



Université d'Oran 2  
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers  
**MEMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Magister  
En Sciences de la Terre

**Suivi des indicateurs de pollution dans une zone aride à semi-aride :  
Diagnostic des environs de Gdyel suite aux dépôts des déchets ménagers et  
rejet d'eau usée au niveau du lac Télamine.**

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr : **HADJADJ Mawloud**

Devant le jury composé de :

M. HASSANI Moulay Idriss	Professeur	Université d'Oran 2	Président
M. SAFA Aissa	MCA	Université d'Oran 2	Rapporteur
M. STAMBOUL Madani	Professeur	Université de Laghouat	Examineur
M. MANSOUR Hamidi	Professeur	Université d'Oran 2	Examineur
M. GHODBANI Tarik	MCA	Université d'Oran 2	Examineur

Année 2017/2018



(قُلْ أَرَأَيْتُمْ إِنْ أَصْبَحَ مَاؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَأْتِيكُمْ بِمَاءٍ مَعِينٍ)

[الملك : 30]

DÉDICACE

*C'est avec un grand plaisir et une grande joie que je dédie ce présent  
mémoire :*

*Particulièrement à ma très chère mère  
Qui a sacrifié sa noble existence pour bâtir la mienne, en me guidant  
vers la voie de la réussite.*

*À  
Mon cher père pour ses conseils inoubliables et sa compassion tout au  
long de ma vie.*

*À  
Mes frères, mes sœurs et toute ma famille.*

*À  
Tous mes amis et tous mes collègues de Weatherford S.L.S.*

*Mawloud.*

*Remerciements*

Avant tout, je remercie **ALLAH** le Tout Puissant qui m'a donné sagesse et santé afin de réaliser ce modeste travail et arriver à récolter mes peines.

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Cependant, vous êtes nombreux à vous bousculer dans mon esprit afin d'entrer dans cette feuille, mais vous devez toujours ressentir en lisant ces quelques lignes que j'ai pensé à vous tous même si vos noms n'y figurent pas.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon promoteur Monsieur **Dr. SAFA Aissa** qui m'a fait confiance et qui a bien voulu m'encadrer. Je la remercie de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances et de ses critiques qui m'ont beaucoup aidé à l'amélioration de ce travail. Sa méthode rigoureuse sera pour moi un bon exemple à suivre.

Mes remerciements s'adressent aussi, au professeur **HASSANI Moulay Idriss**, pour avoir accepté de présider mon jury.

Mes vifs remerciements et mes respects les plus distingués vont aux ; **Pr. STAMBOUL MADANI**, **Pr. MANSOUR Hamidi** et **Dr. GHODBANI Tarik**, pour avoir accepté d'examiner mon travail et faire partie du Jury.

Je tiens à exprimer mes très vifs remerciements à tous mes enseignants de la filière géologie de la Faculté des Sciences de la terre et de l'univers, auxquels je dois beaucoup pour ma formation en géologie.

Merci à mes collègues et camarades de promotion de post-graduation, qui ont su m'accorder une partie de leur temps précieux lors de la préparation de ce mémoire.

## **Suivi des indicateurs de pollution dans une zone aride à semi-aride :**

### **Diagnostic des environs de Gdyel suite aux dépôts des déchets ménagers et rejet d'eau usée au niveau du lac Télamine.**

#### **Résumé :**

Le lac de Télamine, parmi les zones humides algériennes qui classé Ramsar en 2001, situé dans la région de Gdyel (Oran). La région se situe à deux niveaux : aride et semi-aride du thermo méditerranéen. Ces dernières années le lac menacé par une pollution intense, il reçoit plus de 14 000 m<sup>3</sup>/j des eaux usées urbaines et industrielles de la région de Gdyel, ce qui rend ce site pollué et menace la vie végétale et animale.

Notre mémoire se présente en trois parties.

Dans la première partie : nous avons traité l'aspect bibliographique du Cadre physique de la zone d'étude, des caractéristiques morphologiques, La pédologie, le Contexte hydrologique, le Cadre géologique, le Cadre hydrogéologique et le Climat de la zone d'étude.

Dans la seconde partie, nous avons traité le cadre environnemental du lac, cette partie comporte une synthèse bibliographique : la pollution des eaux de surface, les zones humides, caractéristiques socio-économiques, origine de la pollution du lac de Télamine et la dégradation de la biodiversité.

La troisième partie porte sur l'étude de la pollution des eaux du lac de Télamine sur 05 échantillons et les eaux usées du rejet industriel du Hassi Ameer sur 02 échantillons. On constate que la majorité des eaux du lac de Télamine présentent une très forte alcalinité avec minéralisation très élevée, ils sont regroupés en une seule principale famille de faciès chimique : Chloruré sodique. Ces eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort d'une qualité médiocre pour l'irrigation. D'après l'étude des indicateurs de pollution et la classification de l'ANRH (2000) en 05 stations on constate que Les eaux du lac de Télamine sont caractérisées par une pollution excessive avec un rapport DCO/DBO très élevé, Ceci confirme la présence d'une grande proportion de matière organique non biodégradable ainsi les résultats calculés de l'indice de pollution organique (IPO) montrent que les eaux de Télamine sont à une pollution organique très forte. Le traitement statistique des données du lac de la pollution par l'analyse composante principale (ACP) montre que : la pollution propage d'Amon en aval du lac de Télamine, en suivant le trajet du rejet des eaux usées domestiques et industrielle.

L'étude du rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameer montre que ces eaux sont toutes chargées en matière organique no biodégradable qui dépasse les norme algériennes et mondiales, ce qui confirme une pollution très forte. Ce rejet drainé vers le lac de Télamine par un canal à ciel ouvert.

Ainsi, les eaux usées rejetées par la zone industrielle de Hassi Ameer ont un impact négatif sur le lac de Télamine qui traduit une forte pollution de ce dernier.

.....

**Mots clés :** Zones humides, zones arides et semi-arides, lac Télamine, faciès chimique, indicateurs de pollution, indice de pollution organique, Gdyel, Oran.

## **Monitoring of pollution indicators in an arid to semi-arid zone:**

### **Diagnosis of the surroundings of Gdyel following deposits of household waste and wastewater discharge at Lake Telamine.**

#### **Abstract:**

The Lake of Telamine, among the Algerian wetlands which was classified as Ramsar in 2001, located in the region of Gdyel (Oran). The region is located on two levels: arid and semi-arid Thermal Mediterranean. In recent years, the lake has been threatened by intense pollution. It receives more than 14 000 m<sup>3</sup> /day of urban and industrial wastewater from the Gdyel region, which makes this site polluted and threatens plant and animal life.

Our brief is in three parts.

In the first part, we dealt with the bibliographical aspect of the physical framework of the study area, the morphological characteristics of the study area, the hydrological context, the geological setting, the hydrogeological framework and the climate of the study area.

In the second part, we have dealt with the environmental framework of the lake. This part includes a bibliographical summary: surface water pollution, wetlands, socio-economic characteristics, pollution origin of Lake Telamine and degradation of the lake. biodiversity.

The third part concerns the study of the pollution of the waters of the Lake of Telamine on 05 samples and the waste water of the industrial discharge of Hassi Ameur on 02 samples. Most of the waters of the Lake of Telamine show a very high alkalinity with very high mineralization and are grouped into a single main family of chemical facies: Sodium chloride. These waters present a very high alkalinity danger of poor quality for irrigation. According to the study of pollution indicators and the classification of ANRH (2000) in 05 stations, the waters of the Lake of Telamine are characterized by excessive pollution with a very high DCO / DBO ration. This confirms the presence of a large proportion of non-biodegradable organic matter and thus the calculated results of the organic pollution index (IPO) show that the waters of Telamine are at very high organic pollution. Statistical treatment of pollution lake data by main component analysis (ACP) shows that: pollution spreads from Amon downstream of the Telamine Lake, following the path of discharge of domestic and industrial wastewater.

The study of the industrial wastewater discharge from Hassi Ameur shows that these waters are all loaded with biodegradable organic matter which exceeds the Algerian and world standards, which confirms a very high pollution. This discharge drained to the lake of Telamine through an open channel. Thus, the waste water discharged from the industrial zone of Hassi Ameur has a negative impact on the lake of Télamine which reflects a high pollution of the latter.

.....

**Keywords:** Wetlands, arid and semi-arid zones, Lake Telamine, chemical facies, pollution indicators, organic pollution index, Gdyel, Oran.

## رصد مؤشرات التلوث في منطقة جافة وشبه جافة: تشخيص محيط غديل بعد رواسب النفايات المنزلية وتصريف مياه الصرف الصحي في بحيرة تيلامين.

### الملخص:

تعتبر بحيرة تلامين من بين المناطق الرطبة الجزائرية المصنفة في اتفاقية ريمسار 2001، تقع البحيرة في منطقة قديل بضواحي مدينة وهران. تتميز هذه المنطقة بمناخ البحر الأبيض المتوسط الجاف، شبه الجاف. في السنوات الأخيرة تعرضت البحيرة الى تلوث شديد لاستقبالها الأكثر من 14000 م<sup>3</sup> يوميا من مياه الصرف الصحي المدني والصناعي لمنطقة قديل.

قمنا بتقسيم هذا العمل الى ثلاث مراحل: المرحلة الأولى تتضمن الإطار الفيزيائي للمنطقة والمرحلة الثانية تحوي الإطار البيئي. اما في المرحلة الثالثة فقد تطرقنا الى مشكلة تلوث بحيرة تلامين وذلك بتحليل خمس عينات من مياه البحيرة وعينتين من مياه الصرف الصناعي للمنطقة الصناعية لحاسي عامر.

أظهرت دراسة مياه البحيرة ان مياه البحيرة قاعدية ذات ناقلية مرتفعة تنتمي من حيث السحنة الكيميائية الى الكلور الصودي، هذه المياه ذات نوعية رديئة وتشكل خطر بالنسبة لري.

أظهرت دراسة مؤشرات التلوث وتصنيف الوكالة الوطنية للموارد المائية لسنة 2000، ان البحيرة تتميز بدرجة تلوث عالية جدا مع ارتفاع المعامل DCO/DBO الذي يدل على ان المواد العضوية الموجودة في البحيرة غير قابلة لتحلل. اثبتت نتائج مؤشر التلوث العضوي (IPO) للبحيرة انها تتميز بتلوث عضوي حاد جدا.

بعد التحليل الاحصائي (ACP) لمؤشرات التلوث تبين ان التلوث ينتشر ويتخذ مسار مياه الصرف الصحي والصناعي.

اثبت التحليل الكيميائي لصرف الصناعي للمنطقة الصناعية لحاسي عامر ان هذه المياه مشبعة بالمواد العضوية الغير قابلة للتحلل التي تعدت التصنيف الجزائري والعالمي هذا ما يثبت نسبة تلوث عالية جدا. هذه المياه تصب في بحيرة تلامين عن طريق قناة مكشوفة.

مياه الصرف الصحي والصناعي للمنطقة الصناعية لحاسي عامر تؤثر تأثير سلبي جدا على مياه بحيرة تلامين وتساهم في تلوثها وتدهورها.

.....  
**كلمات مفتاحية:** المناطق الرطبة، المناطق الجافة وشبه الجافة، بحيرة تلامين، السحنة الكيميائية، مؤشرات التلوث، مؤشر التلوث العضوي، قديل، وهران.

## **Table des matières**

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviations	
Introduction générale.....	01
<b>Première partie : Cadre physique de la zone d'étude</b>	
1-Contexte géographique de la région de Gdyel.....	03
2-Caractéristiques morphologiques.....	05
2-1-La zone côtière.....	05
2-2-Les massifs côtiers et les versants côtiers.....	05
2-3-Le plateau de Gdyel.....	05
2-4-Les collines.....	05
2-5-La zone des plaines.....	05
2-6-La plaine de Gdyel.....	05
3-La pédologie.....	06
3-1-Les sols à encroûtement.....	06
a-Le Sol à encroûtement calcaire.....	06
b- Les Sols à encroûtement gypseux.....	07
3-2-Les sols salins.....	07
a-Les solontchajcs.....	07
b-Les solonetz.....	07
3-3-Les Sols Décalcifiés.....	07
3-4-Les Sols Calcaires.....	07
3-5-Les Sols Insaturés.....	07



3-6-Les Sols de Marais.....	07
3-7-Les Sols Dunaires.....	08
-Les Sols 'dunaires basiques.....	08
3-8-Les Sols Alluviaux.....	08
4- Le Contexte hydrologique.....	09
4-1- Les eaux superficielles.....	09
4-1-1-Un réseau hydrographique exoréique.....	09
4-1-2-Un réseau hydrographique endoréique.....	09
Le lac de Télamine.....	09
4-2- les eaux souterraines.....	09
a-La Source de Gdyel.....	10
b-La source de Kristel.....	10
5-Le Cadre géologique.....	13
5-1-le Cadre géologique général.....	13
5-1-a- Le substratum anté à synchro nappes.....	13
5-1-b- Le remplissage (couverture) post-nappes.....	13
5-2-La Lithostratigraphie de la région étudiée.....	13
5-2-1-La Description litho stratigraphique.....	14
a-Le substratum.....	14
a1-Le Permo Carbonifère.....	15
a2-Le Trias.....	15
a3-Le Jurassique.....	15
a4-Le Crétacé.....	15
b-La couverture.....	19
1-Le Premier cycle post nappes « Miocène inférieur ».....	19
2-Le Deuxième cycle post nappes « Miocène supérieur ».....	19
b2-Le cycle Pliocène.....	19
b3-Le Pléistocène moyen- supérieur.....	19
4-3-Le Cadre Structurale.....	20
6-Le Cadre hydrogéologique.....	21

## *Table des matières*

---

6-1-Le substratum.....	21
a-Le Trias.....	21
b-Les formations Jurassico- Crétacées.....	21
6-2-La couverture.....	21
a-Le Miocène.....	21
*Les marnes bleues.....	21
*Les tripolis du Miocène.....	21
b-Le Pliocène.....	21
c-Le Quaternaire.....	22
6-3-Présentation des coupes.....	22
a-sondage de Gdyel.....	22
b –sondage de Sidi Benyebka.....	24
6-4- Etude des aquifères.....	26
*L'aquifère multicouches à nappe libre.....	26
*La zone fissurée.....	26
a -Les formations plio-quaternaires.....	26
a1- la formation alluvionnaire.....	26
a2- les grés coquilliers et sables jaunes.....	26
a3- les calcaires gréseux.....	26
b- l'aquifère des calcaires dolomitiques.....	27
6-5-Corrélation entre les niveaux aquifères.....	27
6-6-Interprétation de la carte piézométrique.....	30
7-Climat de la zone d'étude.....	32
7-1-Choix de la station météorologique.....	32
7-2-L'Analyse des précipitations.....	32
7-3-Les températures.....	35
7-4-Les indices bioclimatiques.....	37
7-4-1-Indice de Bagnouls et Gausson.....	37
7-4-2-Le quotient pluviothermique d'Emberger( Q2).....	40
7-5- Humidité.....	41

8-Conclusion.....	42
<b>Deuxième partie : cadre environnemental</b>	
1-La pollution des eaux de surface.....	43
1-1-Principaux types de Polluants.....	43
a- Selon l'origine des polluants.....	43
a-1- Pollution urbaine.....	43
a-2- Pollution industrielle.....	43
a-3-Pollution agricole.....	44
a-4-Pollution atmosphérique.....	44
b-Selon la nature des polluants.....	44
b-1- Polluants physiques.....	44
- La chaleur.....	44
Les matières solides en suspension.....	44
- La radioactivité.....	44
b-2-Polluants chimiques.....	44
-Les éléments en traces potentiellement toxique (ETPT).....	45
b-3-Les Polluants Organiques.....	45
- Les micropolluants organiques de synthèse.....	45
-Les Pesticides.....	46
-Les détergents.....	46
b-4-Les Polluants inorganiques.....	46
b-5- Pollution biologique.....	47
- Pollution microbiologique.....	47
1-2-La mesure de la Pollution.....	47
a-La demande biochimique en oxygène (DBO).....	47
b-La demande chimique en oxygène (DCO).....	47
C-L 'oxygène dissous (O.D).....	48
1-3- L'autoépuration.....	48
1-5-Conclusion.....	48
2- Les Zones Humides.....	49

- L'embouchure des fleuves.....	50
- Le long des côtes.....	50
- À l'intérieur des terres.....	50
2-1-Les fonctions des zones humides.....	52
2-1-1-Les Fonctions hydrologiques.....	52
a-Le Contrôle des crues.....	52
b-Le Soutien d'étiage.....	52
c-La Dissipation de la force érosive.....	52
2-1-2-Les Fonctions biogéochimiques.....	52
a-Les produits phytosanitaires et autres micropolluants.....	53
2-1-3-Les Fonctions écologiques, sociales et récréatives.....	53
2-1-4-Les fonctions climatiques.....	54
2-2-Les Zones humides de l'Algérie.....	54
2-2-1-La nature des zones humides en Algérie.....	55
a- Daya.....	55
b- Lac.....	55
c- Sebkha.....	55
2-2-2-Les zones humides d'Oran.....	57
2-2-3-Le lac de Télamine.....	59
3-Caractéristiques socio-économiques.....	61
3-1-évolution de la population du lac de Télamine entre 1977/2008.....	61
a-La première phase (1987à 1998).....	61
b-La deuxième phase (1998 à 2008).....	61
3-2- Alimentation en eau potable.....	63
3-3-Réseau d'assainissement.....	64
4-Origine de la pollution du lac de Télamine.....	65
4-1-Les Eaux usées.....	65
4-1-1-Le réseau d'assainissement industriel et urbain.....	65
4-1-2-Le Volume des eaux usées rejetées.....	66
4-2-Les Déchets solides urbains.....	67

4-2-1-Production des déchets solides.....	67
4-3-Diagnostic du site de la décharge sauvage.....	69
4-4-L'activité industrielle.....	71
4-4-1-La zone industrielle de Hassi Ameer.....	71
4-5-Impacts de la décharge sur l'environnement.....	74
4-6-Les modalités d'éradication.....	75
a-Localisation du site de CET en projet.....	76
b-Le but du projet.....	77
*Gestion des eaux pluviales.....	77
*Collecte et traitement du lixiviat.....	77
5-La biodiversité du lac.....	77
5-1-Les principales espèces floristiques.....	77
5-2-Le recensement faunistique.....	77
6-Conclusion.....	83

**Troisième partie : Etude de pollution**

Introduction.....	84
1-Caractéristique physico-chimiques des eaux du lac de Télamine.....	
1-1-Etude des paramètres physico-chimiques.....	85
1-1-1-Paramètres physiques.....	85
a-Température.....	85
b-pH.....	85
*Classification des eaux d'après leur pH.....	85
c-La conductivité électrique.....	85
1-1-2-Paramètres Chimiques.....	86
1-1-2-1-Balance ionique.....	86
a-Les éléments majeurs.....	87
1-Le calcium *Ca* .....	87
2-Le Magnésium *Mg* .....	88
3-Le sodium et le potassium *Na* *K* .....	89
b-Anions.....	89

## *Table des matières*

---

1-Les bicarbonates * HCO <sub>3</sub> *	89
2-Les chlorures *Cl	90
3-Les sulfates *SO <sub>4</sub> *	91
4-Les Nitrates *NO <sub>3</sub> *	91
1-1-2-Etude des rapports caractéristiques	92
a-Rapport Mg/Ca	92
b-Rapport Cl/HCO <sub>3</sub>	92
c-Rapport Cl/SO <sub>4</sub>	92
1-1-3-Classification des eaux	92
a-Diagramme de Piper	92
b-Diagramme de Schoeller-Berkaloff	93
1-1-4-Indices de saturation	96
1-1-5-Qualité des eaux d'irrigation	99
2-Etude des éléments indicateurs de pollution	100
2-1-Analyse des éléments indicateurs de pollution dans la zone d'étude	100
2-1-1-Paramètres de pollution organique	102
a-Les matières en suspension (M.E.S)	102
b-Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	102
c-Demande chimique en oxygène (DCO)	102
2-1-2-Paramètres de pollution azotée	103
a-Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	103
b-Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	104
c-Les nitrites (NO <sub>2</sub> )	104
2-1-3 -Le phosphore	105
2-1-4-Le rapport DCO/DBO <sub>5</sub>	106
2-1-5 paramètres indésirables (Fe, Mn, Cr)	106
a-Le Fer (Fe)	106
b-Le Manganèse (Mn)	106
c-Le Chrome	107
2-2-L'indice de pollution organique (IPO)	108

2-3-Traitement statistique des données de pollution.....	109
a-Paramètres représentatifs.....	109
b- Matrice de corrélation.....	110
c-Analyse en Composantes Principales (ACP).....	110
c-1-Résultats obtenus.....	110
*Diagonalisation.....	110
c-2-Etude des variables.....	111
c-3-Etude des individus.....	111
1- La minéralisation.....	111
2- le taux de la pollution.....	111
3-Etude du rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameer.....	113
3-1-Interprétation des résultats.....	114
3-1-1-Paramètres physiques.....	114
a-Le PH.....	114
b-La matière en suspension (M. E. S).....	114
3-1-2-Paramètres Organoleptiques.....	115
*La turbidité.....	115
3-1-3-Paramètres chimiques.....	116
a-La demande biologique en oxygène DBO5.....	116
b-La demande chimique en oxygène DCO.....	116
c-L'ammonium (NH4+).....	116
d-Les Nitrites (NO2) et Nitrates (NO3).....	116
e-Le Phosphore total.....	117
3-1-4-Les éléments en trace (Fe, Mn, Cr).....	118
3-2-Evaluation de la pollution organique des eaux usées.....	118
a-Le rapport DCO/DBO5.....	118
b-Le rapport DBO5/DCO.....	118
4-Conclusion.....	119
<b>Mesures de protection.....</b>	<b>120</b>

<b>Conclusion générale</b> .....	<b>121</b>
<b>Reference bibliographique</b> .....	<b>123</b>

**Annexes**

Annexe 01 : La Convention de RAMSAR.

Tab.37 : Résultats d'analyse physico-chimique du lac de Télamine (ANRH, 2013).

Tab.38 : Les coordonnées géographiques des points d'eau prélevées.

Tab.39 : Les caractéristiques des unités industrielles consommatrice d'eau en grande importance.

Tab.40 : Opérateurs pollueurs du lac de Télamine.

Tab.41 : Normes algériennes du rejet d'effluents liquides industriels.

Tab.42 : Normes des paramètres physico-chimiques (OMS).

Tab.43 : Normes des paramètres organoleptiques (OMS).

Tab.44 : Les substances indésirables ou toxiques (OMS).

Figure. n°68 : Carte de découpage administrative de Gdyl.

Photo n°6 : Les eaux usées déversées vers le lac de Télamine.



## Liste des tableaux

Tab.01 : les coordonnées géographiques de la station météorologique.....	32
Tab.02 : les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de 21 ans (1988-2009).....	32
Tab.03 : les moyennes de température de la période 1988-2009.....	36
Tab.04 : les températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de 1988-2009.....	36
Tab.05 : les moyennes de précipitations et de températures de la période (1988/2009).....	37
Tab.06 : les moyennes de précipitations et de températures de l'année pluvieuse 2001-2002.....	38
Tab.07 : moyennes des précipitations et des températures de l'année sèche 1996-1997.....	39
Tab.08 : le quotient pluviométrique Q2.....	40
Tab. 09 : Variation de la DBO5 et des matières en suspensions (M.E.S) pour divers types..... d'effluents ( <i>Ramade, 2005</i> )	49
Tab. 10 : Les critères de qualité d'une eau naturelle Selon Beaudry (1984).....	49
Tab.11 : Les zones humides de la Wilaya d'Oran (Direction Générale des forêts, 2008).....	58
Tab.12 : Effectifs d'oiseaux d'eau des trois dernières année (Direction Générale des forêts, 2011)	58
Tab.13 : Recensement hivernal des oiseaux d'eau du lac de Télamine (Direction de l'environnement 2009)	60
Tab. 14 : le nombre de population de 1987, 1998 et 2008.....	61
Tab. 15 : Répartition de la population selon la densité en 2008.....	62
Tab. 16 : Répartition des réseaux d'AEP et approvisionnement en eau potable de la région de..... Gdyel	63
Tab. 17 : Le taux de raccordement, les rejets et le milieu récepteur de la région de Gdyel.....	65
Tab. 18 : débit des eaux usées dans la région de Gdyel.....	67
Tab.19 : La quantité des déchets solides produits dans la région d'étude.....	68
Tab. 20 : Les caractéristiques des unités industrielles consommatrices d'eau en grande..... importance	73

## *Liste des tableaux*

---

Tab. 21 : Les principaux impacts de la décharge de Gdyl.....	75
Tab. 22 : dénombrements des espèces du oiseaux.....	79
Tab. 23 : Classification du pH des eaux.....	85
Tab. 24 : Relation conductivités - minéralisations des eaux.....	86
Tab. 25 : Résultats des analyses des cations des eaux de surface.....	87
Tab. 26 : Résultats des analyses des anions des eaux de surface.....	89
Tab. 27 : Rapports caractéristiques.....	92
Tab. 28 : Formules et faciès chimiques des eaux de surface du lac de Télamine.....	93
Tab. 29 : Les indices de saturation des eaux de surface de la zone étudiée.....	96
Tab. 30 : Résultats du S.A. R.....	100
Tab. 31 : Résultats d'analyses des éléments indicateurs de pollution.....	100
Tab. 32 : Grille de la qualité (IPO).....	108
Tab.33 : Indice de pollution organique (IPO) de lac de Télamine.....	108
Tab. 34 : Calcul des moyennes et écarts-type.....	109
Tab. 35 : Matrice de corrélation des éléments chimiques.....	110
Tab.36 : Résultats des paramètres physicochimiques des eaux usées à Hassi Aneur.....	113
Tab.37 : Résultat d'analyse physico-chimique du lac Télamine (ANRH, 2013).....	Annx
Tab.38 : Les coordonnées géographiques des points d'eau prélevées.....	Annx
Tab.39 : Les caractéristiques des unités industrielles consommatrice d'eau en grande importance	Annx
Tab.40 : Opérateurs pollueurs du lac de Télamine.....	Annx
Tab.41 : Normes algériennes de rejet d'effluents liquides industriels.....	Annx
Tab.42 : Normes des paramètres physico-chimiques (OMS).....	Annx

