

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université de 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 و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون

## Mémoire de fin d'études

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

Option : **Eau et Environnement**

Thème

*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)*

### Membres de Jury

Président : DEBIECHE T. H

Examineur : ZAHIF

Encadrant : DROUCHE A. M

### Présenté par:

Bouabbache Leila

Rouabi Imane

Année Universitaire 2014-2015

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

## Listes des tableaux

Titre	page
<b>Chapitre I : présentation de zone d'étude</b>	
Tab.1 : La répartition de la population de la région d'oued Nil	06
<b>Chapitre II : Géologie</b>	
Tab.2 : Colonnes lithostratigraphiques de la plaine d'Oued El Nil (Bechkite, 2005).	17
<b>Chapitre III : Hydroclimatologie</b>	
Tab.3 : Les coordonnées de la station météorologique d'Achouat -Taher.	19
Tab.4 : Précipitation inter- annuelles de la Station d'Achouat -Taher (1988-2014).	20
Tab.5 : Précipitations moyenne mensuelle de la Station d'Achouat -Taher, (1988-2014).	21
Tab.6 : Température moyenne annuelle de la station d'Achouat- Taher, (1988-2014).	22
Tab.7 : Température moyenne mensuelle de la station d'Achouat-Taher, (1988-2014).	22
Tab.8 : L'Humidité relative moyenne mensuelle à la station d'Achouat- Taher, (1990-2014).	23
Tab.9 : L'évaporation moyenne mensuelle de la station d'Achouat-Taher, (1991-2008).	24
Tab.10 : La classification de "D'Euverte".	26
Tab.11 : Les valeurs de P/T déterminées par la Méthode d'Euverte.	26
Tab.12 : La Classification de « De Martonne ».	27
Tab.13 : Calcul l'ETP par la formule de Thornthwaite.	29
Tab.14 : Bilan hydrique selon Thornthwaite à la station d'Achouat-Taher, (1988 -2014)	30
Tab.15 : Calcul du R et I dans la plaine alluviale d'Oued Nil.	33
<b>Chapitre IV : Hydrogéologie</b>	
<b>Chapitre V : Matériel et méthode</b>	
<b>Chapitre VI : Résultats et discussion</b>	
Tab.16 : l'utilisation des engrais organiques pour culture sous serre	60
Tab.17 : l'utilisation des engrais chimiques pour la culture sous serre	60

## Listes des figures :

Titre	page
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b>	
Fig.1 : Localisation de la wilaya de Jijel	03
Fig.2 : Carte de la plaine alluviale d'Oued Nil.	04
Fig.3 : Carte d'altitude du bassin versant.	05
Fig.4 : Situation du bassin versant d'oued El Nil par rapport aux grands bassins versants de l'Algérie.	05
<b>Chapitre II : Géologie</b>	
Fig.5 : Schéma structural de la chaîne alpine de méditerranée occidentale (Durand Delga, 1969)	08
Fig.6 : Esquisse structurale du Nord-est Algérien D'après (W.Wilidi, 1983) (modifier par Surfer 11)	09
Fig.7 : Schéma structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010) in (Brines et Ben Goudbane, 2013)	12
Fig.8 : Coupe synthétique donnent l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010)	12
Fig.9 : Esquisse géologique de la région de Jijel (Provenant de la carte géologique d'El-Milia N°29, F. Ehrmann, 1926). (Ben Goudbane et Brines, 2013).	15
<b>Chapitre III : Hydroclimatologie</b>	
Fig. 10 : carte de situation géographique de la station de Taher (ANRH), (Sadoun, 2013).	18
Fig. 11 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993) (Sadoun, 2013)	19
Fig. 12 : Précipitations interannuelles de la Station d'Achouat -Taher	20
Fig. 13 : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouat - Taher, (1988-2014)	21
Fig. 14 : Températures moyennes annuelles de la station d'Achouat -Taher, (1988-2014)	22
Fig. 15: Températures moyennes mensuelles sur la station d'Achouat- Taher, (1988- 2014).	23
Fig. 16: Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle (1990-2014).	24
Fig. 17: Variation de l'évaporation moyenne mensuelle (1991-2008)	25
Fig. 18: Diagramme Ombrothermique de la station d'Achouat-Taher	26
Fig. 19: Représentation graphique du Bilan, station d'Achouat (1988 - 2014).	31
<b>Chapitre IV: Hydrogéologie</b>	
Fig. 20 : Carte de localisation des profils hydrogéologiques	36
Fig. 21 : Profils lithologique N°1.	37
Fig. 22 : Profils lithologique N°2 (Bechekite, 2005).	38
Fig. 23 : carte d'isoépaisseurs de la nappe aquifère d'oued Nil.	39
Fig. 24 : carte de substratum de la nappe aquifère d'Oued Nil.	40
Fig. 25: carte d'inventaire des forages réalisés dans la plaine d'Oued Nil.	41
Fig. 26: carte de perméabilité de la plaine alluviale d'Oued Nil.	42

Fig. 27: Carte de transmissivité de la nappe alluviale d'oued Nil	43
Fig. 28: Carte piézométrique Juillet 2012 de la nappe alluviale d'oued Nil	45
Fig. 29: Carte piézométrique Mars 2013 de la nappe alluviale d'oued Nil	46
Fig. 30: Carte piézométrique Avril 2015 la nappe alluviale d'Oued Nil.	47
<b>Chapitre V: Matériel et méthode</b>	
Fig. 31: Cycle d'azote.	50
Fig. 32: carte d'inventaire des points de prélèvement d'eau.	51
Fig. 33: Inventaire des points d'échantillonnage dans le sol.	52
Fig. 34: La sonde électrique.	52
Fig. 35: Carte d'inventaire des points d'eau 2012-2013	53
Fig. 36: Carte d'inventaire des points d'eau 2015.	54
Fig. 37: Prélèvement d'eau dans les puits.	54
Fig. 38: Prélèvement d'eau dans les forages.	55
Fig. 39: La filtration gravitaire.	55
Fig. 40: Spectrophotomètre UV-Visible.	56
Fig. 41: Echantillonnage dans le sol.	56
<b>Chapitre VI: Résultat et discussion</b>	
Fig. 42: carte de teneur en Ammonium NH <sub>4</sub> .	61
Fig. 43: carte de teneur en Nitrite NO <sub>2</sub> .	62
Fig. 44: carte de teneur en Nitrate NO <sub>3</sub> .	64
Fig. 45: carte de perméabilité de sol.	65
Fig. 46: carte de taux de nitrate dans le sol.	66

## *Liste des abréviations*

**OMS:** Organisation Mondiale du Santé

**ANRH:** Agence Nationale des Ressources Hydrologique

**DHW :** Direction Hydraulique de la Wilaya

**DSA :** Direction des Services Agricoles

**NO<sub>2</sub>:** Nitrite

**NO<sub>3</sub>:** Nitrate

**NH<sub>4</sub>:** Ammonium

**Mg/l :** Milligramme par Litre

**Kg N/ha :** Kilogramme d'Azote par Hectare

**T/ha :** Ton par Hectare

**S :** Sud

**N :** Nord

**E :** Est

**W :** Ouest

**Tab:** Tableau

**Fig:** Figure

**FAO:** Food and Agriculture Organization

# SOMMAIRE

<b>Introduction Générale</b>	01-02
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b>	
I.1.Situation géographique de la Wilaya de Jijel	03
I.2.Localisation de la zone d'étude	03
I.3.Morphologie et reliefs	04
I.4. Réseau hydrographique	05
I.5.Climat et végétations	05
I.6. Aspect socio-économique	06
I.6.1. Population	06
I.6.2. Activité économique	07
I.7. Les voies de communication	07
Conclusion	07
<b>Chapitre II : Géologie</b>	
Introduction	08
II.1. Géologie régionale	08
II.2.Aspect structural de la région d'étude	09
II.2.1. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne	09
II .2.1.1. Les formations du domaine interne (domaine Kabyle)	10
II.2.1.2.Les formations du domaine médian (Domaine des flysch)	10
II.2.1.3.Les formations du domaine externe (domaine tellien)	11
II.2.1.4. Les formations post-nappes	11
II.3. Aspect lithologique de la région d'étude	12
II.4. Géologie locale	13
II.5. Aspect Litho- stratigraphique de la zone d'étude	13
II.5.1. Terrain sédimentaires	13
II.5.2. Terrains métamorphiques	14
II.6. Classification des formations selon leur intérêt hydrogéologique	15
II.6.1. Terrain perméable	16
II.6.2. Terrain imperméables	16
II.7. Les capacités des réservoirs des terrains	16
Conclusion	17
<b>Chapitre III : Hydroclimatologie</b>	
Introduction	18
III.1. Etude climatologique	18
III.1.1. Les précipitations	19

III.1.1.1. Variation inter- annuelle des précipitations	20
III.1.1.2. Variations des précipitations moyennes mensuelles	21
III.1.2. La Température	21
III.1.2.1. Variations des températures moyennes annuelles	21
III.1.2.1. Variations des températures moyennes mensuelles	22
III.1.3. L'Humidité relative	23
III.1.4. L'évaporations	25
III.2. Régime climatique	25
III.2.1. Méthode de H. Gaussen et F. Bagnouls	25
III.2.2. Détermination de L'humidité du sol (méthode d'Euverte)	26
III.2.3. Indice de De. Martonne	27
III.3. Bilan Hydrologique	27
III.3.1. Calcul de l'évapotranspiration	28
III.3.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP):	28
III.3.1.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle ou déficit d'écoulement (De):	31
III.3.2. Détermination du ruissellement et de l'infiltration:	32
Conclusion	34
<b>Chapitre IV : Hydrogéologie</b>	
Introduction	35
IV.1. Aspect hydrogéologique	35
IV.1.1. Le remplissage Plio-Quaternaire	35
IV.1.2. Les formations dunaires	35
IV.2. La géométrie de l'aquifère :	36
IV.2.1. Profils lithologiques	36
IV.2.2. Carte iso-épaisseur de l'horizon aquifère	38
IV.2.3. Carte du substratum	39
IV.3. Hydrologie souterraine	40
IV.3.1. Détermination des paramètres hydrodynamiques	40
IV.3.1. 1. carte de perméabilité	41
IV.3.1. 2. Carte de transmissivité	42
IV.3.2. Etude piézométrique de la nappe alluviale	43
IV.3.2. 1. Analyse des cartes piézométriques	44
IV. 3. 2. 1. 1. Cartes piézométriques 2012-2013	44
IV. 3. 2. 1. 2. Cartes piézométriques 2015	46
Conclusion	47
<b>Chapitre V : Matériels et Méthodes</b>	
V.1. Généralités sur la pollution de l'eau	48
V.1. 1. Types de pollution	48
V. 1. 1. 1. Pollution d'origine agricole	48

V. 1. 2. Les activités agricoles source de Nitrate	49
V. 1. 3. Cycle d'Azote	50
V. 2. Echantillonnage	51
V. 3. Positionnement géographique des points de mesure piézométrique	52
V. 3. 1. Mesure du niveau piézométrique	52
V. 3. 2. Méthodes de mesure	53
V. 3. 3. Choix des stations de mesure	53
V. 4. Techniques de prélèvements d'eau	54
V. 4. 1. Conservation des échantillons	55
V. 5. Préparation des échantillons	55
V. 6. Dosage des sels Nutritifs dans l'eau	55
V. 7. Dosage des éléments nutritifs (Nitrate) dans le sol	56
<b>Chapitre VI : Résultats et discussions</b>	
Introduction	58
VI. 1. Le développement agricole et l'utilisation des engrais dans la région	58
VI. 1. 1. Développement des surfaces agricoles	58
VI. 1. 2. L'utilisation des engrais	59
VI. 2. Répartition des éléments Nutritifs dans les eaux souterraines	61
VI. 2. 1. Répartition de teneur en Ammonium NH <sub>4</sub>	61
VI. 2. 2. Répartition des teneurs en Nitrite NO <sub>2</sub>	62
VI. 2. 3. Répartition des teneurs en Nitrate NO <sub>3</sub>	63
VI. 3. Echantillonnage du sol	64
VI. 3. 1. Carte de perméabilité du sol	65
VI. 3. 2. Répartition des teneurs en nitrate dans le sol	65
Conclusion	67
<b>Conclusion Générale</b>	
<b>Recommandations</b>	
	68-69



## INTRODUCTION GENERALE

Depuis quelques années, la protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la qualité des eaux, est devenue une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement (**Boughrara et Lacaze, 2009**). En effet, la détérioration de la qualité des ressources en eau constitue une menace aussi importante que celle liée au déséquilibre quantitatif (**Rahoui et al., 2000**).

Selon la FAO, l'agriculture est l'activité économique la plus consommatrice d'eau puisqu'elle prélève à elle seule près de 70% de toute l'eau mobilisée des cours d'eau, lacs et nappes souterraines à travers le monde, pouvant atteindre jusqu'à 95% dans les pays en développement (**Keddal et Yao N'dri, 2007**).

L'agriculture est actuellement à l'origine d'une pollution de l'eau préoccupante dans certaines régions d'Europe et des Etats-Unis, et dans d'autres pays comme l'Australie, le Canada et la Nouvelle-Zélande, mais surtout dans les pays méditerranéens où, pour des raisons climatiques défavorables, l'irrigation avec des eaux de qualité parfois médiocre constitue un impératif technique incontournable (**OCDE, 2004**). La pollution des eaux d'origine agricole est généralement liée aux nitrates et/ou aux phosphates qui sont entrés dans les compositions chimiques des engrais et des pesticides.

La région d'Oued Nil affiliée à la wilaya de Jijel est un pôle agricole national. Ce développement est d'une part la conséquence des potentialités hydriques, climatiques et édaphiques qui caractérisent la région et d'autre part il est le résultat d'un processus long de réformes mis en place par l'Etat. Les exploitations agricoles ont donné naissance, à un important bassin de production pour les cultures sous- serres (9548 serres en 2014). Ce niveau d'intensification de l'agriculture s'est accompagné d'une application importante d'intrants agrochimiques ce qui constitue une source potentielle de contamination des eaux souterraines surtout par les nitrates.

