol	<b>21</b>	7.47	505	9.32
<b>P9</b>	Tamilla	Puits	36.784708	5.853795	<b>23</b>	55 cm	<b>22.45</b>	8.63	482	8.14
<b>P10</b>	Tassoust	Puits	36.791954	5.865387	<b>6</b>	5.08	<b>0.92</b>	8.47	894	7.80
<b>P11</b>	Tassoust	Puits	36.791031	5.864505	<b>7</b>	2.1	<b>4.9</b>	8.3	919	6.57
<b>P12</b>	El oudja	puits	36.750626	5.858975	<b>24</b>	8.40	<b>15.6</b>	7.95	994	7.93
<b>P13</b>	El oudja	puits	36.752853	5.864205	<b>18</b>	8	<b>10</b>	7.93	1034	8.09
<b>P14</b>	El oudja	puits	36.752488	5.864162	<b>18</b>	8	<b>10</b>	7.71	1020	6.13
<b>P15</b>	E .A.K	puits	36.759806	5.864243	<b>18</b>	7.07	<b>10.93</b>	7.88	1019	7.61
<b>P16</b>	Ouladsaleh	Puits D	36.762121	5.872403	<b>21</b>	7	<b>14</b>	7.60	1739	9.04
<b>PN1</b>	Azaroud	puits	36.822616	5.934433	<b>7</b>	7	<b>0</b>	7.45	1148	7.49
<b>PN2</b>	Azaroud	E-Barrage	36.818998	5.934902	/	/	/	8.65	402	9.24
<b>PN3</b>	Azaroud	Puits	36.820513	5.93591	<b>4</b>	1.10	<b>2.9</b>	7.59	2750	2.75
<b>PN4</b>	El kennar	Puits	36.823941	5.943055	<b>7</b>	5	<b>2</b>	7.55	1506	4.10
<b>PN5</b>	El kennar	Puits	36.825816	5.946277	<b>6</b>	5	<b>1</b>	7.84	560	6.54
<b>PN6</b>	Jimar	Puits	36.805938	5.93697	<b>13</b>	1.68	<b>11.32</b>	7.63	1017	1.90
<b>PN7</b>	Jimar	Puits	36.807608	5.934007	<b>10</b>	2	<b>8</b>	7.66	980	2.10
<b>PN8</b>	Bazoul	E-Barrage	36.802266	5.929222	/	/	/	8.51	398	9.43
<b>PN9</b>	Bazoul	Puits	36.806523	5.92379	<b>11</b>	2.76	<b>8.24</b>	7.32	874	5.42
<b>PN10</b>	Bazoul	Puits	36.812584	5.923743	<b>9</b>	1.33	<b>7.67</b>	7.23	818	3.54
<b>PN11</b>	Taher	E-Barrage	36.814931	5.927913	/	/	/	7.96	392	9.19
<b>PN12</b>	Bazoul	Puits	36.805196	5.922503	<b>12</b>	2.62	<b>9.38</b>	6.85	522	9.74



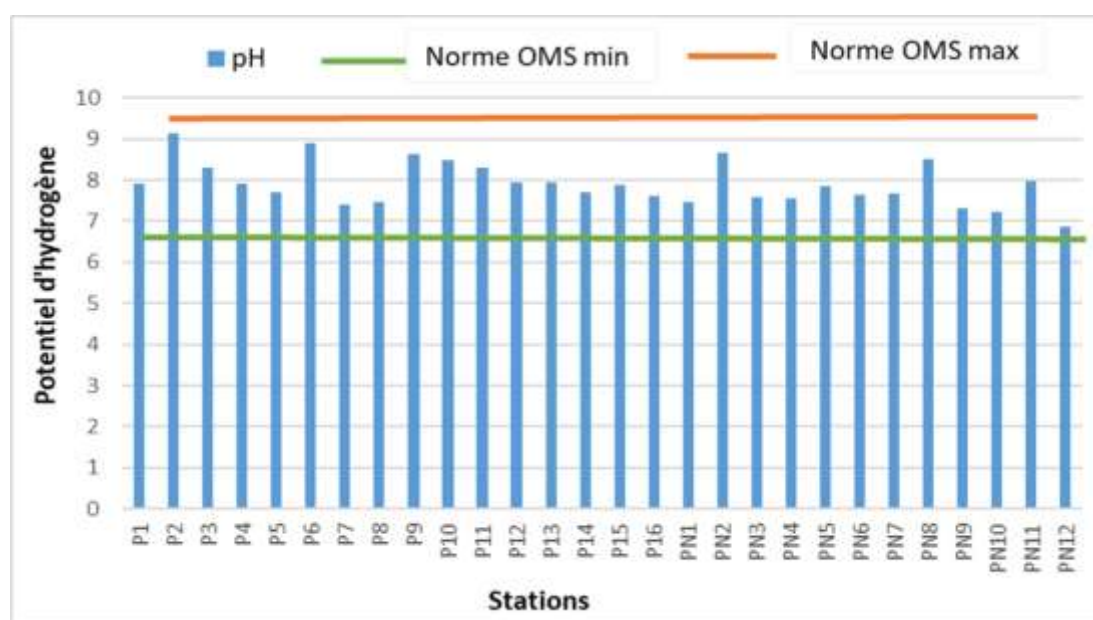
## II. 1.1. Potentiel hydrogène (pH)

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les valeurs du pH mesurées dans les différents puits et forages captant la nappe alluviale sont conformes à la norme OMS fixée entre 6.5 et 9.5. Les valeurs varient entre 7.39 et 9.13, cela indique que les eaux souterraines de la vallée d'oued Djen Djen sont légèrement neutres à alcalines.

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les valeurs du pH mesurées dans les captages d'eau souterraine possèdent également un caractère neutre à légèrement alcalin. Elles varient entre 6.85 et 8.65 et sont conformes à la norme OMS de potabilité.



*Fig.33 : Variation du pH dans les eaux souterraines de la zone d'étude*

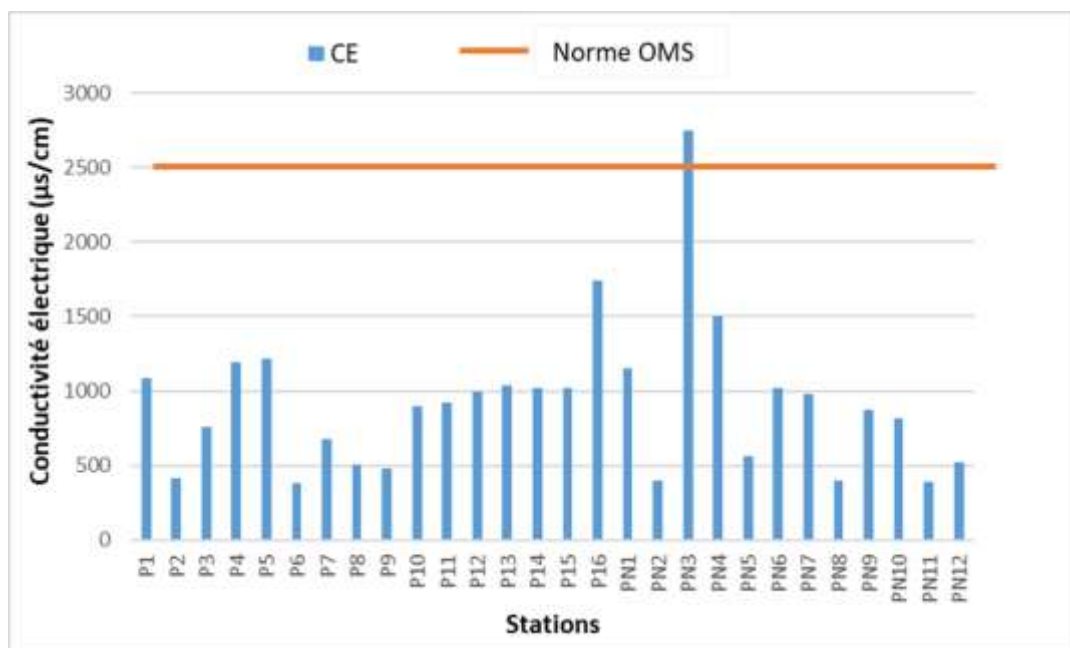
## II. 1.2 Conductivité électrique (CE)

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

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 414 au niveau du P2 et 1739  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au P16. Cette variation exprime la teneur en sels minéraux dissous dans l'eau. En général, les eaux souterraines de la plaine d'oued Djen Djen sont moyennement chargées en sels dissous.