## *Liste des tableaux*

---

**Tab.43 : Les Normes des paramètres organoleptiques..... Annx**

**Tab.44 : Les substances indésirables ou toxiques (OMS)..... Annx**

**Annx : Annexe.**

**Tab : tableau.**

## Liste des figures

Figure. n°01: situation géographique du lac de Télamine.....	04
Figure. n°02: Les unités morphologiques de la région de Gdyl.....	06
Figure. n°03 : La pédologie de la région de Gdyl.....	08
Figure. n°04 : Situation de Lac de Télamine dans le Bassin versant Côtier d’Oranie.....	11
Figure. n°05 : Réseau hydrographique de la région de Gdyl.....	12
Figure. n°06: Log géologique synthétique de la région d’Oran (Hassani M.I., 1987).....	14
Figure. n°07 : Carte géologique de la région d’Arzew (d’après B. Frenet, 1954).....	16
Figure. n°08 : Log synthétique du Permo-Carbonifère du Djebel Khar (B. Frenet, 1975).....	17
Figure. n°09 : Série Carbonatée du revers sud du Djebel Orousse des Monts d’Arzew (B. Frenet, . 1975)	18
Figure. n°10 : schéma structural de l’Oranie (B. Frenet, 1975).....	20
Figure. n°11: Sondage de Gdyl (D’après ANRH, 2003).....	23
Figure. n°12: Sondage de Hassi Benyebka (D’après ANRH, 2000).....	25
Figure. n°13: Aquifère bicouche : éboulis – Alluvions et grès(D’après M.Foukrache, 1996).....	28
Figure. n°14: Aquifère bicouche : éboulis – Alluvions et calcaires gréseux (D’après M. Foukrache, 1996).....	29
Figure. n°15: Extrait de la carte piézométrique de la région d’Arzew (D’après M. Foukrache, 1996).....	31
Figure. n°16: précipitations moyennes annuelles de 1988-2009.....	33
Figure. n°17: le régime pluviométrique de l’année humide 2001-2002.....	33
Figure. n°18: le régime pluviométrique en année moyenne 2005 -2006.....	34
Figure. n°19: le régime pluviométrique de l’année la plus sèche (1996-1997).....	34
Figure. n°20: les précipitations moyennes mensuelles de 1988-2009.....	35

## *Liste des figures*

---

Figure. n°21: les températures moyennes mensuelles de 1988-2009.....	37
Figure. n°22:Le diagramme ombrothermique de la période (1988-2009).....	38
Figure. n°23: Le diagramme ombrothermique de l'année humide.....	39
Figure. n°24: Le digramme ombrothermique de l'année sèche 1996-1997.....	40
Figure. n°25 :Le diagramme d'Emberger.....	41
Figure. n°26: Les différents rôles des zones humides (Barnaud et Fustec, 2007).....	55
Figure. n°27 : Localisation des sites inscrits en Algérie (Durand et al. 2004).....	56
Figure. n°28 : les zones humides au niveau de la wilaya d'Oran.....	57
Figure. n°29: Le Taux d'accroissement de la population entre 1998 et 2008.....	62
Photo n°1 : Canal de réseau d'assainissement (Hassi Ameur vers le lac de Télamine).....	66
Figure. n°30: Les quantités des déchets générés par commune.....	69
Photo n°2: La décharge sauvage du lac de Télamine (Commune de Gdyel).....	70
Photo n°3 : Rejet à ciel ouvert de Gdyel vers le lac de Télamine.....	70
Figure. n°31: Répartition spatiale des unités industrielles au niveau de la zone industrielle de Hassi Ameur. ....	72
Photo n°4 : La pollution au niveau du lac de Télamine (présence de mousse, 2013).....	74
Photos n°5 :Les images caractérisant la décharge de Gdyel.....	74
Figure. n°32 : Localisation du site de projet sur la carte topographique de Gdyel.....	76
Figure n°33 : Développement des anatidés (2008-2013).....	80
Figure n°34 : Développement des foulques (2008-2013).....	81
Figure n° 35 : Développement des autres oiseaux (2008-2013).....	81
Photos n°6 : Quelques photos des espèces d'oiseaux.....	82
Figure n°36 : Localisation des lieux des prélèvements (extrait de la carte topographique de Gdyel 1/50000)	84

## *Liste des figures*

---

Figure. n°37: Evolution de la Conductivité dans la région d'étude .....	86
Figure. n°38: Evolution du calcium des points d'eau dans la région d'étude .....	88
Figure. n°39: Evolution du magnésium des points d'eau dans la région d'étude.....	88
Figure. n°40: Evolution du sodium et du potassium des points d'eau dans la région d'étude.....	89
Figure. n°41: Evolution des bicarbonates des points d'eau dans la région d'étude.....	90
Figure. n°42: Evolution des chlorures des points d'eau dans la région d'étude.....	90
Figure. n°43: Evolution des sulfates des points d'eau dans la région d'étude.....	91
Figure. n°44: Evolution des nitrates des points d'eau dans la région d'étude.....	91
Figure. n°45: Représentation graphique des eaux sur le diagramme de piper.....	94
Figure. n°46: Diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	95
Figure. n°47: Diagramme des indices du saturation .....	97- 98- 99
Figure. n°48 : Présentation et définition des quatre classes de qualité des eaux de surface..... (ANRH, 2000).	101
Figure. n°49 : Evolution de la concentration de MES.....	102
Figure. n°50: Variation de la DBO5.....	103
Figure. n°51 : Variation de la DCO.....	103
Figure. n°52 : Variation de la NH4.....	104
Figure. n°53 : Variation de la NO3.....	104
Figure. n°54 : Variation de la NO2.....	105
Figure. n°55 : Variation de la PO4.....	105
Figure. n°56: concentration en Fer.....	106
Figure. n°57: concentration en Manganèse.....	107

## *Liste des figures*

---

Figure. n°58: concentration en Chrome.....	107
Figure. n°59 :Cercle des corrélation : axe1 et 2, étude des variables.....	111
Figure. n°60 : Cercle de corrélation : axe1 et 2 variables et individus.....	112
Figure. n°61 : Localisation de lieux des prélèvements à Hassi Ameer.....	114
(extrait de la carte topographique de Gdyl 1/50000)	
Figure. n°62 : Variation des valeurs de MES.....	115
Figure. n°63 :Variation des valeurs du Turbidité.....	115
Figure. n°64 :Variation des valeurs de DBO5.....	116
Figure. n°65 :Variation des valeurs de DCO.....	117
Figure. n°66 : Variation des valeurs de NH4.....	117
Figure. n°67 : Variation des valeurs de Phosphore totale.....	118
Figure. n°68 : Carte de découpage administratif de Gdyl.....	Annx
Photo n°6 : Les eaux usées déverser vers le lac Télamine.....	Annx

## *Liste d'abréviations*

---

**ACP** : Analyse en Composantes Principales.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ONA** : Office Nationale de l'Assainissement.

**ONM** : Office National de la Météorologie.

**pH** : potentiel hydrogène

**SAR** : Sodium absorption Ratio.

**UTM** : Universal Transverse Mercator.

**μS** : micro-siemens.

**IPO** : indice de pollution organique.



## **Introduction générale**

L'eau peut être rare dans certains endroits, comme les zones arides et semi-arides, ou peut tout simplement être d'une qualité médiocre et polluée. Les pressions exercées par les hommes sur le milieu naturel sont de plus en plus importantes, ce qui entraîne un risque de dégradation accru, d'année en année, de la qualité de notre environnement.

Le domaine de l'eau est un milieu particulièrement sensible aux pressions anthropiques puisque c'est principalement par l'eau que s'effectue la collecte et le transfert des substances ou composés polluants dans l'environnement. Depuis quelques années, les zones humides : les lacs, les étangs et les marais, où se concentrent les masses d'eau issues des bassins versants voient leur qualité se dégrader fortement. Les phénomènes engendrés par les pollutions affectant le domaine de l'eau de surface sont souvent spectaculaires.

L'Algérie comporte plusieurs zones humides de caractère endoréique tel le lac de Télamine ils font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de productivité naturelle.

Les dépressions endoréiques : Sont des espaces naturels très importants en raison de la richesse biologique et des importantes fonctions naturelles, elles participent dans la limitation des ravages des inondations en régulant les eaux des crues, elles constituent également un lieu de stockage des eaux pendant la période de sécheresse, maintiennent les nappes phréatiques présentent ainsi un intérêt écologique.

Aujourd'hui les zones humides algériennes sont menacées par différentes sortes de pollutions telles que la pollution industrielle et urbaine qui s'aggrave de jour en jour.

Dans ce contexte, notre intérêt porte principalement sur la zone humide du lac Télamine comme une zone classée Ramsar qui est un lac riche en flore diversifiée et un grand nombre d'oiseaux migrateurs qui doit être protégée, mais sa situation actuelle est très inquiétante car elle est considérée comme une zone d'épandage ou exutoire recevant les ordures et les eaux usées charriées à travers des réseaux dits d'assainissement.

Cette étude est entrée dans le cadre de magister en hydrogéologie (hydrologie et hydrogéologie des zones arides et semi-arides) qui engendré par Mr Safaa Aissa (Maître de Conférences \*A à l'université d'Oran 2). Ce thème est proposé par Mr Moussa Kacem (Professeur à l'université d'Oran 2).

Cette étude s'ajoute à des travaux de recherche plus récent, et ce pour donner un aperçu scientifique, du point de vue qualitatif et quantitatif, sur l'état actuel de la région de Télamine. La problématique qui se pose s'intéresse directement à la pollution du lac Télamine.

Il s'agirait de répondre aux questions suivantes :

- ❖ Quelles sont les indicateurs de la pollution du lac de Télamine ?
- ❖ Quel est l'impact de pollution sur l'écosystème du lac ?
- ❖ Quel est l'impact de pollution sur la qualité des eaux de surface du lac ?
- ❖ Quelles sont les origines de la pollution ?

- ❖ Quel est l'impact de rejet des eaux usées urbain et industrielles sur le lac.
- ❖ Quel est le taux de pollution connu dans ce lac ?
- ❖ Comment peut-on protéger le milieu ?

C'est à travers le présent travail que nous allons tenter de répondre à l'ensemble de ces questions. On a résoudre ces questions en 03 parties avec Mesure de protection et une conclusion générale :

**Première partie :** Cadre physique de la zone d'étude, cette partie comporte une synthèse bibliographique : Caractéristiques morphologiques, La pédologie, contexte hydrologique, Cadre géologique, Cadre hydrogéologique, Climat de la zone d'étude et Conclusion.

**Deuxième partie :** Cadre environnemental, cette partie comporte une synthèse bibliographique : la pollution des eaux de surface, les zones humides, caractéristiques socio-économiques, origine de la pollution du lac de Télamine, dégradation de la biodiversité et conclusion.

**La troisième partie : une étude de la pollution basée sur :**

- ❖ Etude physico-chimique : pour la détermination des faciès chimiques, classification des eaux, ainsi que leur aptitude à l'irrigation.
- ❖ L'établissement des graphes, afin de mettre en évidence l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques, en les corrélant avec la géologie et l'environnement pour interpréter l'origine de la minéralisation du lac.
- ❖ Etude des éléments indicateurs de pollution : adapté les données de pollution sur une grille, pour évaluer un classement pour la pollution de chaque élément, étude des éléments en trace, Enfin, un traitement statistique des données chimiques par la méthode d'analyse en Composantes Principales pour l'évolution du chimisme de l'eau et comprendre l'origine de la pollution avec leur trajet dans le lac de Télamine.
- ❖ Calcul de l'indice de pollution organique (IPO).
- ❖ Etude de rejet industriel de Hassi Ameer : pour évaluer le taux de pollution et comparé avec la pollution du lac Télamine.

Pour les analyses chimiques des eaux du lac on a utilisé les analyses de l'ANRH en 2013, pour les analyses récentes, nous ne trouvons pas un laboratoire d'analyse qui fait une analyse Complete pour 20 échantillons contiennent les métaux lourds, pour cette raison on a essayé de travailler sur les données de 2013.

*Première partie :*

*Cadre physique de la zone d'étude*

- ❖ *1-Contexte géographique de la région de Gdyel.*
- ❖ *2-Caractéristiques morphologiques.*
- ❖ *3-La pédologie.*
- ❖ *4-Contexte hydrologique.*
- ❖ *5-Cadre géologique.*
- ❖ *6-Cadre hydrogéologique.*
- ❖ *7-Climat de la zone d'étude.*
- ❖ *8-Conclusion.*

## **1-Contexte géographique de la région de Gdyl :**

### **1-1-Description de la région périphérique du lac de Télamine : la région de Gdyl :**

Le lac de Télamine se situe au Nord –Ouest de l'Algérie, Il est localisé à environ 20km à l'Est de la ville d'Oran, au Nord-Ouest de salines d'Arzew avec une latitude de  $35^{\circ}42'32''$  Nord et une longitude de  $0^{\circ}22'30''$  Est. Il a une longueur d'environ de 8,5Km et une largeur varie entre 0,5 et 1,5 Km. Le lac de Télamine occupe une superficie de 2399 ha et un périmètre de 20Km.

- Coordonnées géographiques Lambert :

**-X1 : 219,8    Y1 : 271,9.    -X2 : 223,7    Y2 : 278,2.**

### **1-2-Contexte géographique :**

Il est limité géographiquement par :

-La plaine de Hassi Mefsoukh au Nord.

-La plaine salée au Sud.

-La saline d'Arzew au Sud Est.

-La plaine de Hassian Et Toual au Sud-Ouest.

-La plaine de Gdyl au Nord-Ouest.

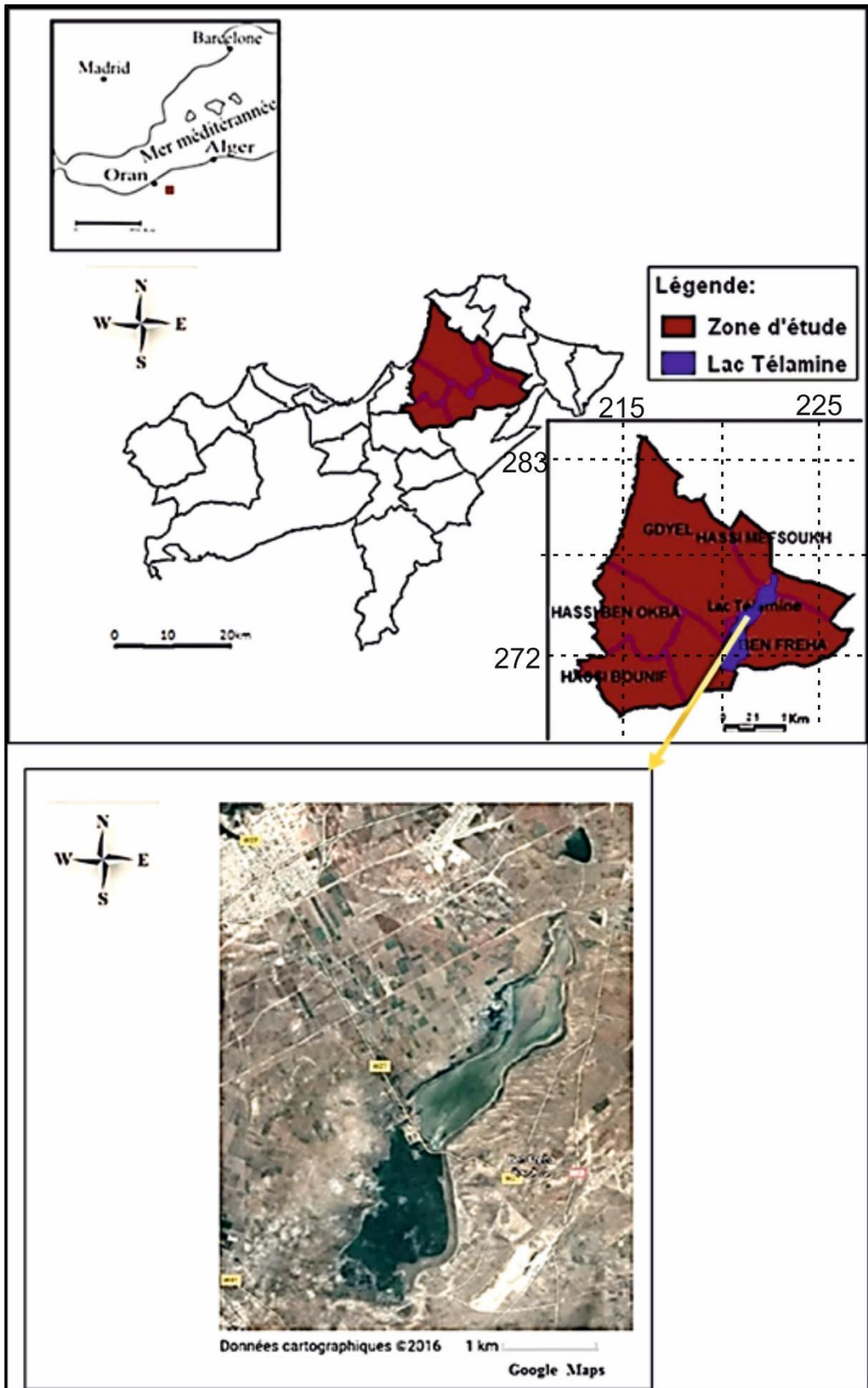


Figure. n°01: Situation géographique du lac de Télamine.

## **2- Caractéristique morphologiques :**

La zone d'étude est constituée des reliefs très diversifiés permettant de distinguer 06 zones indiquées ci-dessous :

### **2-1-La zone côtière :**

C'est le prolongement vers la mer de deux ensembles montagneux du djebel Khar jusqu'au djebel Kristel. C'est une cote fortement escarpée avec des corniches et des talus très raides, les terres immédiates à cette côte ont une pente raide notamment vers l'Est.

### **2-2-Les massifs côtiers et les versants côtiers :**

Ils sont représentés par deux ensembles montagneux.

-Le massif du djebel Khar est localisé au Nord-Ouest de la région avec une orientation sud-ouest et nord-est ou domine le plateau de Gdyel et les zones de la plaine. Ce massif est élevé de 602m.

-Le massif du djebel Kristel est le prolongement du djebel Arous, cet ensemble montagneux culmine à 504m.

### **2-3-Le plateau de Gdyel :**

Il est dominé par le djebel Khar au Sud-Ouest et le massif de Kristel au Nord, il présente une topographie ondulée. Les altitudes varient entre 200 et 350m, les pentes sont douces avec une déclivité comprise entre 3% et 12%.

**2-4-Les collines :** Elles se présentent au Nord-Est de la région, et se présentent sous forme de reliefs fortement mouvementés avec des altitudes qui varient entre 200 et 400m et des pentes dépassant 12%.

**2-5-La zone des plaines :** Elles se localisent au Sud de la région, nous distinguons deux sortes de plaines.

**2-6-La plaine de Gdyel :** Elle domine au Nord-Ouest et est implantée avec des altitudes variant entre 110 et 150m avec une inclinaison allant du Nord-Ouest vers le Sud-Est, les pentes sont généralement douces oscillant entre 0% à 3%.

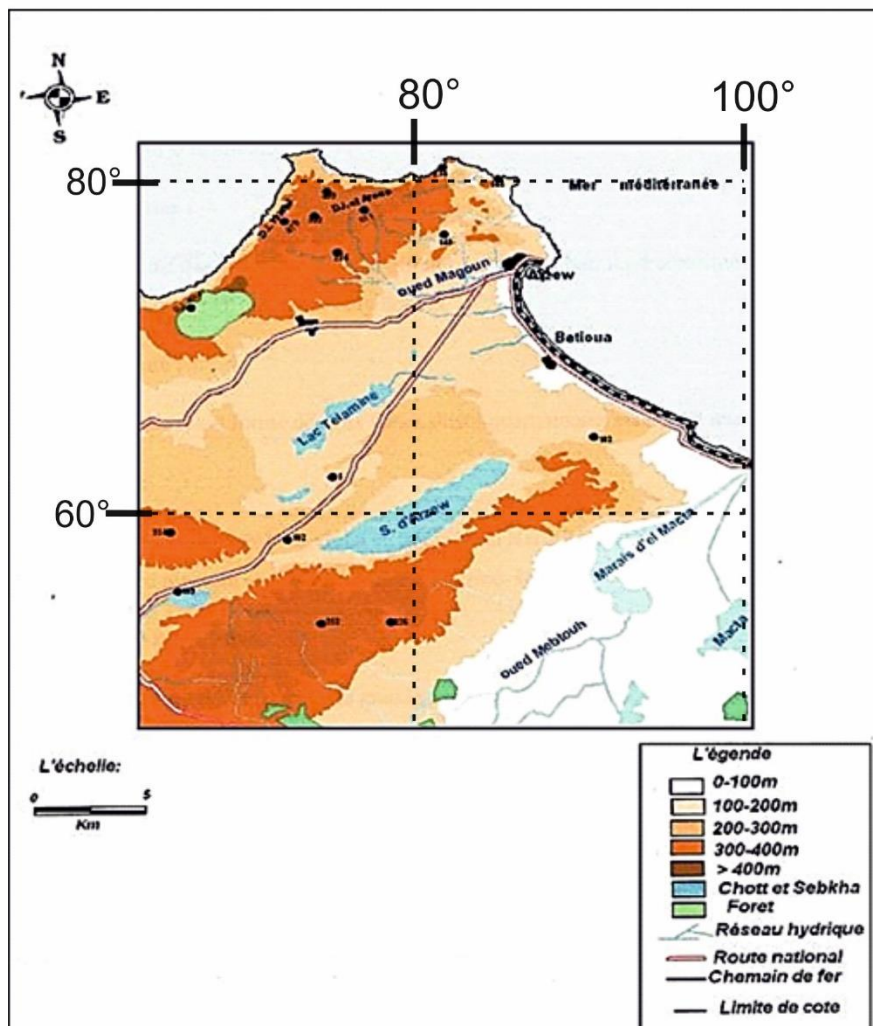


Figure. n°02: Les unités morphologiques de la région de Gdyl.

### 3-La pédologie :

Le lac de Talamine se situe au Sud -Ouest- Ouest et Nord-Est-Est. Il est bordé par les sols décalcifiés (Figure. n°03)

Au Nord : Les sols à encroûtement, les sols salins, les sols dunaires, les alluviaux, et des roches-mères.

#### 3-1-Les sols à encroûtement :

**a-Sol à encroûtement calcaire :** à l'Ouest de la Daya de Talamine on trouve dans les bas-fonds, des sols gris à noir riches en matières organiques et qui possèdent un horizon calcaire très dur, renfermant des géodes terreuses, Ces sols sont améliorables par le drainage et par le sous-solage.

**b- Sols à encroûtement gypseux :** A l'Est de la Daya de Télamine l'encroûtement est formé de gypse pulvérulent : ces sols sont assez pauvres.

### **3-2-Les sols salins :**

**a-Les solontchaks :** Ce sont les sols dont la teneur en Cl est supérieure à 1,8 %, ils se subdivisent en deux sous-types : les sols de prairies à soudes et les solontchaks sensu stricto.

**b-Les solonetz :** ce sont, classiquement, d'anciens solontchaks dont les sels solubles ont été éliminés par lessivage ; les solonetz typiques, dans la région étudiée, n'ont pas encore été repérés mais il est fort possible qu'ils existent. Par contre, nous avons cartographie comme solonetz, deux sortes de sols qui s'en rapprochent.

### **3-3- Les Sols décalcifiés :**

L'ancienneté des surfaces qui constituent la majeure partie de la feuille fait que des sols très anciens, ayant évolué sous l'action des divers climats qui se sont succédé au cours du Quaternaire, recouvrant encore de grandes surfaces.

### **3-4-Les Sols calcaires :**

Ils sont caractérisés par un seul horizon différencié et se forment sur les roches-mères calcifères, leur horizon de surface est légèrement plus riche en calcaire que l'horizon sous-jacent. Association sol décalcifié - sol calcaire. En fait, l'évolution pédologique des surfaces anciennes ayant été très complexe et très longue, il n'est pas possible actuellement, de déterminer tous les sous-types de sols et toutes les variétés qui ont pu se réaliser. L'évolution du complexe absorbant, l'érosion des nappes, des apports éoliens et la transformation des matériaux argileux ont eu le temps de créer sur ces surfaces une mosaïque de sols qu'il est délicat de cartographier même à échelle moyenne.

Il a donc été utile d'employer pour cartographier ces surfaces la notion d'association de sols ; celle-ci permet de distinguer sur le terrain des zones cartographiables à l'échelle employée. L'association sol décalcifié-sol calcaire correspond donc à des régions complexes généralement caractérisées par la présence d'une carapace calcaire en profondeur ; lorsque celle-ci a été amenée en surface par l'érosion, des sols calcaires, peut-être calciques par endroits, existent çà et là.

### **3-5-Les Sols insaturés :**

Ces sols se forment sur les roches non calcaires et perméables des monts d'Arzew.

### **3-6-Les Sols de marais :**

Ces sols sont caractérisés par leur couleur noire due à l'accumulation des matières organiques et à la prédominance des composés réducteurs

Les Sols des marais sont associés aux sols salés de la plaine de l'Habra.

Dans cette plaine, les apports des eaux d'hiver créent des sols moins salés au centre de la plaine.

Au Nord-Ouest de celle-ci, les eaux s'écoulent très lentement' et les sols très argileux sont inondés en partie en hiver.



### 3-7- Les Sols Dunaires :

-Les Sols 'dunaires basiques : Ce sont les dunes du littoral, calcaire et recouverte d'une maigre végétation.

### 3-8- Les Sols alluviaux :

Les alluvions des Oueds principaux forment des sols profonds, limoneux ou argileux, parfois menacés par le salant en bordure des zones salées, calcaires, généralement très riches. Ces sols peuvent porter des cultures très riches et sont souvent irrigués.

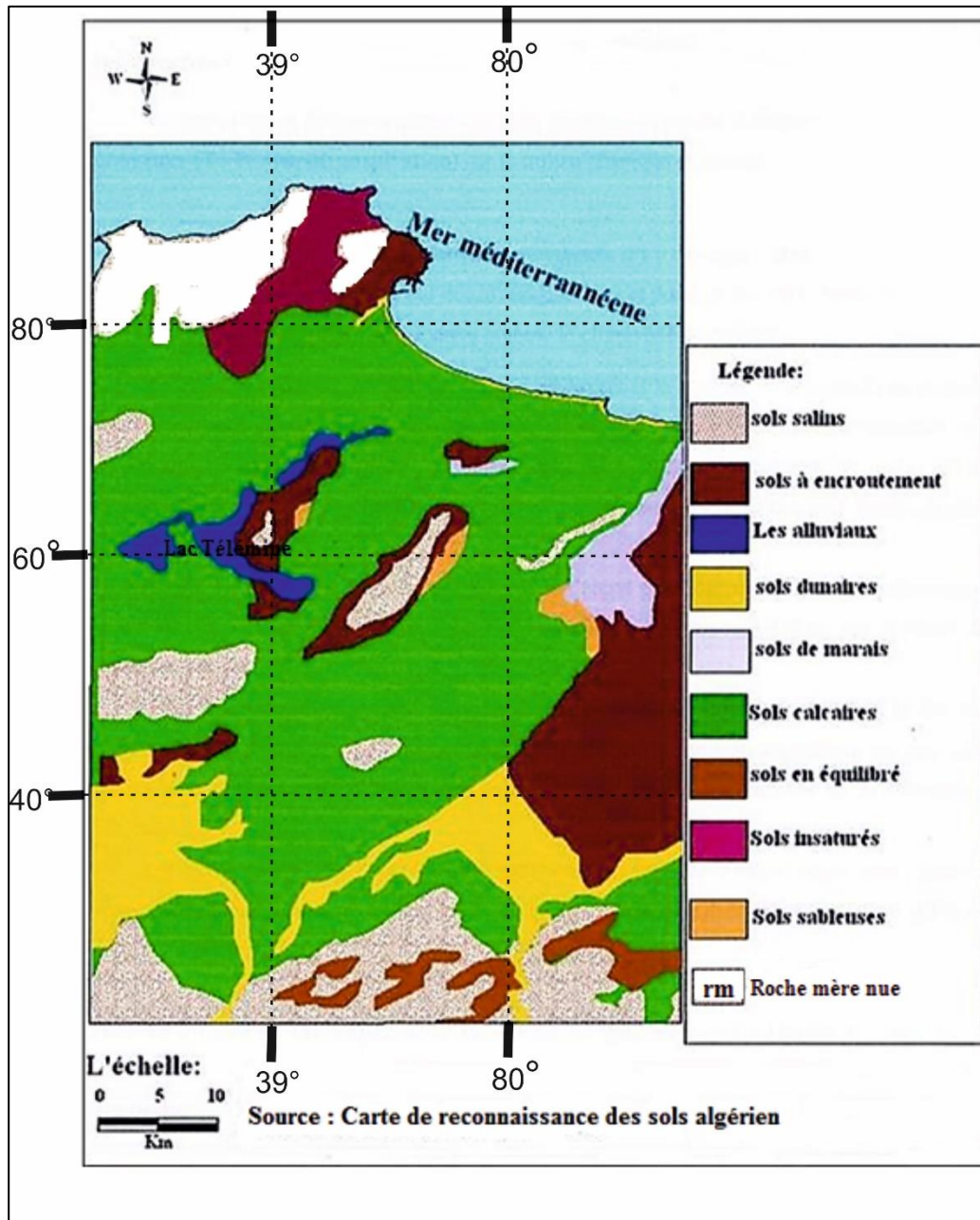


Figure. n°03 : La pédologie de la région de Gdyl.