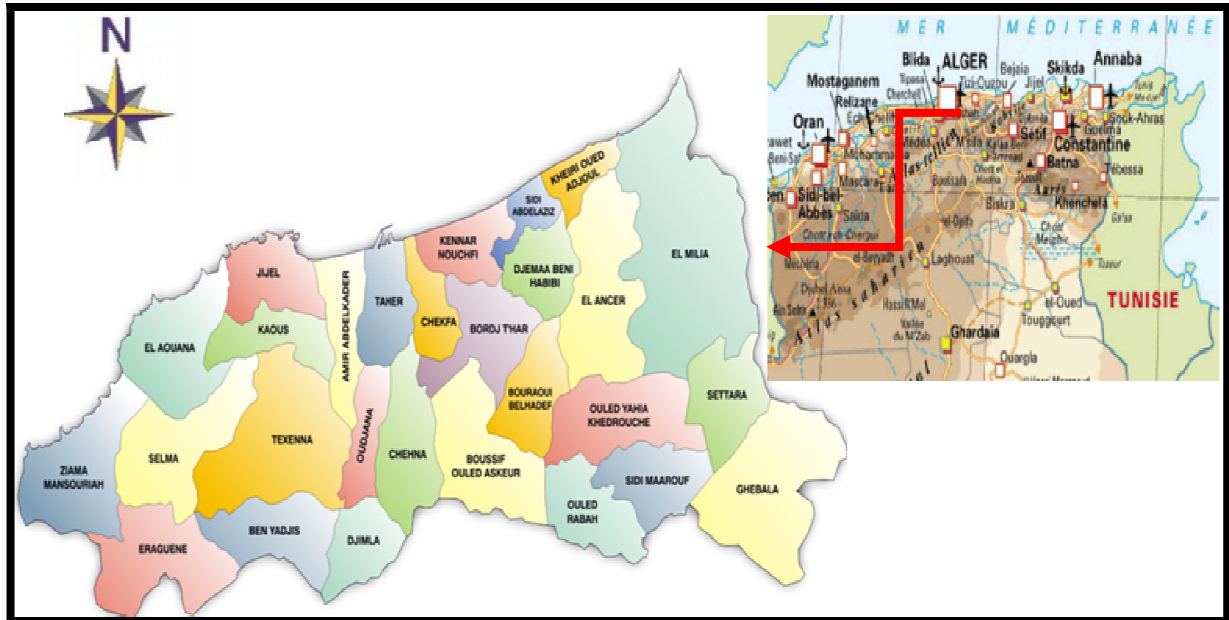
L'objectif de notre étude est d'évaluer le niveau de la contamination des eaux souterraines et de sol de la plaine alluvial d'Oued Nil par les résidus des engrais chimiques, cette évaluation est importante vue la forte influence anthropique dans cette région à cause de l'activité agricole qui est très intense, c'est dans cette optique que nous initions notre recherche en mettant sur pied le plan de travail suivant :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation du milieu : nous nous sommes donc attachés à définir le cadre général de notre région d'étude dans le but d'en tirer une monographie géographique et géologique.

- Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude des paramètres climatiques, afin de calculer le bilan hydrique de notre région d'étude
- Le troisième chapitre traite de l'hydrogéologie de la nappe alluviale d'Oued Nil, en définissant sa géométrie, ses paramètres hydrodynamiques par l'interprétation des essais de pompages et sa piézométrie.
- Le quatrième chapitre concerne les études hydrochimiques des eaux de la nappe alluviale d'Oued Nil et de la pollution nitrique dans l'eau et le sol. Ce chapitre est basée sur :
  1. Une étude bibliographique sur les engrais chimiques (cas de développement agricole), leur types, leur devenir, leur impact sur l'eau et l'environnement.
  2. La partie expérimentale qui consiste d'abord en une enquête de terrain réalisée auprès des agriculteurs et des structures administratives agricole de la région d'Al Kennar, Taher, Chakfa pour estimer les quantités des engrais communément utilisé. Ensuite en complément cette enquête par une description générale du point de vue sur la qualité des cultures. Ainsi que la méthodologie d'échantillonnage et les différentes techniques analytiques utilisées pour la recherche de la quantité des éléments nutritives (Ammonium  $\text{NH}_4^+$ , Nitrates  $\text{NO}_3^-$ , Nitrites  $\text{NO}_2^-$ ) dans les échantillons prélevés.
  3. En fin l'interprétation des résultats des analyses chimiques, en mettant l'accent sur la relation agriculture-pollution nitrique.

### I.1.Situation géographique de la Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est située au nord de l'Algérie (*fig.1*), dans la région de la petite Kabylie. Elle est limitée administrativement au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par la wilaya de Bejaia, à l'est par la wilaya de Skikda, au sud par la wilaya de Mila et en fin au sud-Est par la wilaya de Constantine.



*Fig. 1 : Localisation de la wilaya de Jijel.*

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

La plaine alluviale d'oued Nil fait partie des plaines côtières, à une distance de 20 Km au Nord-Est de la ville de Jijel. Elle couvre une superficie de 58 Km<sup>2</sup> et elle est limitée au Nord par la mer Méditerranéenne, au Sud par les reliefs de la petite Kabylie (commune de Chakfa et Taher), à l'Est par les communes de Chakfa et El-Kennar et à l'ouest par la commune de Taher (**Guerraichi et Bouchekkouf, 2013**).

Dans la zone aval de la plaine alluviale (*fig.2*), les fortes précipitations contribuent par ruissellement à engorgé les zones basses, vallées des oueds et ghedirs, au fond de ces ghedirs l'eau persiste pendant la plus grande partie de l'année. En amont la morphologie de ces plaines est caractérisée par une succession des crêtes arrondies, dépassant souvent 100 m d'altitude.

Les plaines proprement dites sont étagée en différents niveaux de terrasses Quaternaires de topographie sub-plane (**Lahtihet, 1983**).

## Introduction

La géologie est un outil précieux au service de l'étude hydrogéologique, Elle permet de définir les formations et les structures susceptibles de constituer des réservoirs, et d'estimer leurs importances et capacités.

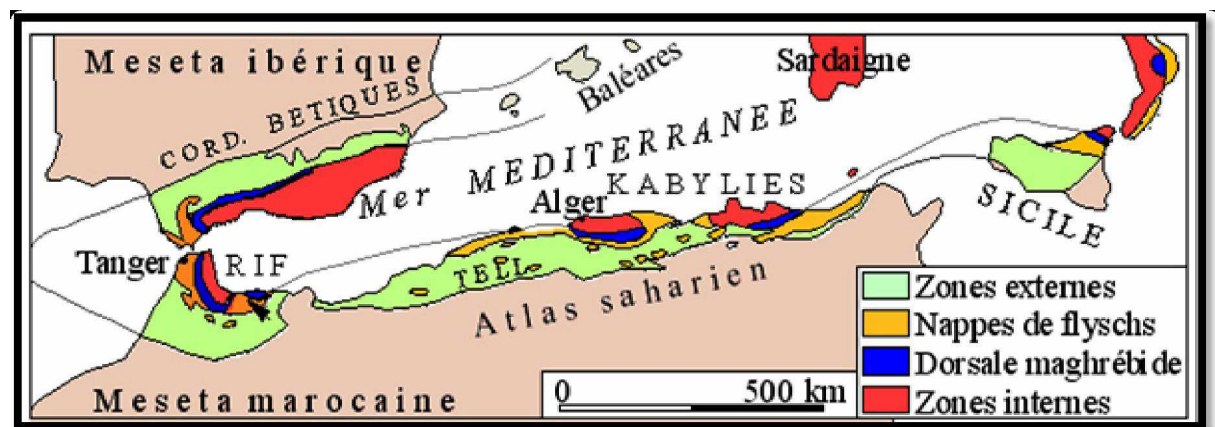
### II.1. Géologie régionale

La plaine alluviale d'Oued Nil fait partie intégrante du grand bassin néogène de Jijel, Il est localisé dans la partie Nord - orientale de l'Algérie. Cette dernière appartient à la branche Nord de la chaîne dénommée " **Maghrébides**".

Le massif de la petite Kabylie fait partie du segment maghrébin de la chaîne Alpine. Cette dernière montre deux branches principales, disposées de part et d'autres de la mer Méditerranée (*Durand Delga, 1969*).

- ✓ Une branche septentrionale (Européenne), représentée par les Cordillères Bétiques du Sud de l'Espagne (Péninsule Ibérique).
- ✓ Une branche méridionale ou Maghrébides, qui regroupe les chaînes rifaines, telliennes, Nord Siciliennes, et Calabraises (*fig. 5*).

En Algérie la chaîne Alpine s'étend linéairement sur plus de mille deux cents kilomètres (**1200Km**), d'Ouest en Est le long du littoral méditerranéen. Cette dernière, constitue l'un des segments de la grande chaîne des Maghrébides qui s'étale sur plus de deux milles kilomètres (**2000Km**), allant de Gibraltar à la Calabre (*Durand Delga, 1971*).



Zone d'étude

*Fig.5: Schéma structural de la chaîne alpine de méditerranée occidentale (D'après Durand Delga, 1969).*

## Introduction

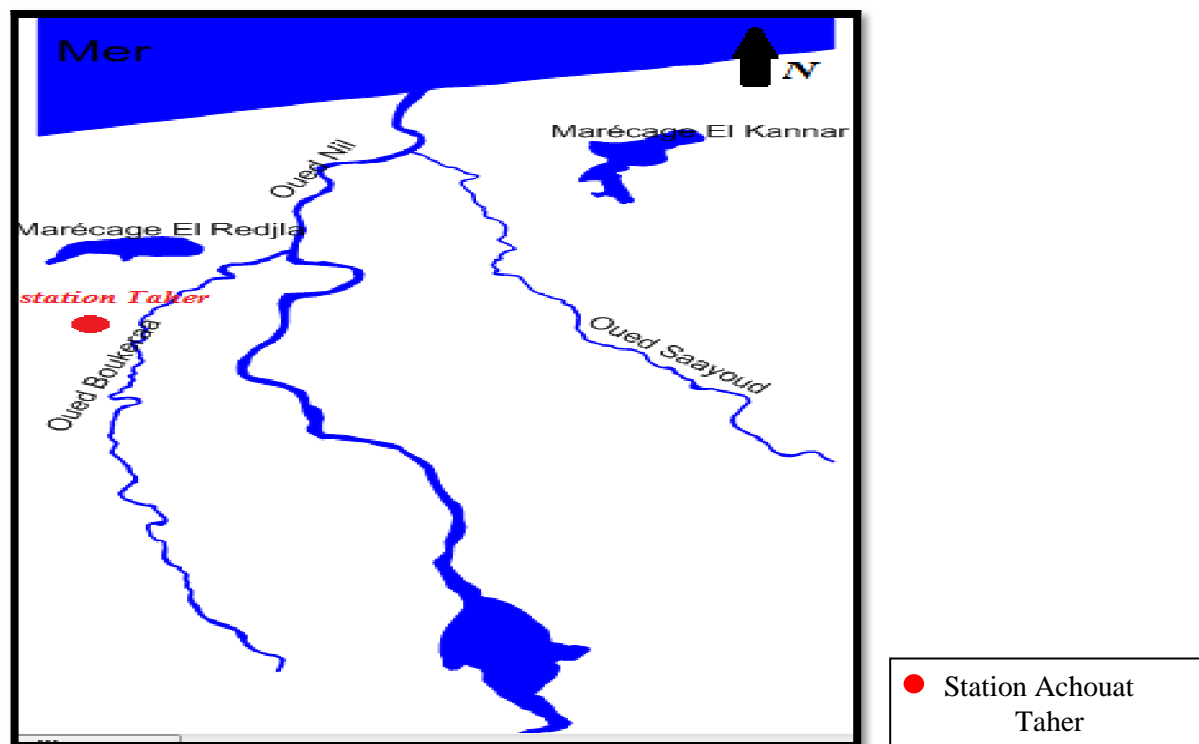
Dans le cadre de cette étude hydrologique, nous s'attacherons plus particulièrement à la détermination des apports d'eau dans la zone d'étude en mettant l'accent sur les quantités reçues et les quantités perdues des eaux par évaporation.

Dans ce cas le but est d'aboutir à un bilan hydrique ainsi que la reconnaissance du régime caractéristique du fonctionnement de tout le système hydrologique qui influe directement sur le comportement piézométrique et hydrodynamique des aquifères dans la zone d'étude.

### III.1. Etude climatologique

Les conditions climatiques jouent le rôle principal pour déterminer le régime des cours d'eau. Elles sont utilisées pour définir les caractéristiques des eaux.

Parmi les facteurs hydroclimatologiques étudiés, la pluviométrie demeure la plus importante ainsi que la température de l'air et d'autres facteurs secondaires tels que le vent, l'évaporation et l'humidité. Dans cette étude hydroclimatique, les données utilisées appartiennent à la station la plus proches de la plaine, qui est la station météorologique d'Achouât-Taher (*fig.10*) et (*tab.3*).



*Fig. 10: carte de situation géographique de la station de Taher*

**Tab.3 : Les coordonnées de la station météorologique d'Achouât -Taher.**

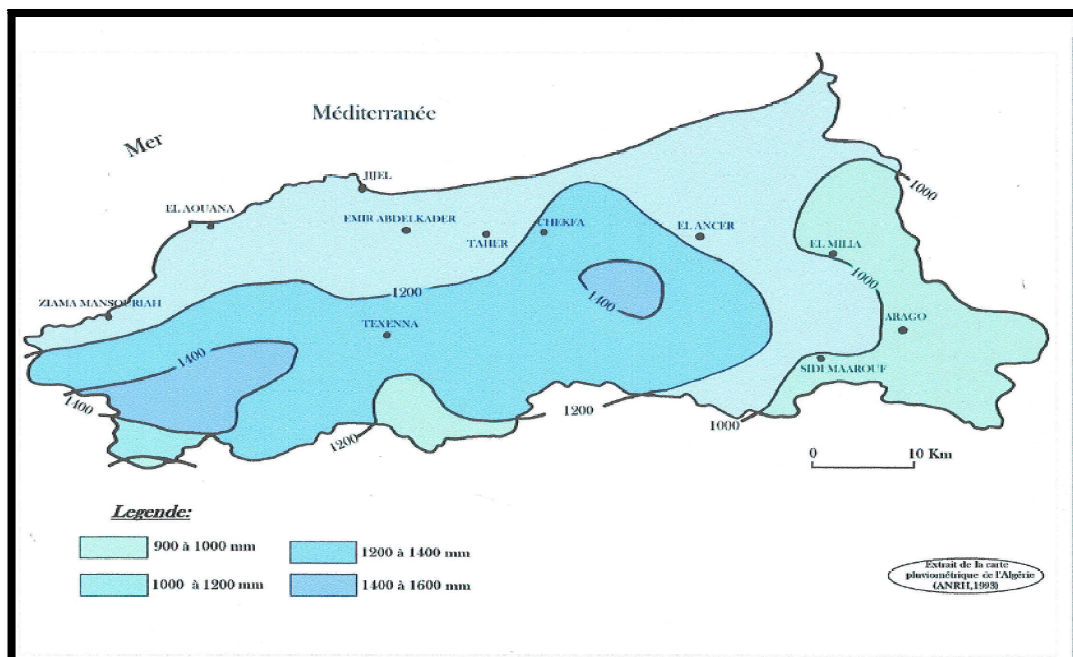
Station	Les coordonnées Lambert		Altitude (m)
	X (Km)	Y (Km)	
Jijel (Achouat, Taher)	776,30	394,00	4

### III.1.1. Les précipitations

On englobe sous le terme de précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie, bruine) que solide (neige, grêle). C'est également l'élément le plus important du cycle de l'eau. En plus de son influence sur les eaux de surface, les précipitations sont une influence sur le volume d'eau emmagasinée, par conséquent, abaissant ou augmentant le niveau piézométrique de la nappe. Dans notre cas de la plaine d'Oued Nil on est intéressé seulement par les précipitations liquides.

On appelle hauteur de précipitation, la hauteur en mm du volume total des précipitations exprimé en eau, par unité de la surface collectrice et pour des durées variables (jour, mois, saisons ou années). Pour cela nous allons traiter les données obtenues sur la station indiquée dans le tableau ci-dessous.

La Wilaya de Jijel est caractérisée par une pluviométrie décroissante du Nord vers le Sud (*fig.11*). Elle est assez élevée sur les monts de Texanna avec plus de 1200 mm/an, alors qu'au niveau des plaines les valeurs varient de 900 à 1000 mm/an (**Berkane, 2005**).