### ➤ Vallée d'oued Nil

La majorité des puits analysés a des conductivités inférieures à la norme OMS des eaux potables fixée à 2500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Excepté un seul puits PN3 qui présente une conductivité de 2750  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , les valeurs élevées de la CE au niveau des puits PN1, PN3 et PN4 sont probablement liées à l'intrusion marine. Le pompage excessif de la nappe dans la zone côtière provoque un rabattement important de la nappe et favorise l'avancée du biseau salé. A titre d'exemple, le niveau piézométrique est égal au niveau de la mer dans le puits PN1. Il s'agit d'un problème majeur pour la majorité des villes littorales en Algérie.



*Fig.34 : Variation du CE dans les eaux souterraines de la zone d'étude*

Dans les aquifères côtiers en contact avec la mer et naturellement en équilibre, les eaux souterraines en provenance de l'infiltration des eaux météoriques, constituent une nappe s'écoulant vers la mer qui surmonte une masse d'eau salée affectant la forme d'un biseau et pénétrant à l'intérieur des terres. Tout prélèvement intensif au niveau d'un champ de captage modifiera cet état d'équilibre en provoquant un rabattement de la surface piézométrique. Cela se traduit par une avancée vers les terres, du biseau d'eau salée qui peut atteindre dans certains endroits, le fond du puits et entraîne même un changement du sens d'écoulement (Todd, 1980). Les secteurs côtiers de la région étudiée constituent des zones où les nappes sont vulnérables à la contamination par les sels et où les aquifères sont en contact direct avec la Méditerranée (Aichouri, 2009).

### II. 1.3 Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous est un paramètre qui renseigne sur l'état de l'eau, il favorise la croissance des microorganismes qui dégradent la matière organique. En général les valeurs faibles favorisent le développement des germes pathogènes.

#### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les valeurs d'oxygène dissous mesurées dans les différents puits captant la nappe varient entre 2.24 et 9.90 mg/l. la majorité dépasse 7 mg/l, donc ces eaux sont bien oxygénées. A l'exception de quatre puits. Ces derniers présentent des concentrations inférieures à celles fixées pour la qualité des eaux potables qui est 7mg/l. Les puits P1, P2, P11 et P14 présentent respectivement des teneurs de 2.82, 2.24, 6.57 et 6.13 mg/l.

La teneur en oxygène des eaux varie selon la profondeur, elle peut être très faible en eau profonde alors qu'elle peut approcher le taux de saturation près de la surface du puits. Les puits P1 et P2 montrent un déficit en oxygène dissous avec des valeurs respectivement de 2.82 et 2.24 mg/l pour des profondeurs de 7.5 et 8.06 m. Contrairement aux puits P8 et P9 qui montrent un excès en OD avec des valeurs respectivement de 9.32 et 8.14 mg/l pour des puits superficiels. Il faut noter que le niveau piézométrique dans les deux puits affleure à même le sol.

#### ➤ Vallée d'oued Nil

Les valeurs de l'oxygène dissous mesurées dans la nappe d'oued Nil oscillent entre 1.90 et 9.74 mg/l. La majorité des puits possède des valeurs inférieures à 7 mg/l, tels que le PN3, PN4, PN5, PN6, PN7, PN9 et PN10 avec des valeurs respectivement de l'ordre de 2.75, 4.10, 6.54, 1.96, 2.10, 5.42, 3.54 mg/l. Cela indique un déficit en OD probablement dû à sa consommation par les bactéries.

Concernant les puits PN2, PN8 et PN11 ce sont des échantillons d'eau du barrage d'El Agrem destinées à l'irrigation, ses eaux possèdent de fortes valeurs d'oxygène dissous respectivement de l'ordre de 9.24, 9.43 et 9.19 mg/l.

Quant aux puits PN1 et PN12 qui montrent des valeurs supérieures à 7mg/l, ils sont respectivement de 7.49 et 9.74 mg/l avec des profondeurs de 7 et 2.62 m. Ces puits sont bien oxygénés donc favorisent la croissance des microorganismes qui dégradent la matière organique.

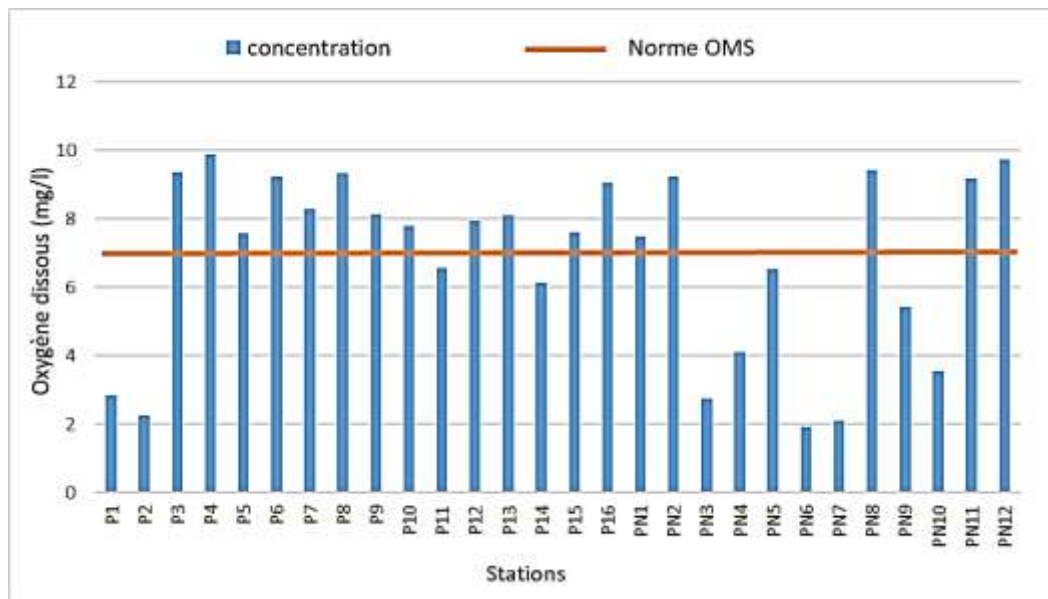


Fig.35 : Variation de l'OD dans les eaux souterraines de la zone d'étude

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

Tab.27 : Paramètres chimiques des différentes puits et forages prélevés

Identifiant	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Ortho phosphates (mg/l)	Observations
P1	38.72	0.02	0	0.002	Utilisé pour l'irrigation
P2	8.03	0.16	0	0.015	Utilisé pour l'irrigation
P3	25.75	0.04	0.038	0	Utilisé pour l'irrigation
P4	0	0.03	0.083	0	Elevage + irrigation
P5	4.976	0.135	0.165	0.020	Irrigation
P6	7.982	0.112	0.028	0.007	Irrigation
P7	152.81	1.477	4.720	0.027	/
P8	358.39	0.042	0.060	0.0001	
P9	2.912	0.055	0.407	0.0001	
P10	48.677	0.051	0.178	0	
P11	128.67	0.141	0.206	0.001	
P12	50.786	0.074	0.218	0.006	Elevage + irrigation
P13	15.834	0.042	0.133	0	
P14	8.072	0.042	0.115	0	
P15	44.100	0.039	0.014	0	Irrigation
P16	176.54	0.064	0.041	0.001	
PN1	0	0.045	0.564	0.004	
PN2	19.424	0.125	0.066	0.114	

<b>PN3</b>	2.150	0.292	4.720	0.344	Irrigation
<b>PN4</b>	0	0.045	1.870	0.0001	
<b>PN5</b>	0	0.061	0.193	0.407	
<b>PN6</b>	0.176	0.084	4.360	0.001	
<b>PN7</b>	0.220	0.084	3.895	0.004	
<b>PN8</b>	4.079	0.122	0.171	0.005	
<b>PN9</b>	0	0.193	0.504	0.0001	
<b>PN10</b>	0	0.077	1.618	0.002	
<b>PN11</b>	8.880	0.151	0.068	0.016	
<b>PN12</b>	23.327	0.042	0.137	0.002	Irrigation