#### **4- Le Contexte hydrologique :**

La zone humide du lac de Télamine s'inscrit au niveau du bassin versant de l'Oranie-Chott chergui qui est composé par 04 sous bassin versant : le Côtiers oranais, le bassin de la Tafna, le bassin de la Macta et le chott chergui.

Sur le plan administratif, le bassin versant de l'Oranie-chott chergui couvre 11 wilayas et 261 communes.

Le sous bassin versant du littoral oranais qui comprend la zone humide forme une unité hydrographique homogène avec une superficie de 5913Km<sup>2</sup> et un réseau hydrographique qui avoisine les 2864 Km. (Figure. n°04).

Deux types de réseaux hydrographiques drainent la plaine de Gdyl.

#### **4-1- Les eaux superficielles :**

##### **4-1-1-Un réseau hydrographique exoréique :**

Tous les Oueds et Chaabats qui prennent leurs sources dans les massifs du djebel Khar et celui de Kristel, se jettent dans la mer directement, dans cet ensemble nous citerons :

L'oued Chachoune avec une longueur de 3km et l'Oued Rhadrane long de 2.5km, et des petits Chaabats plus denses au Nord parmi lesquels :

Chaabat Marsat Armmar, Chaabat Ain-Defla, Chaabat Haoyd-Ediss, Chaabat Hadjeret, Chaabat Boukchit, Chaabat Sidi Mohamed, Chaabat Tamda, Chaabat Rhemk.

##### **4-1-2-Un réseau hydrographique endoréique :**

A partir de l'analyse de la Figure. n°04, nous remarquons que la plus grande partie du réseau hydrographique prend également sa source dans les deux massifs et plus particulièrement dans le djebel Kristel. L'écoulement des eaux se fait du Nord-Ouest au Sud-Est. Les deux principaux sont Oued Ras-El-Ain et oued Tazarhrha qui prennent également leur source dans le plateau. Par ailleurs il-y-a Oued El Mohgoun qui prend sa source dans le massif de Kristel ou les Oueds de Gassaa, Benno et Tazdout, ces trois Oueds avec Chaabat Tafrent.

**Le lac de Télamine :** Le lac de Télamine est un bassin qui collecte les eaux de surface du territoire.

#### **4-2- les eaux souterraines :**

L'eau souterraine dans l'Est d'Oran est contenue dans deux nappes du plateau de Gdyl et de Hassiane Ettoual. L'écoulement souterrain des ressources en eau est localisé dans les formations quaternaire malgré leur faible épaisseur. Ces formations ont une extension spatiale de près de 2560 Hectare, ce qui se traduit par la formation de petites nappes phréatiques plus au moins continues et facilement exploitables (puits) (Hassiane S- Ali 2006).

**a-La Source de Gdyel :**

Elle se situe dans le ravin au niveau de la ville de Gdyel, et la plupart de ses drains sont très anciens dans leur ensemble captant une partie de la nappe des grés coquilliers (plioquaternaire).

Cette source de sables marneux et les marnes imperméables sont caractérisées par un débit faible à cause de l'épaisseur du toit du bassin d'alimentation qui est très réduit, et des drains de la source qui ne se développent que sur la rive gauche du ravin.

**b-La source de Kristel :**

Elle constitue un exutoire de nappe des calcaires dolomitiques, elle se situe au centre du village de Kristel, elle correspond à une source de débordement des calcaires marmoréens.

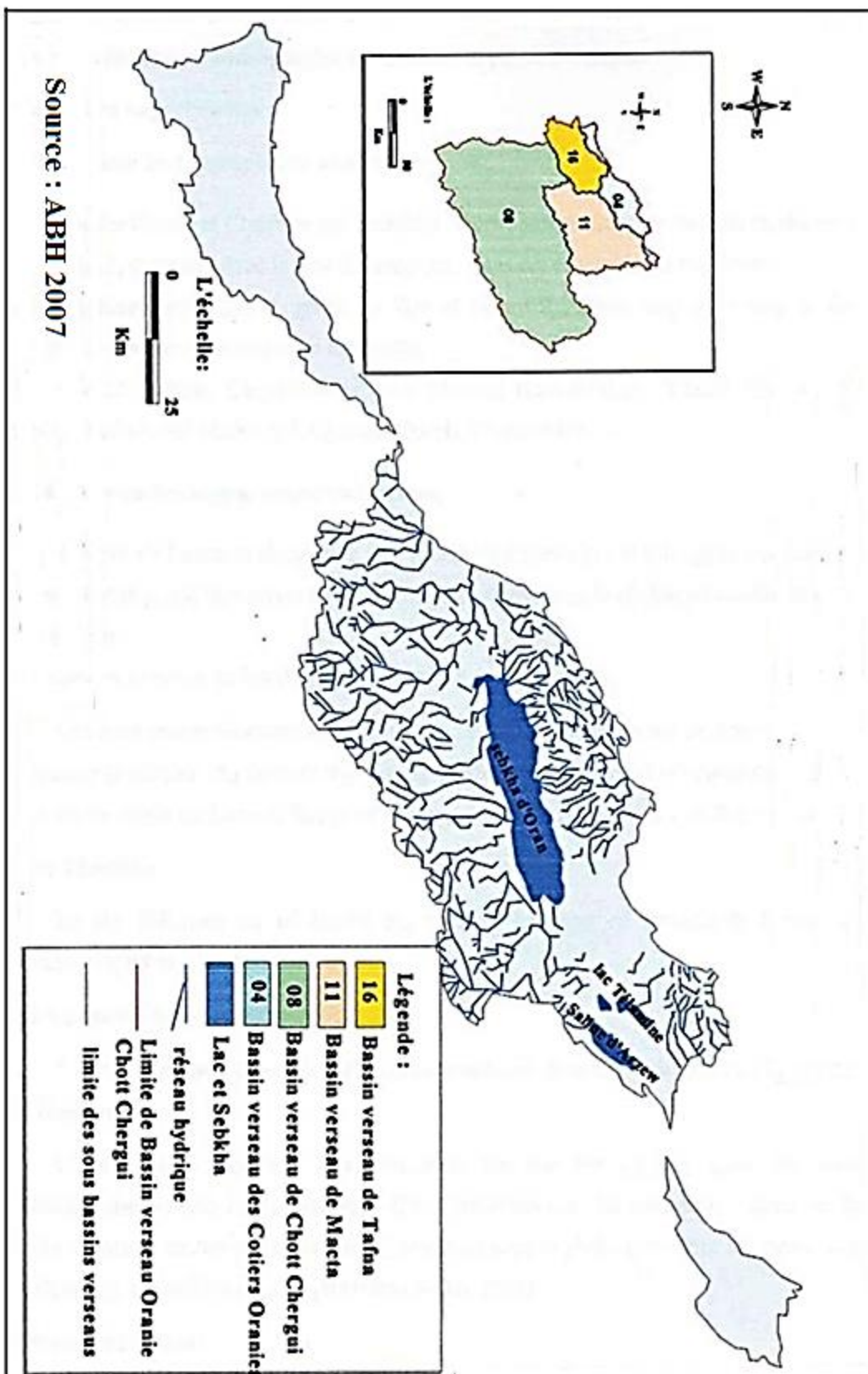


Figure. n°04 : Situation de Lac de Teflamine dans le Bassin versant Côtier d'Oranie.

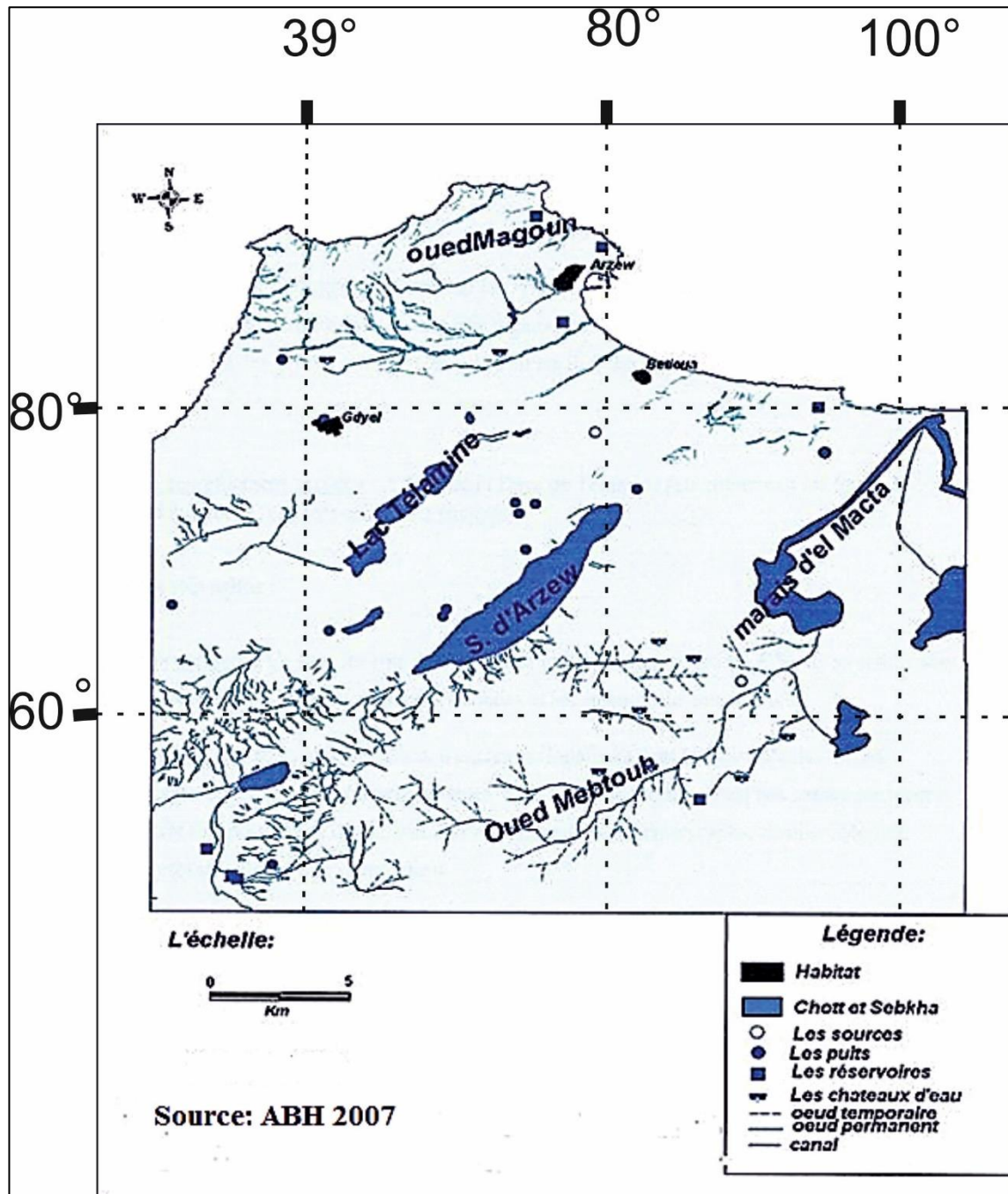


Figure. n°05 : Réseau hydrographique de la région de Gdyl.

## **5-Cadre géologique :**

### **5-1-Cadre géologique général :**

Le secteur d'étude est inclus dans le domaine géologique du littoral Oranais qui intègre la zone externe ou tellienne de la chaîne alpine. Ce domaine s'allonge sur environ cent (100) kilomètres entre le Massif de Madagh, à l'Ouest, et les Monts d'Arzew à l'Est. Il s'étend sur une largeur moyenne d'environ vingt (20) kilomètres. Il comprend dans le sens de la longueur un groupe de horsts (Djebel Murdjadjo, Djebel Khar, Monts d'Arzew, etc.) constitués essentiellement de terrains d'âge secondaire. Ces horsts, très tectonisés, correspondent à un substratum (para-autochtone).

Ils sont bordés au Sud par des zones déprimées (plateaux d'Oran, de Bir El Djir, des Hassis, etc.), comblées d'une importante sédimentation, constituée de terrains d'âges néogène et quaternaire.

De nombreux travaux effectués sur ce domaine, en particulier par F. Doumergue (1912), Tinthoin (1948), A. Perrodon (1957), A. Gourinard (1958), B. Fenet (1975), G. Thomas (1985), ont permis de distinguer deux grands ensembles structuraux, dont le premier est anté à synchrone et le second est post-nappes. (Figure. n°6).

#### **5-1-a- Le substratum anté à synchrone nappes :**

Dans les massifs littoraux d'Oran, les formations du substratum forment l'autochtone relatif (B. Fenet, 1975) ou autochtone anté-nappes (G. Thomas, 1985). Ce substratum affleure dans le Djebel Murdjadjo, le Djebel Khar (Montagne des Lions) et dans les Monts d'Arzew, représentés par des massifs schisteux, autochtones, d'âge Permo-triasique, jurassique et crétacé, fortement affectés par l'orogénèse alpine.

#### **5-1-b- Le remplissage (couverture) post-nappes :**

Tandis que les unités telliennes achèvent de se mettre en place dans le bassin synchrone sud tellien dans lequel la sédimentation marine se poursuit encore un certain temps, plus au Nord s'amorce un nouveau cycle sédimentaire. Il s'installe pendant que naissent et se développent des mouvements épirogéniques qui découpe les régions littorales en zones ascendantes ou subsidences (Y. Gourinard, 1957) : Horsts et fossés du littoral.

Ces phénomènes épirogéniques se poursuivent pendant toute la fin du Néogène puis le Quaternaire et c'est sur une morphologie réglée presque exclusivement par les mouvements ascendants et descendants que vont succéder quatre cycles marins d'importance inégale, entrecoupés de périodes d'érosion. Ce sont :

- Le premier cycle miocène post-nappes (M1) : Il débute par des formations continentales non datées qui se déposent immédiatement après la mise en place des nappes sur les massifs littoraux (B. Fenet, 1975). Les dépôts continentaux sont constitués d'alternance de conglomérats et de marnes parfois gypseuses, bien développés sur les côtes. L'âge de ces formations du M1 est compris entre la transgression messinienne (P. Guardia et J. Magné, 1971) et la mise en place des nappes, il s'agit pour partie du Tortonien.

- Le deuxième cycle miocène post-nappes (M2) :

Il débute généralement dans le bassin du Chélif par une importante série détritico-grésosableuse. Il est constitué aussi par ;

\* des formations médianes constituées de marnes bleues.

\* des formations terminales, constituées par une série des tripolis et la série des gypses.

• Le troisième cycle post-nappes –Pliocène- (P1) :

Dans le bassin du Bas Chélif, le Pliocène est représenté par la succession classique des marnes bleutées "plaisanciennes" et des grès marins "astiens" puis continentaux.

• Le quatrième cycle post nappes (Calabrien et Villafranchien) :

Ce cycle est d'abord lumachellique ou conglomératique passe progressivement à des grès dunaires et représentent le dernier épisode marin de quelque importance sur le littoral oranais.

A. PERRODON, 1957		J. DELFAUD et al., 1975	B. FENET, 1975		G. THOMAS, 1985			LOG SYNTHETIQUE		
VI récent = Thyrennien	Couches à strombes		Pleistocène moyen et supérieur		Holocène	Lunettes éoliennes Sables éoliens Limons gris		Limons rouges		
VI intermédiaire					Pléistocène supérieur	Q	IV F. d'Oued Oggaz (Soltanien)		Terrasses limoneuses rouges + dalles	
	Pléistocène moyen	III F. Rochers (Tensificien)	II F. Hammam (Amirien)	I F. Remchi (Saletien)						
Villafranchien	Formations rouges	Calabrien-Villafranchien	4 cycle M 4	Formations dunaires et formations rouges continentales	Pléistocène inférieur	B	Formation de la Mekerra	Limons et conglomérats rouges		
Calabrien	Grès et lumachelles conglomératiques			Lumachelles + dalles calcaires	Calabrien	P II	A	Formation Mettemoura - golfe d'Arzew	Grès lumachelliques et sables dunaires	
Pliocène continental		Astien	3 cycle M 3	Formations détritiques	Plaisancien	A.B	Formation du bas-chélif	Grès		
Pliocène marin	Astien : grès marin plaisancien : marnes	Plaisancien		Formation marseuses	Tabianien	P I		Marnes bleues		
Miocène supérieur	Formations terminales	Méga-séquence 2	2 cycle post nappes M 2	Calcaire messinien	Messinien	2 cycle M III	D	F. Évaporitiques	conglomérats et sables	
vindobonniens	Formation médianes			Messinien	Messinien marneux		Tortonien II	C	Formation du Murdjadjo	Evaporites
	Formations de base			Grès de base				B	F. des marnes bleues médianes	Calcaires
Miocène inférieur	Continental : conglomérats	Tortonien		Formations rouges continentales de Tafaraoui	Tortonien I	1 cycle M II	A	F. Grès rouges	Tripolis	
	Marin : marnes grises		1 cycle M I	Série de Mers El Kebir et O. Hammadi	Serravalien				Marnes bleues	
					Langnien			F. de Bouhanifatafaraoui	Grès	
								Formation de Debbi	Conglomérats	
Miocène inférieur		Méga-séquence 1	Miocène anté ou synchro nappe						Marnes pélagiques	
									Schistes et marnoschistes	

Figure. n°06: Log géologique synthétique de la région d'Oran (Hassani M.I., 1987).

5-2- Lithostratigraphie de la région étudiée :

A partir de la carte géologique (Figure. n°07) on distingue les unités suivantes :

- \*Le substratum anté-néogène.
- \*la couverture des terrains néogènes composée de :
  - cycle miocène.
  - cycle plio-quaternaire.

5-2-1-Description litho stratigraphique :

a-Le substratum :

Le substratum anté-néogène affleure au niveau du Djebel Khar et des monts d'Arzew. Il est représenté par une série litho- stratigraphique formée essentiellement par des schistes, des calcaires, des dolomies et des évaporites allant du Permo Carbonifère au Crétacé.

**a1-Le Permo Carbonifère :**

Le Permo Carbonifère qui est peu affecté au Djebel Khar par le métamorphisme alpin (Fenet 1975), est assez fortement transformé dans les massifs du Cap Falcon et des Andalouses où il atteint parfois le faciès des schistes verts.

Bien que fortement disloqué, le Djebel Khar peut être assimilé probablement à une structure monoclinale à fort pendage vers le Nord-Ouest.

Le Permo Carbonifère est composé d'une succession de trois termes lithologiques (Figure. n°07) représentés de la base au sommet par :

-des séquences grossières séparées par des niveaux d'épaisseurs variables de pélites charbonneuses que l'on peut attribuer au W est phalien (terme a).

-des pélites schisteuses rouges violacées ou verdâtres en alternance avec des grès grossiers lie de vin et des bancs lenticulaires de conglomérats massifs polygéniques, à galets de quartzite ou des phanites (le jaspe) fortement liés par un ciment quartzo-pélitique rouge.

Cette série attribuée au Stéphanien correspond au terme b.

Une épaisse formation de pélites rouges violacées à rares bancs de grès lie de vin avec une stratification oblique.

**a2-Le Trias :**

Il est très réduit et ne constitue que quelques pointements situés à la périphérie des massifs schisteux. Il affleure dans la Montagne des Lions, au Nord de Gdyel et de Sidi -Benyebka.

Le Trias se présente généralement sous forme de :

- diapir, faciès associé aux marnes Sénoniens, et attribué par les auteurs aux nappes de glissement superficielles.

- d'argilites, gypses, dolomies, conglomérats, roches vertes et sel gemme.

**a3-Le Jurassique :**

Les Djebels Orousse et Bourousse sont constitués des formations carbonatées schisteuses relativement épaisses attribuées au Lias par F. Dommergue (1912). Ces formations passent au sommet à des schistes rougeâtres.

Le Dogger est formé par des lentilles calcaires et de calcaires dolomitiques.

Le log synthétique du Jurassique au niveau du Djebel Orousse, la base est constituée par les calcaires marmoréens blancs bleutés ou roses surmontés de part et d'autre de schistes calcaireux jaunes et rouges orangés foncés surmontés à leur tour par des conglomérats.

La série se termine par une épaisse formation de schistes rouges orange calcaireux.

On remarque à la (fig.04), l'existence d'une série régulière inverse où les calcaires dolomitiques du Lias coiffent l'ensemble de la série.

**a4-Le Crétacé :**

Dans le massif d'Arzew, l'ensemble du Crétacé inférieur est représenté sous un faciès essentiellement schisteux avec une très forte épaisseur bien que difficile à évaluer, en raison des complications structurales, l'épaisseur totale minimale doit atteindre 1500 à 2000m.



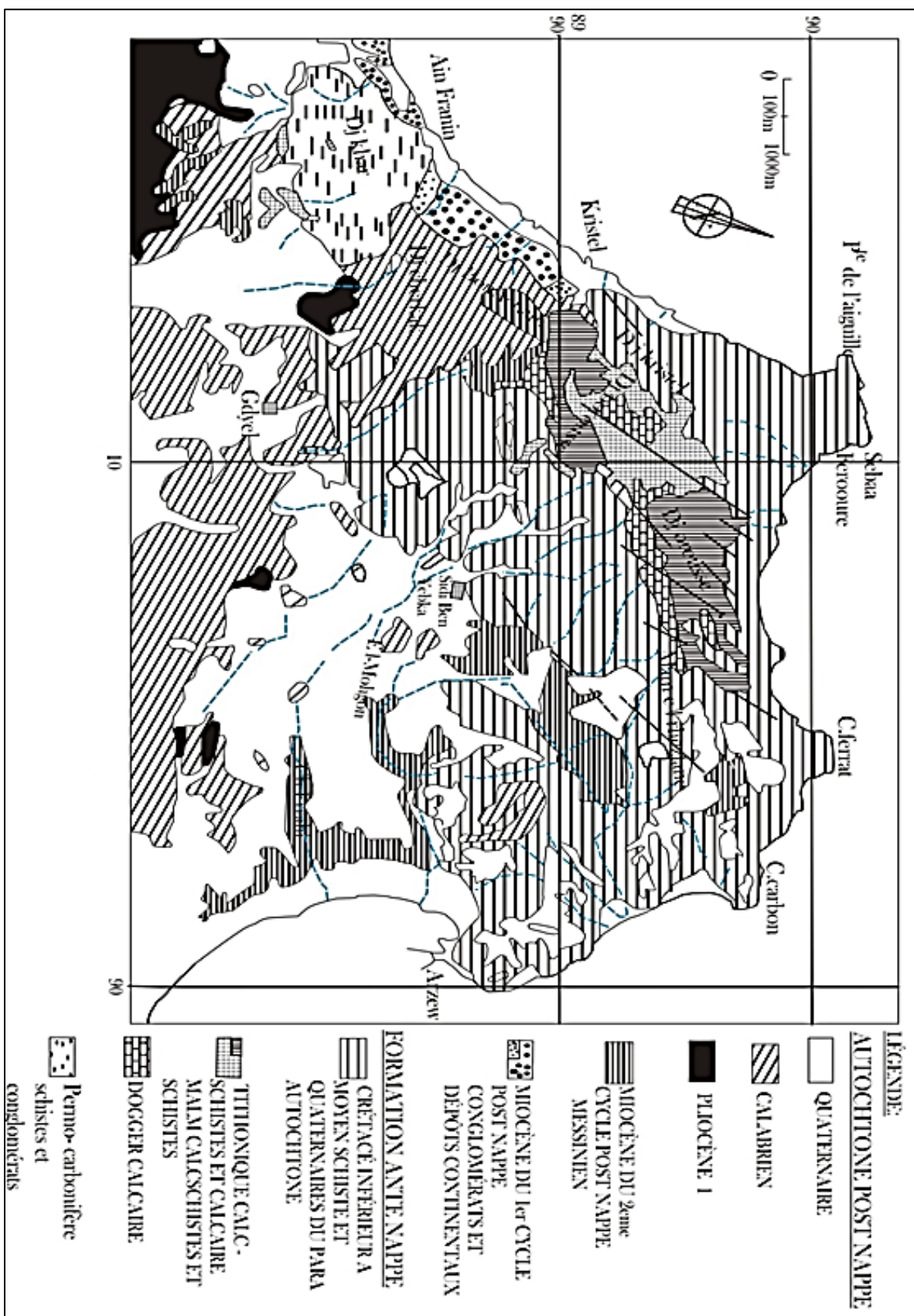


Figure. n°07 : Carte géologique de la région d'Arzew (d'après B. Frenet, 1954).