**Fig. 11: Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993) in (Sadoun, 2013).**

III.1.1.1. Variation inter- annuelle des précipitations

La variation interannuelle des précipitations pour la période de 1988 à 2014 est sur le graphique et dans le (tab. 4) et la (fig.12). Pour la station de mesure on remarque que la hauteur annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 647,2mm pour l'année 1996-1997 à 1429.4mm pour l'année 2002-2003, tan disque le module pluviométrique interannuel est égale à 1007,41 mm, aussi on note que le nombre des années qui ont une pluviométrie supérieure au module pluviométrique est de 14 ans. Cependant le nombre d'année qui présentent des précipitations inférieures à la moyenne annuelle est de 12 ans.

Tab.4: Précipitation inter- annuelles de la Station d'Achouat -Taher, période de (1988-2014).

Année	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Année	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Inter-annuelle (mm)	1091.6	731	1251	1106.6	979	757.8	1001.5	1107.8	647.2	1129.8	1019	863.5	797.9
Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
P inter-annuelle (mm)	655	1429.4	1042.4	1242.9	876.9	813	1118.7	955	1008.4	1027.8	1389.5	1167.1	983

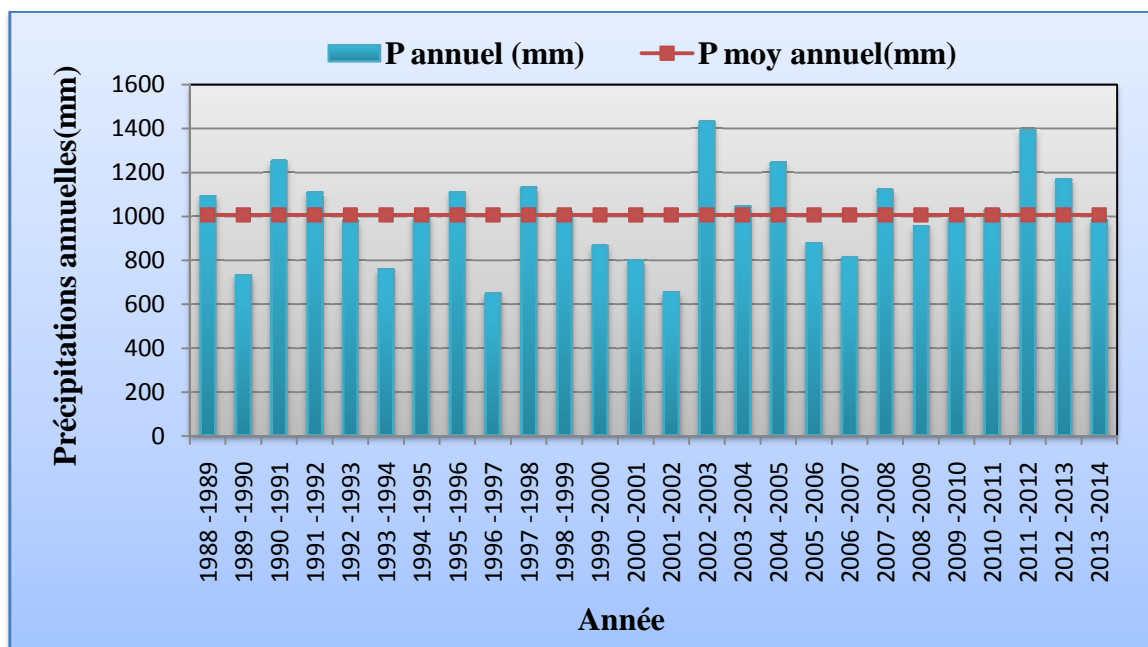


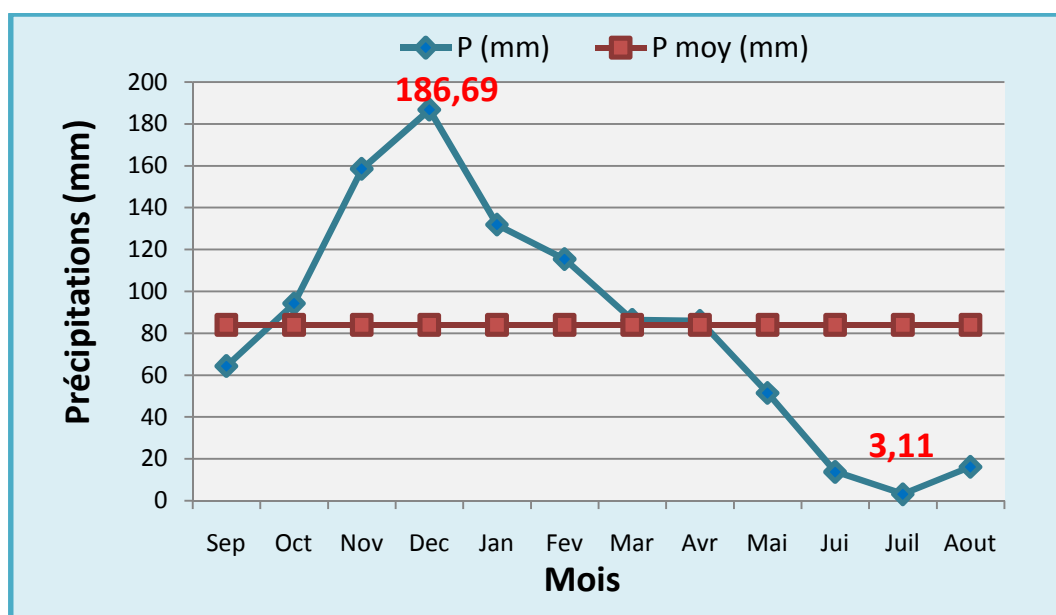
Fig.12 : Précipitations inter-annuelles de la Station d'Achouat -Taher, (1988-2014).

**III.1.1.2. Variations des précipitations moyennes mensuelles**

Les précipitations moyennes mensuelles (tab. 5) et (fig.13) montrent plus clairement les mois de hautes précipitations des mois sec.

**Tab.5 : Précipitations moyenne mensuelle de la Station d'Achouat -Taher, (1988-2014).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Totale
P (mm) Moyenne mensuelle	64.31	94.16	158.43	186.69	131.8	115.35	86.31	85.83	51.44	13.75	3.11	16.18	1007.41



**Fig. 13: Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouat, (1988-2014).**

D'après l'histogramme on observe que le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec une valeur de 186,69 mm, tandis que le mois le plus sèche est celle de juillet de 3,11mm.

**III.1.2. La 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 réelle), (Fenazi, 2008). Les données de la Température qui feront l'objet de notre étude nous ont été fournies par la station météorologique d'Achouat –Taher, ces données de température couvre une série de 26 ans (1988-2014).

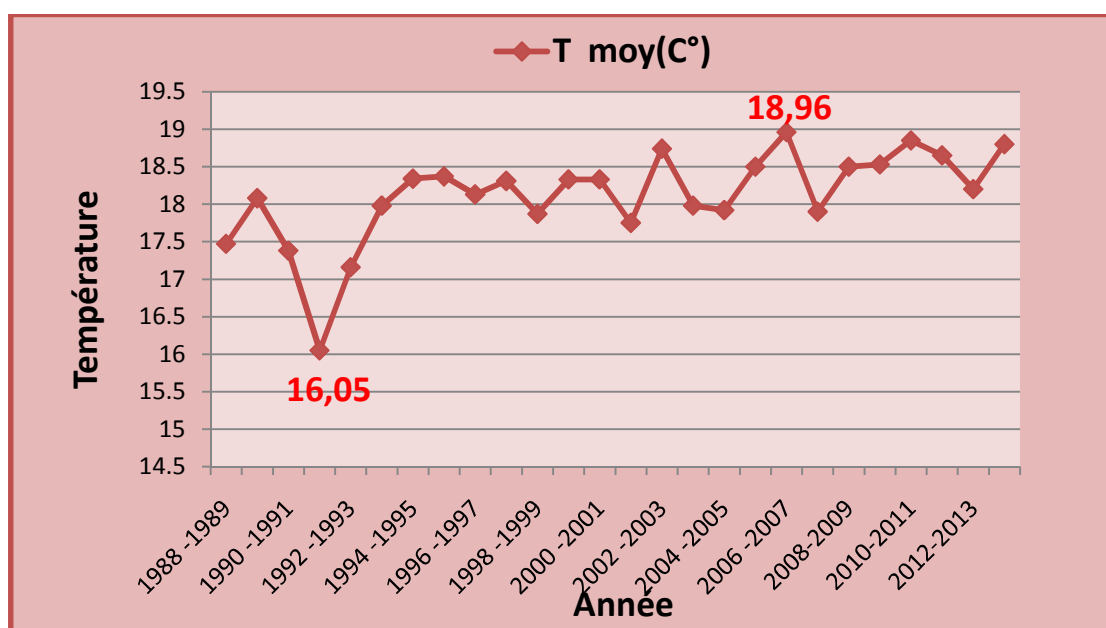
**III.1.2.1. Variations des températures moyennes annuelles**

Le graphique de variation des températures moyennes annuelles (tab. 6) et (fig.14) pour la période considéré (1988-2014), montre une certaine stabilité dans les valeurs des températures, avec un intervalle de variation qui échelonne en générale entre 1 à 2°C. On note que l'année la plus froide est celle de 1990-1991 avec une moyenne de 16,05°C, et la plus chaude est celle de 2006-2007 où la moyenne est de 18,96°C.



**Tab.6 : Température moyenne annuelle de la station d'Achouat- Taher, (1988-2014).**

Année	1988 1989	1989 1990	1990 1991	1991 1992	1992 1993	1993 1994	1994 1995	1995 1996	1996 1997	1997 1998	1998 1999	1999 2000	2000 2001
T (°C) moyennes annuelles	17.47	18.08	17.38	16.05	17.16	17.98	18.34	18.37	18.13	18.31	17.87	18.33	18.33
Année	2001 2002	2002 2003	2003 2004	2004 2005	2005 2006	2006 2007	2007 2008	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014
T (°C) moyennes annuelles	17.75	18.74	17.98	17.92	18.5	18.96	17.9	18.5	18.53	18.85	18.65	18.2	18.8



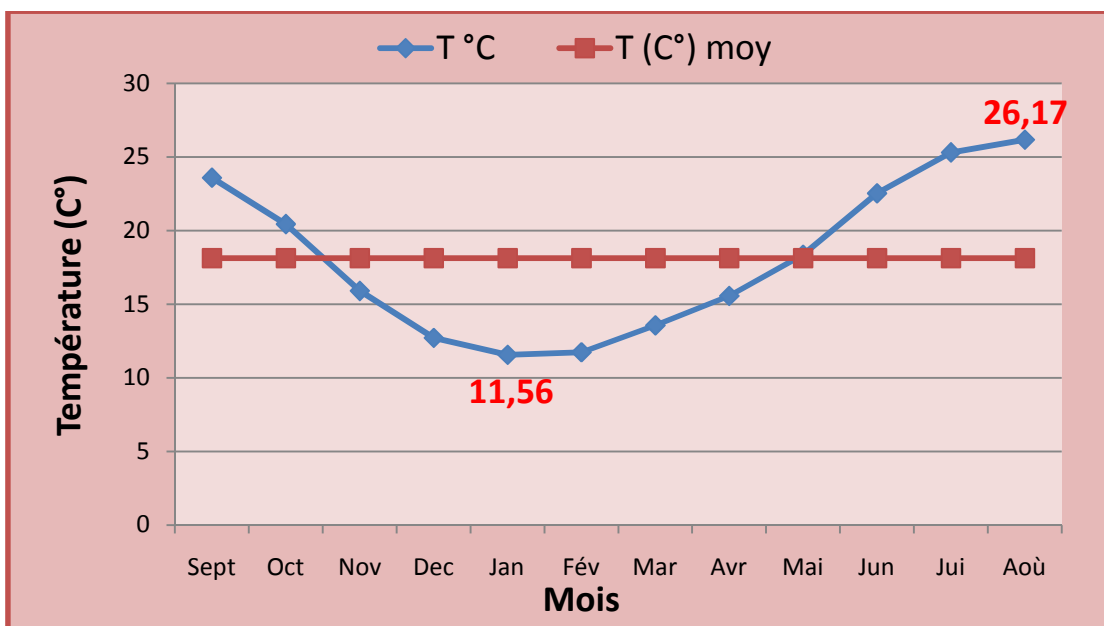
**Fig.14: Températures moyennes annuelles de la station d'Achouat -Taher, (1988-2014)**

**III.1.2.1. Variations des températures moyennes mensuelles**

Les données observées pendant une période de 26 an à la station d'Achouat-Taher (fig.15) et (tab. 7), fait ressortir que les températures moyenne enregistrées prennent en générale des valeurs moyennes avec un maximum enregistré au mois d'Aout 26, 27°C et un minimum pendant le mois de Janvier 11,56°C.

**Tab.7 : Température moyenne mensuelle de la station d'Achouat- Taher, (1988-2014).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Moy
T(C°) Moyenne mensuelle	23.59	20.44	15.9	12.71	11.56	11.73	13.56	15.56	18.36	22.53	25.31	26.17	18.12



*Fig.15: Températures moyennes mensuelles sur la station d'Achouat- Taher, (1988- 2014).*

### III.1.3. L’Humidité relative

Elle 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 également elle contrôle le taux d’évaporation du sol et de la couverture (Bellour et Boudouda, 2010). Les valeurs obtenues de l’humidité relative sont présentées dans le (tab. 8) et la (fig. 16).

La région d’étude est caractérisée par une humidité élevée durant tout l’année, nous pouvons dire que la variation de l’humidité est homogène avec des moyennes mensuelles variant entre 71.82 % et 78.02 %.

**Tab.8 : L’Humidité relative moyenne mensuelle à la station d’Achouat- Taher, (1990-2014).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Humidité Moyenne mensuelle (%)	74.65	74.69	76.23	76.98	78.02	77.47	76.48	76.50	77.21	74.33	73.86	71.82

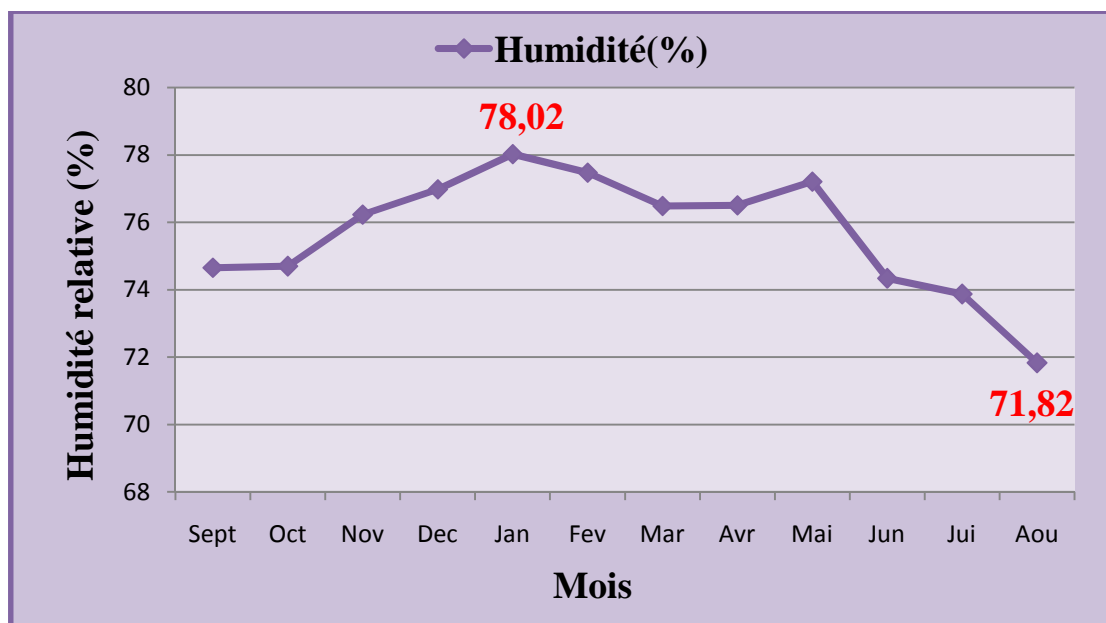


Fig.16: Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle (1990-2014).