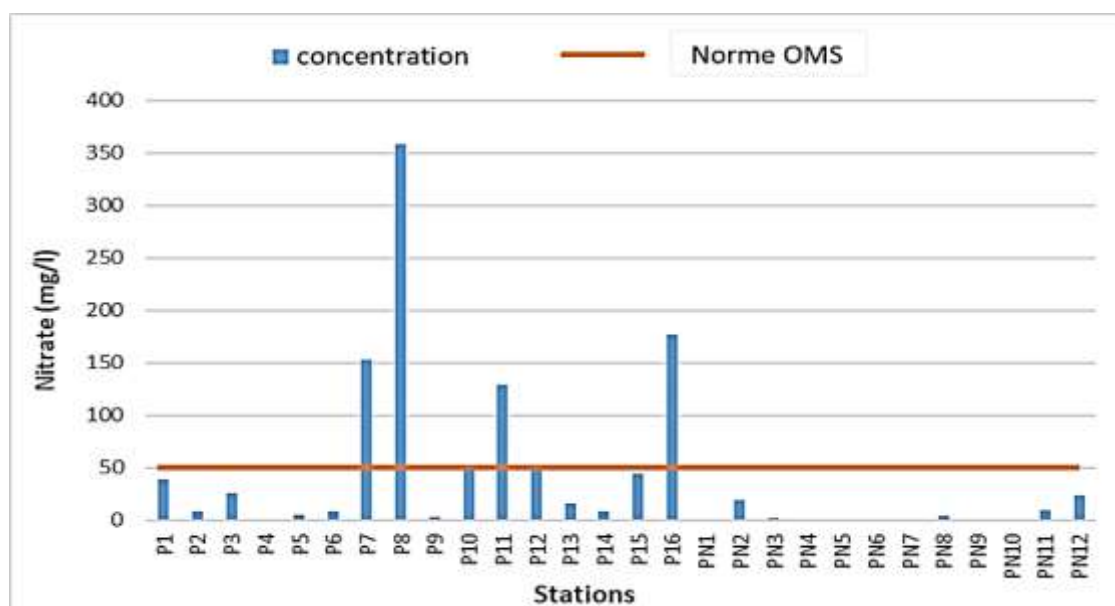
## II. 2.1 Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les concentrations en ion de nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans la plupart des puits sont conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 50 mg/l. A l'exception de cinq puits parmi les seize analysés, qui sont non-conformes. Il s'agit respectivement des puits P7, P8, P11, P12 et P16 qui ont des concentrations assez élevées respectivement de 152.8, 358.39, 128.67, 50.78 et 176.54 mg/l.

Au niveau des P7 et P16 localisés au milieu des agglomérations urbaines de Tassoust et Ouled Salah, les fortes concentrations en nitrates de 152.8 et 176.54 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 nitrification qui transforme l'ammonium en nitrites puis en nitrates dans des conditions d'oxydation assez favorables, l'oxygène dissous y était mesuré entre 8.2 et 9 mg/l.

Le réseau de collecte des eaux usées peut être défectueux et certaines entreprises ou industries ne possèdent pas forcément d'installations de dépollution adéquates. La société africaine de verre déverse plus de 1250 m<sup>3</sup>/j dans l'oued Djen Djen sachant qu'elle possède une fosse de décantation et de floculation de capacité de traitement de 2100 m<sup>3</sup>/j (inspection d'environnement, mai 2003).



*Fig.36 : Variation de nitrates des eaux souterraines de la zone d'étude*

Quant aux puits P11 et P12 situés dans les zones agricoles d'El oudja et de Tassoust, les fortes concentrations en nitrates sont liées à l'usage d'intrants chimiques de traitement des plantes et aux grandes quantités de fertilisant 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. L'usage de ces produits chimiques conduit à leur lessivage et leur transformation en nitrates quand les conditions biogéochimiques le permettraient. Les teneurs enregistrées sont relativement élevées de l'ordre de 128.67 et 50.78 mg/l respectivement au niveau des P11 et P12.

Par ailleurs, la remontée du niveau piézométrique induite par la recharge observée aux puits P7, P8 et P11 a été corrélée aux fortes charges d'azote épandues sur le sol. En effet, ces puits enregistrant des niveaux piézométriques de l'ordre de 13.4, 21 et 4.9 m, soit des profondeurs d'eau variant de 0 à 3.5 m montrent les concentrations en nitrates les plus élevées. Ces teneurs incriminées sont respectivement de 152.81, 358.39 et 128.67 mg/l. Le niveau d'eau qui remonte dans le sous-sol lessive les molécules de nitrates stockées dans la zone non-saturée en les entraînant dans la nappe d'eau.

D'une manière générale, les concentrations des nitrates tendent à diminuer avec la profondeur du puits en raison de la baisse de l'oxygène dissous dans l'eau. À l'exemple des puits P1, P2 et P14 profonds de 7.5, 8.06 et 8m et enregistrant des teneurs en OD respectivement de l'ordre de 2.82, 2.24 et 6.13 mg/l et présentent des teneurs en nitrates assez faibles

comparativement aux autres puits analysés. Les teneurs sont respectivement de l'ordre de 38.72, 8.03 et 8.072 mg/l.

À long terme, les concentrations en nitrates tendent à rester aussi élevées dans les aquifères peu profonds en raison des apports continus de fertilisants azotés par l'agriculture et de l'abondance de l'oxygène dissous. D'autant plus, aucune politique de réduction d'intrants chimiques dans l'agriculture algérienne n'est à prévoir.

Concernant le P8 (photo 9) situé dans la région de Bouhamdoune près de Tassoust, ce puits présente une anomalie hydrogéochimique assez inquiétante. Il enregistre un pic en nitrates de 358.3 mg/l que l'on peut expliquer comme suit :

- Comme le milieu est riche en oxygène avec une teneur de 9.32mg/l (puits superficiel), il devient convenable à l'oxydation de la matière organique, d'autre part il provient de l'apport d'engrais de type NPK infiltré vers les eaux souterraines et par le ruissellement vers le puits. Il peut s'agir d'une nitrification qui transforme  $\text{NH}_4^+$  (0.06 mg/l) en nitrate (358.39 mg/l) ou la formation des nitrates à partir des molécules d'azote et d'oxygène.
- Les rejets d'eaux usées de Tamilla qui traversent la région de Bouhamdoune, elles sont riches en matière azotés, tels que les nitrites et l'ammonium et se transforment en nitrates en présence d'oxygène dissous. Ce dernier a été mesuré à 9.32 mg/l.



*Photo.9 : Puits superficiel à la commune de Emir Abdelkader*

Selon notre enquête sur terrain, l'engrais le plus utilisé est le NPK (15 15 15). Il s'agit d'un fertilisant complexe universel, il s'adapte à tout type de sol et de culture. Son efficacité est maximale lorsqu'il est appliqué avant ou lors du semis. La teneur en soufre assure une bonne absorption de l'azote et du phosphore par les plantes, et le potassium active le transport des produits de la photosynthèse vers les racines et les graine

Le tableau 28 représente le nombre de puits qui dépassent la norme de nitrate dans les eaux souterraines corrélé aux superficies cultivées dans les quatre communes étudiées. La commune de l'Emir Abdelkader présente 5 puits qui dépassent la norme permise sur les 14 puits prélevés et cela pour une Superficie cultivé de 1214.43Ha. La commune de Taher montre un puits qui dépasse 50 mg/l parmi les 7 puits analysés dans notre étude pour une superficie de 1258.97Ha. Enfin pour les communes de Chakfa et El Kennar aucun puits ne dépasse la norme précitée.

**Tab. 28 :** Nombre de puits qui dépassent la norme corrélée à la superficie cultivée dans les quatre communes étudiées (Taher, Chekfa, Emir Abdelkader et El Kennar)

Communes	Superficies cultivées (Ha)	Nombre de puits	Nombre de puits qui dépassent la norme	Pourcentage %
Taher	1258.97	7	1/7	14.29
Emir Abdelkader	1214.43	14	5/14	35.71
Chekfa	774.56	5	0	0
El Kennar	258.25	2	0	0

### ➤ Vallée d'oued Nil

La totalité des concentrations en ion nitrates  $\text{NO}_3^-$  trouvées dans la nappe d'oued Nil est conforme à la norme OMS de potabilité. On peut signaler un processus de dénitrification assez rapide des nitrates dans un milieu anaérobie et anthropisé par les rejets d'eaux usées et la forte activité agricole. En effet, les faibles concentrations de l'OD aux puits PN3, PN4, PN5, PN6, PN7, PN9 et PN10, respectivement de 2.75,4.10,6.54,1.90, 2.10,5.42 et 3.54 mg/l, peuvent confirmer notre hypothèse et appuyée par les fortes teneurs en  $\text{NH}_4$  observées (voir ci-dessous).

Il faut admettre que les nitrates emportés par les eaux d'infiltration au cours d'une année donnée ne proviennent donc que pour une faible part des engrais apportés cette même année. L'essentiel provient de la production de nitrates par la matière organique morte des sols, c'est-à-



dire des nitrates épandus les années précédentes et stockés. À ceci s'ajoute parfois la lenteur de la progression de l'eau d'infiltration dans les sols qui dépend de l'épaisseur de la zone non-saturée et la perméabilité de la nappe.