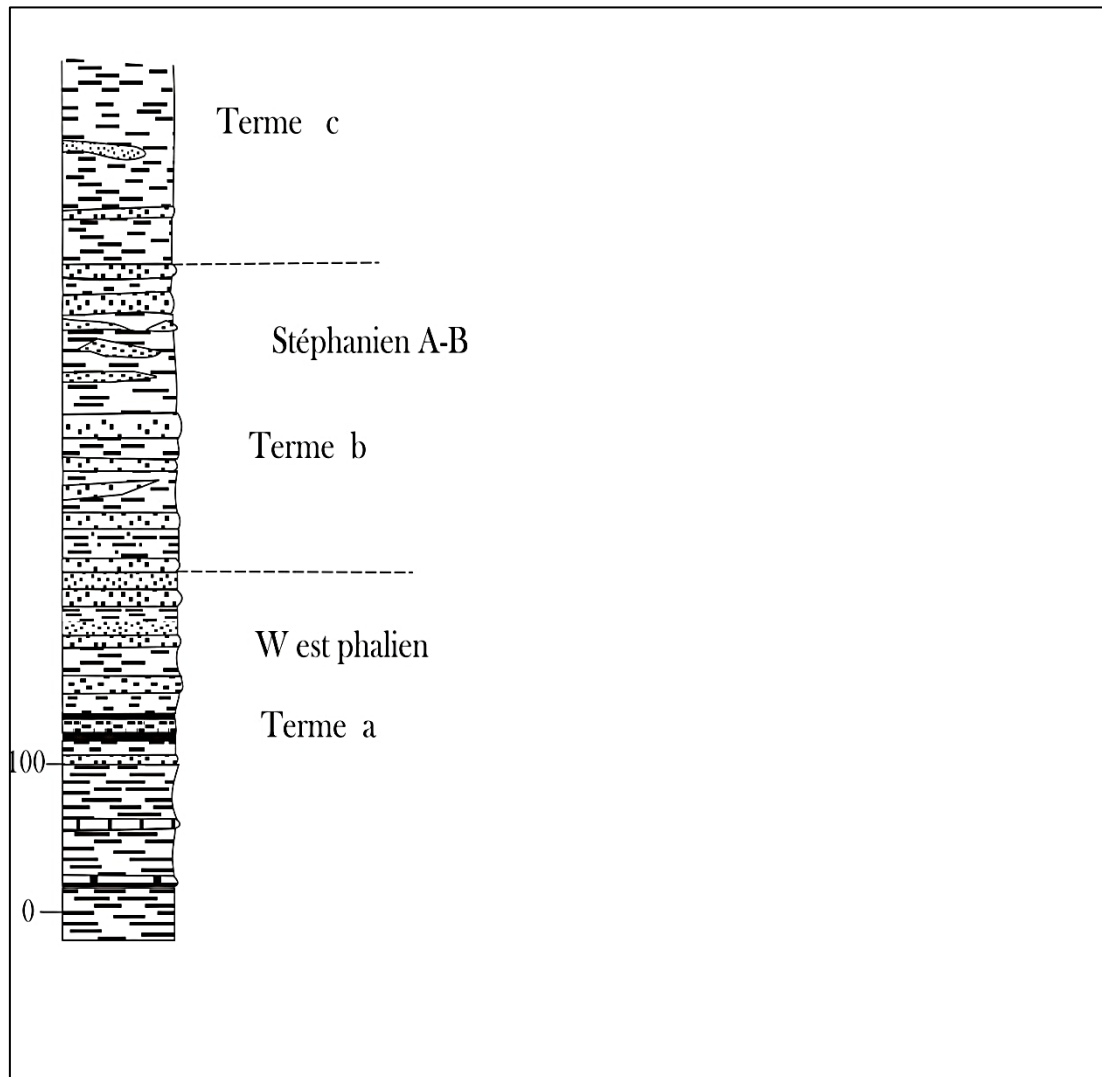


Figure. n°08 : Log synthétique du Permo-Carbonifère du Djebel Khar (B. Fenet, 1972).

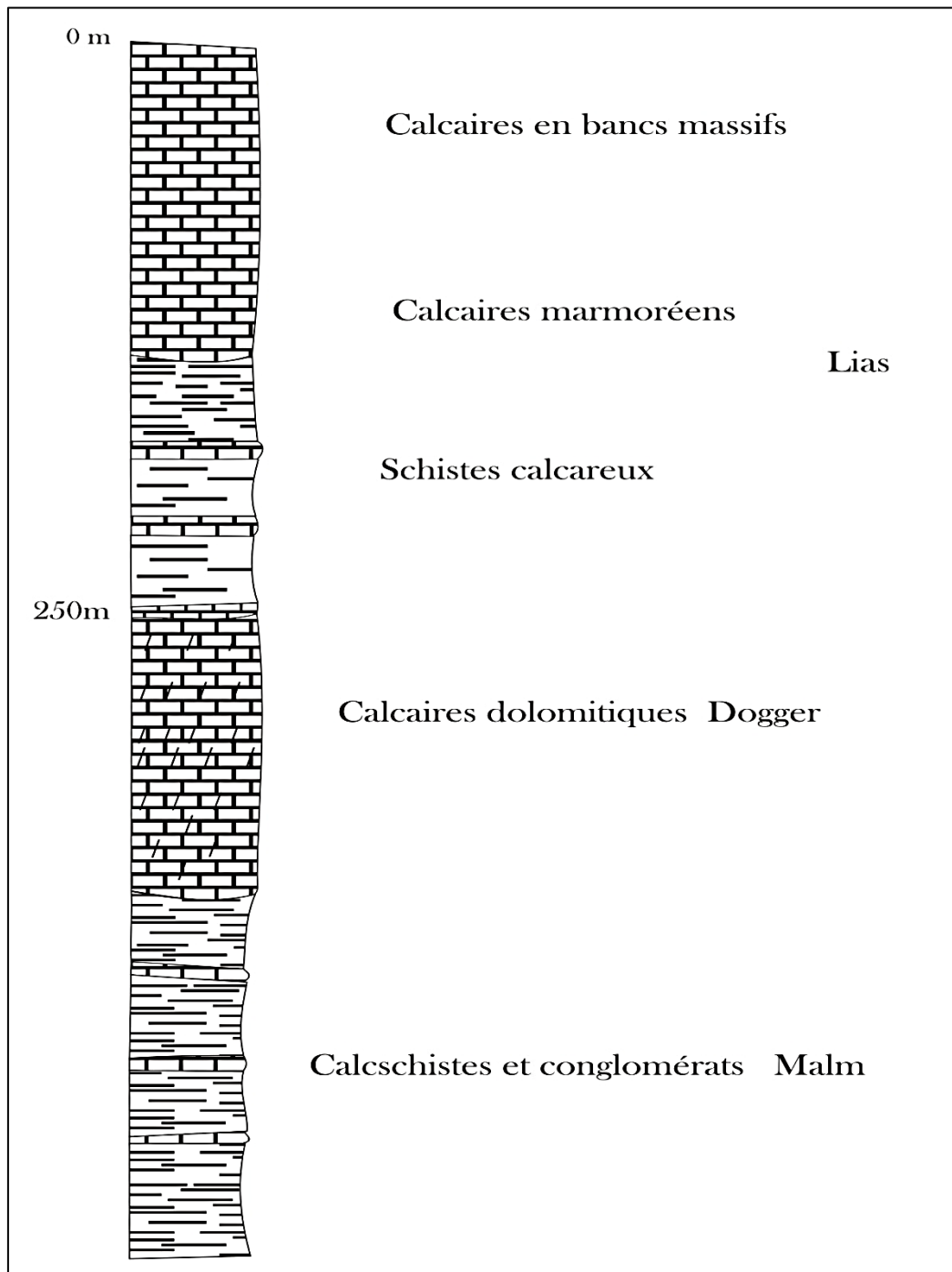


Figure. n°09 : Série Carbonatée du revers sud du Djebel Orouse des Monts d'Arzew(B. Fenet, 1972).

**b-La couverture :****b<sub>1</sub>-Le Miocène :**

Certains auteurs comme A. Perrodon (1958), B. Frenet et Thomas (1985) se sont intéressés à l'étude du Miocène post nappes.

Ils le subdivisent en 2 cycles sédimentaires :

**1-Premier cycle post nappe « Miocène inférieur » :**

Il débute au Serravalien (vers 12,5MA) et correspond à des dépôts rubéfiés (formation de Bouhanifia) qui passe vers le centre à des sédiments marins. Sur le plateau de Boufatis, on a des marnes verdâtres micacées marquant le début du Miocène au niveau du flanc sud du Djebel Khar.

**2-Deuxième cycle post nappes « Miocène supérieur » :**

Il débute au Tortonien et se termine au Messinien tout comme les dépôts marins du premier cycle ; il est précédé d'une phase d'érosion active accompagnée d'accumulation de séries continentales à l'Est d'Oran.

Les marnes et les formations cinéritiques reposent sur les dépôts redressés du premier cycle post nappes de Canastel (Falaises d'Oran – Canastel).

Au Sud et à l'Est du Djebel Khar, ce sont des marnes blanchâtres à tripolis et gypse qui affleurent au Sud Est des Monts d'Arzew. L'attribution stratigraphique des marnes du plateau de Béthioua – Guessiba ne présente aucune difficulté.

Ces marnes grises à intercalation de Cinérites, semblent avoir été recoupées par deux forages de la raffinerie.

Ce Miocène peu tectonisé mais érodé à sa partie supérieure est recouvert par le Pliocène.

**b<sub>2</sub>-Le cycle Pliocène :**

Le cycle Pliocène est souvent confondu avec les terrains quaternaires. Le vocable Plio-Quaternaire vague et imprécis, prête à diverses confusions. Dans cette optique nous adoptons la nomenclature de Thomas (1985) pour les terrains pliocènes et quaternaires.

-Le cycle PI : représenté par des conglomérats sableux, des marnes et des sables marins passant latéralement au pied des massifs schisteux, à des dépôts conglomératiques continentaux. Ces dépôts sont d'âge Tabianien.

Le cycle PII : il est représenté par la formation du golfe d'Arzew. Cette formation montre des passages latéraux contrôlés par la configuration paléogéographique. On peut rencontrer divers faciès : vers la partie la plus septentrionale, on a des calcaires gréseux lumachellique passant latéralement (par endroits) à des dunes grésifiées, ou encore des marnes et des sables au cœur de la cuvette (lac Télamine et salines d'Arzew).

**b<sub>3</sub>-Le Pléistocène moyen- supérieur :**

Il est souvent formé par des limons rubéfiés et des limons gris avec des équivalents latéraux représentés soit par des sables coquilliers, des dunes ou encore des argiles fluvio-lacustres.

Une croûte calcaire (dalle rose à brun rougeâtre) se développe sur divers faciès en relation avec le façonnement des surfaces d'ablation corrélatifs aux dépôts de type « playa », l'épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres (deux mètres en moyenne).

#### 4-3-Cadre Structural :

Le secteur d'étude fait partie du faisceau bordier du massif d'Arzew structuré en horsts et grabens. Le massif d'Arzew contient des éléments de la chaîne alpine du Tell septentrional, les formations de ce massif et le Djebel Khar ont subi les effets d'une phase tectonique à schistosité (Figure. n°10). Le Calabrien monte régulièrement vers le Nord-Ouest contre le massif d'Arzew.

Dans la partie sud de notre secteur, le Pliocène se relève légèrement, dessinant une aire synclinale allongée qui s'élargit vers l'Est pour former la plaine de Télamine, et vers l'Est l'accident du Djebel Khar – Tamzourah (AKT de Thomas, 1985) met en contact les séries Jurassico- Crétacé du Djebel Khar avec les dépôts Miocènes.

A l'Est de la transversale d'Ain Franin – Tamzourah, les sédiments Moi-plio-quaternaires montrent une épaisseur plus importante que celle du compartiment occidental.

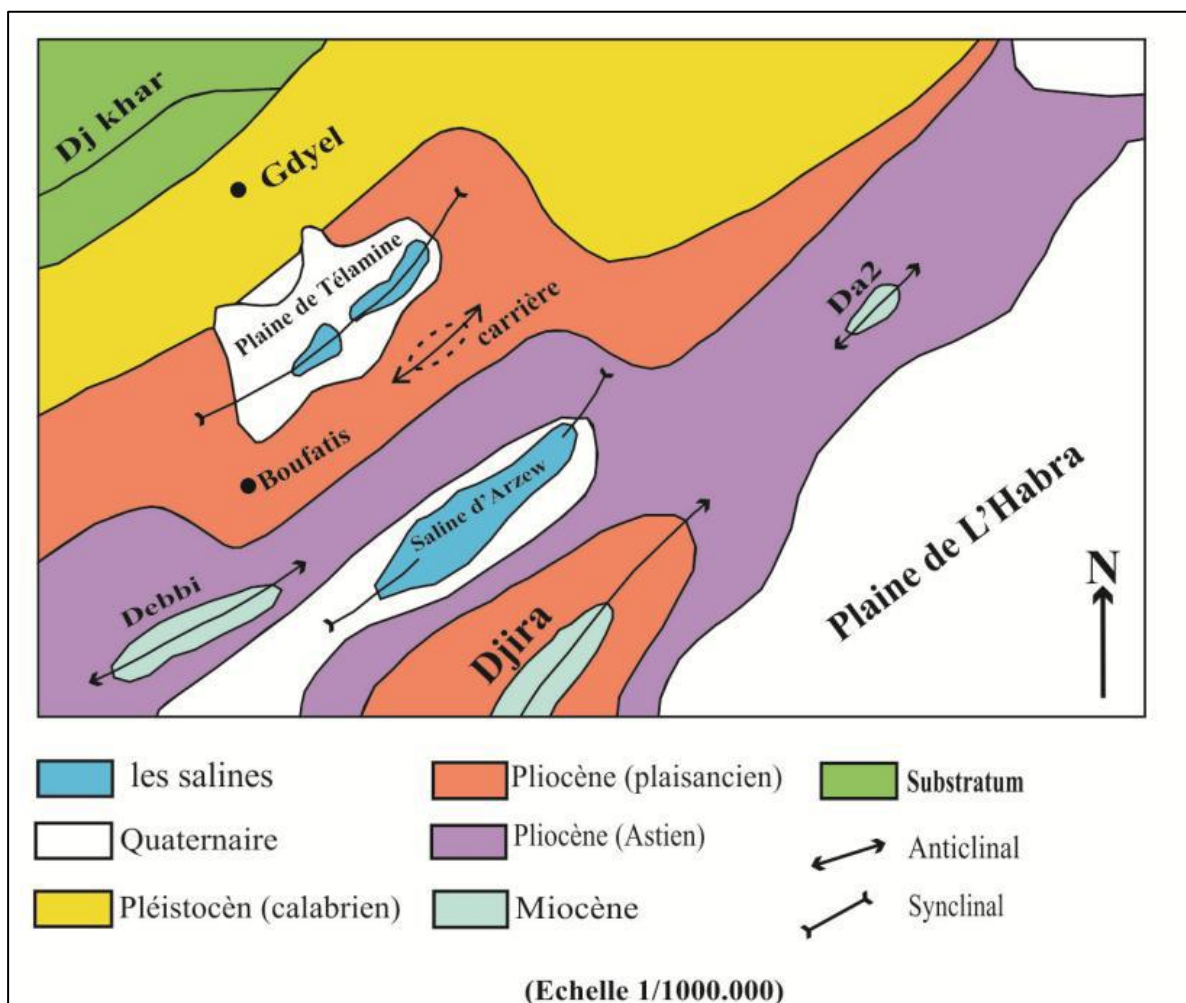


Figure. n°10 : schéma structural de l'Oranie (B. Fenet, 1972).

## **6-Cadre hydrogéologique :**

Pour l'étude hydrogéologique des différentes formations géologiques de la région de Gdyl on s'est basé sur :

- L'étude géologique
- les logs des puits, sondages et forages réalisés dans la région qui permettent d'évaluer le potentiel hydraulique des formations litho- stratigraphiques et de préciser les niveaux aquifères. Nous examinerons ici les principales caractéristiques hydrogéologiques des différentes formations :

### **6-1-Le substratum :**

#### **a-Le Trias :**

Les formations du Trias paraissent ne représenter aucun intérêt hydrogéologique du fait que la salinité est probablement très élevée à cause de la présence des diapirs.

#### **b-Les formations Jurassico- Crétacées :**

En raison des complications liées aussi bien à la structurale qu'à la datation, on réunit la série stratigraphique du Jurassique du Djebel Ourousse et du Crétacé sous une même entité pour faciliter la phase d'interprétation.

Ce faciès essentiellement schisteux, très puissant, avec des intercalations de calcaires, de calcaires dolomitiques, de conglomérats et de grès est présent dans l'ensemble de l'allochtone du massif d'Arzew.

Les formations Jurassico - Crétacées apparaissent comme un aquifère potentiel, vu que le forage implanté à Hassi Mefssoukh, produit à partir de cette formation un débit estimé à 35l/s.

### **6-2-La couverture :**

#### **a-Miocène :**

Il s'étend sur toute la région, il est peu tectonisé mais érodé à sa partie supérieure qui a été recouverte par le Pliocène marin transgressif. Ces dépôts peu épais, ont été en partie érodés et remaniés avant d'être surmontés par le Calabrien. Parmi les formations du Miocène qui se trouve dans notre région :

##### **\*Les marnes bleues :**

Elles sont pratiquement imperméables sur tout le secteur. Elles assurent l'étanchéité en profondeur du mur des aquifères sus- jacents. Celles-ci jouent un rôle hydrogéologique en servant de mur imperméable aux différentes nappes de la région.

##### **\*Les tripolis du Miocène :**

Leur imperméabilité n'est pas absolue, elles sont semi-perméables. Cette formation peut constituer avec les calcaires récifaux un aquifère assez important.

#### **b-Le Pliocène :**

Les formations du Pliocène supérieurs composés essentiellement de grès d'une épaisseur de 100 à 150 mètres, peuvent constituer un ensemble aquifère intéressant dont le mur est représenté soit par les marnes sous-jacentes du Pliocène inférieur (100 à 150 m) soit par les marnes et gypses du Miocène supérieur. Cet ensemble du Pliocène se termine en biseau à

l'aplomb des crêtes de Djebel Khar et les monts d'Arzew pour laisser place aux affleurements du Calabrien qui prend une grande extension au niveau de la zone des plateaux.

**c-Le Quaternaire :**

Les lumachelles très consolidées du Calabrien (néanmoins ils peuvent correspondre au Plio- Pléistocène), ne représentent qu'un faible potentiel aquifère dans le secteur étudié. Cependant leur impluvium de bonne perméabilité peut jouer un rôle dans l'alimentation de l'aquifère du Pliocène du fait qu'elles sont largement répandues sur le plateau de Boufatis (ex :Saint Louis).

Ils sont généralement en continuité hydraulique avec des alluvions quaternaires constituant ainsi une seule nappe. Les eaux de cette nappe Plio-Quaternaire sont minéralisées chlorurées sodiques avec un résidu sec de 2 à 4 g/l.

En définitive, on peut considérer que les sables et grés du Pliocène forment avec les sables limoneux quaternaires, un seul système hydrogéologique.

Le mur de l'aquifère Plio-Quaternaire est constitué soit par les marnes du Pliocène soit par les marnes gypseuses du Miocène.

Les teneurs assez élevées en sulfates dans les eaux du Plio-Quaternaire (pouvant atteindre plus de 700mg/l) témoignent de l'influence des gypses sur la nature chimique des eaux.

Dans le sondage de Hassiane Ettoual (ex : Fleurus) ; une nappe a été rencontrée au niveau des gypses Miocènes, sous le Calabrien calcaire, à une profondeur de 101mètres (d'après ANRH,2000).

**6-3-Présentation des coupes :**

Les coupes lithologiques des sondages et forages ont permis de préciser les limites et la profondeur des aquifères qui se trouvent dans la région.

**a-sondage de Gdyel (Figure. n°11) :**

**Le Quaternaire :**

0-3m : Grés rouge ferrugineux.

3-7.5m : Marnes brunâtres et schistes beiges jaunes.

7.5-11m : Schistes beiges à jaune (éléments schisteux (galets)).

11-13m : Calcaire brun à beige gréseux.

**Le Jurassique :**

13-21m : Argile jaune à beige.

21-23m : Calcaire brun gréseux.

23-32m : Argiles jaune à beige.

32-70m : Alternances : calcaires brun gréseux et argiles jaune à beige.

70-113m : Calcaires gris dolomitique avec passages de marnes grises indurées

Feuilletées et veines de quartz.

113-128m : Marnes avec petits passages de calcaire.

128-173m : Calcaires grises dolomitiques avec un passage de veines de quartz et Marnes grises.

173-200m : Marnes grises, sombres indurées feuilletées avec passages de Schiste gris sombre et calcaires dolomitiques avec traces de Gypse et d'anhydrite.

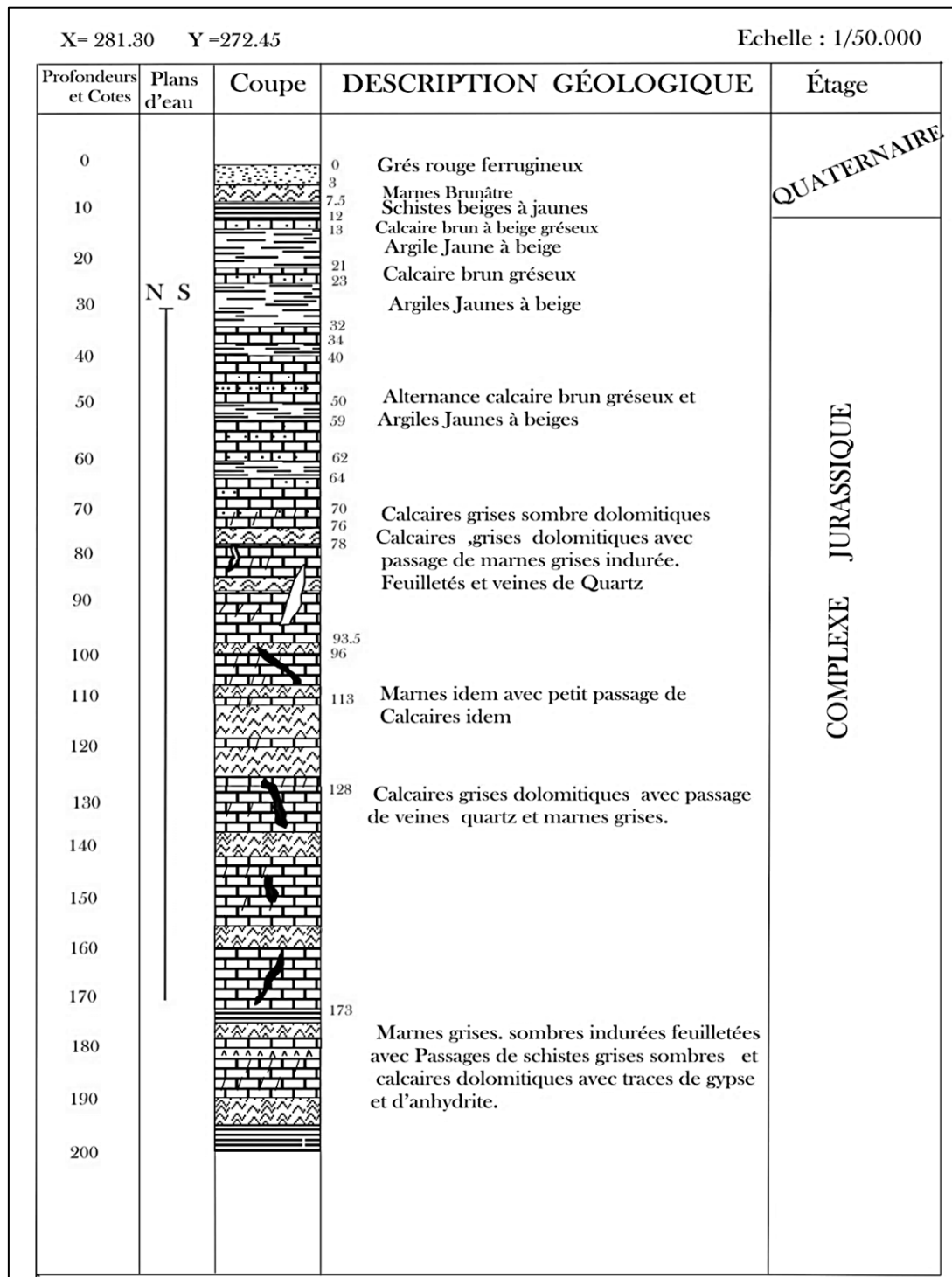


Figure. n°11: Sondage de Gdyel (D'après ANRH, 2003).



**b –sondage de Sidi Benyebka (Figure. n°12) :**

0-6m : Argiles brique carbonatées.

6-17m : Grés sombres, rose siliceux dolomitique.

7-30m : Schistes violacés avec intercalation des grés et veine de calcite.

30-45m : Marnes accompagnées de veine de quartz et calcite.

45-52m : Intercalation de marnes grises.

52-75m : Grés sombre avec intercalation de marnes

75-80m : Veines de calcite et quartz.

80-112m : Alternance de : grés gris, rose (dolomitique, argileux), marnes grises indurées et feuilletées.

12-170m : Intercalation des grés, sables, marnes.

170-200m : Grés gris, rose pyriteux avec intercalations de sable, marnes et Schistes noirs.

200-225m : Intercalation de calcaire siliceux, grés pyriteux et argile brique Plastique.

225-245m : Accumulation bréchique millimétrique (polygéniques).

245-270 m : Argile brune, brique parfois plastique avec traces de brèche.

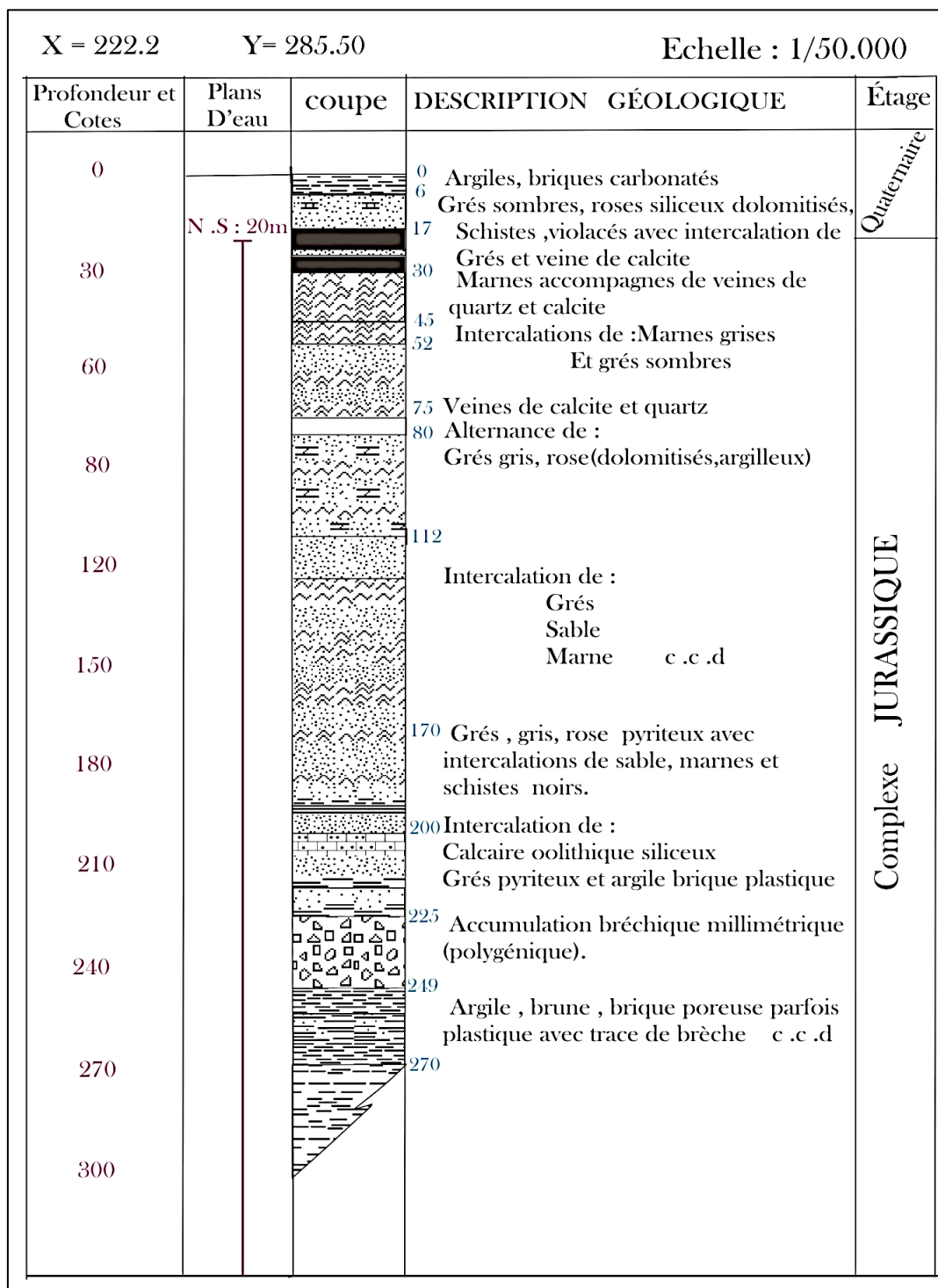


Figure. n°12: Sondage de Hassi Benyebka (D'après ANRH, 2000).