### III.1.4. L'évaporations

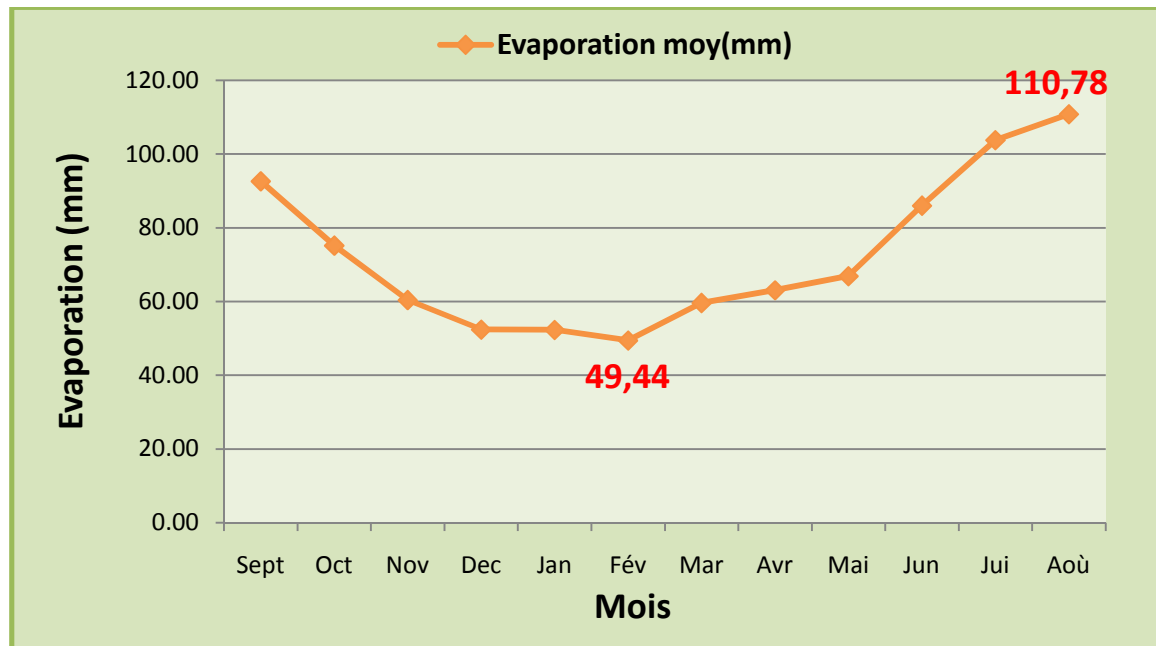
L'évaporation est le processus physique au cours duquel un liquide se transforme en vapeur. La transformation en vapeur d'un solide tel que la neige ou la glace, sans passer par l'état liquide, s'appelle la sublimation.

De grandes quantités d'eau sont évaporées par le processus de la transpiration des plantes qui, par leurs racines, vont puiser dans la profondeur du sol l'eau nécessaire à leur développement et à leur vie; cette évaporation biologique est appelée transpiration. On groupe sous le nom d'évapotranspiration l'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration. La hauteur de lame d'eau ainsi évapotranspirés sur un bassin versant pendant une période déterminée, correspond à toute l'eau évaporée par les plans d'eau, les sols et forêt transpirée par le couvert végétal au cours de cette période (Thebe. b et., al, 1999).

La variation de l'évaporation moyenne mensuelle est proportionnelle à la température. On note que la valeur minimum de l'évaporation moyenne mensuelle est 49,44 mm au mois de Février, par contre la valeur maximum est 110,78 mm au mois d'Août, (fig.17) et (tab. 9).

Tab.9 : L'évaporation moyenne mensuelle de la station d'Achouât-Taher, (1991-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
L'évaporation moyenne mensuelle (mm)	92.61	75.17	60.39	52.39	52.28	49.44	59.61	63.06	66.89	86.00	103.78	110.78



*Fig.17: Variation de l'évaporation moyenne mensuelle (1991-2008)*

### III.2. Régime climatique

#### III.2.1. Méthode de H. Gaussen et F. Bagnouls

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est dit sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades"; cette 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.

L'analyse de la représentation graphique des données de notre station (*fig.18*), nous a permis de distinguer deux périodes :

- ❖ L'une sèche qui s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au début mois de septembre.
- ❖ L'autre hivernale (humide), s'étale du mois de Septembre jusqu'aux la fin du mois de Mai.

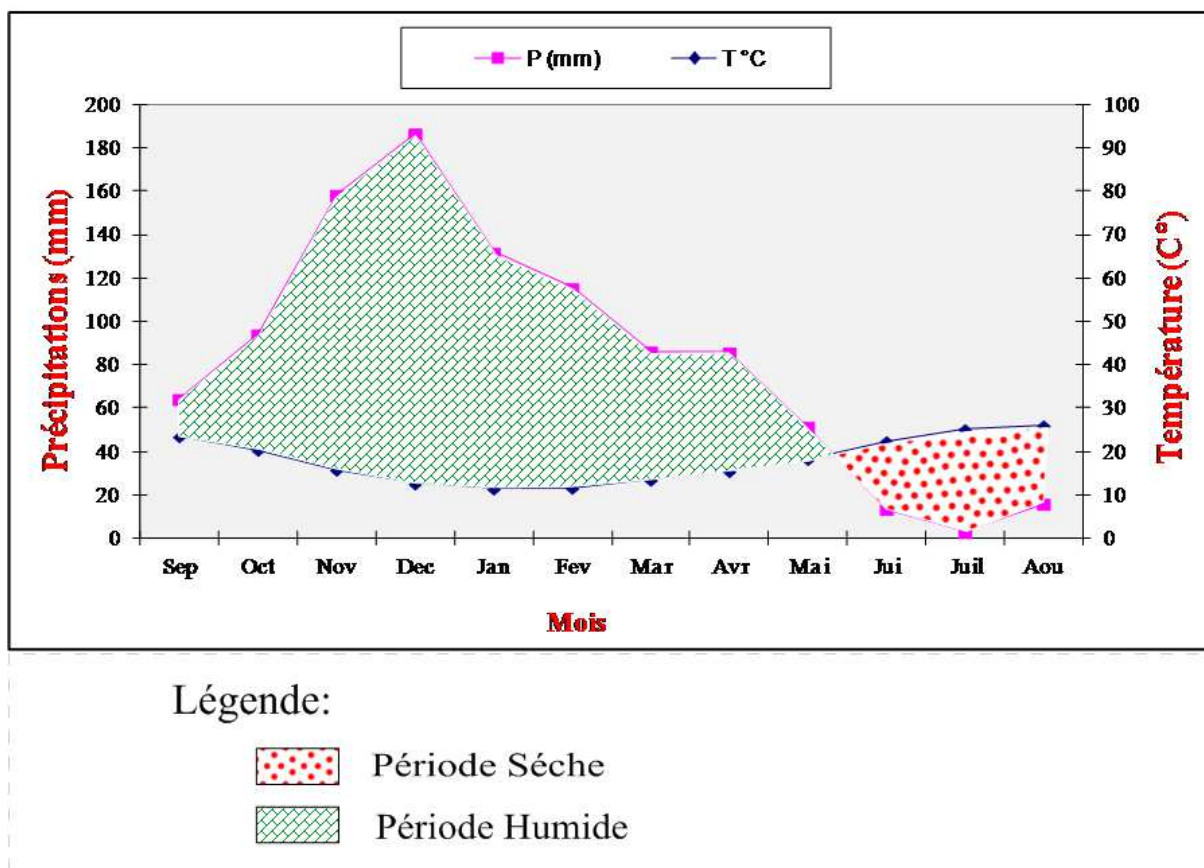


Fig.18 : Diagramme Ombrothermique de la station d'Achouat-Taher

**III.2.2.Détermination de L'humidité du sol (méthode d'Euverte)**

Cette méthode est basée sur l'établissement d'un rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles (P/T) d'une même période.

Le rapport (P/T) donne la valeur de l'humidité du sol et permet de définir 4 types de régimes, (Berkane, 2011) (tab. 10) et (tab. 11).

**Tab. 10 : La classification de "D'Euverte".**

Rapport (P/T)	$P/T < 1$	$1 < P/T < 2$	$2 < P/T < 3$	$P/T > 3$
Le régime	Très sec	sec	Subhumide	humide

**Tab. 11: Les valeurs de P/T déterminées par la Méthode d'Euverte.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Année
P (mm)	64,31	94,16	158,43	186,69	131,8	115,35	86,31	85,83	51,44	13,75	3,11	16,18	1007,41
T moy (°C)	23,59	20,44	15,9	12,71	11,56	11,73	13,56	15,56	18,36	22,53	25,31	26,17	18,12
P/T	2,72	4,60	9,96	14,68	11,40	9,83	6,36	5,51	2,80	0,61	0,12	0,61	5,77

D'après les résultats du tableau ci-dessus on constate que la région d'étude est soumise à trois types de régime ;

- Un régime très sec durant les mois de Juin, Juillet et Aout
- Un régime subhumide durant le mois de Septembre et Mai.
- Un régime humide s'étale du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.

### III.2.3. Indice de De. Martonne

En 1923, le géographe "De Martonne" a défini l'indice de l'aridité qui est fonction de deux paramètres climatiques : la température et les précipitations selon la formule suivante :

$$A = P / (T + 10)$$

Avec : **P** : précipitations moyennes annuelles (mm).

**T** : température moyenne annuelle (°C).

**A** : indice de "De Martonne". (Tab. 12)

**Tab.12 : La Classification de « De Martonne ».**

Indice	A<5	5<A<7.5	7.5<A<10	10<A<20	A>20
Type de climat	Hyperbolique	Désertique	Steppique	Semi-aride	Tempéré

Pour le cas de la région de la plaine d'Oued Nil :

$$P = 1007,41 \text{ mm}, T = 18,12 \text{ C}^\circ \rightarrow A = 35,82$$

Selon "De Martonne", une valeur de A supérieur à 20 caractérise un milieu tempéré, et c'est le cas de notre région.

### III.3. Bilan Hydrologique

L'établissement d'un bilan hydrologique est d'une grande nécessité afin d'évaluer les réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans le secteur d'étude.

Le bilan est établi selon la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + W$$

- **P**: désigne les précipitations moyennes annuelles en (mm).
- **ETR**: l'évapotranspiration réelle en (mm).
- **R**: désigne le ruissellement en (mm).
- **I**: désigne l'infiltration en (mm).
- **W**: variation des réserves en mm qui peut être considéré comme négligeable.

### III.3.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est la restitution d'eau à l'atmosphère à partir de la surface terrestre. Elle englobe l'évaporation proprement dite qui est un processus physique plus la transpiration des végétaux, phénomène tout à fait biologique.

L'évapotranspiration qui est fonction du climat, est un élément très important pour l'établissement d'un bilan hydrologique. Faute d'appareils de mesure, il existe des formules d'approximations qui traduisent le phénomène sous forme analytique, parmi lesquelles: la formule de Thornthwaite (1948).

#### III.3.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Pour calculer l'ETP, on a utilisé la formule de Thornthwaite qui convient très bien à ce climat intermédiaire (sub humide-humide).

$$\mathbf{ETP = 16[10T/I]^a}$$

Avec:

**ETP** : L'évapotranspiration potentielle en (mm).

**T** : La température moyenne mensuelle en °C.

**I** : L'indice thermique annuel :  $I = \sum_{i=1}^{12} i$ ,

**i** : indice thermique mensuel déterminé par l'expression :  $i = (T/5)^{1,514}$  ;

**a** : coefficient calculé par la formule  $a = 1.6 \left( \frac{I}{100} \right) + 0.5$  ;

**ETPc** : L'évapotranspiration potentielle corrigée est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{ETPc = ETP * K}$$

Ou:

**K** : coefficient de correction qui dépend du temps et de la latitude ;

Les résultats de calcul de l'ETP par la méthode C.W. Thornthwaite sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tab. 13: Calcul l'ETP par la formule de Thornthwaite.**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Année
P (mm)	64,31	94,16	158,43	186,69	131,80	115,35	86,31	85,83	51,44	13,75	3,11	16,18	1007,41
T (C°)	23,59	20,44	15,90	12,71	11,56	11,73	13,56	15,56	18,36	22,53	25,31	26,17	18,12
I	10,47	8,42	5,76	4,10	3,55	3,63	4,52	5,57	7,16	9,76	11,65	12,25	86,84
ETP (mm)	104,72	79,98	49,88	32,74	27,39	28,15	36,98	47,89	65,37	96,05	119,54	127,29	815,98
K	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	
ETPc (mm)	107,86	77,58	42,89	27,82	23,82	23,92	38,08	52,67	79,09	117,18	148,22	147,65	886,78

ETPc = 886.78 mm, soit 88.02 % des précipitations.