Dans les plaines de Jijel, on y applique trois catégories d'engrais, des engrais organiques, engrais minéraux simples et des engrais minéraux composés. Les premiers sont de type feinte de poulet et autre avec une quantité de 34 230 quintaux, les deuxièmes de type simples comme l'urée ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) avec une quantité de 7251 quintaux, enfin de type composés essentiellement de NPK avec une quantité de 7080 quintaux. Ils peuvent directement contenir l'ion NO<sub>3</sub><sup>+</sup> ou peuvent être constitués de l'ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> qui se transformera progressivement en NO<sub>3</sub><sup>+</sup>. Une grande quantité des fertilisants utilisés varie dans le temps et dans l'espace, liée principalement à la surface agricole qu'occupe chaque région ainsi qu'au type de culture qui lui est associé.

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

### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

Les concentrations d'ion nitrite obtenues dans les eaux de la nappe d'oued Djen Djen sont comprises entre 0.02 à 1.47 mg/l. Cependant toutes ces teneurs restent conformes à la norme OMS de potabilité fixée à 0.2 mg/l sauf une seule valeur élevée à 1.47 mg/l et mesurée au niveau du P7 à Tassoust. Elle est probablement engendrée par les eaux usées d'origine domestique Sachant que la commune de l'Emir Abdelkader à laquelle appartient Tassoust déversent plus de 9898m<sup>3</sup>/j d'eaux usées (Direction de l'Environnement de Jijel, 2015). 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.

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les concentrations d'ion nitrite obtenues dans les eaux souterraines d'oued Nil sont conformes à la norme de potabilité, elles sont comprises entre 0.04 et 0.29 mg/l. En revanche un seul puits indique une concentration de 0.292 mg/l et qui dépasse la norme de potabilité OMS enregistrée au niveau du PN3. Elle peut être probablement justifiée par la dénitrification de NO<sub>3</sub> en l'absence d'oxygène dissous, lequel est mesuré à 2.75mg/l.

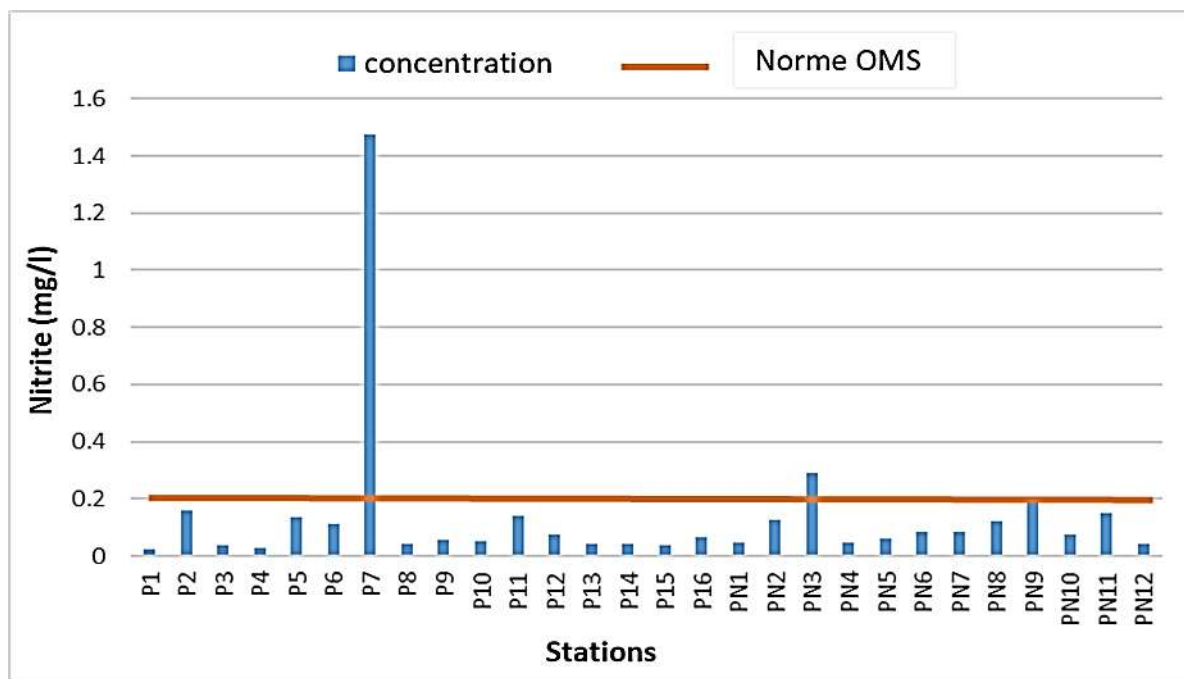


Fig.37 : Variation des nitrites dans les eaux souterraines de la zone d'étude

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

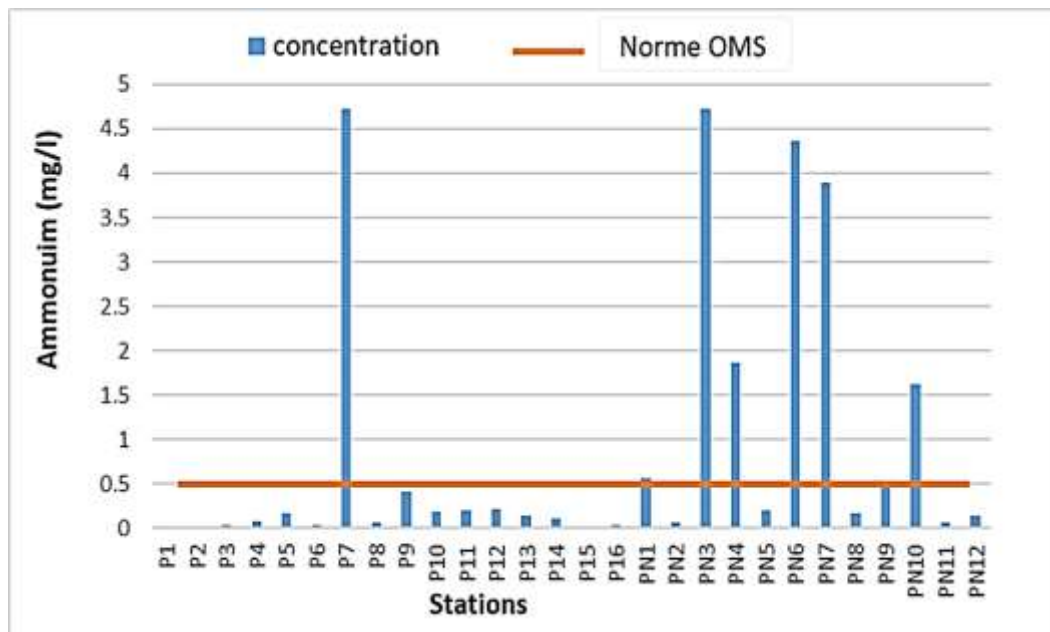
### ➤ Vallée d'oued Djen Djen

La majorité des concentrations en ion d'ammonium  $\text{NH}_4^+$  trouvées dans la nappe d'oued Djen Djen est nulle et conforme à la norme OMS de potabilité. Cela est dû probablement à l'oxydation rapide en nitrites puis en nitrates, sachant que l'oxygène dissous est relativement abondant et dépasse 7 mg/l. En outre, un seul puits parmi l'ensemble enregistre une concentration élevée à 4.72 mg/l, il s'agit du puits P7. Cela est dû probablement à une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques (présence d'une fosse septique).

### ➤ Vallée d'oued Nil

Les concentrations en ion d'ammonium  $\text{NH}_4^+$  dans la plupart des puits sont supérieures à la norme OMS de potabilité, elles sont comprises entre 0,06 et 4.72 mg /l.

La présence d'azote ammoniacal dans les puits PN1, PN3 et PN4 localisés dans le cordon dunaire est due aux engrais chimiques utilisés. En effet la zone est considérée comme une zone à prédominance agricole, tout le long des plaines côtières de l'Est de Jijel.



**Fig.38 :** Variation d'ammonium des eaux souterraines de la zone d'étude

A partir des données du Plan National de l'Eau (PNE), en 2010 le potentiel des terres irriguées et donc traitées chimiquement dans la zone d'étude atteint environ 2463,14 ha. La surface agricole utilisée irrigable par les petites et moyennes hydrauliques (PMH) est estimée au total à 1744,48 ha ce qui représente 70,81% de la surface totale. Cette superficie se subdivise sur les quatre communes étudiées comme suit :

- 24,98 % pour la région de Taher,
- 20,74 % pour la commune d'El Emir Abdelkader,
- 18,98 % pour la commune de Chekfa,
- 6,11 % pour el Kennar Nouchfi.