#### 6-4- Etude des aquifères :

Les coupes des puits, sondages et forages de la région étudiée (Gdyel) et quelques régions qui se trouvent à proximité, nous ont permis de mettre en évidence plusieurs niveaux aquifères constituant deux principaux réservoirs :

\***L'aquifère multicouche à nappe libre** : formé par les formations de recouvrement Plio-Quaternaire.

\***La zone fissurée** : formé par les calcaires dolomitiques du Lias.

##### a -Les formations Plio-Quaternaires :

L'aquifère plio-quaternaire constitué par la superposition des 03 niveaux d'aquifères forment un seul système aquifère multicouche à nappe libre.

Elle est limitée latéralement par les schistes imperméables du Djebel Khar et des monts d'Arzew. Cet aquifère se termine en biseau au contact des schistes qui constituent une limite étanche.

Les trois niveaux sont :

##### a1- la formation alluvionnaire :

Formés par le Quaternaire laguno-lacustre du sillon médian, il est peu profond comportant à la base des alluvions quaternaires, qui s'étendent de l'Est du Village de Hassi Bounif, au Sud des trois Hassi jusqu'en bordure du lac Télamine.

Cet aquifère est formé par des alluvions de nature très variées : argile, croûte calcaire, limons et gypse, éléments de schiste et calcaire. L'eau y est saumâtre, la majeure partie des puits qui alimentent la région captent ce niveau à une profondeur ne dépassant pas généralement les 30m.

##### a2- les grès coquilliers et sables jaunes :

Cet ensemble forme l'aquifère le plus important ; il présente une grande extension dans la région entre Bir El Djir et Gdyel et la zone des Hassis. Cette formation montre une épaisseur moyenne de 20m.

La matrice est formée par un ensemble de coquilles de lamellibranches présentant une perméabilité d'interstices.

Le substratum est constitué au Nord par les marnes miocènes et au Sud par les marnes sableuses du Pliocène. Le toit est variable ; il est constitué soit par des argiles rouges qui rendent la nappe captive, soit par les alluvions perméables donnant ainsi une nappe libre.

Vers le Nord, la nappe est libre ; un forage exécuté à ce niveau à 60m de profondeur, et traverse 40m de marnes grises et bleues et 1m de terre cultivable ; l'épaisseur des grès coquilliers rencontrés ne dépasse pas 10m.

##### a3- les calcaires gréseux :

Ils constituent des bancs assez résistants qui se marquent bien dans la topographie de la région. Les niveaux inférieurs sont plus tendres. Cette formation est bien visible à l'affleurement au niveau de Hassi Ben-Okba et Hessian Ettoual ; son épaisseur peut atteindre une cinquantaine de mètres environ. La nappe des calcaires gréseux est importante, elle est captée au niveau des villages de Fleurus et de Hassi Ben-Okba, surtout vers le Sud où elle recèle une ressource en eau très intéressante. Le mur de la nappe des calcaires gréseux est constitué par les marnes bleues du Pliocène.

**b- l'aquifère des calcaires dolomitiques :**

Dans notre zone d'étude, nous avons mis en évidence l'importance de la formation des calcaires dolomitiques du Lias, qui affleure largement aux Djebels Orousse et Borousse.

Cette formation douée d'une très bonne perméabilité de fissure, offre une ressource en eau importante dans la région. Cet aquifère est à l'origine de la source de Kristel qui constitue un point de débordement de la nappe. Cet aquifère se prolonge plus au Sud en profondeur sous le recouvrement Plio-quadernaire.

L'aquifère des calcaires dolomitiques du Lias constitue une réserve en eau très importante dans la région étudiée (la bande comprise entre Gdyel et Sidi Benyebka) où l'on remarque l'existence de zones favorables pour le captage des eaux souterraines.

**6-5-Corrélation entre les niveaux aquifères :**

Les schémas des coupes établies par Foukrache M (1996) à partir d'une cartographie géologique de la feuille de Gdyel au 1/25000 réalisée par L. Haddar, permettent de mettre en évidence la position des différents horizons aquifères.

**Figure. n°13: Aquifère bicouche : éboulis – Alluvions et grès :**

Cet aquifère formé par les grès et les sables, est recouvert vers l'Est par les alluvions. L'ensemble formant un aquifère bicouche.

Les marnes sableuses constituent le mur de la nappe. On note ici l'absence des calcaires gréseux.

**Figure. n°14: Aquifère bicouche : éboulis – Alluvions et calcaires gréseux :**

On constate vers le sud, une large extension de la nappe des calcaires gréseux dont le mur est formé par les marnes bleues. Le niveau grésosableux est de moindre importance.

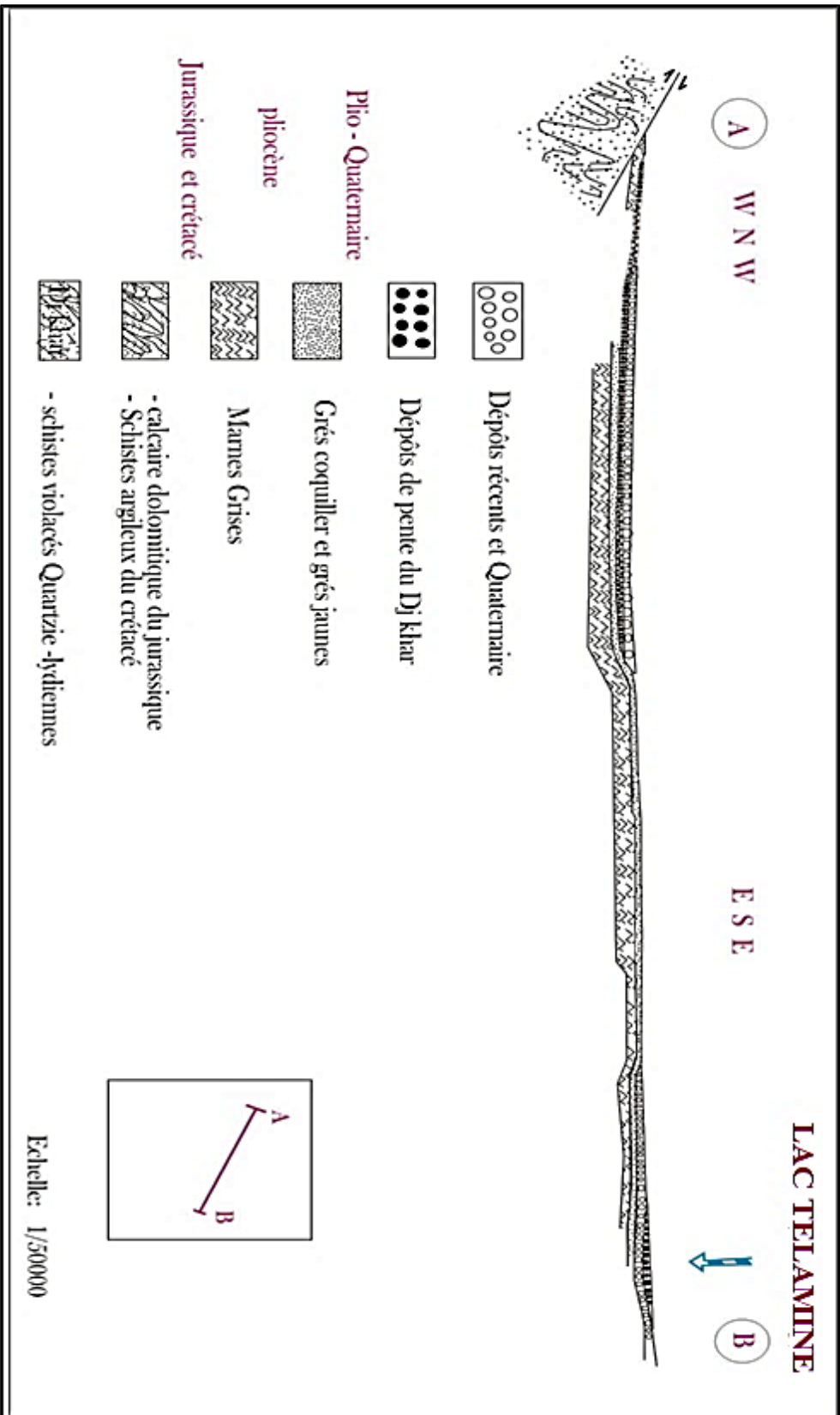


Figure. n°13: Aquifère bicouche : éboulis – Alluvions et grés (D'après M. Foukraache, 1996).

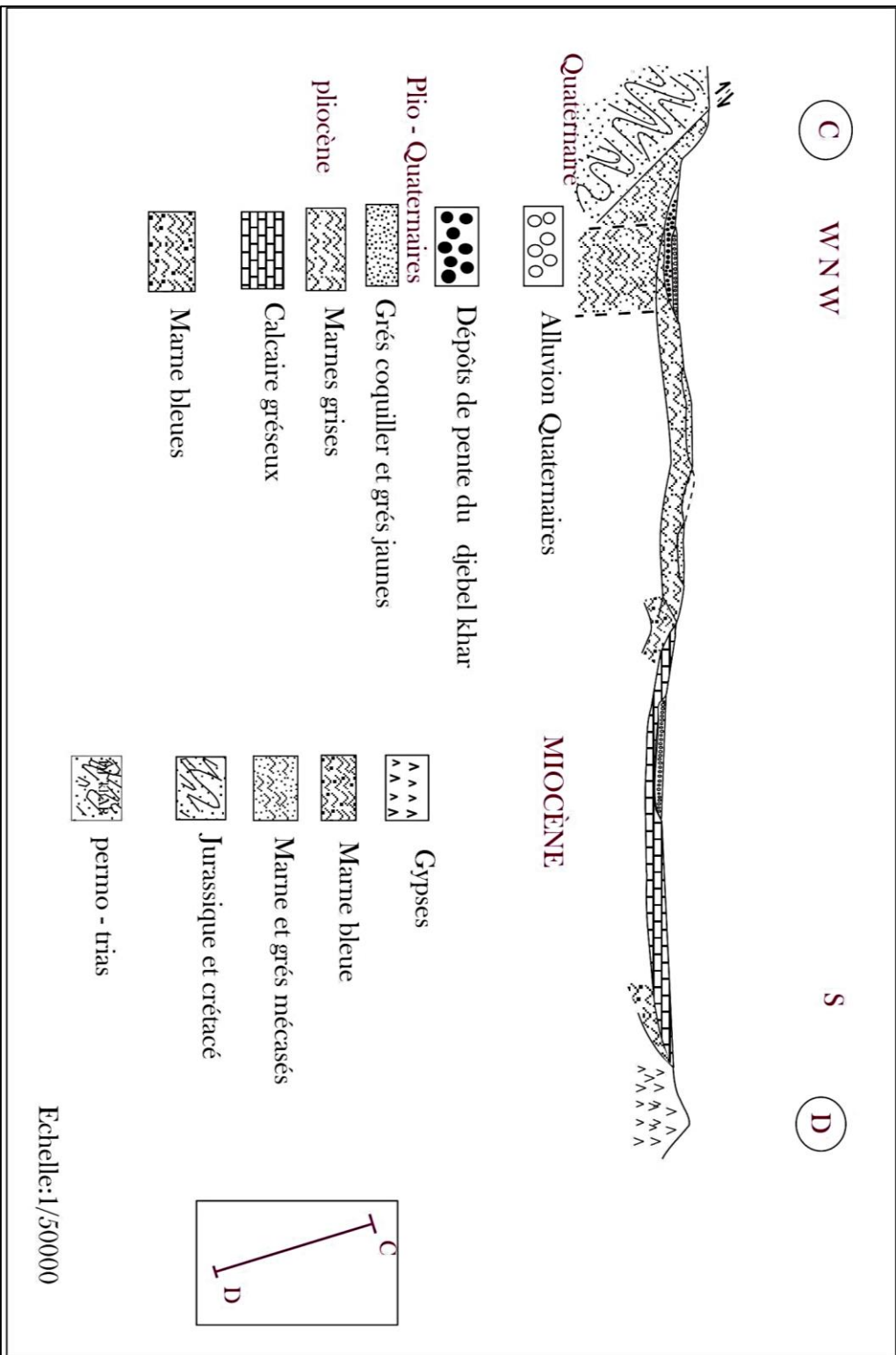


Figure. n°14: Aquifère biconche : éboulis – Alluvions et calcaires gréseux (D'après M. Foukrache, 1996).

**6-6-Interprétation de la carte piézométrique :**

La carte piézométrique, en courbes hydroisohypses, synthèse essentielle de l'étude hydrogéologique, schématise la fonction conduite du réservoir et le comportement hydrodynamique de l'aquifère avec la configuration des conditions aux limites.

M<sup>f</sup> : M. Foukrache (1996) : a procédé à une réactualisation des données piézométriques de la région entre les plateaux d'Oran et d'Arzew, dont nous présentons un extrait (figure.15).

Au niveau de notre secteur, la direction des lignes de courant et les axes principaux du flux, indique que l'écoulement général se fait du Nord-Ouest au Sud-Est en direction des dépressions (Lac Télamine). Une partie des eaux est déviée vers la baie d'Arzew (mer).

Dans la partie nord-est de notre secteur, les courbes hydroisohypses sont perpendiculaires à la limite des formations carbonatées (calcaires liasiques fissurés des Djebels Bourousse et Orousse) ; donc on a un débit entrant, ce qui permet de constater que l'alimentation de notre secteur s'opère essentiellement sur la bande s'étalant entre Kristel et le Nord de Sidi Benyebka (Kleber). Les lentilles de calcaires marmoréens se révèlent de bons drains, pour la collecte des eaux souterraines alimentant la nappe plio-quadernaire.

On note aussi l'importance des grès et sables qui assurent l'alimentation de cet aquifère par la surface de son propre impluvium qui est très étendu sur la région.

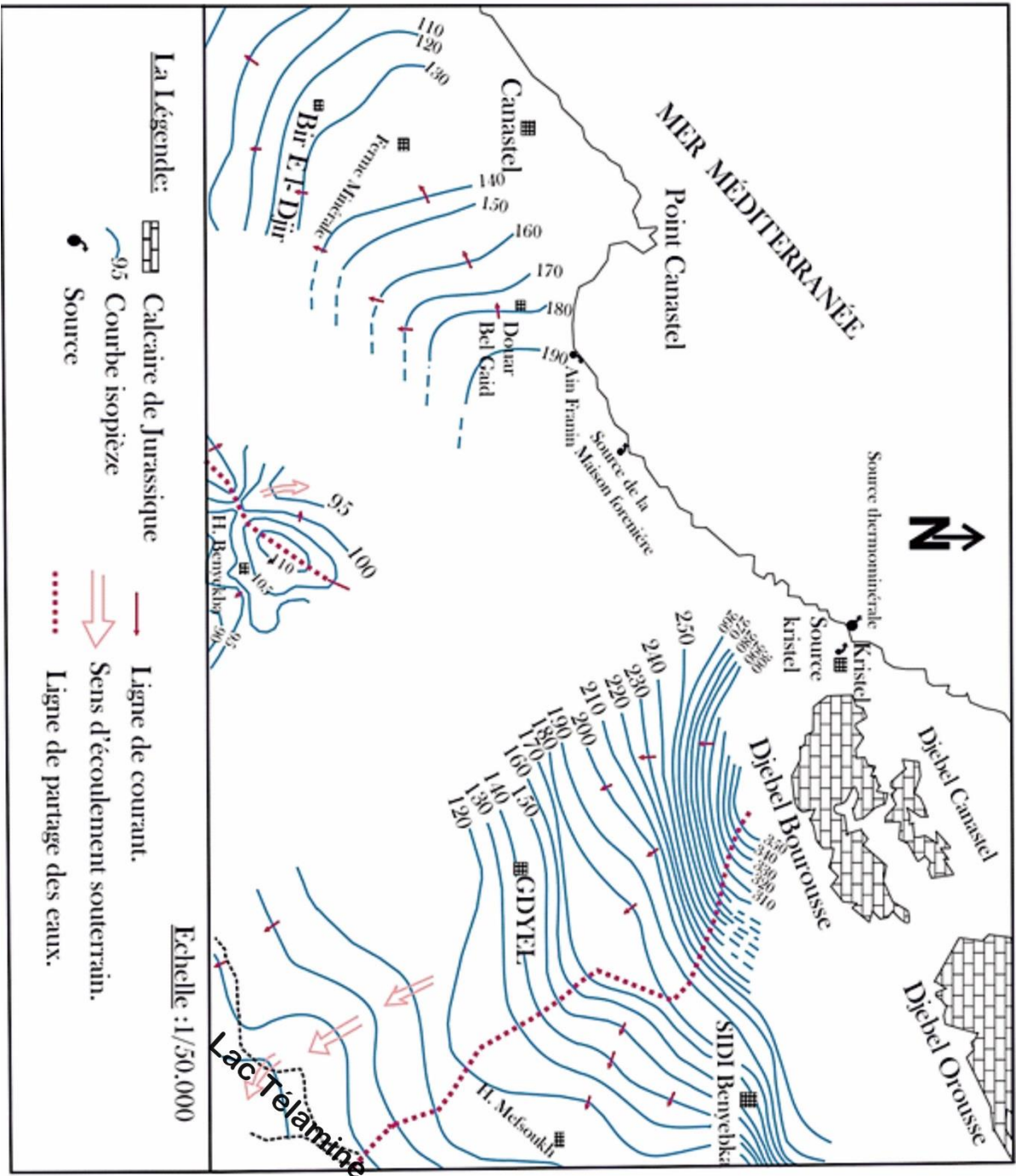


Figure. n°15: Extrait de la carte piézométrique de la région d'Arzew (D'après M. Foukrache, 1996).



**7-Climat de la zone d'étude :****7-1-Choix de la station météorologique :**

Pour établir une analyse du climat de la zone d'étude nous nous sommes basés sur les données collectées auprès de l'office national de la météorologie d'Oran. Les données météorologiques sont fournies par la station d'Arzew dont leurs caractéristiques sont décrites au tableau n° 1.

Station	Latitude	Longitude	Altitude
Arzew	35°49' N	00°16' W	3 Mètres

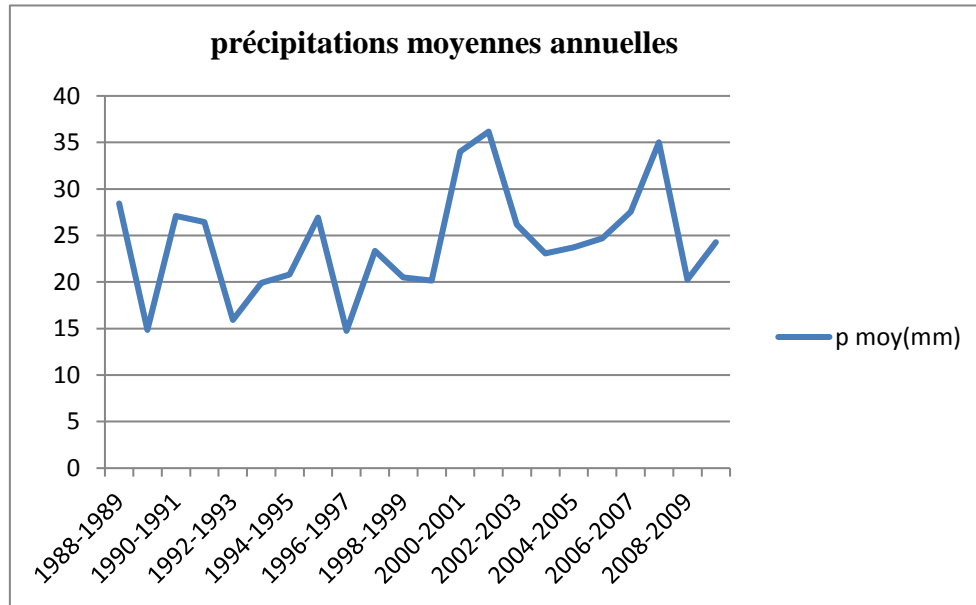
**Tab.01 : les coordonnées géographiques de la station météorologique.**

**7-2-Analyse des précipitations :** Les données des précipitations annuelles et mensuelles collectées auprès de l'ONM sont prises d'une période de 21 ans de 1988 au 2009.

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aut	Moy	Totale
1988-1989	42	39	28.5	81	31.4	31.8	55.5	18.2	10.3	1.2	0.2	2.2	28.4	341.3
1989-1990	2.8	11.6	10.2	27.6	8.1	0	39.7	59.2	18.4	0	0.6	0	14.8	178.2
1990-1991	8.8	28.6	40	27.1	23.6	51.6	122	2.8	14.9	2.5	4	0	27.1	325.4
1991-1992	10.9	27.2	64.5	9.9	20.3	16.5	70	17.1	46.5	25.4	9.2	0	26.4	317.5
1992-1993	0	13	24.7	20.5	0.6	45.7	35	29.2	17.6	3	0.2	1.4	15.9	190.9
1993-1994	4.3	32.6	47.3	2.4	36.1	47.9	1.3	61.9	4.3	0	0	0.7	19.9	238.8
1994-1995	18.9	76.1	7.9	2.8	26	37	54	16	4	2	3	2	20.8	249.7
1995-1996	6	3	49	75	61	61	25	30	8	0	3	2	26.9	323
1996-1997	19	16	3	30	38	1	0	59	5	0	1	5	14.7	177
1997-1998	36	37	50	29	58	20	14	10	23	0	2	1	23.3	280
1998-1999	5	9	27	43	93	48	13	0	4	0.9	0.9	2	20.4	245.8
1999-2000	15	16	86	56	1	0	4	19	44	0.9	0	0	20.1	241.9
2000-2001	87	50	90	15	32	87	1	23	23	0	0	0	34	408
2001-2002	6	21	238	29	1	1	47	47	34	2	0	8	36.1	434
2002-2003	0	51	66	26	62	50	9	30	20	0	0	0	26.1	314
2003-2004	0	24	60	41	27	17	13	37	55	2	0	0.9	23	276.9
2004-2005	4	34	42	82	14	66	35	4	0	3	0	0.9	23.7	284.9
2005-2006	16	10	78	41	66.6	51.3	4.8	10.2	17.6	0.6	0.4	0	24.7	296.5
2006-2007	32.8	0.4	9	141	16.6	29.6	49.7	51.3	0	0	0	0	27.5	330.5
2007-2008	9.1	92.1	145	30.7	28	25.3	39.2	43	4	2	1	0.9	35	420
2008-2009	14	30	54	21	18	23	30	36	9	3	5	0.1	20.2	243.1
Moyennes Mensuelles	16.08	29.60	58.09	39.58	31.54	33.84	31.5	28.76	17.27	2.31	1.45	1.29	24.28	291.32

Source : ONM

**Tab.02 : les précipitations moyennes annuelles et mensuelles de 21 ans (1988-2009).**



**Figure. n°16: précipitations moyennes annuelles de 1988-2009.**

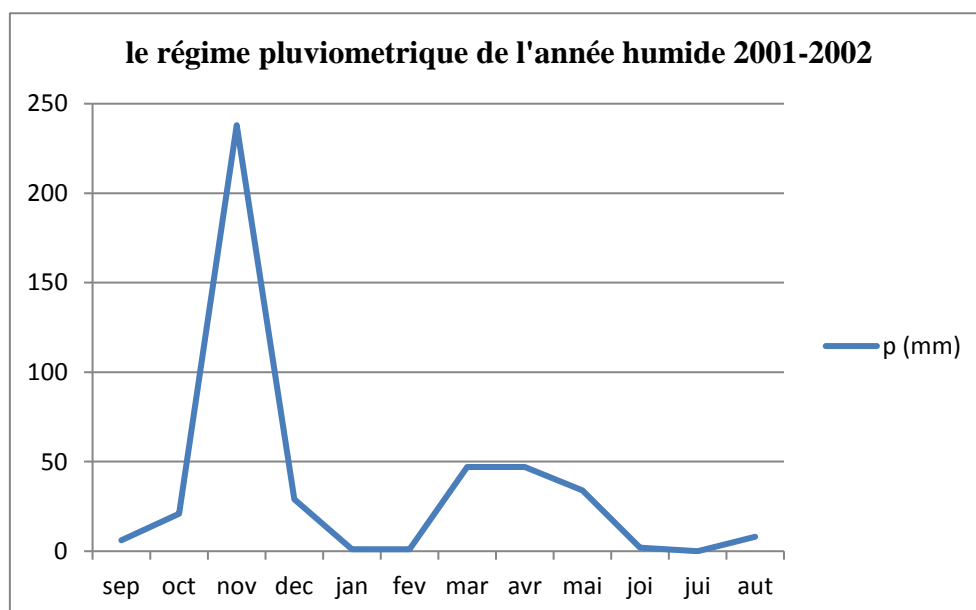
-Les précipitations moyennes annuelles dans la région de Gdyl pendant la période de 1988 à 2009 sont de 305.17mm.

-les précipitations annuelles maximales sont de 434mm en année 2001-2002.

-Les précipitations annuelles minimales sont de 177mm en année 1996-1997.

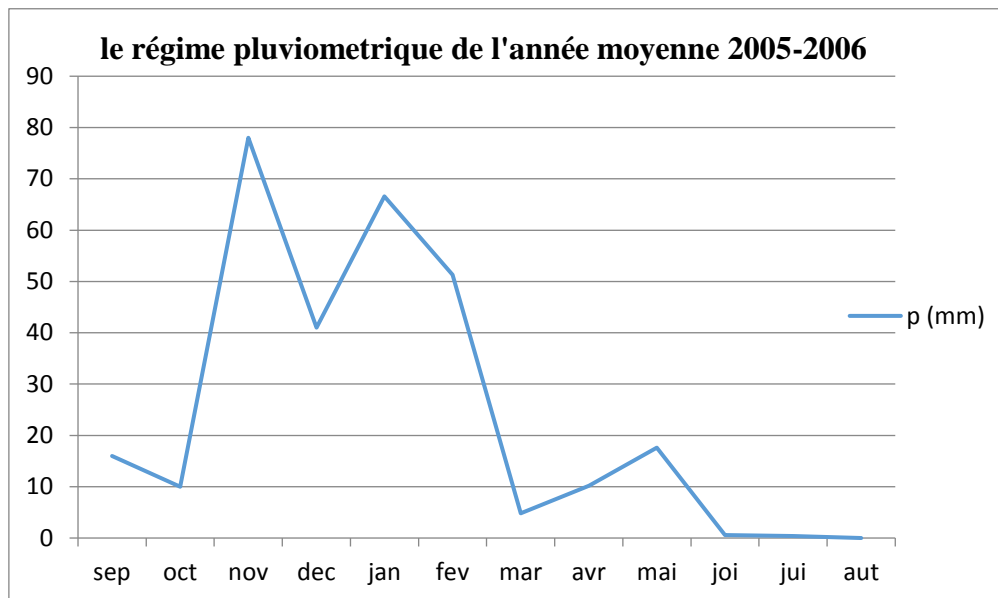
-les régimes pluviométriques de la région de Gdyl sont en fonction des périodes pluviométriques :

-l'année la plus humide est de 2001-2002, son régime pluviométrique est exposé en figure 17.