D'après Thornthwaite un bilan hydrologique mensuel peut être établi par l'intégration des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P). Cette méthode permet l'estimation, à chaque mois les paramètres suivants:

**ETR:** l'évapotranspiration réelle

**D<sub>a</sub>** : le déficit agricole; ( $D_a = ETP - (P + RFU)$ )

**W<sub>s</sub>** : l'excédent, water surplus

**Exc + ETR = P**

**D<sub>a</sub> + ETR = ETP**

Pour cela il faut tout d'abord calculer la RFU (réserve facilement utilisable) contenue dans le sol. Thornthwaite utilisait une valeur moyenne de RFU égale à 100 mm

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants:

- ✓ Si  $P > ETP$ :  $ETR = ETP$  ; il reste une quantité d'eau,  $P - ETP$  qui va alimenter la RFU, s'il reste son maximum (100 mm), on va avoir un excédent sous forme de ruissellement.
- ✓ Si  $P < ETP$  et  $RFU = 0$  :  $ETR = P$ .
- ✓ Si  $P < ETP$  et  $RFU \neq 0$ 

$$\left\{ \begin{array}{l} P + RFU > ETP \longrightarrow ETR = ETP \\ P + RFU < ETP \longrightarrow ETR = P + RFU \end{array} \right.$$
- ✓ Si  $P = ETR$ : les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol .Il n'y aura pas de  $W_a$  pour alimenter le RFU.
- ✓ En fin, si malgré l'apport de la RFU et de l'ETR reste toujours inférieur à l'ETP, il va avoir un Déficit agricole (**D<sub>a</sub>**) tel que :  $D_a = ETP - ETR$

Donc :  $D_a = ETP_i - (P_i + RFU_{i-1})$

Où :



**i** : mois en cours ;

**i-1** : mois précédent.

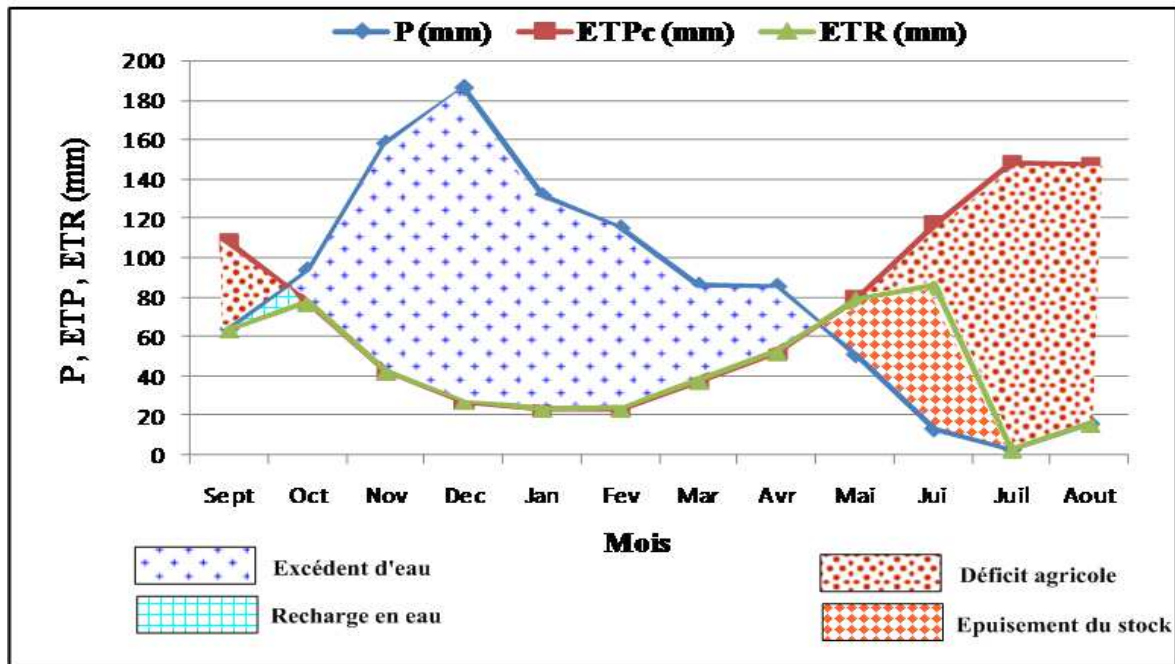
**Tab. 14: Bilan hydrique selon Thornthwaite a la station d'Achouat-Taher, (1988 – 2014)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Année
P (mm)	64,31	94,16	158,43	186,69	131,80	115,35	86,31	85,83	51,44	13,75	3,11	16,18	1007,41
ETPc (mm)	107,86	77,58	42,89	27,82	23,82	23,92	38,08	52,67	79,09	117,18	148,22	147,65	886,78
P-ETP (mm)	-43,55	16,58	115,54	158,87	107,98	91,43	48,23	33,16	-27,65	-103,43	-145,11	-131,47	/
RFU	0	16,58	100	100	100	100	100	100	72,35	0	0	0	/
E'TR (mm)	64,31	77,58	42,89	27,82	23,82	23,92	38,08	52,67	79,09	86,1	3,11	16,18	535,57
Da	43,55	0	0	0	0	0	0	0	0	31,08	145,11	131,47	351,21
Ws	0	0	32,12	158,87	107,98	91,43	48,23	33,16	0	0	0	0	471,79

Le bilan hydrologique (*tab.14*) (*fig.19*) pour une période de 26 ans (1988-2014) à la station d'Achouat fait ressortir que:

$$\text{Exc} + \text{ETR} = \text{P} / \text{Da} + \text{ETR} = \text{ETP}$$

- ✚ Les précipitations deviennent supérieures à l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- ✚ La RFU est a son maximum de 100 mm du mois de Novembre jusqu'à la fin d'Avril, ou on totalise un excédent de 471.79mm avec un pic au mois de Décembre 158.87mm.
- ✚ Par ailleurs, le RFU commence à diminuer au début du mois de Mai, pour s'épuiser et devenir nulle du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre, avec un déficit agricole de l'ordre de 351.21 mm. C'est la période déficitaire, où on doit recouvrir d'avantage à l'irrigation.



*Fig.19 : Représentation graphique du Bilan, station d'Achouat (1988 - 2014).*

### III.3.1.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle ou déficit d'écoulement (De)

L'évapotranspiration réelle ou déficit d'écoulement (De) est la quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation et les surfaces d'eau libre, plusieurs méthodes ont été établies pour le calcul de l'ETR.

#### ❖ Formule de Turc

La formule de Turc est déduite des observations faites sur de nombreux bassins et applicable à tous les climats. Elle fait intervenir les hauteurs des précipitations annuelles et la température moyenne annuelle.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Où:

- **ETR** : désigne l'évapotranspiration réelle, exprimée en mm.
- **P** : désigne les précipitations annuelles, exprimées en mm.
- **L** : désigne le paramètre dépendant de la température.
- **T** : désigne la température annuelle, exprimée en °C.

Le calcul donne un **ETR= 748,80 mm**.

### ❖ Formule de Coutagne

Le déficit d'écoulement (De) ou ETR peuvent être estimés en fonction de la température moyenne annuelle et de la précipitation moyenne annuelle, selon la formule suivante applicable si :  $1/8\lambda < P < 1/2\lambda$

Où  $\lambda = 1/0.8 + 0.14 T$

Et  $ETR = De = P - \lambda P^2$

Avec :

De : désigne le déficit d'écoulement en mm

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en m/an

$\lambda$  : désigne un paramètre dépendant de la température.

T : désigne la température moyenne annuelle en °C.

Pour le cas de notre région d'étude on a :

$P = 1007.41$  (mm) = 1.007m,  $T = 18.12$  (C°),  $\lambda = 0.29$ ,  $1/8 \lambda = 0.41$  et  $1/2 \lambda = 1.66$

La condition est vérifiée donc  $ETR = De = P - \lambda P^2 = 0.713$  m = **713mm**.

### III.3.2. Détermination du ruissellement et de l'infiltration

Il est important pour connaître la quantité d'eau ruisselée sur le bassin versant et la quantité d'eau infiltrée dans les aquifères contenues dans ce bassin pour estimer les réserves en eau pour différents besoins.

#### • Ruissellement superficiel

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

- Tixeront Berkallof par Romantchouk (1974) pour  $P > 600$  mm

$$R = P^3/3 \dots \dots \dots (1)$$

- Tixeront Berkallof., pour  $P < 600$  mm

$$R = P^3/3 \cdot (ETP)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

- **R** : Ruissellement en m ;
- **P** : Précipitation moyenne mensuelle en m ;
- **ETP** : Evapotranspiration potentielle en m.

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm pour la station d'Achouât-Taher, la formule utilisée est celle de Tixeront (1).

- **Infiltration**

L'infiltration aussi un facteur plus importante d'un point de vue hydrologique, pour l'estimer on a la formule suivante;

$$P = ETR + R + I$$

Où,  $I = P - (ETR + R)$

- **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 et l'ETP (*tab.13*) calculées par la méthode de Thornthwaite, on calcul R et I (*tab. 15*)

**Tab.15: Calcul du R et I dans la plaine alluviale d'Oued Nil.**

Paramètre	P	ETP	ETR	R	I
<b>Quantité (mm)</b>	1007.41	886.78	535.57	340,798	131,042
<b>Pourcentage</b>	100	/	53.16	33,82	13,12

- ✓ On constate que seulement une modeste quantité d'eau soit 13.12% des précipitations annuelles tombées, sur le bassin versant s'infiltrent dans le sol, alors que l'autre partie est partagée entre le ruissellement avec 33,82% et l'évapotranspiration avec 53.16%.
- ✓ Ces valeurs de ruissellement et d'infiltration obtenue sont acceptables mais elles restent à vérifier, en tenant compte de: la morphologie du bassin versant, les perméabilités et le couvert végétal.

**Conclusion**

A partir de cette étude hydroclimatologique du bassin versant d'Oued Nil, on peut dire que cette région est caractérisée par un climat tempéré méditerranéen intermédiaire (période humide et période sèche).

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1007.41mm, alors que la moyenne annuelle de la température est de l'ordre de 18.12 °C pour la période (1988-2014) à la station d'Achouât- Taher.

Le bilan hydrique de cette zone d'étude montre que :

- L'évapotranspiration potentielle calculée selon la méthode de Thornthwaite est de 886.78 mm
- L'évapotranspiration réelle selon Thornthwaite est de l'ordre de 535.57 mm, qui correspond à 53.16% des précipitations moyennes annuelles.
- Le déficit agricole selon la méthode de Thornthwaite est de l'ordre de 351.21 mm, qui correspond à 34.86% des précipitations moyennes annuelles.
- Le Ruissèlement obtenu est de 340,798 mm soit 33.82%.
- L'infiltration calculée est de l'ordre de 131.042 mm, cette dernière est relativement faible et présente un pourcentage de l'ordre de 13.12% des précipitations moyennes annuelles, c'est la portion qui alimente la nappe.

## Introduction

L'étude hydrogéologique a pour objectif de définir la structure et la géométrie de la nappe, les caractéristiques des réservoirs d'eaux souterraines, les modalités de leur écoulement et des conditions aux limites (entrées et sorties d'eau), et la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe (tels que : la Transmissivité, Coefficient d'emmagasinement, la Perméabilité, ...etc.).

La structure hydrogéologique de la nappe aquifère de la région d'Oued Nil consiste en un remplissage alluviale d'une ancienne vallée profonde creusée dans les marnes miocènes et les terrains métamorphiques à l'Est en rive droite de l'Oued Saayoud; sur ces alluvions, sont venues se déposer des formations dunaires plus ou moins récentes.

### IV.1. Aspect hydrogéologique

Notre zone d'étude est caractérisée par un seul aquifère formé de plusieurs ensembles qu'on peut les regrouper en deux types :

#### IV.1.1. Le remplissage Plio-Quaternaire

On le rencontre au niveau des basses vallées des oueds, c'est la formation la plus importante du point de vue hydrogéologique. Les alluvions déposées par l'oued Nil dès la sortie des gorges sur deux ou trois kilomètres sont formées de galets roulés.

L'épaisseur de ces alluvions augmente de l'amont à l'aval. Cette épaisseur atteint des valeurs maximales au niveau de la confluence du Nil avec Oued Boukeraa. Ainsi nous avons des épaisseurs de l'ordre de 80 à 100 m à cet endroit. Cependant ces alluvions sont beaucoup plus grossières en amont qu'en aval avec une épaisseur moyenne de 30 à 40 m.

L'aquifère admet comme substratum les marnes grises plastiques du Miocène. Le potentiel de cet aquifère est en relation directe en premier lieu avec la lame d'eau que reçoit le bassin versant et en second lieu avec la nature lithologique.

#### IV.1.2. Les formations dunaires

Ce cordon dunaire est représenté par des sables anciens fins parfois consolidés, il se dépose sur les alluvions du Quaternaire. En conséquence ces dunes peuvent constituer un réservoir non négligeable mais leur position limitée de la mer nécessite une exploitation réglementaire.

Ces dunes ont une mauvaise perméabilité (la présence des lentilles argileuses), celle-ci ralentisse l'écoulement de la nappe vers la mer et empêche le cas échéant l'avancement rapide du biseau salé

## IV. 1. Généralités sur la pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements de rejets ou des dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (Mekhalif, 2009).

### IV. 1. 1. Type de pollution

Plusieurs types de pollution sont distingués en fonction de la source de pollution :

- Pollution domestique engendrée par les rejets liquides et solides urbains ;(pollution par le milieu rural).
- La pollution industrielle générée par les effluents d'eaux usées industrielles (eaux de refroidissement des centrales thermique, rejets des unités agro-industrielle, eaux de lavage, et les divers produits toxique industrielles).
- Pollution accidentelle (fuites lors d'entreposage de produits chimiques solubles, accidents).
- Pollution naturelle induite par le contact des eaux souterraines avec les formations salifères.
- Pollution agricole au sein de domaine hydro-agricole qui serait due aux apports massifs et pas toujours parfaitement dosées des engrais et potentiellement des pesticides, à l'irrigation par des eaux de qualité physico-chimique médiocre, à la mauvaise gestion des eaux de drainage et aux effluents d'élevage.

### IV. 1. 1. 1. Pollution d'origine agricole

Les pollutions des eaux superficielles et souterraines s'effectuent dans le domaine agricole de façon diffuse ce qui les rend à la fois moins visibles et plus difficiles à maîtriser que les pollutions d'origine industrielles ou urbaines. Les activités de production agricole sont susceptibles d'affecter la qualité des eaux de diverses façons : par lessivage de nitrates, de phosphates, de pesticides, d'herbicides, etc., contenus en quantité excessive dans les sols ou par contamination microbiologique (Maouche, 2012).

L'agriculture nécessite l'utilisation des engrais chimiques qui permettent un meilleur rendement des cultures (Lounnas, 2009). Ils constituent ainsi une source d'apports en sels minéraux azotés et phosphorés (nitrate, sels ammoniacaux, phosphates) non négligeable. Elle est également à l'origine d'apports en divers produits phytosanitaires (insecticides, herbicides, fongicides) destinés à protéger les plantes des différents ravageurs et maladies

(Genin et al, 2003). Ces produits parfois toxiques, lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djaoui, 2012).

- a. ***Pollution liée à l'irrigation*** : L'irrigation des terres agricoles ne se fait pas toujours avec des eaux respectant les normes de qualités requises. Ces eaux de qualité physico-chimique médiocre peuvent provenir de plusieurs sources :
  - Les eaux des nappes phréatiques ayant des teneurs élevées en sels ;
  - Les eaux de drainage chargées en sels et en nutriments ;
  - Les eaux usées brutes, domestiques ou industrielles ou les eaux usées mal traitées (Keddal et al., 2007).
- b. ***Pollution par les engrais*** : Sous le vocable « engrais », il faut sous entendre tout produit naturel ou manufacturé utilisé en agriculture afin d'entretenir ou d'améliorer la fertilité du sol. On distingue deux types d'engrais (Keddal et al., 2007).
  - Engrais chimiques : Ces engrais chimiques sont utilisés dans l'agriculture, afin de produire plus et plus vite. Ils apportent aux plantes les éléments qui se trouvent en quantité insuffisante dans le sol (Carnevale et al., 2006).
  - Engrais naturels : L'utilisation d'engrais naturels permet de réduire la pollution de l'eau. Il est vrai qu'à long terme ils sont plus avantageux, car ils polluent moins, mais ils risquent de faire cesser l'activité des plus petits producteurs. Le fumier est fait à base d'excréments d'animaux. Une fumure des sols consiste à mettre du fumier pour fertiliser les sols. Les excès de fumure peuvent être nocifs pour l'eau (Carnevale et al., 2006)
- c. ***Les pesticides ou produits phytosanitaires*** : Les pesticides sont des produits dont les propriétés chimiques contribuent à la protection des végétaux (Miquel, 2003). Ils sont



## Introduction

La wilaya de Jijel en générale, et la plaine d'Oued Nil en particulier a connu un essor agricole très important basé sur ses potentialités naturelles, climatiques et édaphiques, et impulsé par les différents programmes agricole réalisés dans la région. Ce développement agricole est marqué beaucoup plus dans les zones des plaines, et spécialement la plaine d'Oued Nil qui englobe trois communes principales ; la commune de Chekfa, El Kannar et Taher. Les types de cultures pratiquées dans la plaine d'Oued Nil sont : les cultures maraichères, l'arbo-culture et la plasticulture qui occupe la première place dans la plaine. Cependant, ces types de cultures sont souvent accompagnés d'une application importante d'intrants agro-chimiques, et ceci peut conduire à de lourdes conséquences sur les ressources en eau et en sol. Dans cette optique notre travail s'intéresse à faire la relation entre le développement agricole et l'application des intrants agrochimique, et puis par conséquent étudier l'impact de ce développement agricole sur nos ressources en eau et en sol, pour ce faire on a suivi les démarches suivant :

- La réalisation d'enquêtes sur l'utilisation des engrais organiques et chimiques ;
- L'élaboration de la carte des nitrates relative aux eaux souterraines de la région ;
- L'élaboration des cartes de perméabilités ;
- L'élaboration des cartes des nitrates au niveau du sol ;

### VI. 1. Le développement agricole et l'utilisation des engrais dans la région

#### VI.1.1. Développement des surfaces agricoles

La plaine d'Oued Nil a connue un développement agricole remarquable. D'après les subdivisions de la direction des services agricoles (DSA) des communes de Chekfa, Taher et El Kennar, le secteur agricole de la plaine, compte une superficie agricole totale de l'ordre de 5172 Ha en 2014, parmi la quelle on a plus de 4500 Ha de surface agricole utile répartie entre les cultures sous serre et plein champ. Dont les pratiques agricoles sont : les cultures maraichères, les fraisiers, les arbres fruitières et d'autre comme la tisane et les céréales. Une autre partie de cette surface réservée aux pratiques agricoles sous abri de serre, le nombre de serres dans la plaine atteint 9548 serres.