Une forte concentration de résidus d'engrais et de pesticides a été constatée directement dans les eaux souterraines car elles sont utilisées sur des terrains sableux. Le transfert des engrais et des pesticides vers la nappe se fait soit par infiltration directe sur les surfaces cultivées, soit par rejets dans des puits abandonnés.

Au niveau du PN3 l'excès d'ammonium provoque l'eutrophisation des eaux comme le montre la photo 10. Il s'agit d'un processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu. Les nutriments concernés sont principalement l'azote (provenant surtout des nitrates agricoles et des eaux usées), et du phosphore (provenant surtout des phosphates agricoles et des eaux usées).



*Photo .10 : Problème d'eutrophisation provoqué par l'Ammonium*

Quant aux puits PN6, PN7, PN9 et PN10, les concentrations élevées en azote ammoniacal proviennent des rejets d'origine domestique. Sachant que la ville de Taher où la population est concentrée à 83 235 hab n'est pas dotée d'une STEP. Les communes entourant la plaine d'oued Nil telles que Taher, El Kenner et Chakfa déversent d'importantes quantités d'eau usées directement dans des oueds côtiers comme Oued Boukraa, Oued Sayoud et Oued Nil. Ces quantités sont de l'ordre de 12 300m<sup>3</sup>/j à Taher, 1333 m<sup>3</sup>/j à El Kennar et 2141m<sup>3</sup>/j à chekfa.

## **II. 2.4 Orthophosphates (PO<sub>4</sub>)**

### **➤ Vallée d'oued Djen Djen**

Les résultats d'analyse montrent des concentrations négligeables et presque nulles en orthophosphate, elles sont conformes aux normes de potabilité fixées à 1 mg/l selon ISO.

### **➤ Vallée d'oued Nil**

Les concentrations des orthophosphates dans les eaux de la plaine sont nulles. On dénote une faible présence respectivement au niveau du PN2, PN3 et PN5 avec des concentrations de 0.114, 0.344 et 0.407 mg/l.

Les puits sont localisés dans la région d'Azaroud et El Kennar, Ces derniers sont considérés comme des zones agricoles donc on peut admettre que l'origine de cette faible augmentation est le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés, Présent aussi dans les engrais de type NPK sous forme de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et assimilé sous forme de PO<sub>4</sub>. Une quantité de 1167 quintaux d'engrais de type NPK est utilisée à El Kennar durant la campagne agricole de 2019/2020.

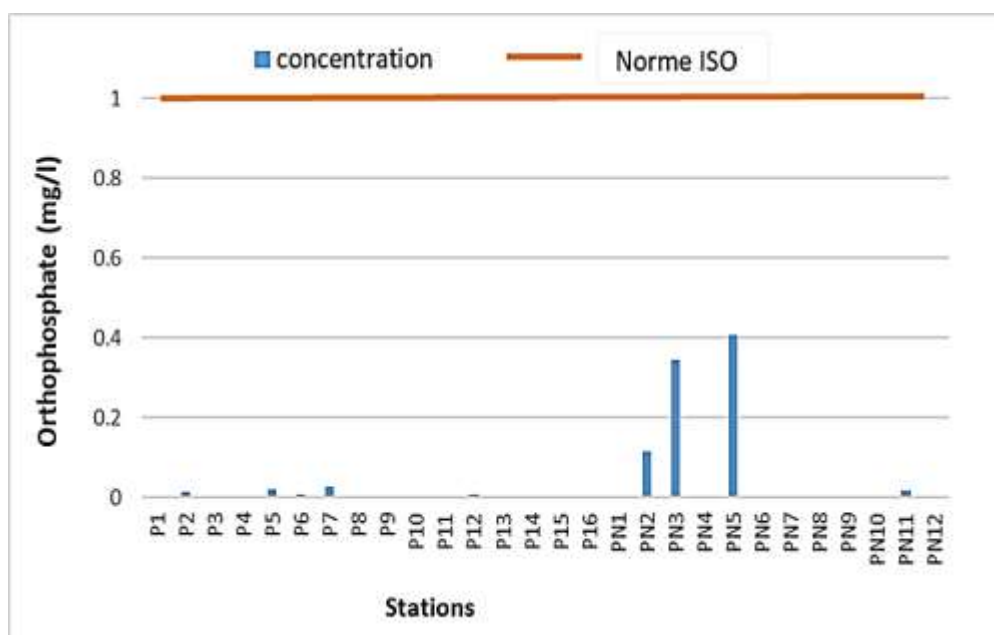


Fig.39 : Variation des orthophosphates dans les eaux souterraines de la zone d'étude

### III. Effets de l'agriculture sur la qualité des eaux

Il convient de signaler que quatre échantillons sont issus des eaux des différents barrages de la wilaya (P6, PN2, PN8 et PN11). Ils sont destinés à l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation des périmètres agricoles situés à l'aval (ANBT). L'objectif de ce prélèvement est d'évaluer l'impact possible de ces eaux brutes non traitées utilisées pour l'irrigation sur la nappe. On constate que tous les paramètres physico-chimiques sont conformes à la norme FAO d'irrigation sauf une faible augmentation du pH qui devient 8.91 et les nitrites qui enregistrent une valeur légèrement supérieure à la norme, analysée à 0.13 mg/l.

Par ailleurs, l'évaluation de l'effet de l'agriculture sur les ressources en eau dans les plaines Est de Jijel a été approchée par des corrélations avec les quantités d'engrais et pesticides utilisés et les surfaces agricoles utiles et irriguées par communes. En effet, les engrais, les produits phytosanitaires et les déjections animales jouent un rôle majeur dans la pollution de ces eaux, occupant une grande partie au niveau de notre zone d'étude. On peut citer P11 et P12 au niveau de la plaine de Djen Djen qui possèdent des concentrations élevées en composés azotés, notamment en nitrate avec des valeurs respectivement de l'ordre de 128.67 mg/l et 50.78 mg/l. Notre zone d'étude se caractérise par une forte activité agricole. L'usage irrationnel d'intrants chimiques par les agriculteurs non-formés à ce genre de produits sensibles à l'environnement et à l'eau, conduit à leur lessivage et leur transformation en nitrates. Il faut noter également l'existence de fortes quantités épandus auparavant et stockés pendant des années dans le sol. L'infiltration efficace et la remontée de la nappe due à la recharge contribueront à leur lessivage dans la zone saturée de la

nappe, ce qui augmentera leur charge polluante dans l'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Ceci étant dit, la superposition de plusieurs sources de pollution rend notre tâche d'évaluation assez compliquée. Il s'agit des rejets urbains et industriels déversés directement dans le réseau hydrographique des bassins versants étudiés en multipliant les sources de pollution.

En effet, la pollution urbaine et industrielle est assez présente dans la région. Les eaux usées provenant des villes et zones industrielles sont des sources pourvoyeuses confirmées de polluants vers les nappes d'eau. D'autant que la forte perméabilité des terrains (sable et alluvions) favoriserait leur transfert dans le sous-sol. On peut relever ce type de pollution au niveau des puits P7 et P16 (Plaine de Djen Djen) qui sont situés au milieu des agglomérations de Tassoust et Ouled Saleh. Ces derniers possèdent des concentrations assez élevées en composés azotés, notamment l'ammonium qui atteint 4.72 mg/l, à cause des eaux usées domestiques, des fosses septiques et des rejets liquides de la zone industrielle d'Ouled Saleh. L'absence d'une STEP dans la région aggrave la situation environnementale de ces plaines alluviales, réservoir d'eau par excellence de toute la région Est de Jijel.

Du point de vue biogéochimique, un jeu de nitrification-dénitrification a été clairement identifié dans certains puits analysés par vallée étudiée. Cela contribuera à mieux comprendre les processus de transformation des composés azotés d'origine agricole au sein des nappes d'eau souterraine. Il s'agit :

- Du processus de nitrification observé dans les puits P3, P7, P8, P10, P12, P15, P16 dans la plaine de l'Oued Djen Djen et de PN12 dans la plaine de l'Oued Nil. De faibles concentrations en ammonium comprises entre 0.014 et 4.72 mg/l en contrepartie à de fortes concentrations en nitrate comprises entre 25.75 et 358.39 mg/. Cela indique clairement la transformation de l'ammonium en nitrates, en présence d'oxygène dissous assez abondant dans l'eau souterraine et oscillant entre 7.80 et 9.74 mg/l.
- Du processus de dénitrification observé en particulier au niveau des puits PN3, PN4, PN6, PN7 et PN10 dans la plaine d'Oued Nil. De fortes concentrations d'ammonium comprises entre 1.61 et 4.72 mg/l, corrélées à de faibles teneurs en nitrates comprises entre de 0 et 2.15 mg/l, et également de faibles concentrations en oxygène dissous. Ce dernier a été mesuré entre 2.10 et 4.10 mg/l.