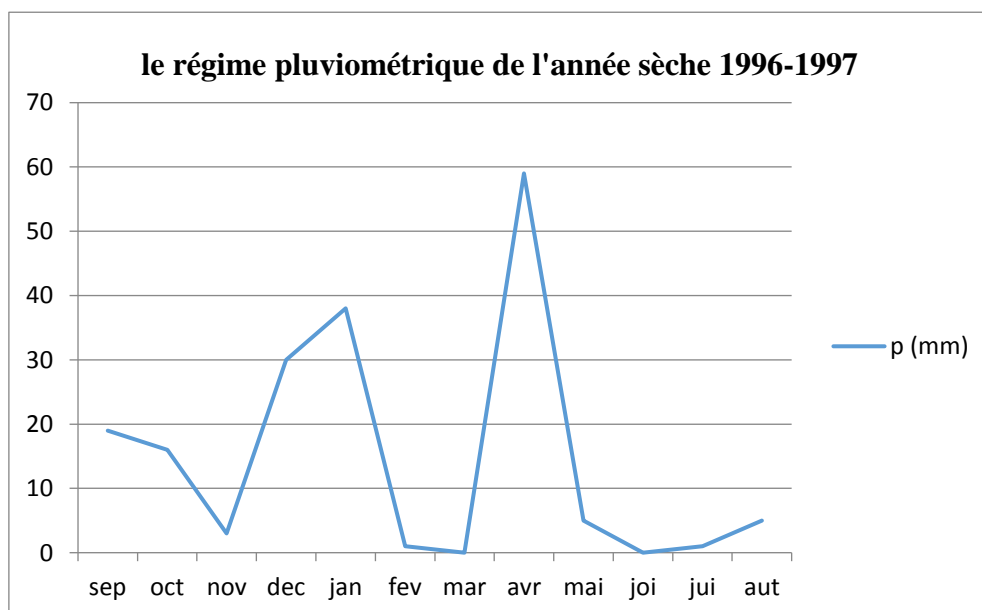
**Figure. n°17: le régime pluviométrique de l'année humide 2001-2002.**

Selon cette figure, nous pouvons découper l'année en saison sèche qui dure 5 mois du Mai à Septembre et saison pluvieuse qui dure 7 mois d'Octobre à Avril dont on retrouve un maximum de pluie en novembre avec 238mm et présente le seul pic dans cette année humide. Durant l'année moyenne 2005-2006 de la série de données : Le maximum de pluies est de 78mm en Novembre, la saison sèche dure de Mars jusqu' à Octobre.



**Figure. n°18: le régime pluviométrique en année moyenne 2005 -2006.**

En année sèche 1996-1997, la saison pluvieuse est caractérisée par deux pics : de Janvier (38mm), et d'Avril (59mm), ce sont les mois où les précipitations sont maximales. La saison sèche est longue durant 7mois.



**Figure. n°19: le régime pluviométrique de l'année la plus sèche (1996-1997).**

\*L'écart type de précipitations dans la région de Gdyl :  $\delta$

$$\delta = \sqrt{1/n \sum (p_i - \bar{p})^2}$$

$p_i$  : précipitations annuelles.

$\bar{p}$  : moyennes pluviométriques annuelles.

$n$  : nombre d'années.

$\delta = 72.27$ .

\*Coefficient de variabilité : CV

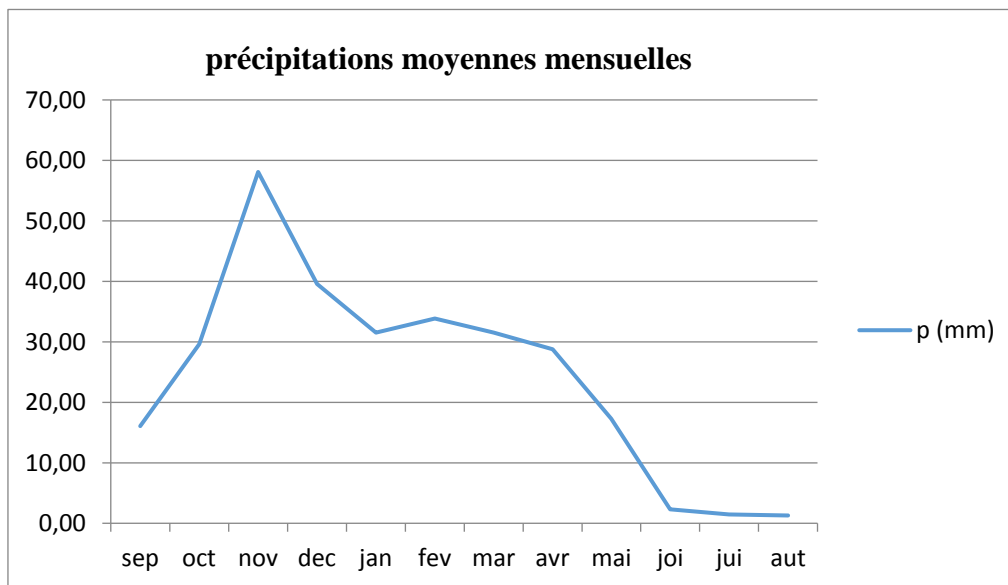
$$CV = \delta / \bar{p} * 100$$

$\delta$  : écart type.

$\bar{p}$  : moyenne pluviométrique.

**CV = 23%.**

D'après l'écart type et le coefficient de la variabilité on distingue que la variabilité de précipitations est moyenne dans la région de Gdyl.



**Figure. n°20: les précipitations moyennes mensuelles de 1988-2009.**

La variation mensuelle des précipitations est très forte. Le régime mensuel est marqué par des maximum en mois de Novembre (58,09 mm), Décembre (39,58 mm) et Février (33,84mm). La quantité de précipitation minimale est tombée au mois de Juin, Juillet et Aout, elle varie entre 1,29-2,31 mm.

### 7-3-Les températures :

La température représente un élément fondamental dans l'analyse du climat

Nous avons étudié les données des températures annuelles et mensuelles durant la période de 1988 au 2009 (voir tableau n° 03).

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aut
1988-1989	23.3	21.4	17.4	12.7	12.7	14.1	15.2	15.8	18.8	22.3	27.6	24
1989-1990	21.1	18.5	16.4	19.4	12.9	15	15.8	16.3	19.5	23	24.8	26
1990-1991	26.7	21	16.2	13	12.2	12.4	15	15.5	17.6	21.9	24.7	26.2
1991-1992	25.2	19.1	15.9	13.4	12.1	12.9	14.1	16.1	19.5	20.9	23.8	26.2
1992-1993	23.9	19.4	16.1	14.7	12.2	13.1	14.3	16.7	19	22.1	23.5	25.4
1993-1994	22.5	18.9	16.1	13.5	12.5	13.5	15.5	16.1	19.6	21.8	26.2	27.1
1994-1995	23.3	20.5	17.7	14.3	13.2	14.9	15.4	16.2	17.9	21.8	24.7	26.2
1995-1996	23	21.2	18.4	15.9	15.4	13.2	14.9	17	19	22.2	24.1	25.4
1996-1997	22.1	19.2	17.2	15.1	14.6	14.8	15.5	17.5	20	23.2	23	24.7
1997-1998	23.5	21.6	17.6	14.5	13.5	14.6	15.1	16.6	18.2	21.5	24.3	25.3
1998-1999	23.8	18.8	16.8	13.5	13.7	12.7	15.5	17.9	20.8	23.4	25.5	27.3
1999-2000	25.4	22.8	15.6	14	19.6	11.4	14	15.1	17	20.5	23.1	26.5
2000-2001	25.7	23.4	19.8	16.2	14.2	14.5	18	17.1	18.7	23.3	25.3	26.5
2001-2002	24.2	22.3	15.5	13.2	13.1	13.9	15.3	16.7	19.1	22	23.8	24.7
2002-2003	23.9	20	17.7	14.9	12.4	14	11.8	16.6	18.7	20.7	23.8	26.6
2003-2004	24.5	20.9	16.8	13.9	13.4	14.4	14.7	16.1	17.9	22.8	25.2	27.2
2004-2005	24.8	21.7	15.2	13.5	10.7	11.2	14.7	17	20.8	23.4	23.8	25.7
2005-2006	23.4	21.2	15.9	13.3	12.2	12.2	15.5	18.1	20.4	22.7	25.8	25.9
2006-2007	24	22.2	15.6	14.5	13	15.1	14.6	16.1	20.3	23.1	25.2	25.8
2007-2008	23.3	20.5	16	13.5	12.7	13.2	14.6	15	17.3	20.4	25.5	29.6
2008-2009	25.4	21.7	17.2	12.2	13.4	11.6	16.7	13.9	19.3	20.2	24.1	29.3

Tab.03 : les moyennes de température de la période 1988-2009.

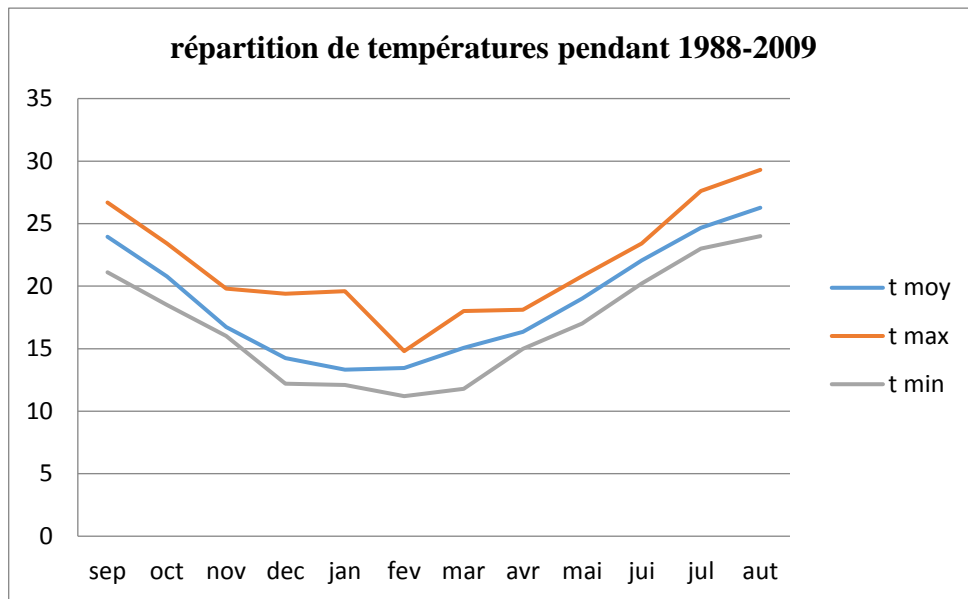
Source : ONM.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
t moy	23.95	20.78	16.7	14.25	13.32	13.46	15.06	16.4	19.02	22.06	24.66	26.3
t max	26.7	23.4	19.8	19.4	19.6	14.8	18	18.1	20.8	23.4	27.6	29.3
t min	21.1	18.5	16	12.2	12.1	11.2	11.8	15	17	20.2	23	24

Tab.04 : les températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de 1988-2009.

Le tableau des températures montre les résultats suivants :

- ✓ Une décroissance de la température de Décembre à Mars.
- ✓ Une valeur minimale en Février ( $T_{\min} = 11,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- ✓ Une augmentation du mois de Mars au mois de Septembre.
- ✓ Un maximum de Juillet à Août ( $T_{\max} = 27,6- 29,3^{\circ}\text{C}$ ).



**Figure. n°21: les températures moyennes mensuelles de 1988-2009.**

Les températures les plus élevées se trouvent en saison d'été durant les mois de Juillet (24.66°C) et d'Aout (26.3°C), par contre la saison d'hiver se caractérise par des températures plus basses : mois de Février (11.2°C).

#### 7-4-Les indices bioclimatiques :

Afin de calculer les indices de Bagnouls et Gaussen et le quotient pluviométrique, nous avons utilisé les valeurs de précipitations et de températures. Ces indices nous aident à déterminer les mois les plus pluvieux, le type de végétation et la sensibilité des sols.

##### 7-4-1-Indice de Bagnouls et Gaussen :

L'indice de Gaussen s'applique surtout aux climats qui comportent une saison sèche assez accusée en considérant que celle-ci représente un facteur écologique défavorable à la végétation ; la formule de calculer cet indice est comme suit :  $P \leq 2t$  ou  $P/t \leq 2P$

P : précipitations moyennes mensuelles (mm).

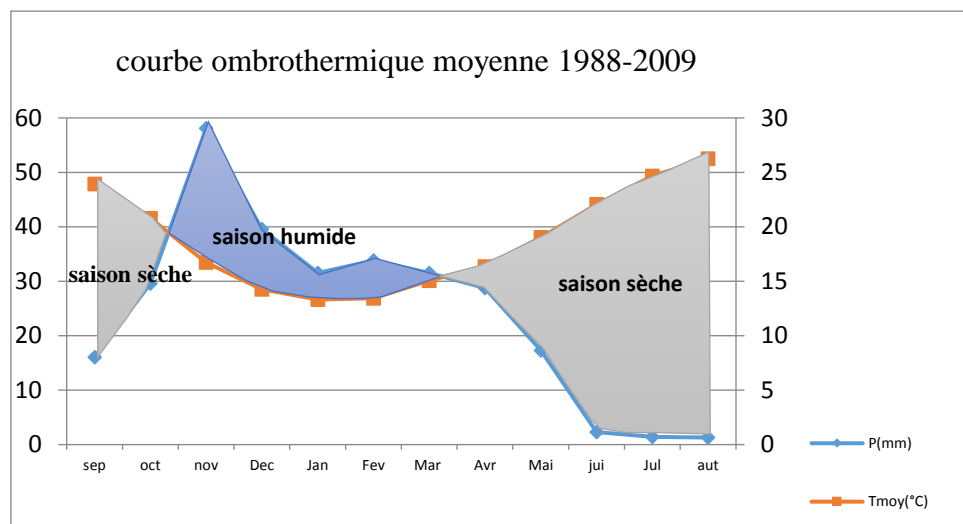
t : températures moyennes mensuelles (°C).

D'après cette formule le mois sec est celui où le total de précipitations est égal ou inférieur au double de la température et le mois humide est celui où le totale de précipitations est double de la température.

#### -Diagramme de Gaussen du période 1988-2009 :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aut
<b>P(mm)</b>	16.08	29.60	58.09	39.58	31.54	33.84	31.51	28.76	17.27	2.31	1.45	1.29
<b>Tmoy(°c)</b>	23.95	20.78	16.72	14.25	13.32	13.46	15.06	16.35	19.02	22.06	24.66	26.27

**Tab.05 : les moyennes de précipitations et de températures de la période (1988/2009).**



**Figure. n°22: le diagramme ombrothermique de la période (1988-2009).**

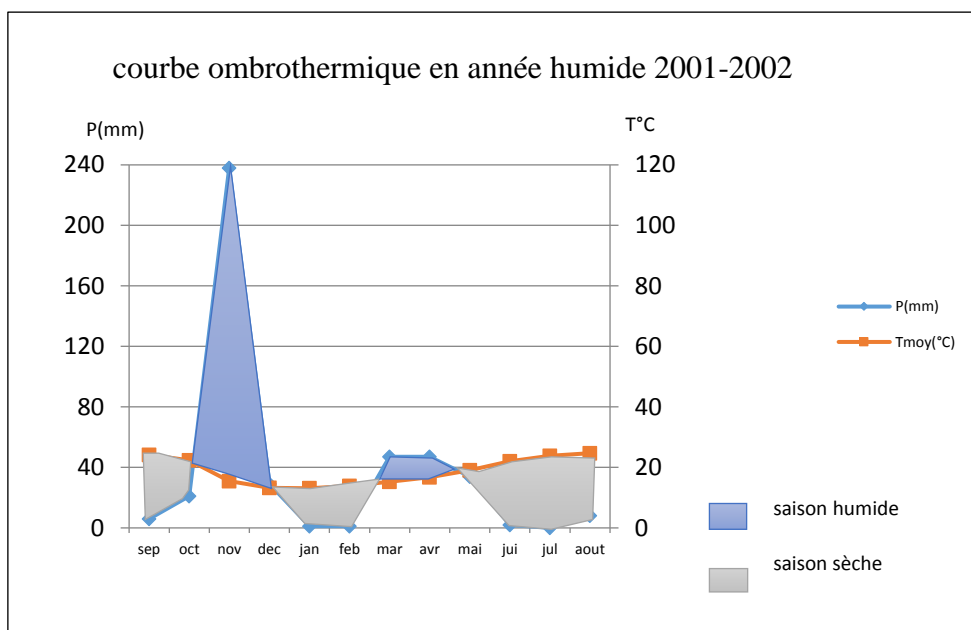
Selon le diagramme on distingue que la saison de pluies dure 5 mois de Novembre jusqu'à Avril.

La saison sèche commence du mois d'Avril jusqu'à Octobre

**-Diagramme de Gausson de l'année humide 2001-2002 :**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout
<b>P(mm)</b>	6	21	238	29	1	1	47	47	34	2	0	8
<b>Tmoy(°C)</b>	24.2	22.3	15.5	13.2	13.1	13.9	15.3	16.7	19.1	22	23.8	24.7

**Tab.06 : les moyennes de précipitations et de températures de l'année pluvieuse 2001-2002.**



**Figure. n°23: le diagramme ombrothermique de l'année humide.**

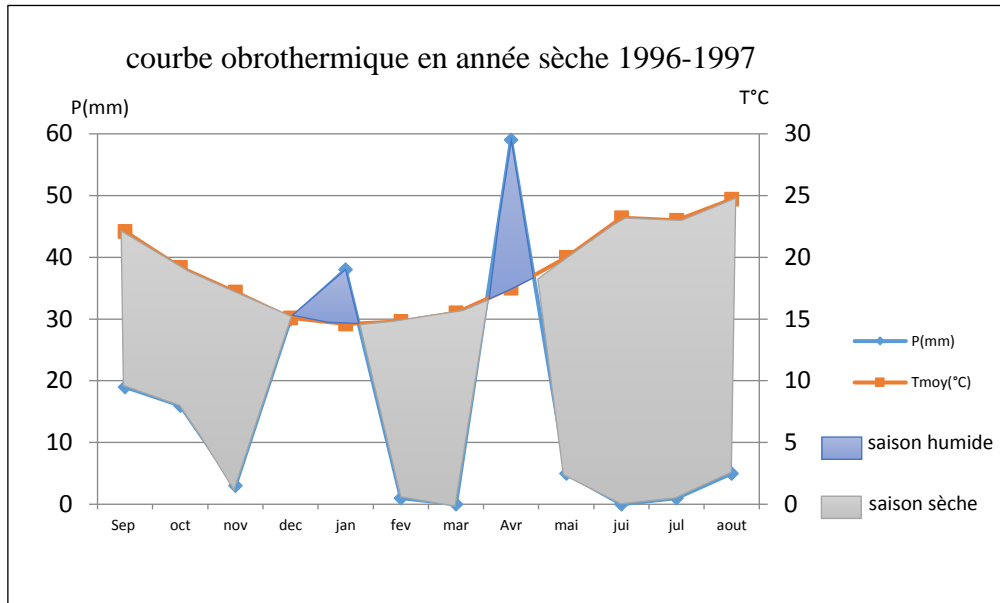
Ce diagramme de l'année humide montre que la saison pluvieuse est courte du mois de Novembre à Décembre et de Mars à Avril mais avec des quantités importantes ou le maximum des pluies est 238mm en Novembre. La saison sèche dure 7mois avec une température maximale de 24.7°C en Aout.

**-Diagramme de Gausson de l'année sèche 1996-1997 :**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout
<b>P(mm)</b>	19	16	3	30	38	1	0	59	5	0	1	5
<b>Tmoy(°C)</b>	22.1	19.2	17.2	15.1	14.6	14.8	15.5	17.5	20	23.2	23	24.7

**Tab.07 : moyennes des précipitations et des températures de l'année sèche 1996-1997.**





**Figure. n°24: le digramme ombrothermique de l'année sèche 1996-1997.**

La saison sèche dure presque toute l'année sauf les mois de Janvier et Avril où la quantité de pluie est faible de 38 à 59mm.

**7-4-2-Le quotient pluviothermique d'Emberger(Q<sub>2</sub>)**

Cet indice permet de définir l'étage bioclimatique d'une région donnée, il subdivise le climat en 5 étages qui sont :

- Etage bioclimatique hyper aride.
- Etage bioclimatique aride.
- Etage bioclimatique semi-aride.
- Etage bioclimatique subhumide.
- Etage bioclimatique humide.

Chaque étage bioclimatique est subdivisé en sous étages (supérieur, moyen et inférieur.)

$$Q_2 = \frac{3.43p}{(M-m)}$$

P : précipitation totale.

M : température maximale.

m : température minimale.

	P (mm)	M (°C)	m (°C)	M-m	Q <sub>2</sub>
<b>Année humide (2001-2002)</b>	434	29.6	10.7	18.9	128.3
<b>Année moyenne (2005-2006)</b>	296.5	25.9	12.2	13.7	74.23
<b>Année sèche (1996-1997)</b>	177	24.7	14.8	9.9	61.3

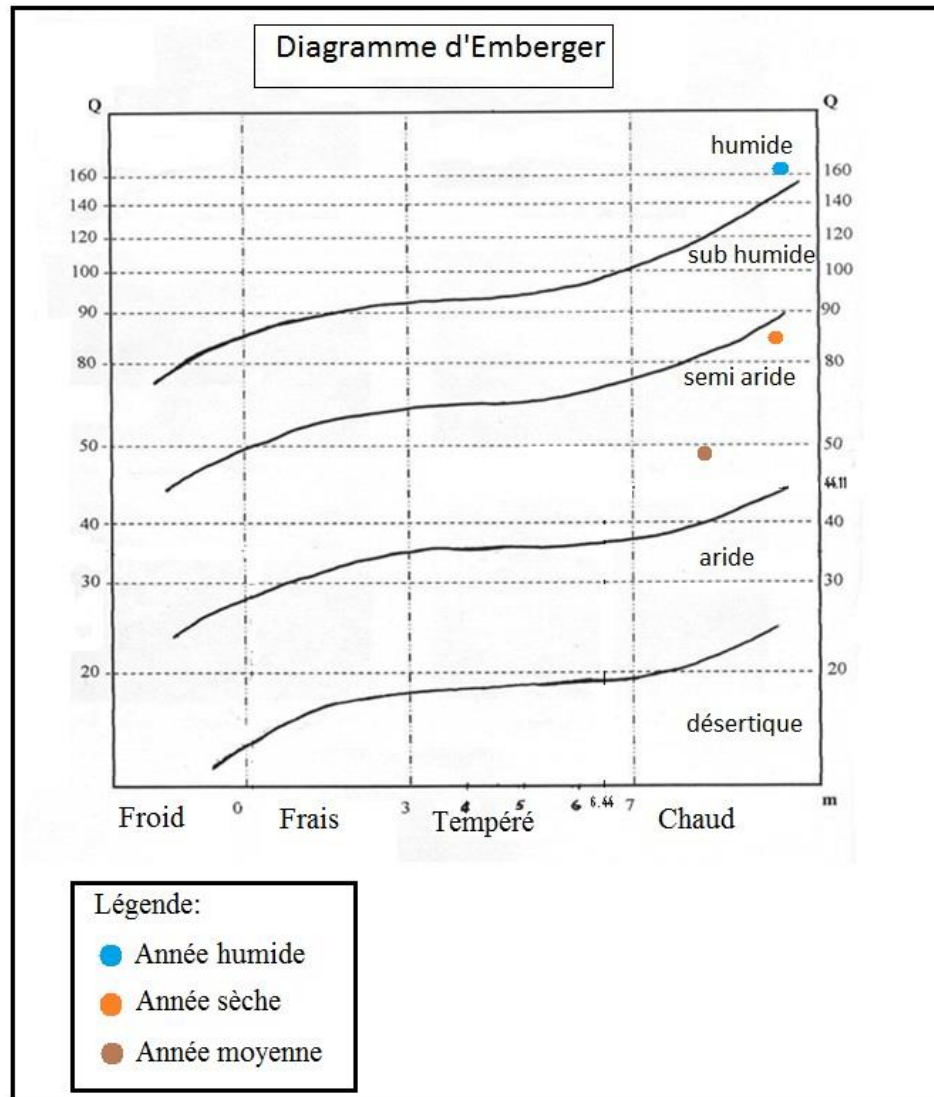
**Tab.08 : le quotient pluviométrique Q<sub>2</sub>.**

En année humide le Q<sub>2</sub> est égale à 128.3 ce qui signifie que la zone appartient à l'étage bioclimatique humide.

En année moyenne le  $Q_2$  est égale à 74.23 ce qui place la région dans l'étage bioclimatique subhumide.

En année sèche la valeur de  $Q_2$  est 61.3 ce qui place la zone dans l'étage bioclimatique semi-aride.

Selon les résultats obtenus on peut dire que le lac de Têlamine se caractérise par une grande salinité surtout en année sèche 1996-1997 qui influe sur les végétations adaptées à ce lieu.



**Figure. n°25 : le diagramme d'Emberger.**

### 7-5- Humidité :

La zone côtière de l'Oranais se caractérise par une humidité relative de plus de 60% tout le long de l'année. L'humidité annuelle moyenne de la zone d'étude est de 76%, avec une moyenne de minimums de 70 % et une moyenne des maximums de 80 %.

**8-Conclusion :**

La région de Gdyl se situe à l'Est de la ville d'Oran, c'est un espace qui réunit les six agglomérations : Hassi Bounif, Hassi Mefssoukh, Hassi Ben Okba, Boufatis, Gdyl et Ben Freha.

La zone étudiée est caractérisée par des reliefs variés : La zone côtière, les massifs et versants côtiers où se localise djebel Khar au Nord-Ouest avec élévation de 602m et Djebel Kristel culmine à 504m.

Le plateau de Gdyl au Sud-Ouest avec des altitudes qui varient entre 200-350m. Les collines au Nord-Est ont des altitudes variantes entre 200-400m, la plaine de Gdyl au Nord-ouest avec des altitudes ne dépassant pas les 150m.

La pédologie de la région comprend les sols décalcifiés, associations, sols à encroutement, les sols salins et roches mère.

On remarque que le réseau hydrographique est peu dense se concentrant au Nord de la région, on peut distinguer deux types de réseau le premier est réseau exoréique et le deuxième endoréique.