L'approvisionnement en eau, se fait généralement soit à partir des puits et forages, soit à partir des tranchées creusées aux bordures des oueds.

L'irrigation est assurée par un système de goutte-à-goutte simplifié, ce système fait office d'irrigation et de fertilisation, grâce aux engrais solubles qui sont injectés directement dans l'eau.

### VI. 1.2. L'utilisation des engrais

L'intensification agricole s'accompagne généralement d'un accroissement significatif de la fertilisation définie comme étant l'ensemble des amendements (engrais organiques et engrais chimique) apporté aux terres pour assurer aux plantes des compléments d'éléments nutritifs nécessaires à leur croissance de manière à améliorer et augmenter les rendements et la qualité des cultures (**Keddal, 2007**).

Pour améliorer les sols et augmenter les rendements, on a observé sur terrain une large utilisation des engrais chimiques et de même organique par les agriculteurs.

A travers quelques questionnements auprès des agriculteurs nous avons pu dégager une synthèse que nous avons enregistrée sur les tableaux 16, 17.

Ces tableaux montrent que les doses d'engrais azotés appliquées par les agriculteurs sont très variables. En moyenne, elles dépassent les doses recommandées qui varient entre 120 et 220 kg N/ha. Les doses maximales enregistrées sont aux alentours de 360 Kg N/ha. Globalement, on estime qu'environ 50% de l'azote apporté par les engrais est absorbé par la culture, 25% est temporairement immobilisé dans le sol, les 25% restant sont perdus par volatilisation, dénitrification ou lessivage (**MARTINEZ, 1984**). De ce fait, la fertilisation azotée minérale des cultures, telle qu'elle est pratiquée par les agriculteurs de cette région, peut donc générer un risque de pollution de la nappe par les nitrates. Ce risque est aggravé par l'application régulière du fumier à des doses pouvant atteindre 75 T/ha. Cet apport est généralement non considéré par les agriculteurs comme un apport azoté, alors qu'il fournit au sol, pendant plusieurs années, d'importantes quantités minérales (arrière effets).

Dans la plaine d'Oued Nil deux principales techniques d'arrosage sont utilisées :

- L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface ;
- L'irrigation localisée ou le goutte à goutte.

L'irrigation donc l'une des causes directes de la pollution nitrique des ressources en eau souterraine. En effet la technique d'irrigation gravitaire couplée aux doses d'eau excessives pratiquées par les agriculteurs peut servir de vecteur aux intrants (engrais appliqués en excès). L'irrigation permet également de maintenir des conditions d'humidité du sol favorable à la minéralisation de la matière organique du sol, du fumier et des résidus ce qui explique en partie les libérations importantes d'azote minéral dans le sol.

**Tableau. 16 : Utilisation des engrais organiques pour les cultures sous serre**

Nom d'agriculteur	Type d'engrais organique	Quantité	Période
Boucenna	Bovin	6 Ton/ serre	Oct-Nov-Dec
Azizi Houcine	Bovin	1 Ton/serre	Nov-dec
Labdai Achour	Bovin	6Ton/serre	Nov-dec
Bellatreche Kamel	volaille	1Ton/serre	Dec
Laabanni	Bovin	4Ton/serre	Sept
Nasri Ahmed 1	Bovin	2Ton/serre	Nov-dec
Belbacha abdelmalek	Bovin+Volaille	3Ton/serre	dec
/	Bovin	6 Ton/serre	Nov-dec
Boussekssou	Volaille	2Ton/serre	Dec
Bouzekkouk	Volaille+Bovin	1Ton/serre	Dec
Bouleghrabel Mouhamed	Bovin	2Ton/serre	Nov-Dec
Lakhdar hamadou	Bovin	6Ton/serre	Dec

**Tableau. 17 : Utilisation des engrais chimiques pour les cultures sous serre**

Nom d'agriculteur	Type d'engrais chimique utilisé	Quantité	Période
Boucenna	15-15-15	25Kg/serre	Janvier-mars-avril
	Norus 15-30-15	1.5Kg/66L/serre	Janvier
	Adfert (fer)	8cup à café/80L/serre	Avril
	15-15-15-13	10 kg/serre	Avril
Azizi Houcine	15-15-15 +phosphate	50Kg/serre	Décembre-janvier
	amonitrate	25Kg/serre	Décembre- Avril
	20-20-20	20Kg/serre	Décembre-Mars-Avril
Labdai Achour	15-15-15	25Kg/serre	Novembre-décembre
	10-30-10	1Kg/serre	Janvier
	10-30-10+28-14-14	1.5Kg/serre	Chaque 15 jour
	15-05-35	1.5Kg/serre	Chaque 15 jour
Belletreche Kamel	15-15-15	300Kg/serre/an	Chaque 20 jour
laabanni	15-15-15	25Kg/serre	octobre
	Hymofild	0.6L/serre	chaque 15 jour
Nasri Ahmed	15-15-15	22Kg/serre	Novembre-Décembre
	16-69-16	0.5Kg/serre	Janvier-février
	Humat star	100g/serre	Décembre- janvier
Belbacha	15-15-15	150Kg/serre	Novembre-décembre
	ou 15-15-13	150Kg/serre	Novembre-décembre
Bouzraib Ali	15-15-15	40Kg/serre/an	Décembre-Aout
	15-30-15	20Kg/serre	Janvier
	18-18-18	1Kg/serre	Chaque 15 jour
/	15-15-15 Uria 46%	170Kg/serre/an 170Kg/serre/an	Novembre-décembre decembre
Boussekssou	15-15-15+Uria 46%	2Kg/serre	Chaque 04 jour Chaque 03 jour
	14-40-5(13) SO <sub>3</sub>	2Kg/serre	
	20-20-20+ Agrime40	2Kg+1.5Kg/serre	
Bouzekkouk Toufik	15-15-15	25Kg/serre	Octobre
	15-15-15	12Kg/serre	1 fois mois
	Activect	1Kg/serre	Chaque 15 jour
	Partner (yara)	10Kg/serre	1 fois mois
	15-30-15	3Kg/serre	Chaque 15 jour
	20-20-20+18-18-18	3Kg/serre	Chaque15jour
Boulegrabel	15-15-15	12Kg/serre	Décembre-janvier février
	Activect	5Kg/serre	Chaque 20 jour
	20-20-20	1Kg/serre	Chaque 20 jour
Lakhdar Hamadou	15-15-15	25Kg/serre	Octobre-Novembre

	15-15-15 15-15-15	20Kg/serre 8Kg/serre	Décembre-janvier Chaque 15 jour
El Atli Ferhat	15-15-15 Uria 46% 15-15-15	5Kg/serre 2Kg/20L/serre 8Kg/serre	Novembre-décembre Janvier Chaque 15 jour
Bouanab seddik	15-15-15 15-30-15 Super Bio	150Kg/serre/ans 1Kg/100L/serre 2L/100L d'eau/serre	Décembre-janvier Septembre-Octobre Tout moment
Ghiat Nabil	15-15-15+Partner 18-18-18 20-20-20 15-30-15	25Kg/serre 2Kg/serre 2Kg/serre 1Kg/serre	Décembre-février Mars Avril décembre

**VI. 2. Répartition des éléments nutritifs dans les eaux souterraines**

**VI. 2. 1. Répartition de teneurs en Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Les concentrations en ammonium fournissent des informations sur la pollution des eaux suite au déversement des eaux usées ménagères ou à l'érosion et au lessivage des sols agricoles (Belksier M.S, 2009).

Les résultats des analyses chimiques des eaux prélevées révèlent la présence d'indice de pollution en ammonium (fig. 42). Les concentrations maximales enregistrées à l'Ouest de la plaine atteignent 1, 7 mg/l en FN8, alors que le minimum de ces concentrations est de 0,1 mg/l à l'Est de la plaine.

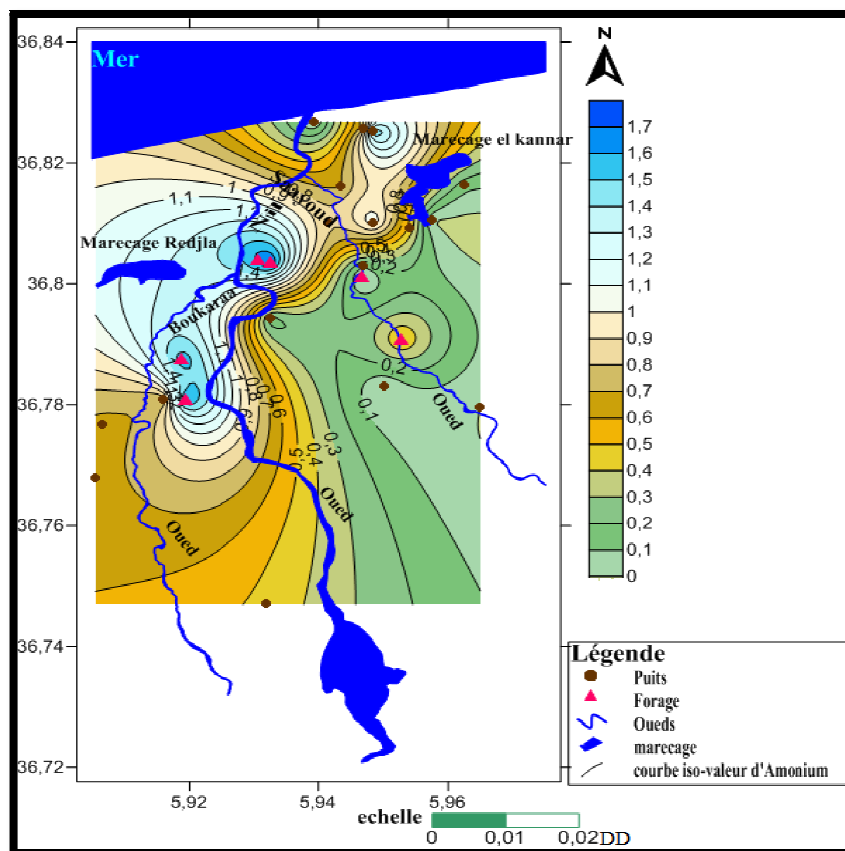
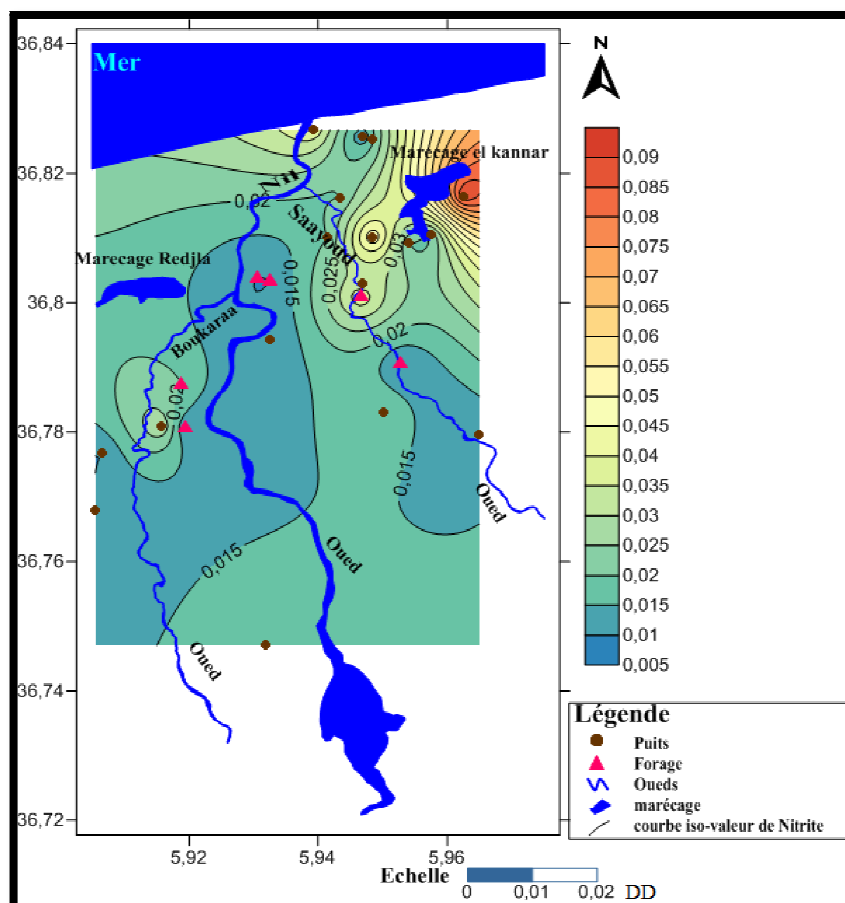


Fig. 42 : Carte des teneurs en Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Avril 2015)

### VI. 2. 2. Répartition des teneurs en Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites ou l'azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium (**Belksier M.S, 2009**). Les nitrites sont très toxiques pour la faune. Des concentrations élevées en nitrites peuvent être observées par suite de la transformation biologique de l'ammonium en nitrates ou, en condition anaérobies lors de la dénitrification des nitrates en  $\text{NO}_2^-$  ou  $\text{N}_2$  gazeux. (**Haied, 2008**).

L'examen de la carte ci-dessous (*fig. 43*), fait sortir que les teneurs en Nitrite ne dépassent pas la norme (0,1 mg/l) pour toute la plaine, les valeurs varient entre 0,01mg/l dans la partie Sud-Ouest, et la partie Est à 0,09 mg/l dans la zone Nord-Est. La concentration de 0,9 mg/l dans le puits PS29 peut être expliquée par l'influence de la zone marécageuse ou l'oxydation de la forme ammonium.



**Fig. 43 : Carte des teneurs en Nitrite  $\text{NO}_2^-$  (Avril 2015)**

### VI. 2. 3. Répartition des teneurs en Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates sont le produit de l'oxydation de l'azote de l'atmosphère, par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau. Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles.

Normalement, la concentration de nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface est faible, mais elle peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par déchets d'origine humaine ou animale (**Younssi, 2008**).