---

---

## *Conclusion et recommandations*

---

---

## *Conclusion et recommandations*

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'impact des activités agricoles sur la qualité des eaux Souterraines et superficielles des plaines côtières de l'Est de Jijel, représentées par les plaines alluviales d'oued Djen Djen et oued Nil. Pour cela une mesure de quelques paramètres indicateurs de pollution ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ) a été réalisée.

Les principaux résultats obtenus montrent un état de dégradation de la qualité d'écosystème aquatique étudié. Cet état de dégradation existe en aval des deux oueds.

En effet, l'analyse physico-chimique a montré que la plupart des eaux de surface et souterraines des deux oueds présente un pH à tendance neutre à alcaline (ne dépassant pas 9 sauf dans les stations S2, P2), une conductivité électrique moyennement chargées en sels dissous, traduisant une minéralisation assez importante. Ainsi, Une élévation du taux de saturation en oxygène dans les eaux de surface, et un déficit en OD dans les eaux souterraines.

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 dans la partie aval d'oued Djen Djen(S1) et oued Nil (SN3). Un tel enrichissement peut avoir comme cause de multiples activités anthropiques entre autres de nombreux rejets urbains et agricoles.

Les eaux souterraines représentent la ressource principale en eau potable dans la région, aux cotés des eaux du barrage d'El Agrem. 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 :

- L'ammonium (au niveau des stations : P7, PN1, PN3, PN4, PN6, PN7, PN9 et PN10) avec des teneurs de l'ordre de 4.72,0.56,4.72,1.87,4.36,3.89,0.5 et 1.61 mg/l lié aux conditions réductrices du milieu qui ont réduit la forme du nitrate en nitrite puis en ammonium.
- Nitrate (P7, P8, P11, P12 et P16) avec des fortes concentrations de l'ordre de 152.81,358.39,128.67,50.78 et 176.54 mg/l.
- Nitrite (P7 et PN3) par des valeurs qui dépassent 0.2 mg/l.
- Une légère contamination en orthophosphate.

La contamination des eaux de surface et souterraines, peut être principalement liée aux activités anthropiques largement répandues sur les deux rives des deux oueds. 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.

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

- D'élargir l'étude sur une autre saison, celle des basses eaux (septembre 2021) et un suivi de la variation des teneurs sur une longue période.
- 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 eaux 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 entourant la vallée surtout à Taher.

---

---

## *Références bibliographiques*

---

---

## Références bibliographiques

**Abdellouche E et Kerouaz M.2019.**Problèmes liés à la présence des composés azotés et Phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée de la Soummam. Mémoire de Master. Univ. Jijel.90p.

**Abboudi A et al. 2014.** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc .European Scientific Journal August 2014 édition vol.10, 23 ISSN : 1857-7881.

**Aissata D ; Abdoulaye D et Ibno namr, K. 2011.** Variabilité des nitrates, nitrites et ammonium dans les eaux d'irrigation et de drainage : cas de la plaine de M'Pourié à Rosso (Mauritanie).8p.

**Alami I,I ; Zeraouli, M ; Addou, M ; Okhtari, A & Soulaymani , A.2007.** Évaluation de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb (M'nasra) au Maroc entre 1993 et 2003. In revue Afrique Science 03 (3). PP 378-390.

**Alterre Bourgogne. Septembre 2009.** Pesticides au quotidien. Rapport technique. France.66p.

**Amiour S et Debieche T H .2015.** Qualité des eaux et des sédiments de la plaine alluviale d'oued Nil (Wilaya de Jijel, NE Algérien). Thèse de Magistère.Univ. Oum-El-Bouaghi.89p.

**ANDI.** Agence Nationale de développement, 2013.Investissement en l'Algérie, wilaya de Jijel.

**André, Marriotti. 1998.**Nitrate : un polluant de longue durée.7p.

**Anonyme., 2003.** Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04em éd. FAO, IFA et IMPHOS. Rabat. 77 p.

**Awatef, B.2011.**Etude sur les pesticides. Université de Tébessa Algérie - Master 2 en toxicologie appliquée.

**Bechkit M.A.2005.** Etude hydrogéologique de la plaine d'oued Nil. Mémoire d'ingénieur d'état géologie. Université. Mentouri. Constantine. 9p.

**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.111p.

**Benessam S ; Debieche TH ; Amiour S ; Chine A et Khelili S. 2015.** Chimie des eaux du bassin versant de l'oued Nil (Nord-Est algérien).27p.

**Bettati Mario.2012.** Le droit international de l'environnement. Édition ODILE JAKOP. PARIS. P33.

- Belalite H.2005.** Géochimie des enveloppes superficielles « Effets retardés des pesticides sur la santé humaine » Luc Multigner. Revue Environnement, Risque et Santé.7p.
- Bentir M. 1997.** Bulletin International de l'eau et de l'environnement. 23p.
- 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, 192p.
- Bonnefoy Nicol. 2013.** Pesticide : vers le risque zéro. Rapport d'information N°42.
- Bliefert C, et Perraud R. 1997.** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. 1èreéd. Espagne. 477p.
- Bouziani M. (2007).** L'usage immodéré des pesticides. De graves conséquences sanitaires. Le guide de médecine et de la santé. Santé Maghreb.
- Boumahrouk A et Boumaz C.2017.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique (Cd, Pb et Zn) des eaux de l'Oued Nil (Jijel). Mémoire de Master. Univ. Jijel.73p.
- Boucenna F.2009.** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine de l'oued DjenDejn. (Jijel, Nord-est Algerien). Mémoire de Magister. Univ. Jijel.133p.
- Bouabbache L et Rouabi I. 2015.** Impact de la Néo-agriculture sur la Qualité des Eaux Souterraines et des Sols ; Cas de la Plaine Alluviale d'Oued Nil (Wilaya de Jijel). Mémoire de Master. Univ. Jijel.53p.
- Boulfrakh I et Lakehel z. 2017.** Fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique de la nappes alluviale d'oued Djen Djen (jijel – NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel.95p.
- Boufekane A.2005.** Cartographie de la vulnérabilité a la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine de l'oued djendjen (Wilaya de Jijel) et modélisation de la nappe. Thèse de Magister. Usthb/alger.73p.
- Boudjadja A., Messahel M., Pauc H., 2003.** « Ressources hydriques en algerie du nord » In revue des sciences de l'eau, rev.sci. Eau. N° 16 p 285-304.
- Calvet R. 2005.** Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales. France Agricole Editions.637 p.
- Chedad S .2020.** Cours hydrogéologie de l'Algérie. 7p.
- Derradji F.2016.**Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est algérien.Université Badji Mokhtar. Annaba.27p.
- Devallois V. 2009.** Transferts et mobilité des éléments traces métalliques dans la colonne sédimentaire des hydrosystèmes continentaux. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement. Université. Provence.38p

**DSA.2020.** Direction des services agricole.

**Direction de l'environnement de jijel. 2015.**

**Djellouli F. 2013.** Aspect qualitatif et quantitatif des lipoprotéines sériques chez les agriculteurs utilisant les pesticides dans la région de Tlemcen. Thèse de magistère en Physiopathologie cellulaire. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. 63p.

**Eric Fali.2005.** Rapport annuel du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).80P.

**EL BAKOURI Hicham.** 2006.Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par l'utilisation des Substances Organique Naturelle (S.O.N.), Maroc. P16-17.

**FAO. Mai 2018.** Bonnes pratiques agricoles : Opportunités pour les pays d'Afrique de l'est.

**Fennour M et Mahmoud K. 2020.** Etude des processus hydrologiques et hydrochimique des eaux de surface du bassin versant d'Oued Nil (Jijel-NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel.86p.

**FLORENT Lamiot.2001.**Les pesticides dans l'air : quels enjeux ? Pollution atmosphérique N° 170.P 237-246.

**Garcia1 F., Cortes S. Oyarzun J., Ceruelo A., Vazquez P., 2012 :** Pesticides : Classification, Uses and Toxicity. Measures of Exposure and Genotoxic Risks, Article, Journal of Research in Environmental Science and Toxicology.

**Hammadi D et Harendi H.2015.** Gestion intégrée des ressources en eaux dans le bassin versant de l'oued Nil (jijel,NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel.114p.