De point de vue géologique la région de Gdyl est d'âge Permo-trias que Jurassique, Crétacé, le Miocène supérieur, le Pliocène et les formations quaternaires.

L'étude hydrogéologique de la région a permis de distinguer les réservoirs les plus importants dans la région.

- ❖ L'aquifère plio-quaternaire avec ces 03 niveaux superposés : alluvions -grés et sables -calcaire gréseux ; où on note l'importance des grés coquilliers au niveau des plateaux (Gdyl), cette nappe est très sollicitée par de nombreux captages d'eau. En ce qui concerne l'aquifère des calcaires gréseux, il est très développé dans la zone des Hassis. Les coupes établies par M. Foukrache (1996) expriment mieux la relation entre les 03 niveaux dont leur superposition forme un seul système aquifère à nappe libre.
- ❖ L'aquifère des calcaires dolomitiques du Lias, qui affleure au Nord de notre secteur et se prolonge sous l'aquifère plio-quaternaire, forment une réserve en eau très importante au Sud des piémonts des monts d'Arzew.

Les forages réalisés actuellement dans la bande comprise entre Gdyl et Sidi Benyebka montrent des débits d'exploitation très appréciables.

Le climat joue un rôle essentiel dans la dégradation du milieu à cause que la quantité de précipitation et le degré de température agit sur le niveau des eaux superficiels et souterrains. La zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique semi-aride, qui se caractérise par un été sec qui dure de trois à quatre mois, et des hivers doux et humides.

*Deuxième partie :*

*Cadre environnemental*

- ❖ *1- la pollution des eaux de surface.*
- ❖ *2-Les zones humides.*
- ❖ *3-Caractéristiques socio-économiques.*
- ❖ *4-Origine de la pollution du lac de Télamine.*
- ❖ *5-Dégradation de la biodiversité.*
- ❖ *6-Conclusion.*

## **1-La pollution des eaux de surface :**

Pour faire face à l'explosion démographique et aux problèmes urbains, à l'industrie et toutes ses applications, l'homme a utilisé la nature et dans certaines circonstances les zones humides comme dépotoirs de ses déchets. Qu'elles soient gazeuses, liquides ou solides, la majorité des substances polluantes sont susceptibles de contaminer l'hydrosphère, l'étendue de cette contamination est liée à leur degré de solubilité (Ramade, 1982).

Cet aperçu sur la pollution de l'eau met en cause la vulnérabilité des zones humides aux déversements de toute nature et à la nécessité de tenir compte de la gravité de l'action anthropique sur l'environnement.

Les zones humides qui font l'objet de cette étude, le lac de Télamine connaissent d'énormes déversements des eaux usées urbaines et industrielles et qui dans certains endroits laissent des traces plus que néfastes sur l'écosystème.

### **1-1-Principaux types de Polluants :**

Les polluants peuvent être classés suivant différents critères.

#### **a- Selon l'origine des polluants :**

##### **a-1-. Pollution urbaine :**

Les rejets urbains sont constitués principalement d'ordures ménagères, eaux de lavages, eaux usées et eaux de vannes (Boutoux, 1992). Ces rejets sont très hétérogènes et variables en fonction du mode de vie, de la situation géographique et du type d'habitat. Les eaux usées contiennent un grand nombre d'éléments détergents, matière végétale, chlore, fer, manganèse, zinc, magnésium, calcium, potassium, sodium, phosphate, cuivre, plomb, cadmium, sulfate, azote, matières en suspension, matières fécales. On y trouve également des effluents gazeux : gaz carbonique dissous, méthane, hydrogène sulfuré, ammoniac et des micro-organismes et virus qui sont responsables de maladie à transmission hydrique (Bouziane, 2006).

La quantité d'eau usée rejetée annuellement en Algérie a été estimée à environ six cents millions de mètre cubes par an (600 Mm<sup>3</sup> /an). La quasi-totalité de ces eaux usées ne font pas l'objet d'une épuration satisfaisante, sachant qu'en Algérie il existe 67 stations d'épurations des eaux usées dont le fonctionnement est rare (Bouziane, 2006).

##### **a-2- Pollution industrielle :**

Cette pollution est due, soit aux matières minérales en suspension (lavage de charbon, station de traitement des eaux, exploitation des carrières de mines), soit aux matières en solutions minérales (station de traitement des eaux,). Quant à la pollution due aux matières organiques, elle concerne les rejets hydrocarbonates et chimiques divers (raffineries, caoutchouc, pétrole, explosifs, peintures, blanchisserie). Les rejets phénols (industrie chimique, colorants, résines), les rejets organiques fermentescibles (produits pharmaceutiques, pâte à papier, conserveries, tanneries, abattoirs, laiteries, sucreries, transformation des céréales, colles et gélatines, textiles, préparation de laine...) constituent également une source importante de pollution.

**a-3-Pollution agricole :**

Elle provient principalement de l'épandage d'engrais nitrates et phosphates et l'usage de pesticides minéraux dérivés de l'arsenic, mercure et cuivre et de pesticide organique.

**a-4-Pollution atmosphérique :**

Elle provient d'émission de diverses provenances, industries, chauffage, échappement de moteurs des véhicules automobiles. Les rejets sont constitués de gaz (gaz carbonique, oxyde de soufre, oxyde d'azote), de poussière de produits divers, des vapeurs d'organo-halogène ou d'hydrocarbures. Ces matières rejoignent le sol et lors de la tombée des pluies s'infiltrent en profondeur selon les conditions locales de la zone et son degré de vulnérabilité (Bouziani,2002).

**b-Selon la nature des polluants :****b-1- Polluants physiques :**

La chaleur, le transport de matières en suspension et la radioactivité sont les principaux agents physiques de la pollution :

- **La chaleur** : La température de l'eau joue un rôle très important. Son élévation provoque des effets écologiques sur la vie aquatique par le développement des microorganismes comme les algues, diminution de la solubilité de l'oxygène, déficit renforcé par l'accroissement de l'activité biologique qui en consomme.

- **Les matières solides en suspension** : Elles sont introduites par l'eau des précipitations et les eaux de surfaces. Ce sont des particules très petites de l'ordre du micron qui peuvent ainsi transiter facilement, exemple particule d'asbeste.

- **La radioactivité** : La radioactivité a pour origine la transformation d'un corps simple en un autre avec émission d'un rayonnement. La radioactivité présente dans le milieu peut être naturelle. La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (uranium et radium dans certaines eaux d'origine profonde (Bouziani ,2006).

Elle peut aussi provenir des résidus radioactifs industriels rejetés ou émis dans la nature ; comme ils peuvent être les conséquences des émissions radioactives accidentelles (Pesson, 1976).

**b-2-Polluants chimiques :**

La pollution chimique de l'eau est liée à la présence par excès de certaines substances toxiques d'origine organique ou minérale. Ces substances sont dangereuses même à l'état de trace, car la chaîne alimentaire a un effet cumulatif. L'eau par son pouvoir dissolvant élevé dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses : sels minéraux dissout, métaux lourds, pesticides, détergent et hydrocarbures.

**-Les éléments en traces potentiellement toxique (ETPT) :**

Appelé autrefois « les métaux lourds » ETPT (Barnaud et Fustec, 2007), ils comportent des métaux tels que le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn), mais aussi des métalloïdes comme l'arsenic (As) ou le sélénium (Se). Ces éléments issus des roches sont peu abondants dans les milieux naturels. Ils circulent sous formes dissoutes ou gazeuses et parviennent dans les milieux humides avec les précipitations, les eaux de surface et souterraines dont la charge en ETPT dépend du degré de contamination des milieux traversés. Ces métaux, à masse atomique moins élevée (oligo-éléments) sont indispensables au développement de nombreux organismes vivants. A des concentrations plus élevées, ils deviennent toxiques pour les organismes qui peuvent être contaminés par absorption ou diffusion à travers les membranes (Barnaud et Fustec, 2007). D'autres éléments sont toxiques, même à faible dose. L'absorption par les végétaux (algues, végétaux supérieurs) participe aussi au stockage à plus ou moins long terme des ETPT. La végétation intervient de façon sélective en fonction des espèces végétale et des éléments. Une remise en circulation de ces éléments peut se manifester à partir de chute de feuilles ou des cadavres animaux herbivores. En raison de la toxicité souvent élevée de la plupart des métaux, leur accumulation présente cependant les risques pour la qualité écologique des milieux humides. Leur transfert dans les microorganismes et les végétaux puis leur passage dans les consommateurs des chaînes alimentaire (invertébrés, herbivores, poissons, oiseaux, êtres humains) peut avoir des effets négatifs, comme : Limiter certains processus biologiques, réduction de la biodiversité biologique, atteintes à la santé des populations végétales, animales et humaines. Pour ces raisons, leurs teneurs même à l'état de traces sont sévèrement réglementées dans les eaux brutes de rivière utilisées par les stations de traitements.

**b-3-Les Polluants Organiques :**

Ce sont des substances organiques de structure moléculaire carbonée. Ils sont souvent constitués de longues chaînes d'atomes. Les éléments principaux sont l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre et le phosphore, les glucides, les lipides, les protéines, les hydrocarbures, les pesticides et les détergents. La plupart de ces composés sont des constituants de base de la matière organique, Peu solubles dans l'eau, les composés organiques les plus dangereux pour l'environnement sont tous d'origine synthétique et n'existent que depuis le siècle dernier.

Les matières organiques ont longtemps été les principaux polluants des milieux aquatiques.

Elles proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricole (lisiers) ou industriels (papeterie, tannerie, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...) lorsque ceux si sont rejetés sans traitement préalable. Une ville de 100.000 habitants en Europe par exemple déverse environ 18 tonnes de matière organique par jour dans ses égouts. (Levêque, 1996).

Certaines substances organiques sont facilement biodégradables et peuvent être décomposées et éliminées grâce au phénomène d'autoépuration des milieux aquatiques. Ce sont :

**- Les micropolluants organiques de synthèse :**

Désigne un ensemble de plusieurs dizaines de milliers de composés associés à différentes activités humaines tels que les pesticides, herbicides, fongicides, insecticides et les détergents. Environ 400 molécules sont actives dans 6000 préparations. La multiplicité de ces produits commercialisés rend difficile leurs études d'impact sur les écosystèmes aquatiques.

**-Les Pesticides :** Sont des produits antiparasitaires utilisés comme moyen de lutte contre les organismes vivants considérés par l'homme comme nuisibles (virus, bactéries, champignons, vers, mollusques, insectes, rongeurs...), les différentes méthodes d'utilisation de ces produits dans la lutte contre différents organismes ont élargi les aires de contamination. Une source majeure de pollution des eaux continentales et littorales a pour origine les traitements d'insecticide effectué par voie aérienne exécutés au-dessus des lacs, marécages et étangs pour démoustication par exemple d'après Ramade (2005). Par sa production mondiale qui est évaluée à 100.000 tonnes par an. Le DDT (dicloro-diphényl-trichloréthane) constitue le pesticide le plus polluant des écosystèmes continentaux (Ramade, 2005).

**-Les détergents :** sont toutes les formulations spécialement étudiées pour concourir aux processus selon lesquels des souillures ou salissures sont enlevées et mises en solution ou en dispersion. Ces formulations renferment des composants actifs, les agents de surface et des composants complémentaires : adjuvants, renforçateurs séquestrants, charges et additifs (Cabridenc, in Pesson, 1976). Les détergents synthétiques se sont répandus dans les usages domestiques à partir de 1950 (Ramade, 2005).

Grâce aux substances actives qu'il renferme, le détergent est doué de propriétés tensioactives. Dilué dans une charge de tripolyphosphate de soude ou de pyrophosphate tétrasodique, avec des ingrédients mineurs tels que le parfum, agents « blanchissants » persulfates, perborates dont la toxicité est marquée pour les organismes aquatiques.

L'utilisation des détergents et leurs rejets dans les milieux récepteurs, par l'intermédiaire des effluents d'origine ménagère, industrielle ou agricole ; ne sont pas seulement source de nuisance pour l'eau, les microorganismes, la flore aquatique et les poissons. Elle présente également une toxicité pour l'homme et les animaux supérieurs (Pesson, 1976 ; Bouziani, 2006).

#### **b-4-Les Polluants inorganiques :**

Sont des substances dont la présence dans l'eau est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil. Elles deviennent polluantes quand leur concentration augmente, elles altèrent l'eau et ses constituants. Ce sont par exemple les nitrates, le fluor, les sels ammoniacaux, les phosphates, le fer, manganèse, le zinc, les chlorures, le chlore ...

Le plus souvent cité se sont les nitrates. Des composés minéraux de l'azote que l'on trouve naturellement dans les sols, les eaux, les plantes, les animaux et les insectes. Ils ont comme origine la minéralisation des matières organiques, ils peuvent provenir des sources diffuses telles que le lessivage des engrais des sols, les rejets urbains et des sources ponctuelles d'effluents industriels agro-alimentaires ou chimiques.

De 1950 à 1989 l'agriculture mondiale a fait passer sa consommation d'engrais de 14 à 146 millions de tonnes (Ramade, 2005). Une concentration en nitrates et phosphates peuvent entraîner un déséquilibre biologique des hydrosystèmes et provoquer le phénomène d'eutrophisation. D'autres molécules sont également présentes dans l'eau telles que les acides nucléiques, les substances humiques (les acides humiques, les acides fulviques...) et les molécules biochimiques (phytotoxines) une toxine produite par les algues (Nehar, 2006).



**b-5- Pollution Biologique :**

L'eau est un milieu vivant doté d'une biocénose diversifiée riche en microorganismes (bactérie, virus, parasites), faune et flore aquatiques. En condition naturelle ces êtres vivants cohabitent en parfaite harmonie avec les conditions abiotiques externes (température, pH) et montrent un équilibre au sein de leur écosystème. La moindre rupture de cet équilibre est un indice de pollution. Par leur disparition ou leur prolifération ces êtres vivants sont de parfaits indicateurs de la pollution et de la nature du polluant. La composition des biocénoses aquatiques varie en fonction des paramètres du milieu (température, pente, dureté, oxygène dissous, pollution...). L'étude des différents organismes présents dans l'eau permet ainsi d'avoir une idée de la qualité de l'eau car leur présence ou leur absence est un indice de pollution.

- L'eutrophisation est une forme de pollution. Elle se traduit par un développement et une prolifération exagérée des plantes aquatiques notamment les algues.

**- Pollution microbiologique**

L'utilisation des cours d'eau comme moyen de dilution des effluents urbains présente de graves conséquences pour l'hygiène publique. Il semble que la pollution par des matières organiques permet à de nombreuses espèces de germes pathogènes de se multiplier dans des proportions énormes (Ramade, 2005). Les virus sont des microorganismes très résistants dans l'eau. Leur présence dans les milieux aquatiques est liée à une élimination humaine, par les selles, qui sont à leur tour transportés par les eaux usées et rejetés dans les zones humides par exemple. On estime que plus de 140 types de virus humains peuvent contaminer les eaux usées, certains virus sont bénins ou peu agressifs, mais plusieurs types sont très pathogènes (Bouziani, 2006).

**1-2-La mesure de la Pollution :**

Les matières organiques nécessitent de l'oxygène pour leur métabolisation par les microorganismes. Cette demande en oxygène peut être représentée biologiquement ou chimiquement suivant divers paramètres tels que la DBO5 (demande biochimique en oxygène) et la DCO (demande chimique en oxygène) (Gaid, 1984).

**a-La demande biochimique en oxygène :**

La DBO5 constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. La charge de pollution organique d'une eau s'évalue par la DBO5 : demande biologique d'oxygène en 5 jours. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader, minéraliser entièrement la totalité des matières organiques présentes dans un litre d'eau polluée. En effet le rejet de matière organique fermentescible par un émissaire d'égout, par exemple, provoque une diminution de la teneur en oxygène dissout par dégradation sous l'action des bactéries aérobies (Ramade, 2005) tab.13.

**b-La demande chimique en oxygène :**

Elle désigne la concentration en polluants inorganique ou organique qui ne peut pas être biodégradés par les microorganismes des biotopes aquatiques. Cette dernière peut être importante dans les effluents de certaines industries. La demande d'oxygène exercée par le milieu ne peut être satisfaite que si l'eau possède une teneur en oxygène dissout suffisante et une bonne capacité de ré-oxygénation.

**c-L 'oxygène dissous (O.D) :**

L'eau est toujours chargée d'oxygène à des degrés différents. La solubilité de l'oxygène dissout est fonction de la température, de la pression et de la turbidité et des matières organiques en décomposition (Rodier, 2005). Les eaux superficielles non polluées, peuvent contenir des quantités relativement importantes d'oxygène proches de la saturation. Par contre, les eaux souterraines n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre.

Dans une dernière approche, pour décider du niveau de qualité d'une eau, il faut prendre en considération deux paramètres la DBO5 et l'O.D. : une eau est de qualité désirable si sa DBO5 est faible (< 1mg /l) et sa teneur en oxygène dissous est proche de la saturation. Des études ont montré que la qualité d'une eau est acceptable quand la différence entre l'O.D et la DBO5 est supérieure à 4 mg/l permettant d'assurer une vie aquatique normale.

**1-3- L'autoépuration :**

L'eau de mer, de rivière, ou de lac est riche en espèces animales et végétales, qui ont pour rôle de transformer et éliminer naturellement (en totalité ou en partie) les polluants auxquelles elle sert d'exutoire. C'est le processus d'autoépuration. Grâce à un ensemble de phénomènes de filtration et d'oxydation, combinés à l'action des organismes (bactéries, protozoaires, insectes et plantes...) vivants dans le milieu aquatique et sur les berges, l'eau assure le maintien de la qualité et préserve l'équilibre de l'écosystème.

La pollution biologique peut être atténuée par processus naturel d'autoépuration : destruction des germes pathogènes par l'oxygène dissous dans l'eau par l'action bactéricide des ultraviolets solaires, par la concurrence vitale des microorganismes saprophytes, et bactériophages.

L'autoépuration est nette dans les rivières à grand débit (par dilution). Mais il arrive que cette autoépuration ait ses limites si le niveau de pollution atteint un seuil critique, à ce moment-là, l'eau n'est plus capable de s'auto-épurer c'est à dire d'éliminer les agents polluants.

**1-5-Conclusion :**

La pollution des eaux de surface, lac, sebkha, daya reste jusqu'à nos jours un problème difficile à gérer malgré la législation actuelle pour protéger ses sites. La pollution des eaux a une influence négative sur la répartition, le développement et la reproduction de la biocénose en générale et de la flore en particulier de ses écosystèmes fragiles.

Nature de l'effluent	DBO5 (en mg d'O <sub>2</sub> /l)	MES en (mg/l)
Eaux usées urbaines	150-350	100-300
Abattoirs	1000-5000	500-1500
Conserverie de légume	200-1500	200-1000
Laiterie-Fromagerie	1000-5000	100-500
Brasserie	500-1500	500-1000
Distillerie	15000-40000	1500-5000
Papeterie	100-1500	200-3000
Cokerie	1500-2500	500-1500
Raffinerie	150-500	50-100
Sidérurgie	50-150	1000-3000

**Tab. 09 : Variation de la DBO5 et des matières en suspensions (M.E.S) pour divers types d'effluents (Ramade, 2005).**

Niveau de qualité	O.D (mg /l)	DBO5 (mg /l)
Désirable	> 6 ,5-8	0-1
Acceptable	5- 6	1-2,5
Douteux	3,5-5	3- 4,5
Inacceptable	< 3,5	> 4,5

**Tab. 10 : Les critères de qualité d'une eau naturelle Selon Beaudry (1984).**

## 2- Les zones humides :

Les zones humides qui font partie du système d'eau et de l'environnement souffrent également des mêmes dangers et avant de passer à leur diagnostic il faut définir ce que c'est une zone humide ?

Le terme « zone humide » aurait été créé vers la fin des années 60 (1960) par les protecteurs de la nature alarmés par les dégradations et les menaces subies à ces milieux. La présence d'eau, des sols hydro-morphes, des espèces végétales particulières adaptées à la variation des conditions d'humidités sont les trois caractéristiques écologiques générales retenues pour définir les zones humides. (Barnaud, 2000).

Cependant, on peut noter la définition adoptée par les scientifiques : « les zones humides se caractérisent par la présence permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée.

En position d'interface, de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatiques, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydro-morphes ou non évolués, et une végétation dominante composée de plantes hydrophiles au moins une partie de l'année. Enfin, elles nourrissent et abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces.

Sur le plan international, la convention de Ramsar (02-février-1971) désigne les zones humides comme : « des étendus de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendus d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ». (Viviane Lévy-Bruhl & Hervé Coquillart, 1998, La Fiche N 33)

Les zones humides ont une importance internationale en fonction de plusieurs critères tels que la présence d'espèce animale et végétale rares, en danger, ou en grand nombre (oiseaux d'eau notamment), ou le rôle qu'elle joue pour le maintien des populations humaines.

Les zones humides sont définies comme des terrains, exploités ou non habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, la végétation quand elle existe, y est dominée par des plantes hydrophiles pendant au moins une partie de l'année (Viviane Lévy-Bruhl & Hervé Coquillart, Fiche N 18).

En outre, les zones humides peuvent inclure des zones de rives ou de côtes adjacents à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse entourées par la zone humide. (Article 2,1 de la convention de Ramsar). Nous trouvons les zones humides au niveau de :

- **L'embouchure des fleuves** : l'accumulation des alluvions transportées par le fleuve provoque la formation de bras de terre et de zone d'eau stagnante.
- **Le long des côtes** : Ce sont les côtes marécageuses (ou l'on trouve des mangroves dans les régions tropicales), les lagunes (des bras d'eau salée séparés de la mer par une bande de terre), et marais d'eau salée.
- **À l'intérieur des terres** : Ce sont les lacs, les étangs, les mares, les prairies inondables ou les marais intérieurs (des terrains inondés parce qu'une nappe d'eau souterraine touche la surface (encarta, 2009)).

Les zones humides correspondent à cinq types principaux :

- marines** : zones humides côtières comprennent des lagunes côtières, des berges rocheuses et de récifs coralliens).
- lacustres** : zones humides associées à des lacs
- riveraines** : zones humides bordant des rivières et des cours d'eau.
- palustres** : ce qui signifie « marécages » - marais- marécages et tourbières.
- estuariennes** : y-compris des deltas, des marais cotidaux et des marécages à mangroves.

Nous trouvons aussi des zones humides artificielles telles que les étangs d'aquaculture ou bien agricoles, des terres agricoles irriguées, des sites d'exploitations de sel, des zones de stockages de l'eau, des gravières, des sites de traitement des eaux usées et des canaux.

La typologie des zones humides adoptée par la convention de Ramsar les a classées en 42 types groupés en trois catégories : Les zones humides marines et côtières, Les zones humides continentales, -Les zones humides artificielles.

Par leurs caractéristiques et leur fonctionnement écologiques, les zones humides assurent de nombreuses fonctions hydrologiques et biologiques qui justifient la mise en place de mesures de protection et de gestion pour préserver toutes ces potentialités à l'origine de nombreux services rendus à la collectivité.

En effet, le rôle et l'intérêt des zones humides, démontrés par de nombreux travaux de recherche, sont multiples et stratégiques, notons :

Elles contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme filtre épurateur ; elles favorisent le piégeage, la transformation (désinfection, dénitrification), et l'absorption d'éléments dissous, grâce aux espèces végétales et animales qu'elles abritent.

Elles diminuent l'intensité des crues et soutiennent les débits des cours d'eau en période d'étiage (basses eaux).

Elles fonctionnent comme des éponges, les zones humides possèdent une capacité de stockage de l'eau propre à en retenir de grandes quantités, et à la restituer ensuite progressivement

Elles constituent de véritables réservoirs de biodiversité en assurant à la fois des fonctions d'alimentation, de reproduction, d'abri, de refuge et de repos.

La forte productivité biologique qui caractérise les zones humides est à l'origine d'une importante production agricole (rizière, pâturage), piscicole (pêches, piscicultures), et conchylicole (moules, huîtres...).

Les zones humides sont le support d'activités touristiques ou récréatives importantes (tourisme vert, activités nautiques...).

-Elles assurent la complémentarité et la solidarité « rurale-urbain »

Paradoxalement, la destruction des zones humides a souvent servi à révéler leurs rôles environnementaux. Les conséquences de la disparition ou du dysfonctionnement de ces milieux (Aggravation des inondations ou des effets des sécheresses, érosion des berges et des côtes, dégradation de la qualité de l'eau, diminution des pêches ou de l'extinction d'espèces...) (Barraud, 2000) ont amené les chercheurs à identifier et à définir des "fonctions" remplies par les zones humides. Ces fonctions déduites directement de leurs caractéristiques et de leurs fonctionnements écologiques peuvent être traduites en services rendus ou en "valeurs", correspondant aux avantages économiques et culturels qu'en retirent les populations locales et plus largement la société.

## 2-1-Les fonctions des zones humides :

### 2-1-1-Les Fonctions hydrologiques :

#### a-Le Contrôle des crues :

Le stockage de l'eau de surface dans les zones humides à court ou long terme, est un élément favorable au laminage des crues, c'est-à-dire à une réduction de l'intensité des inondations par le retardement de la propagation des pics de crue. Mais ce phénomène n'est plus efficace en période de fortes crues car la zone humide se sature totalement. De plus, les volumes stockés temporairement restent limités ; seule la multiplication de zones humides sur le bassin versant les rend significativement intéressantes pour le contrôle des crues (*Oberlin, 2000*).

#### b-Le Soutien d'étiage :

Le vidange de l'eau stockée dans les zones humides permet dans certains cas de soutenir les apports en Aval lors de la décrue, voire jusqu'aux étiages. Ce phénomène est souvent accompagné d'un bilan annuel d'eau négatif, car la disponibilité de l'eau à l'évapotranspiration est alors plus importante (*Oberlin, 2000*).

#### c-La Dissipation de la force érosive :

La vitesse d'écoulement de l'eau dans les zones humides détermine la capacité de l'eau à transporter les matières en suspension, à les laisser se déposer ou à les reprendre par érosion, cette dynamique des Flux est variable suivant les types de zones humides :

- Les zones humides de dépression (mare, étang peu profond, marais) qui piègent

Les Particules du Bassin versant

- Les plaines alluviales où les sédiments sont déposés ou repris lors des débordements.
- Les deltas et estuaires qui ont un fonctionnement particulier (*Bravard Et Al, 2000*).
- L'encombrement de la végétation particulièrement dense dans les zones humides provoque une réduction de la vitesse des écoulements et une atténuation de la force érosive en période de crue.

### 2-1-2-Les Fonctions biogéochimiques :

Les zones humides présentent des transitions marquées dans les conditions d'humidité et donc des changements dans l'environnement biogéochimique (potentiel redox, pH). Ces changements influent sur la composition du sol et de l'eau. De ce fait, les zones humides et les zones saturées près des rivières permettent la rétention et /ou l'élimination de certains éléments contenus dans l'eau et notamment les nitrates et le phosphore (*Johnston, 1991*). Cette capacité dite d'épuration des zones humides a été étudiée surtout depuis les années 70 (*Haycock Et Al, 1997*).