D'après l'observation de la carte (*fig. 44*), l'évolution spatiale des nitrates au sein de la nappe alluviale d'Oued Nil montre que les concentrations sont variables d'une zone à l'autre. Les fortes concentrations en nitrate signifiées en bleu oscillent entre 50 et 60 mg/l, qui dépassent la norme de l'OMS (50 mg/l), sont réparties au Sud et au Sud-Ouest de la plaine et représentées par les puits PN22 et PB9-2. Ces concentrations peuvent être expliquées par l'intensification agricole dans ces localités. Le reste de la plaine présente des concentrations modérées et faibles variant entre 5 et 40 mg/l, ceci peut être attribué à une dilution de la forme Nitrate.

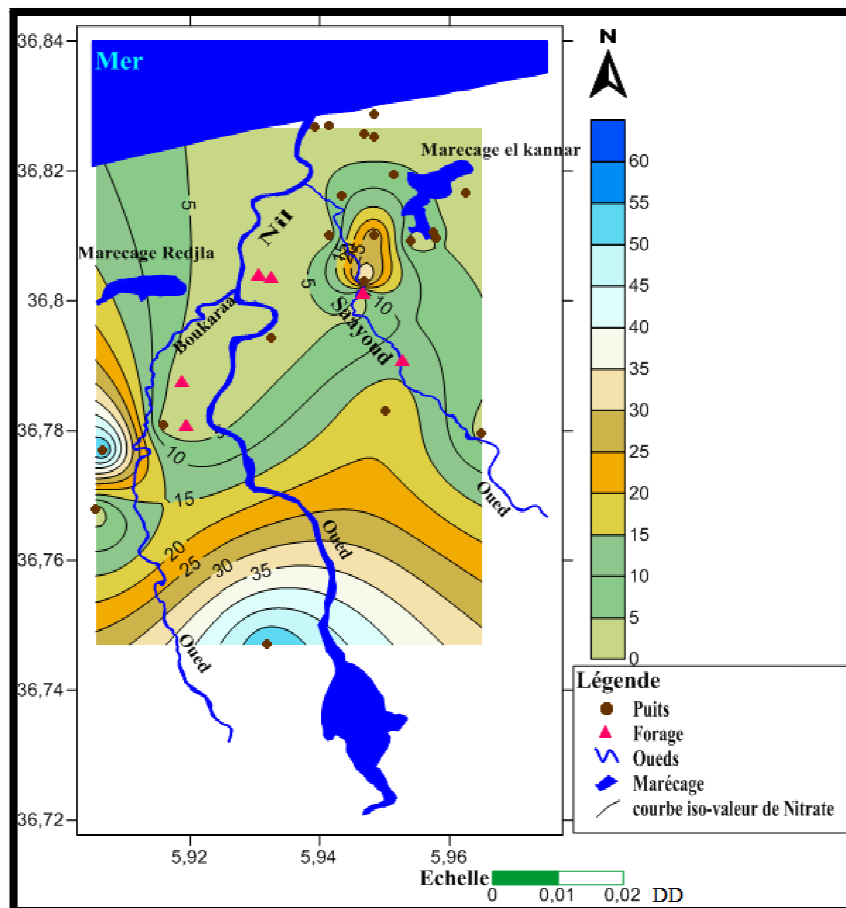


Fig. 44 : Carte des teneuses en Nitrate  $NO_3^-$  (Avril 2015)

### VI. 3. Echantillonnage du sol :

Pour établir la carte de perméabilité du sol, nous avons procédé à un échantillonnage au niveau de quinze points à un niveau de profondeurs de 0,25 m à l'intérieur des serres, et en plein champs selon le mode de culture pratiqué (fig. 33).

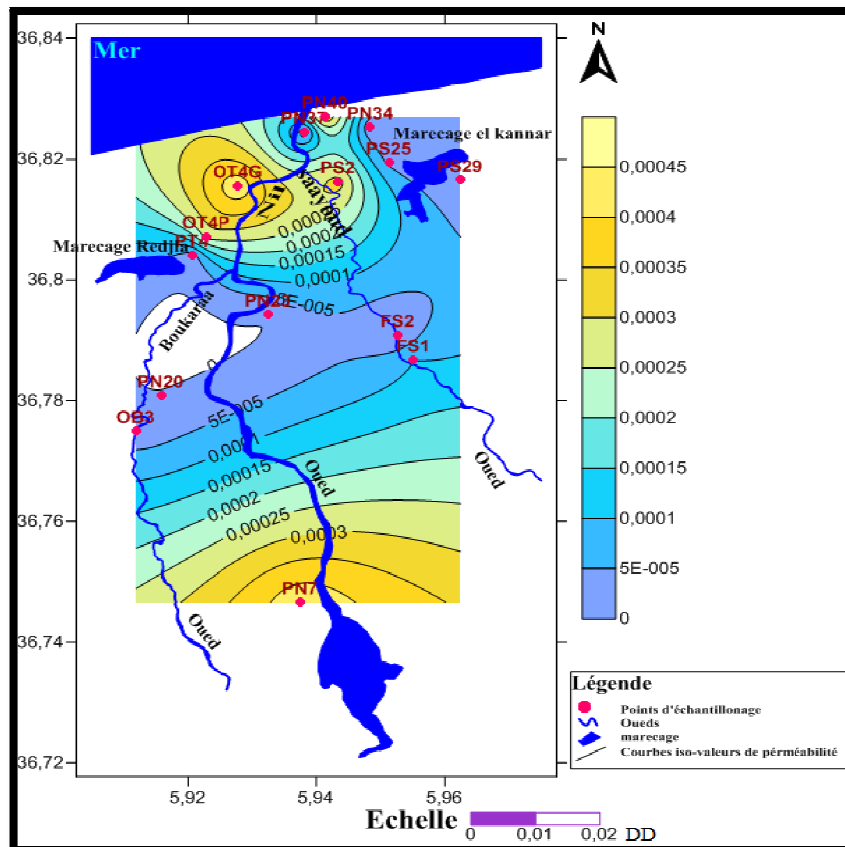
Une analyse granulométrique est effectuée pour chaque échantillon au niveau de laboratoire des matériaux du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'université é de Jijel, cette dernière nous permet de calculer la perméabilité à l'aide de la formule :

$$K = 10^4 \times d_{10}^2 \text{ (m/s)}$$

Les valeurs obtenues nous ont servi pour tracer la carte de perméabilité du sol examiné. Afin de voir le taux de pollution nitrique au niveau du sol, nous avons procédé au dosage des nitrates pour le même niveau de profondeur 0.25 m.

**VI. 3. 1. Carte de perméabilité du sol :**

L'analyse de la carte de perméabilité de sol (fig. 45) montre, que la partie centrale, ainsi que la partie Nord-est de la zone d'étude ont les valeurs de perméabilité les plus faibles ( $5.10^{-5}$  m/s), ce qui semble dû à la nature plus au moins argileuse ou limoneuse du sol. Par contre les parties Sud et Nord-ouest présentent les valeurs les plus élevées, atteignant  $0.45.10^{-3}$  m/s expliquées par la nature graveleuse du sol dans ces zones. Ces endroits peuvent constituées des zones à risque vis-à-vis de telle pollution surtout par les nitrates.



**Fig. 45 : carte de perméabilité de sol**

**VI. 3. 2. Répartition des teneurs en nitrate dans le sol**

La carte de répartition des teneurs en Nitrates dans le sol (fig. 46), montre des concentrations moyennes à faibles et qui ne dépassent pas la norme préconisée par l’OMS (50 mg/l) pour toute la zone d’étude. On note une augmentation des teneurs en nitrates en allant du Sud-Est vers le Nord-Ouest selon la pente.

Après l’interprétation des trois cartes ; carte de perméabilité du sol, carte de nitrate dans le sol et dans l’eau, on peut tirer les résultats suivant :



La zone Nord-ouest qui est de bonne perméabilité, présente les concentrations en nitrate les plus élevées dans le sol, et les plus faibles concentrations dans l'eau. Ceci dû probablement à la dilution des nitrates dans la nappe.

La zone Sud qui présente des valeurs de perméabilité du sol élevées, caractérisée par des faibles teneurs en nitrates dans le sol. Cependant on note des concentrations élevée dans la nappe (supérieures à la norme OMS), ceci du au lessivage du sol par les eaux de pluie, ou suite au retour des eaux d'irrigation.

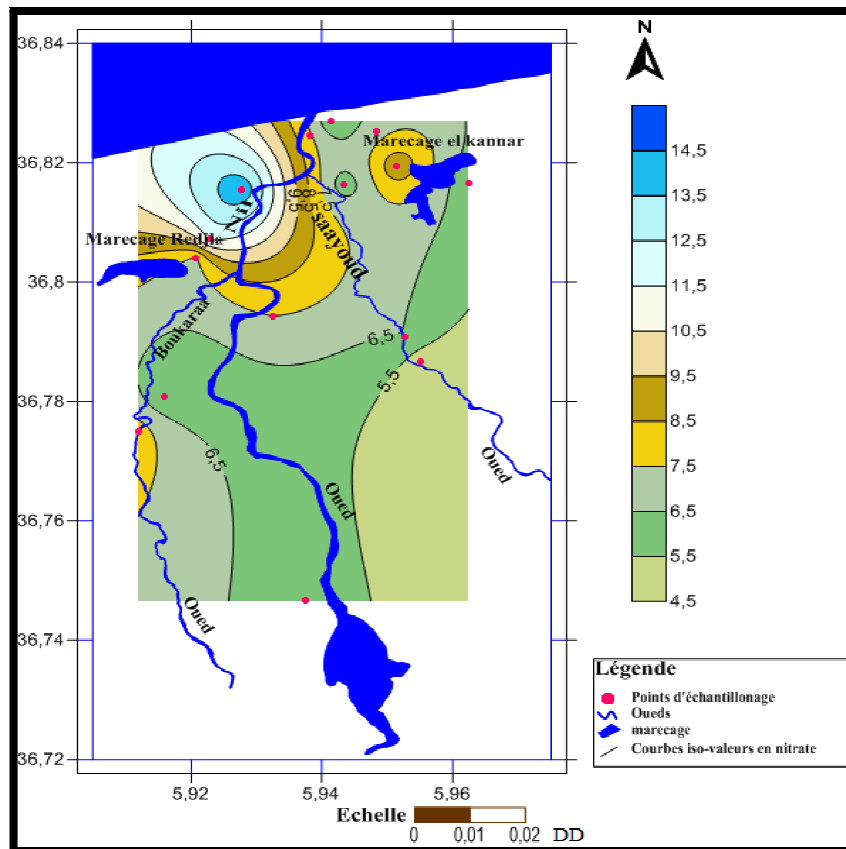


Fig. 46: Carte du taux de nitrate dans le sol

**Conclusion :**

Les résultats d'analyses des éléments azotés dans les eaux souterraines de la plaine alluviale d'oued Nil présentent :

- Des teneurs élevées en  $\text{NH}_4^+$ , oscille entre 0,1 et 1,7mg/l dépassant la norme fixée par l'OMS (0,5 mg/l), ce qui indique la présence d'une pollution ammoniacale.
- Des teneurs faibles de Nitrite  $\text{NO}_2^-$ , qui respecte la valeur admissible (0,1 mg/l), elles varient entre 0,01 et 0,09 mg/l.
- Les nitrates aussi sont dans la norme dans la plupart des points d'eau, sauf dans les puits PN22 et PB9-2 où les concentrations atteint successivement 55 et 57 mg/l.

Les Concentrations des nitrates dans le sol varient entre 4,93 et 14,38 mg/l, elles honorent la norme de l'OMS (50 mg/l).

L'examen de la carte de perméabilité montre une forte perméabilité au Sud et au Nord-ouest.

## **CONCLUSION GENERALE**

La plaine alluviale d'Oued Nil est une région côtière du Nord Algérien faisant partie du bassin versant de d'Oued Nil. L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations aquifères. Ainsi, il s'agit des formations perméables et imperméables.

L'étude climatologique a permis de déterminer les caractéristiques du climat du secteur. C'est un climat méditerranéen subhumide à humide. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 1007,41 mm et la température moyenne annuelle est de 18,12°C et ce pour la période 1988-2014.

L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 535.57 mm soit 53.16% des précipitations, une quantité appréciable favorisée par la présence d'importantes surfaces de plans d'eau, il s'agit des deux marécages qui se répartissent le long de l'Oued Saayoud et Oued Boukaraa.

L'écoulement a été estimé à 340,798 mm dont plus de 33.82% sera attribué à l'infiltration vu que les conditions qui règnent dans le secteur d'étude (conditions géologiques, couvert végétal...) favorisent plutôt l'infiltration au ruissellement. Ce dernier étant négligeable se manifestant particulièrement au niveau des Oueds. L'infiltration efficace a été estimée à 131.042 mm.

De point de vue hydrogéologique la plaine couvre deux ensembles de formation, l'une superficielle (plio-quaternaire) constitué par des alluvions grossier. D'autre profonde contenue des formations dunaires représenté par des sables par exemple, ces dunes est perméable.

L'examen des cartes piézométriques met en évidence dans le secteur côtier un écoulement dirigé vers la mer (de Sud vers le Nord), en période des hautes eaux et un écoulement se faisant dans le sens mer nappe et en période de basses eaux ce qui risque de perturber l'équilibre de l'interface mer nappe.

Les fortes valeurs du gradient hydraulique s'observent à l'Est de la plaine 0,005. Elles deviennent de plus en plus faibles sur la bordure de l'ordre de 0,001 indiquant de bonne perméabilité, ainsi que les valeurs de transmissivité varié entre 0,0009 et 0,07 m<sup>2</sup>/s.

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par infiltration des eaux de pluie ou par d'autre réseau (rivière, mer....), l'aquifère est capté par de nombreux puits et forage qui sont concentrée le long des différents Oueds (Nil, Boukaraa, Saayoud).

L'étude hydrochimique montre que les eaux souterraines de la nappe phréatique d'oued Nil (Jijel) sont de plus en plus exposées à la pollution due à l'utilisation abusive d'engrais en agriculture. En effet, l'épandage de produits fertilisants en quantités souvent supérieures aux besoins des plantes entraîne, par lessivage puis infiltration, l'excès de ces produits vers la nappe qui va alors présenter des teneurs en éléments azotés ( $\text{NO}_3^{-2}$ ,  $\text{NO}_2^{-}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$ ) dépassant les normes de consommations admises par l'OMS.

Les résultats des analyses ont révélé la présence des zones marquées par des concentrations élevées en ion Ammonium ( $\text{NH}_4^{+}$ ) qui dépassent la norme admise par l'OMS, atteignant 1,7 mg/l et marquant une pollution ammoniacale à l'Ouest. On note aussi que l'ion Nitrate montre de concentrations élevées (55 et 57 mg/l) dépassant la norme de 50mg/l au sud et au Sud-ouest de la plaine.

### Recommandations

Après avoir approximative cette approche hydrochimique et hydrogéologique pour une meilleure gestion et protection des ressources en eau, il est recommandé de respecter les dispositions suivantes :

- Planter des piézomètres pour l'ensemble de la région d'étude, afin de suivre la piézométrie de la nappe en période de la haute et basse eau.
- Concernant l'agriculture, il est conseillé de limiter l'utilisation intensive des engrais chimiques dans les sols à forte perméabilité afin d'éviter l'infiltration des éléments chimiques vers la nappe.
- Sensibiliser les agriculteurs sur l'utilisation rationnel des engrais et des pesticides pour éviter toute pollution de la ressource.
- Faire des suivis sur d'utilisation des engrais et des pesticides.
- Installer un réseau de suivi de la qualité physicochimique des eaux de la région surtout pour les forages et les sources qu'ont utilisés par les citoyens.
- une surveillance accrue de la pollution des eaux en localisant des périmètres de protection autour des ressources en eau qui sont sensibles à la pollution.