Inspection d'environnement mai,2003.

**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.133P.

**Karaouet A and Bourafa S., 2016.** Caractérisation Hydrogéologique et Hydro- chimique de la nappe alluviale de l'oued Djen\_djen (Jijel-NE Algérien). Mémoire de Master. Univ. Jijel, P47et P55

**Kerdoud A.2017.** Vulnérabilité à la pollution des eaux de la plaine alluviale d'oued Nil. Mémoire de Master. Univ. Jijel.95p.

**Khesrani S et Mimoune C.2018.**Evaluation de la contamination par les ETMS de certains fertilisants utilisés dans la culture de fraises dans la région de Jijel. Mémoire de Master. Univ. Jijel.77p.

**Landreau A - J.C. Roux.1985.** Les nitrates dans les eaux souterraines.55p.

**Merghid M, Debbache M et Foughali I.2017.** Impacts des pesticides utilisés dans la plasticulture sur la santé humaine En Algérie- Etude de cas la wilaya de Constantine. Mémoire de Master. Univ.Constantine.144p.

**Mazoyer M., 2002.** Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767.

**Milchunas, D.G. et Lauenroth, W.K. 1993.** A quantitative assessment of the effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. Ecological Monographs, 63(4): 327-366.

**Ministère de l'agriculture de la Colombie-Britannique. 2017.** Pesticide Toxicity and Hazard.

**Nafa S et Hamrouche A .2019.** Caractérisation des eaux d'irrigation destinées à l'agriculture dans le périmètre de Jijel- Taher. Mémoire de Master. Univ. Jijel .p70.

**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 2012.4p**

**Reggam et al.2015.** Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales.1417-1425p.

**Rodier J .2009.**L'analyse de l'eau : Eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9 édition Dunod, Paris, 1383p.

**Rousseau A. Grenier L. Quilbe R., 2007 :** Classification des Pesticides à l'aide de Cartes Auto-organisatrices de Kohonen en vue du Développement de Normes de Performance Agroenvironnementale Atteignables (NPA) à l'Echelle des Bassins Versants, Rapport N° R-932, Centre Eau, Terre et Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique (INRSETE), Québec, Canada, p4.

**Salima SALHI, Jean Philippe TONNEAU, Mohamed Yassine FERFERA.2016.** Les cahiers du cread N°111. La compréhension et la participation des acteurs peuvent-elles apporter une contribution aux politiques de préservation de l'environnement.125p.

**Sadoun L. 2013.** Etude hydrologique et hydrodynamique de la basse plane alluviale de l'oued el Nil (wilaya de Jijel). Mémoire de master 2 en Eau et Environnement. Université de Jijel, 10-13p, 32p,55p.

**Tababouchet. S. M, 2017 :** Etude de la pollution des eaux superficielles et souterraines du bassin versant du Sebaou. Wilaya de Jijel (N.E.Algérien).

**TODD, D.K. (1980):** Groundwater Hydrology. Second Edition. New York: John Wiley & Sons.

**Touati M , Benhamza M et Bouhafs F.2018 .** Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf (Nord Est Algérien).10p.

**Yelamos F, Diez F, Martin C, et coll.**1992. Acute organophosphate insecticide poisonings in the province of Almeria. A study of 187 cases. Med Clin (Barc). 681–684.

**Zerdoudi S, Younsi Z , 2019 .** Caracterisation De L'elevage Bovin Laitier Dans La Wilaya De Bouira. Mémoire de master 2 en Agronomiques Université de Bouira. P4.

### **Les site web**

<https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/nitrates>

<http://hydroponie.fr/>

<https://www.growland.fr/>

<https://www.officiel-prevention.com/>

<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>

<https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-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.deutscherohstoffagentur.de/EN/Themen/Wasser/Politikberatung\\_GW/Downloads/Module\\_8\\_fr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.deutscherohstoffagentur.de/EN/Themen/Wasser/Politikberatung_GW/Downloads/Module_8_fr.pdf?__blob=publicationFile&v=7)

<https://www.enviro-option.com/fr/nitrates-nitrites-dans-leau-potable>

[http://www.pays-de-la-loire.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ChapitreI\\_epbl\\_cle52455c-1.pdf](http://www.pays-de-la-loire.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ChapitreI_epbl_cle52455c-1.pdf)

<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%2F1%20\(P\).norme](https://www.iso.org/fr/standard/35051.html#:~:text=R%C3%A9sum%C3%A9,mg%2F1%20(P).norme)