## Références Bibliographique :

- **Bardai H. et al., 2004.** Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture irriguée Rabat, du 19 au 23 avril 2004.
- **Bechekit M.A., 2005.** Etude Hydrogéologique de la plaine d'Oued Nil (wilaya de Jijel), *Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine*, 211p.
- **Beleksier M., 2009.** Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité, *Mémoire magister, Université Badji Mokhtar-Annaba*, 145p.
- **Bellour A et Boudouda F., 2010.** Etude géologique et géotechnique des zones instables de la région d'Ibn Ziad Wilaya de Constantine, *Mémoire d'ingénieur, Université de Jijel*, 52p.
- **BELLOUTI A., CHERKAOUI F., BENHIDA M., DEBBARH A., 2002.** Mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla au Maroc.
- **Berkane S., 2011.** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale d'Oued Nil (Wilaya de Jijel), *Mémoire d'Ingénieur, Université de Constantine*, 161p.
- **Ben Ghoubane.N ET Brines.S., 2013.** Utilisation de la télédétection et de SIG dans l'identification des ressources minérales. Application à la région de Jijel (NE Algérien), *Mémoire de Master2, RMG, Université de Jijel*, 53p.
- **Boucenna N., 2007.** Impact de la décharge Publique sur la qualité des eaux souterraines –cas de ZEF (Skikda), *Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba*, 71p.
- **Boudjedjou L., 2010.** Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel. *Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas – Sétif*, 94p.
- **Bouhrara A., Lacaze B., 2009.** Etude préliminaires des images Landsat et Alsat pour le suivi des mutations agraires des Ziban (extrêmes Nord-Est du Sahara algérien) de 1973 à 2007, *Journées d'animation scientifique (JAS09) de l'AUF, Alger*.
- **Carnevale E. Frei A. Garcia D. Coppel G., 2006.** La qualité de l'eau impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations. Suisse, 14p.
- **Djaoui W et ghueghuih H., 2012.** Conséquences des pratiques agricoles sur la qualité physico-chimique des eaux de la plaine alluviale d'Oued El-Nil (Wilaya de Jijel). *Mémoire d'ingénieur, Université Jijel*, 64p.

- **Djellit H. (1987).** Evolution tectono-sédimentaire du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de Flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie). *Thèse. Univ. de Paris Sud. Centre D'Orsay.* 206p.
- **Djellit H. (13 décembre 2010).** Structural evolution of the Maghrébides chain (northern Algeria): Ages and styles of the tertiary paroxysmal tectonic phase. Towards a new model of the chain evolution. 1er Congrès sur la Géologie du Maghreb / First Congress on the Maghreb Geology. 3<sup>ème</sup> Journée des Géosciences « Ressources Minérales et Hydriques : enjeux et défis.
- **DSA., 2008.** Direction des services agricoles de Biskra.
- **Dubost.D., Larbi-Yousef., 1998.** Mutations agricoles dans les oasis algériennes l'exemple des Ziban, Sécheresse, vol.9, n° 2, pp 103-110.
- **Durand Delga., 1955 in, Sadoun.** 2013.72p.
- **Durand Delga., 1969 in, Ben Ghoubane.N ET Brines.S.,** 2013.53p.
- **Durand Delga., 1971 in, Ben Ghoubane.N et Brines.S,** 2013.53p.
- **Ehrmann.F., 1926 in, Ben Ghoubane.N ET Brines.S.,** 2013.53p.
- **El Asslouj J., Kholtei S., Elamrani-paaza N., Hilali A.,2007.** Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc), **Revue des sciences de l'eau, vol. 20, n° 3,** 321p.
- **Jean Rodier ET Coll., 2005.**L'analyse de l'eau (Eau naturelles-Eaux résiduaires-Eaux de mer), 8<sup>ème</sup> édition.
- **J-M.Vila., 1980 in, Ben Ghoubane.N ET Brines.S.,** 2013.
- **Haid .N., 2008.** Impact des eaux de réalimentation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe libre du massif dunaire de Bouteldja (NE Algérien), Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba, pp80.
- **Giroux. I., 2002,** Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre, Campagne d'échantillonnage de 1999-2000-2001, *Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec.*
- **Guechi S., 2004.** Impact de la pollution agricole et industrielle sur la nappe aquifère de la région de Boumaiza (Benazzouz, Skikda).*mémoire magister, Université Badji Mokhtar-Annaba,* 92p.
- **Guerraichi M et Bouchekkouf K., 2013.** Etude hydrochimique des eaux superficielles et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Nil (wilaya de Jijel), *Mémoire master 2, université de Jijel,* 61p.

- **KEDDAL. H & J. Yao N'dri., 2007** : Impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines; *Revue THE N°138.Sept-Dèce. 2007.*
- **Keddal H., N'dri J.Y., 2007.** Impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, 29p.
- **Lahtihet A., 1983.** Etude Hydrogéologique de la plaine alluviale de l'Oued Nil (région de Jijel), *Mémoire d'Ingénieur, Université d'Alger*, 112p.
- **Lounnas A., 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HamadiKroma de Skikda. *mémoire de magister, université de Skikda*, 92p.
- **Martinez ET Diamond., 1984.**Traité d'irrigation, **11. OCDE., 2004** : Agriculture et environnement: enseignements tirés de dix ans (1993-2003) des travaux de l'OCDE.
- **Maouche S et Lahmar N., 2012.** Etude physico-chimique et dosages de quelques E.T.M.dans les eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Saayoud (Chekfa, Wilaya de Jijel), *Mémoire d'Ingénieur, Université de Jijel*, 50 p.
- **Maoui K et Meddour C., 2013.** Etude Hydrogéophysique de la plaine alluviale d'Oued Nil (wilaya d Jijel), *Mémoire de Master 2, Université de Jijel*, 71p.
- **Mekhalif F., 2009.** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, (*mémoire de magister en pollution chimique et environnement*) *Université du 20 août 1955 Skikda*, 158p.
- **Miquel G., 2003.**Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Tome II, 293p.
- **OCDE., 2004.** Agriculture et environnement: enseignements tirés de dix ans (1993-2003) des travaux de l'OCDE.
- **Rahoui M., Soudi B., Id Ahmad F., 2000.** Situation actuelle de la pollution nitrique des eaux souterraines dans le périmètre irrigué des Doukkala, Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat.
- **Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux .Aspects réglementaires et techniques.
- **Rouibah A et Bouminez N., 2013.** Conséquences des rejets des eaux résiduaires sur la qualité physicochimique des eaux de la plaine de l'oued El-Nil (wilaya de Jijel), *Mémoire d'Ingénieur, Université de Jijel*, 58 p.
- **Sadoun L., 2013.** Etude hydrologique et hydrodynamique de la basse plaine alluviale de l'Oued El Nil (Wilaya de Jijel), *Mémoire Master2, EE, Université de Jijel*, 72p.
- **SAIDI AHMED et al, 2010.** Bilans d'eau et des sels dans le périmètre irrigué de Kalaât L'andalous (Tunisie), *Sécheresse*, vol.21, n° 1e, pp 1-5.



- **Somelette 1998** : contribution à l'étude hydrogéologique de la distribution et du devenir des nitrates dans des nappes de fissures, de l'échelle du périmètre expérimentale à celle du bassin versant côtier. *Thèse université Tech Brest*, 222p.
- **Vila J. M., 1980** : La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro Tunisiens.
- **Wilidi.W. 1983 in**, Berkane S., 2011.170p.
- **Younssi H. E., 2009**. Epuisement de la nappe aquifère de la région de F'kirina (W. d'Oum El Bouaghi), et ces répercussions sur la gestion des ressources en eau, Mémoire de Magister, *Université de Badji Mokhtar-Annaba*, 99 p.

## ملخص

إن سهل واد النيل (منطقة الدراسة) يضم موارد كبيرة من المياه الجوفية، قسم كبير من هذه الإحتياطات مخصص لتوفير مياه الشرب والأنشطة الاقتصادية بما في ذلك الزراعة والصناعة لذلك فهي مهددة بالتلوث، والهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الممارسات الزراعية على النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في سهل النيل، ولإجراء هذه الدراسة أخذنا عينات لتحليلها في شهر أبريل 2015 من 23 نقطة للمياه الجوفية تم اختيارها لتغطيتها كل السهل، تهدف هذه التحاليل إلى معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية فضلا عن عناصر دورة الأزوت (النيترات، النيتريت والأمونيوم) وذلك لتبيان الإتصال بين النشاط الزراعي والتلوث بالنيترات. التحاليل الكيميائية بينت أن عنصر الأمونيوم تجاوز المستوى القياسي المتفق عليه للصلاحيية في أغلب النقاط أما النيترات فهي تتجاوز هذا الحد في كل من الآبار PN22 و PB9-2. فيما تركيز النيتريت يبقى دون المستوى في كل السهل.في الوقت الراهن لا تزال المياه الجوفية للسهل قابلة للإستعمال في حين يجب توخ الحذر من هذا التلوث الزراعي.

**الكلمات المفتاحية:** سهل واد النيل، التلوث الزراعي، الأسمدة، دورة النيتروجين، المياه الجوفية.

## **Résumé**

La région d'étude est une zone qui abrite par des ressources en eau souterraine importante. La sollicitation de ces réserves à des fins d'alimentation en eau potable, d'activités économiques notamment agricole et industrielle auxquels s'ajoute sa situation côtière fait que cette ressource est sujette à la pollution.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des pratiques agricoles sur la qualité physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine d'Oued Nil.

Pour faire une campagne de prélèvements a été réalisée en avril 2015, sur 23 points pour les eaux souterraines, ces points ont été choisis de tel sort qu'ils couvrent toute la plaine. Les analyses portent sur les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines, ainsi que les éléments du cycle d'azote ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) afin de faire la liaison entre l'intensification agricole et l'état de pollution nitrique.

L'interprétation des analyses chimiques réalisées révèle des concentrations en ammonium dépassants la norme pour la partie ouest de la plaine, de même les nitrate ont des teneurs qui dépassent la norme au niveau des puits PN22 et PB9-2, cependant les concentrations en nitrite restent au dessous de la norme. Donc même à l'heure actuelle ces ressources restent plus ou moins dans les normes, il faut tirer l'attention sur le devenir de ces ressources vis-à-vis une telle pollution causée par l'intensification agricole.

**Mots clés :** Plaine alluviale d'Oued Nil, Pollution agricole, engrais chimique, cycle d'azote, Eaux souterraines.

## **Abstract**

The study area is an area that houses by significant groundwater resources. The solicitation of these reserves to supply for drinking water, economic activities including agriculture and industry plus its coastal location that this resource is prone to pollution. The objective of this work is to study the impact of agricultural practices on the physical and chemical quality of groundwater in the Nil River plain. For your companion sampling was conducted in April 2015 on 23 points for underground waters, these points were chosen such a fate they cover the entire plain. The analyzes focus on the physical and chemical parameters of groundwater, as well as elements of the nitrogen cycle ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) to make the connection between agricultural intensification and the state of nitrate pollution.

The interpretation of chemical analyzes conducted revealed concentrations of ammonium protruding the standard for the western part of the plain, and nitrate have contents that exceed the standard level PN22 wells and PB9-2, however nitrite concentrations remain below the standard. So even at the present time these resources remain more or less in the standards, we must draw attention to the fate of these vis-à-vis resources such pollution caused by agricultural intensification.

**Keywords:** alluvial plain of Nil river, Agricultural pollution, chemical fertilizer, nitrogen cycle, Groundwater.

## ملخص

إن سهل واد النيل (منطقة الدراسة) يضم موارد كبيرة من المياه الجوفية، قسم كبير من هذه الإحتياجات مخصص لتوفير مياه الشرب والأنشطة الاقتصادية بما في ذلك الزراعة والصناعة لذلك فهي مهددة بالتلوث، والهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الممارسات الزراعية على النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في سهل النيل، وإجراء هذه الدراسة أخذنا عينات لتحليلها في شهر أبريل 2015 من 23 نقطة للمياه الجوفية تم اختيارها لتغطيتها كل السهل، تهدف هذه التحاليل إلى معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية فضلا عن عناصر دورة الأزوت (النترات، النيتريت والأمونيوم) وذلك لتبيان الإتصال بين النشاط الزراعي والتلوث بالنترات. التحاليل الكيميائية بينت أن عنصر الأمونيوم تجاوز المستوى القياسي المتفق عليه للصالحية في أغلب النقاط أما النترات فهي تتجاوز هذا الحد في كل من الآبار PN22 و PB9-2. فيما تركيز النيتريت يبقى دون المستوى في كل السهل. في الوقت الراهن لا تزال المياه الجوفية للسهل قابلة للإستعمال في حين يجب توخ الحذر من هذا التلوث الزراعي.

**الكلمات المفتاحية:** سهل واد النيل، التلوث الزراعي، الأسمدة، دورة النيتروجين، المياه الجوفية.

## Résumé

La région d'étude est une zone qui abrite par des ressources en eau souterraine importante. La sollicitation de ces réserves à des fins d'alimentation en eau potable, d'activités économiques notamment agricole et industrielle auxquels s'ajoute sa situation côtière fait que cette ressource est sujette à la pollution.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des pratiques agricoles sur la qualité physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine d'Oued Nil.

Pour faire une compagne de prélèvements a été réalisée en avril 2015, sur 23 points pour les eaux souterraines, ces points ont été choisis de tel sort qu'ils couvrent toute la plaine. Les analyses portent sur les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines, ainsi que les éléments du cycle d'azote ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) afin de faire la liaison entre l'intensification agricole et l'état de pollution nitrique.

L'interprétation des analyses chimiques réalisées révèle des concentrations en ammonium dépassants la norme pour la partie ouest de la plaine, de même les nitrate ont des teneurs qui dépassent la norme au niveau des puits PN22 et PB9-2, cependant les concentrations en nitrite restent au dessous de la norme. Donc même à l'heure actuelle ces ressources restent plus ou moins dans les normes, il faut tirer l'attention sur le devenir de ces ressources vis-à-vis une telle pollution causée par l'intensification agricole.

**Mots clés :** Plaine alluviale d'Oued Nil, Pollution agricole, engrais chimique, cycle d'azote, Eaux souterraines.

## Abstract

The study area is an area that houses by significant groundwater resources. The solicitation of these reserves to supply for drinking water, economic activities including agriculture and industry plus its coastal location that this resource is prone to pollution. The objective of this work is to study the impact of agricultural practices on the physical and chemical quality of groundwater in the Nil River plain. For your companion sampling was conducted in April 2015 on 23 points for underground waters, these points were chosen such a fate they cover the entire plain. The analyzes focus on the physical and chemical parameters of groundwater, as well as elements of the nitrogen cycle ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) to make the connection between agricultural intensification and the state of nitrate pollution.

The interpretation of chemical analyzes conducted revealed concentrations of ammonium protruding the standard for the western part of the plain, and nitrate have contents that exceed the standard level PN22 wells and PB9-2, however nitrite concentrations remain below the standard. So even at the present time these resources remain more or less in the standards, we must draw attention to the fate of these vis-à-vis resources such pollution caused by agricultural intensification.

**Keywords:** alluvial plain of Nil river, Agricultural pollution, chemical fertilizer, nitrogen cycle, Groundwater.