---

---

## *Annexes*

---

---

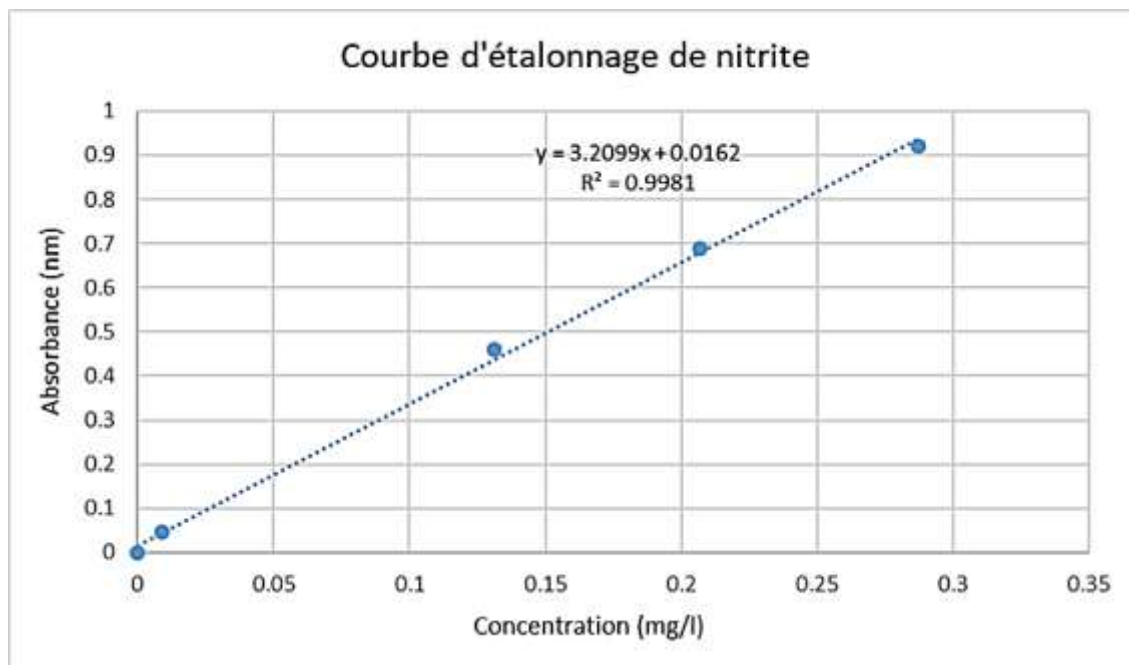




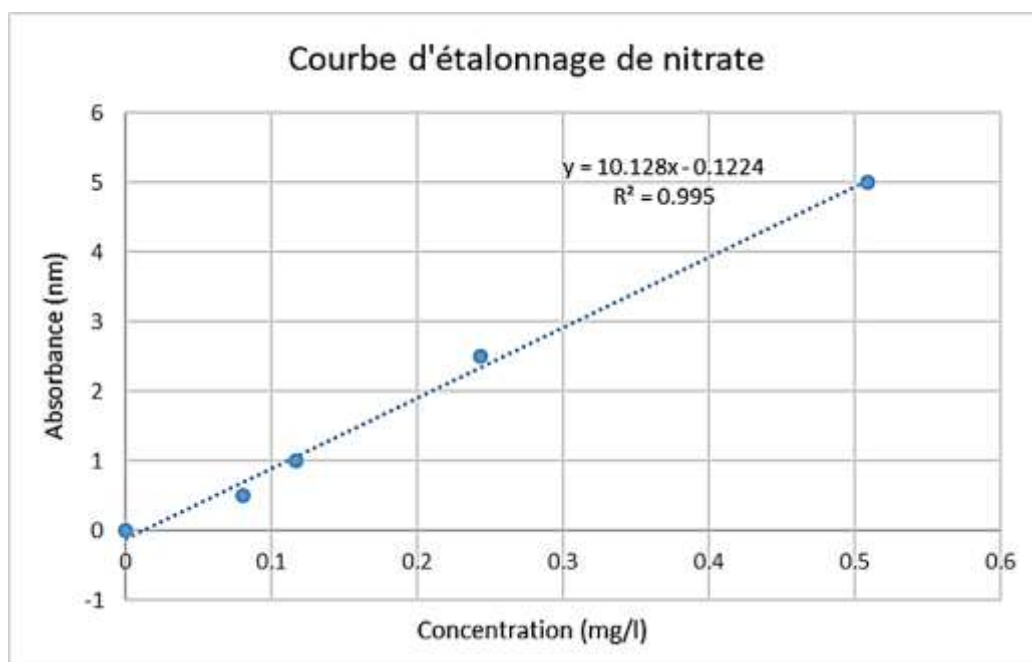
## ANNEXE I

## Courbes d'étalonnage des analyses des eaux

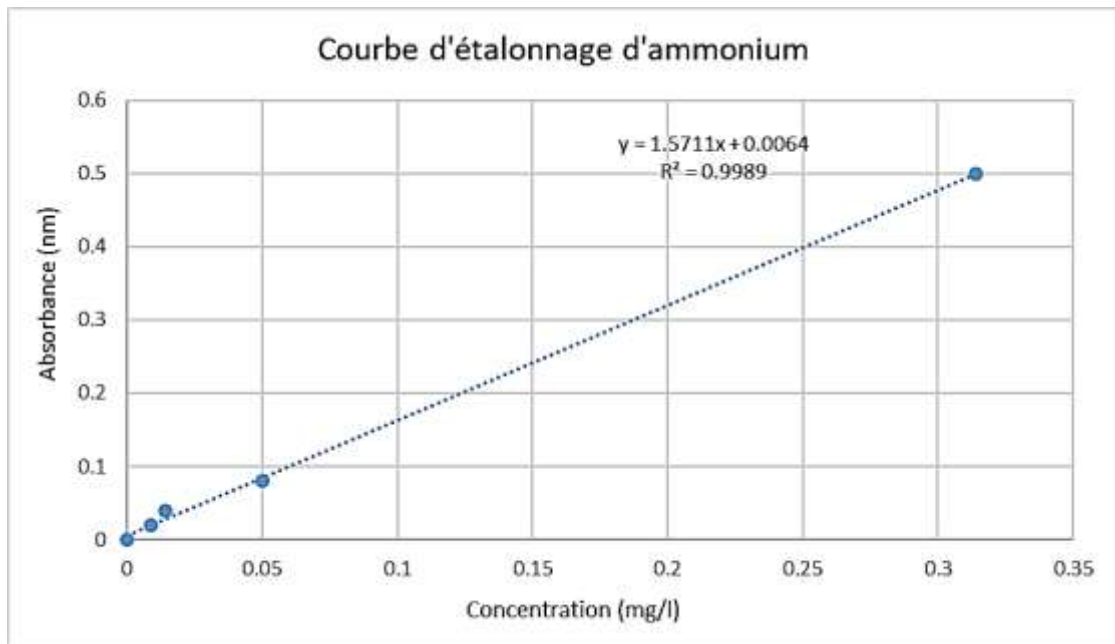
## 1. Courbe d'étalonnage de nitrite



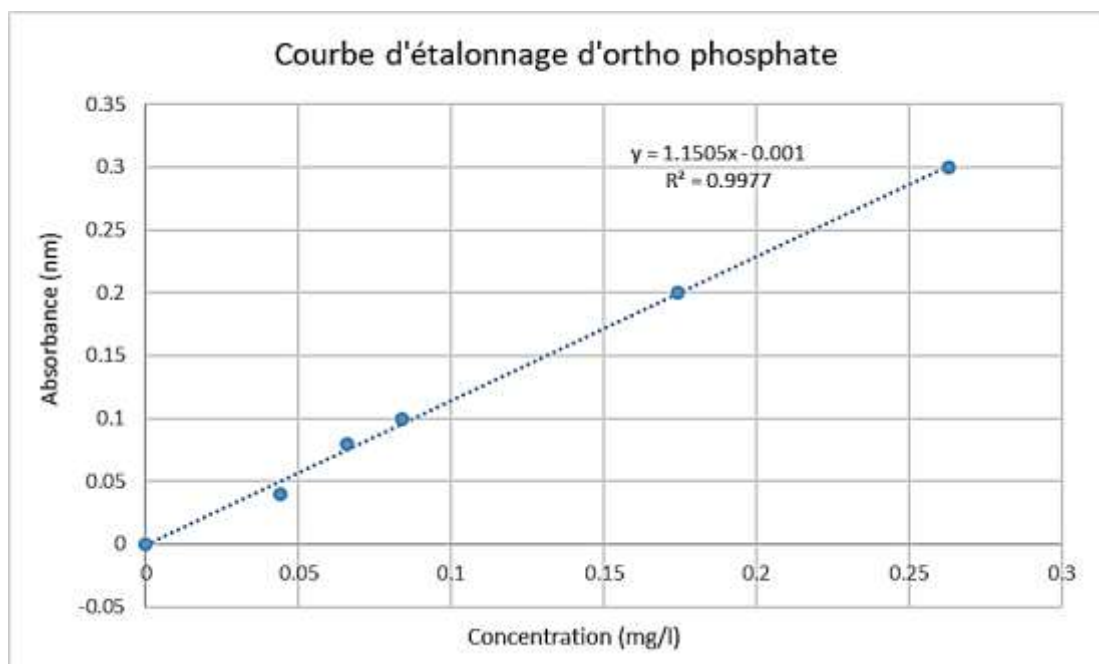
## 2. Courbe d'étalonnage de nitrate



### 3. Courbe d'étalonnage d'ammonium



### 4. Courbe d'étalonnage d'ortho phosphate



## Résumé

Les plaines alluviales d'oued Nil et oued Djen Djen, situées dans le Nord-Est de l'Algérie, occupant la partie aval de leur bassin versant respectif ont fait l'objet de cette étude. Elles forment des nappes libres et parfois confinées et constituées par des alluvions Quaternaires. Caractérisées par l'abondance en eaux de surface et souterraines, elles sont exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation également. Le développement industriel et surtout agricole, associé à la croissance démographique dégradent de plus en plus la qualité de ces ressources. Cette étude repose sur l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des eaux de la région. 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. En effet, la contamination des nappes par les composés azotés ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) et phosphatés, est un réel constat. Les résultats ont révélé des concentrations assez élevées en nitrates dépassant la norme OMS, elles sont comprises entre 50.7 et 358.4 mg/l essentiellement dans la vallée de Djen Djen. Il en est de même pour l'ammonium, les concentrations sont comprises entre 0.5 et 4.7 mg/l surtout dans la vallée d'oued Nil. Cela est reliée à l'utilisation non-rationnelle des engrais et des pesticides chimiques. Un autre type de pollution urbaine a été identifié causé par la contamination par les eaux usées. Du point de vue biogéochimique, un jeu de nitrification-dénitrification a été clairement identifié dans certains puits analysés par vallée étudiée. Il s'agit du processus de nitrification observé dans les puits de la plaine de l'Oued Djen Djen et le processus de dénitrification observé en particulier au niveau des puits de la plaine d'Oued Nil.

**Mots clés :** pratiques agricoles, composés azotés, pollution des eaux, plaines alluviales, Djen Djen, Nil, Jijel, Algérie.

## Abstract:

The alluvial plains of oued Nil and oued Djen Djen, located in north-eastern Algeria are the subject of this study, in particular the downstream part of their respective watershed. They form free and sometimes semi-captive water tables made up of Quaternary alluvium. Characterized by abundant surface and groundwater, they are used for drinking, water supply and irrigation as well. Industrial development and agricultural practices, associated with population growth, degrade the quality of these resources. The overuse of fertilizers and their land application in quantities often exceeding the needs of plants, which result in leaching and infiltration of the surplus of these products and they end up in the water table. This study is based on the assessment of the impact of agricultural practices on the quality of water in the region. Indeed, the contamination of water tables by nitrogen compounds ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) and phosphates, is a real issue. The results revealed relatively high concentrations in nitrates exceeding the WHO standards, these concentrations are between 50.7 and 358.4 mg / l mainly in Djen Djen Valley. It is the same for ammonium, the concentrations are between 0.5 and 4.7 mg / l especially in the valley of Nil. This is related to the non-rational use of fertilizers and chemical pesticides. Another type of urban pollution has been identified due to contamination by wastewater. In a biogeochemical point of view, a set of nitrification-denitrification was clearly identified in some wells analyzed in the two valleys. The nitrification process is observed in the wells of the plain of Oued Djen Djen and denitrification process is observed in particular in the wells of the plain of Oued Nil.

**Key words:** agricultural practices, nitrogen compounds, water pollution, alluvial plains, DjenDjen, Nil, Jijel, Algeria.