Les nitrates contenus dans l'eau des nappes traversant la zone humide peuvent être éliminés par dénitrification sous certaines conditions ou être absorbés par des végétaux au printemps et en été ; la rétention est alors temporaire. *Schipper et Al (1993)* ont par exemple observé des taux de dénitrification dans les sols de zones humides trois fois plus importants que dans les autres sols mieux drainés du même bassin versant.

Pour le Phosphore, les zones humides jouent dans certains cas le rôle de piège à Phosphore et notamment les zones alimentées par des petits volumes d'eau (zones quasi fermées). En effet, les faibles vitesses d'écoulements entraînent une sédimentation du phosphore particulaire minéral (forme où les phosphates sont liés aux cations de fer, aluminium et calcium) et de certaines formes de phosphore organique particulaire. Les autres formes organiques particulières sont souvent consommées par les micro-organismes. Le phosphate, seule forme biodisponible, s'il n'est pas consommé par la plante, passe sous forme particulaire minérale par précipitation ou adsorption. Le transfert du phosphore dans les zones humides plus ouvertes est plus difficile à décrire. L'hydrodynamique du système est déterminant : si ces zones restent des pièges pour le phosphore particulaire par sédimentation, les phosphates dissous ne sont pas toujours en contact assez longtemps pour pouvoir être retenus (ou les sédiments rencontrés par ces phosphates sont déjà saturés et ne peuvent plus les adsorber) (*Fardeau et Dorioz, 2000*).

#### **a-Les produits phytosanitaires et autres micropolluants :**

Les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides) parviennent dans les zones humides à l'état dissous dans les eaux ou fixés sur des particules mobilisées par l'érosion des sols. Une partie d'entre eux est alors dégradée soit photo-chimiquement, soit chimiquement (hydrolyse, oxydoréduction), soit biologiquement (*Carnier, 1998*). Les milieux humides sont susceptibles d'intervenir dans les transferts de ces polluants par des phénomènes d'adsorption qui augmentent leurs temps de séjour et favoriseraient le processus de biodégradation (*Fustec Et Al, 2000*). La longueur de la zone traversée jouerait aussi un rôle déterminant (*Haycock et Al, 1997*).

Enfin, d'autres micropolluants (métaux) seraient aussi retenus par les mêmes types de procédés, mais les recherches dans ce domaine restent peu développées (*Fustec et Al, 2000*). La fonction biogéochimique d'une zone humide est donc étroitement liée à son fonctionnement hydrologique puisque l'éventuelle rétention ou élimination des polluants dépend notamment de son temps de séjour dans la zone humide et de la vitesse de l'eau.

#### **2-1-3-Les Fonctions écologiques, sociales et récréatives :**

Jusqu'à une période assez récente, les zones régulièrement gorgées d'eau étaient peu appréciées de la population. Elles étaient considérées comme des espaces sauvages, non aménageables, à cause notamment de leur accès difficile, de la forte densité de moustiques et du souvenir de maladies épidémiques. Les termes de « marais », « bourniers » ou « marécages » ont d'ailleurs toujours une connotation négative. Seules certaines tourbières acides étaient exploitées pour le chauffage (depuis le moyen-âge) et les marais de bord de mer pour le sel. Avec la maîtrise de la pisciculture, les gens ont commencé à aménager les étangs, puis la production primaire (roseaux, riz) a été exploitée, mais les zones humides sont longtemps restées synonymes de terres incultivables qu'il est nécessaire « d'assainir ».

Dernièrement, de nouveaux intérêts sont apparus, la protection de la biodiversité : les variations temporelles des conditions biogéochimiques dans les zones humides sont propices à une biodiversité élevée. La diversité de la végétation entraîne une richesse des habitats. Notons que si le nombre d'espèces rencontrées est particulièrement élevé (oiseaux amphibiens, reptiles,

poissons...), la plupart des animaux n'effectuent pas la totalité de leur cycle de développement dans les zones humides (Lefevre, 2000).

-Le développement des loisirs la chasse au gibier d'eau, les sports de pleine nature, le tourisme non déstructurant, pédagogique et avec aménagements particuliers.

#### **2-1-4-Les fonctions climatiques :**

Les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation (évapotranspiration) qui caractérisent les zones humides. Elles peuvent ainsi tamponner les effets des sécheresses au bénéfice de certaines activités agricoles.

#### **2-2-Les zones humides de l'Algérie :**

L'Algérie est riche en zones humides. Le recensement préliminaire effectué au milieu des années 1990 a dénombré 254 zones humides naturelles, parmi lesquelles 60 zones peuvent être classées sur la liste de Ramsar. D'après la Direction Générale des Forêts le nombre des zones humides peut dépasser le millier si l'on inclut les Oueds, les Grottes, les Oasis, Daya et les zones côtières.

Depuis son adhésion à la convention de Ramsar par la signature du décret N°439- 82 du 11 décembre 1982, l'Algérie comptait seulement 3 zones humides d'importance internationale avant l'année 2000. En 2004, grâce à un projet réalisé et financé par le programme « eaux vivantes » du Fonds Mondial pour la nature (WWF-International), l'Algérie a désigné 42 sites avec une superficie de près de 3 millions d'hectares, près de 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie classés et protégés sur la liste des zones humides d'importance internationale. Le lac Tonga (EI-Kala) reste parmi les meilleurs exemples des zones humides en Algérie (Anonyme, 2004).

De par la superficie classée (2,8 millions ha), l'Algérie est le troisième pays en Afrique, après le Botswana et son Delta de l'Okavango qui fait 6,8 millions d'hectares et Tanzanie avec 3,5 millions d'hectares, et la huitième dans le monde après le Canada (13 millions d'hectares), la Russie (10,3 millions d'ha), l'Australie (5,2 millions d'ha), le Brésil (4,5 millions d'ha), le Pérou (2,9 millions d'ha), et les deux pays africains précédents, Botswana et la Tanzanie (Anonyme, 2004).



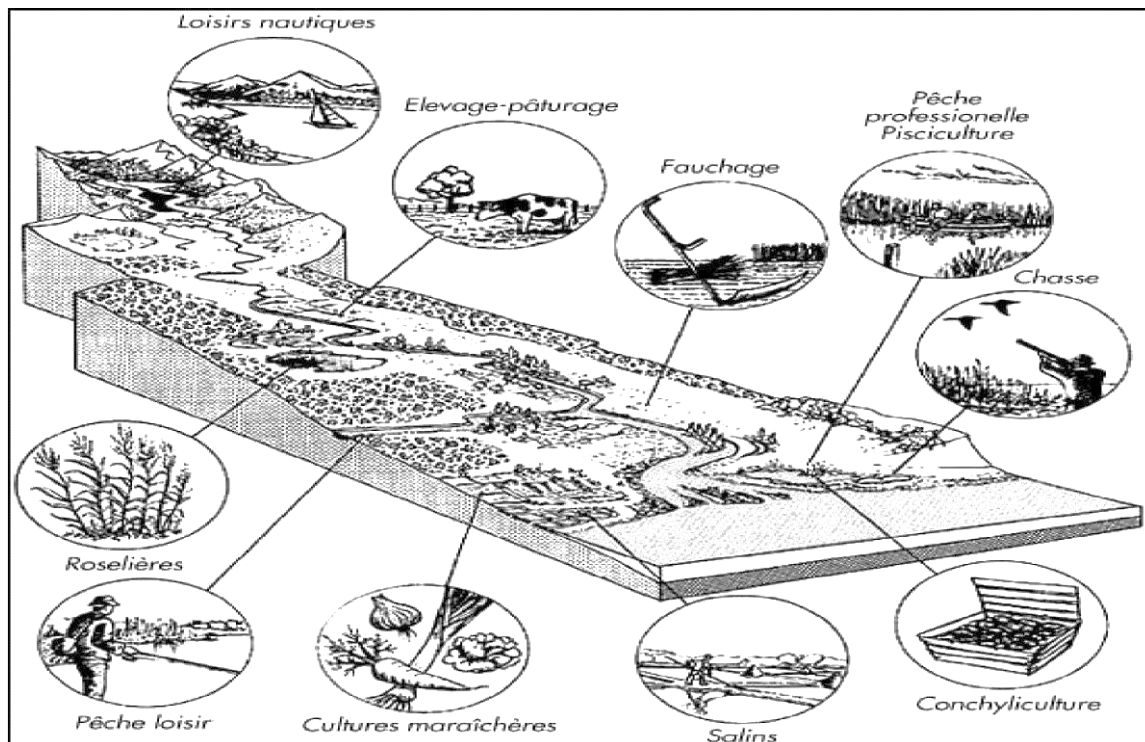


Figure. n°26: Les différents rôles des zones humides (Barnaud et Fustec, 2007).

### 2-2-1-La nature des zones humides en Algérie :

Les zones humides en Algérie sont soumises à une typologie qui leur est particulière, que ce soit des eaux courantes ou stagnantes, douces ou saumâtres. Leur classification obéit à certaines conditions :

**a- Daya** : C'est un Plan d'eau généralement salé de faible profondeur, pourvu d'une végétation aux alentours de ses rives seulement, elle est alimentée par la remontée de la nappe et par les eaux de pluie.

**b- Lac** : C'est une Grande étendue d'eau douce plus rarement d'eau salée, située à l'intérieur des terres. Il possède un point central plus bas, relié ou non à un réseau hydrographique. L'origine peut être naturelle « Tectonique, Volcanique, Karstique, Glaciaire », ou artificielle, résultant de l'aménagement et de la régulation du réseau hydrographique à des fins diverses.

**c- Sebkhia** : C'est une dépression ou cuvette généralement inondable, quelquefois située en dessous du niveau moyen de la mer, couverte d'une croûte saline qui interdit l'installation de la végétation et dont les rives sont rongées par le sel. Ce sont des lacs salés temporaire à fréquents en Afrique du Nord. Une seconde définition est donnée par Benziane (1983) : une sebkhia est un bassin fermé dont le fond est imperméable et où s'accumulent les produits solubles et insolubles issus du bassin versant. Elle se distingue des « daïa » qui sont caractérisées par la présence d'un drainage par le fond et des « chott » qui bénéficient d'une alimentation par voie artésienne.

Ces zones humides sont entourées par une ceinture de végétation halophile, les zones humides de notre secteur d'étude présente une riche biodiversité jusqu'à aujourd'hui mal connue et négligée. Ces zones humides sont exposées à toutes sortes de pollutions (pollution de et du sol) par l'action anthropique irrationnelle et mal contrôlée.

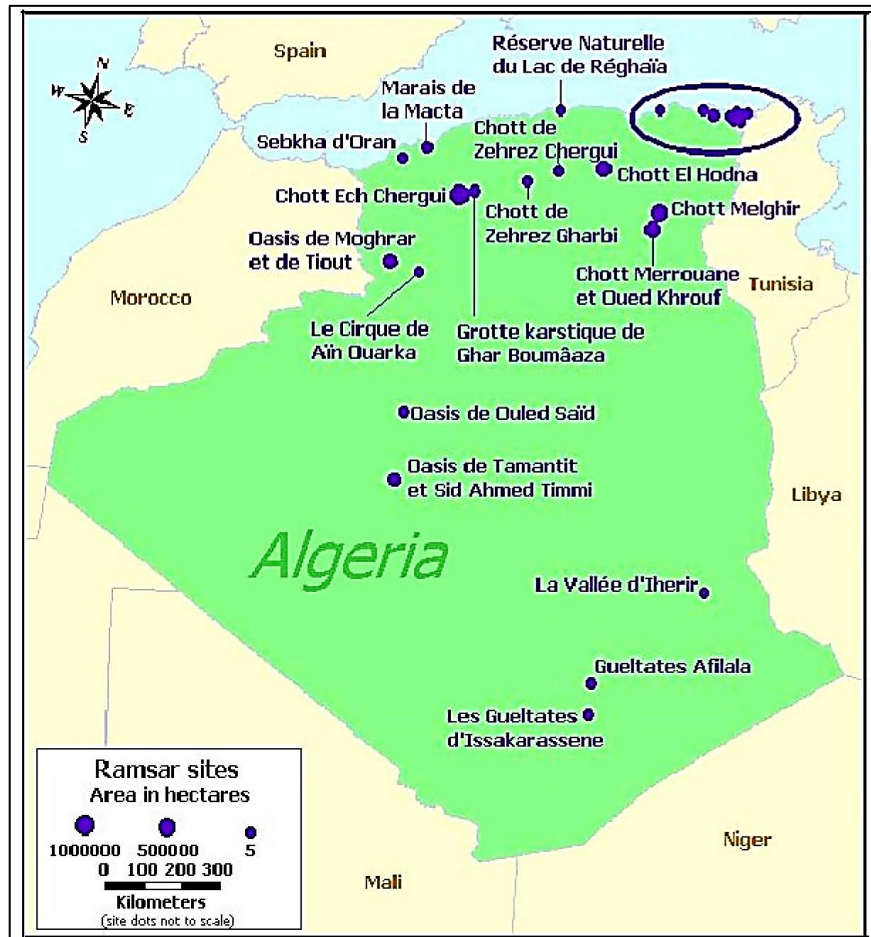


Figure. n°27 : Localisation des sites inscrits en Algérie (Durand et al. 2004).

### 2-2-2-Les zones humides d'Oran :

Les zones humides en Algérie sont constituées de lacs, d'étangs, de lagunes, de marais, de marécages, de lacs, de barrages, de retenues collinaires, de chotts, de sebkhas, et de gueltas. La Wilaya d'Oran qui compte 8 zones humides dont 4 sont classées par la convention Ramsar.



**Figure. n°28 : les zones humides au niveau de la wilaya d'Oran.**

Le complexe qui englobe la sebkha d'Oran, les marais de la Macta, daya Oum el Ghellaz, daya Morsli, daya Bagra, les salines d'Arzew, le lac de Télamine très proches les uns des autres jouent un rôle dans l'hivernage et le stationnement en passage de migration des oiseaux (Tab.11).

En vue de leur classement à la convention de Ramsar, la Direction Générale des Forêts a établie des fiches d'identification pour chaque zone humide sur laquelle plusieurs paramètres sont étudiés ou observés dont l'un est le comptage des oiseaux qui se fait pratiquement chaque année (Tab.12).

Ainsi la Grande Sebkha, les marais de la Macta, le lac de Télamine et les salines d'Arzew ont bénéficié de ce classement. En raison de leur réponses à plusieurs critères dont le plus important est le critère 6 qui concerne l'accueil pendant plusieurs années de grands effectifs d'oiseaux migrateurs qui les fréquentent soit pendant toute la période d'hivernage soit uniquement aux passages en migration vers des contrées plus au sud. Certain auteur se sont beaucoup intéressé aux zones humides du complexe de l'Ouest algérien, mais leur intérêt s'est surtout porté sur l'hydrogéologie, nous citerons (Hassani, 1987, sebkha d'Oran) sur la géologie (Moussa, 2007) et sur les groupements halophiles (Simonneau, 1952 ; Dubuis, Simonneau, 1960 ; Tafer, 1993 ; Tremblin, 2000 ; Sitayeb et Benabdeli, 2008).

Non du site	Daïra	Communes	Superficie en m <sup>2</sup>	Zones classée
Les marais de la Macta	Bethioua, Sig, Stidia	Bethioua	19000	2001
Lac Télamine	Gdyel	Gdyel	2400	2001
Les Salines d'Arzew	Bethioua	Bethioua	5800	2004
La grande Sebkhia	Boutlélis	Misserghine	43000	2004
Dayet Oum Rhalez	Oued Tlélat	Oued Tlélat	300	Non classée
Dayet El Bagrat	Oued Tlélat	Tafraoui	200	Non classée
Dayet Morsli	Senia	Senia	150	En cours
Lac Sidi Chami	Senia	Sidi Chami	10	Non classée

**Tab.11 : Les zones humides de la Wilaya d'Oran (Direction Générale des forêts, 2008).**

Années	2009	2010	2011
Effectifs	97920	48696	45486
Espèces	35	35	38

**Tab.12 : Effectifs d'oiseaux d'eau des trois dernières années (Direction Générale des forêts, 2011).**

### 2-2-3-Le lac de Télamine :

La dépression du lac de Télamine est le plus vaste bassin fermé du plateau d'Oran après celui occupé par la sebkha d'Arzew (*Dubuis et Simonneau, 1960*). Situé à l'Est d'Oran à 84,50 m d'altitude, est divisé en trois cuvettes séparées s'étendent sur 6 Km de long et 1 Km de largeur moyenne, d'une superficie de 2399 Ha.

Le lac occupe une dépression elliptique orienté SSO-NNE. Elle est creusée dans les poudingues (roche constituée de galets agglutinés par un ciment naturel calcaire ou siliceux) et grès coquilliers de l'Astien-Villafranchien et remblayée d'alluvions quaternaires récentes. (*Tinthoin in Dubuis et Simonneau, 1960*).

Télamine était constitué par deux mares, nettement séparées. Sur 02Ha c'est la daya de Fleurus, près de Legrand, sur 6 hectares environ près de Saint-Cloud. Les eaux relativement douces, étaient bues par les troupeaux de gazelles qui hantaient la région (*Dubuis et Simonneau, 1960*).

Pendant l'été de 1856, les eaux de la daya déposèrent sur 150 Ha une couche de sel d'environ 3 à 5 cm d'épaisseur, une exploitation s'installe, jusqu'en 1890 où elle extrait 4.300 tonnes de sel, qui se ruine l'année suivante par une inondation qui recouvre la daya d'une lame d'eau de 1,40 m d'épaisseur.

Ainsi sous l'influence des défrichements et des cultures, les pâturages de Télamine se sont changés en saline, impropre à toute végétation et l'on est passé insensiblement de la daya à la sebkha (*Thinthouin, 1949, Dubuis et Simonneau, 1960*).

Actuellement, le site est caractérisé par une végétation naturelle composée de plantes herbacées adaptées à la salinité du milieu. Sont présent les sansouires caractérisées par la Salicorne, une plante halophile dont les taux de recouvrement atteignent 100% en certains endroits (*Anonyme IV, 2004*).

La Direction des Forêts décrit le site comme un plan d'eau entouré par des cultures céréalières parsemées d'oliviers sur la majeure partie de son périmètre. Sur les talus on retrouve des friches à chardons. Dans les endroits où débouchent les ruisseaux ou les rejets d'eaux usées des villages voisins, se forment des vasières entourées d'une végétation d'herbacées parsemées de touffes de joncs et de quelques jeunes sujets de Tamaris (*Anonyme, 2004*). Le site est très visité par les oiseaux. Le tableau 14 présente le comptage fait par la Direction Générale des forêts, janvier (2011).

ANATIDÉS	Nombre	FOULQUES	Nombre
Canard colvert.....	60	Foulque macroule.....	Néant
Canard Souchet....	1700		
Canard Siffleur.....	1650		
Canard chipeau....	850		
Canard pillet....	165		
Tadorne de Belon....	2010		
Sarcelle d'hiver....	95		
Oie cendré....	30		
<b>Total Anatidés</b>	<b>6560</b>	<b>Total Foulque</b>	<b>Néant</b>
		<b>Autres</b>	<b>Nombre</b>
 <p style="text-align: center;"><b>Flamant Rose</b></p>	FLAMANT ROSE...	<b>5950</b>	
	Héron cendré...	50	
	Goéland argenté....	250	
	ECHASSE BLANCHE...	605	
	Mouette rieuse...	13	
	Chevalier arlequin...	300	
	Grande aigrette...	03	
	Héron garde bœuf...	50	
	<b>Total autres</b>	<b>7221</b>	
	<b>Total général</b>	<b>13781</b>	

**Tab.13 : Recensement hivernal des oiseaux d'eau du lac de Télamine (Direction de l'environnement 2009).**

**3- Caractéristiques socio-économiques :****3-1- évolution de la population du lac Télamine entre 1977/2008 :**

L'étude démographique présente une grande importance dans l'analyse de la pollution, car la population constitue un élément fondamental pour l'estimation des besoins en eaux potable et le rejet des eaux usées aux différents échéanciers.

Communes	AS	POP 87	POP 98	Taux d'accroissement 98/87 %	POP 2008	Taux d'accroissement 08/98%
<b>Hassi Bounif</b>	Hassi Bounif	7764	15157	8.54	59671	3.05
	Hai Chahid Med	7211	12338			
	Hassi Ameur	2939	3626			
	Totale	17914	44160			
<b>Hassi Ben Okba</b>	Hassi Ben Okba	5593	9253	4.68	12906	3.38
<b>Ben Freha</b>	Hassiane Etoual	5157	7530	3.79	17620	2.51
	Ben Freha	2700	3948			
	Menatsia	1272	2272			
	Totale	9129	13750			
<b>Gdyel</b>	Gdyel	20929	30000	3.30	37315	2.20
<b>Hassi Mefsoukh</b>	Hassi Mefsoukh	4447	7656	4.93	11856	4.6

Source : Office Nationale des Statistiques (ONS).

**Tab. 14 : le nombre de population de 1987, 1998 et 2008.**

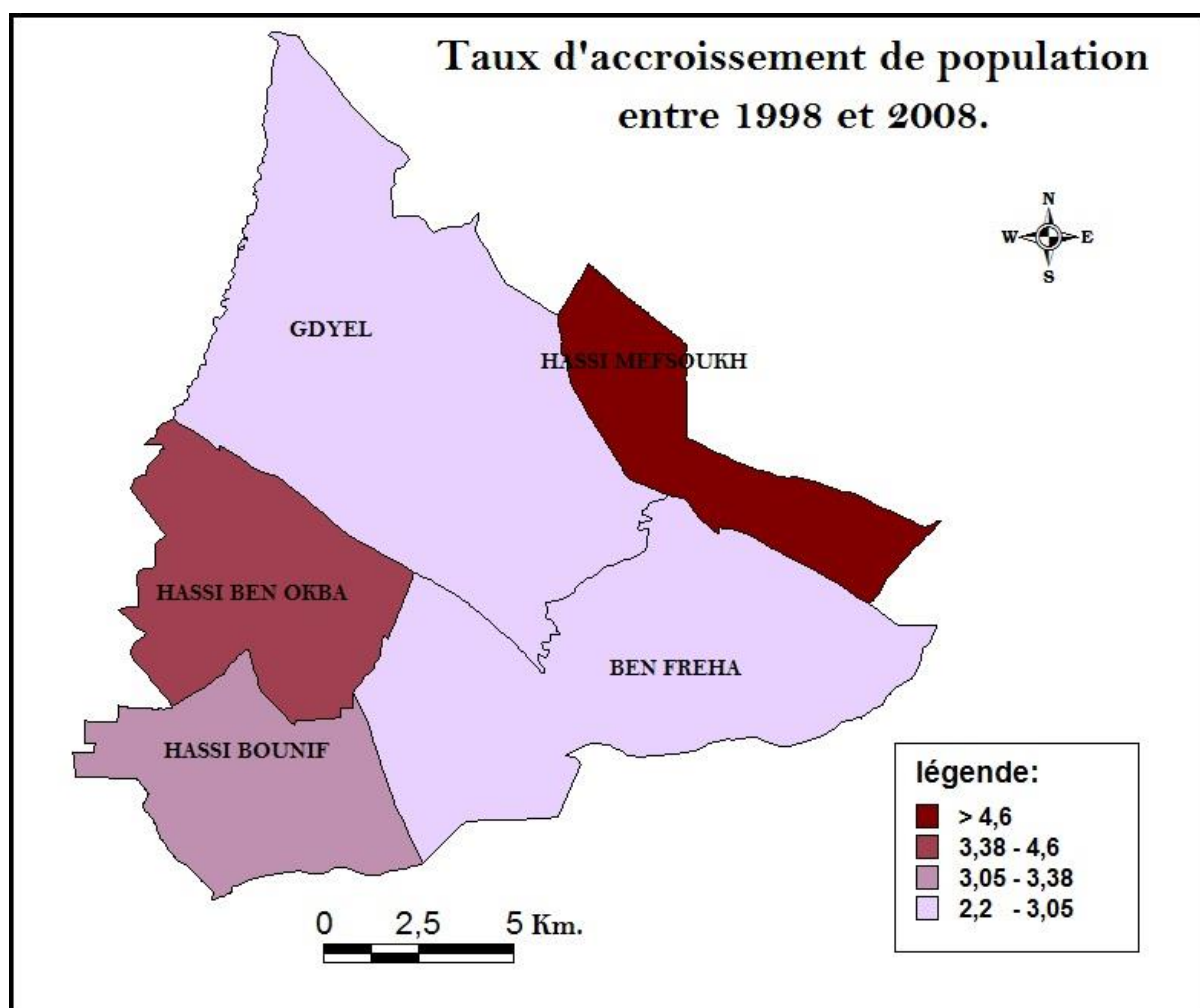
Selon le tableau n° 14 on distingue deux phases différentes :

**a-La première phase (1987 à 1998) :**

On observe une augmentation accélérée dans le nombre de la population et le taux d'accroissement, notamment au niveau de la commune de Hassi Bounif où la population a été augmenté de 17914habitant en 1987 à 44160 habitants en 1998 avec un taux d'accroissement de 8,54%.

**b-deuxième phase (1998 à 2008) :**

On remarque une augmentation très lente de la population avec un taux d'accroissement faible comme le cas de la commune de Hassi Bounif où le taux d'accroissement a diminué de 8,54% en 1998 à 3,05% en 2008, par contre dans le reste des communes la différence entre la phase une et la phase deux, le taux d'accroissement est réduit mais d'une manière faible. L'augmentation du nombre de la population conformément à l'augmentation de la quantité des eaux usées domestiques rejetées.



**Figure. n°29: Taux d'accroissement de la population entre 1998 et 2008.**

Commune	Population En 2008	POPULATION SELON LA DISPERSION						Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité (habitat/Km <sup>2</sup> )
		ACL*(habitant)		AS*(habitant)		ZE*(habitant)			
		Nombre	%	nombre	%	nombre	%		
Hassi Bounif	59671	53700	89.9	5295	8.87	676	1.1	31.77	188
Hassi Ben Okba	12906	12605	97.6	-	00	301	2.33	37.47	344
Hassi Mefsoukh	11856	11195	-	-	-	661	-	25.71	461
Gdyel	37315	32774	87.7	3734	10	807	2.1	93.82	398
Benfreha	20235	11179	55.3	8518	42	520	2.7	69.29	292

**Tab. 15 : Répartition de la population selon la densité en 2008.**



Selon le tableau n° 15 on distingue que la densité de la population est très élevée dans la commune de Gdyel soit 398 hab/km<sup>2</sup> et Hassi Ben Okba est de 344 hab/Km<sup>2</sup>. Dans les communes de Hassi Bounif et Ben Freha la densité est moyenne.

Dans la zone d'étude plus que la moitié de la population réside dans les grandes agglomérations au niveau des chefs-lieux des communes (ACL) telles que les communes de Hassi Ben Okba avec un pourcentage de 97.6% et Hassi Bounif avec un pourcentage de 89.96%. Le reste de la population se localise soit dans les agglomérations secondaires (AS) ou dans les zones éparses (ZE).

### 3-2- Alimentation en eau potable :

Dans la zone d'étude, le taux de raccordement du public est relativement en moyen élevé : 90% pour toutes les agglomérations (urbaines et secondaires), et 20,8 % dans les zones éparses ; cependant, les coupures sont fréquentes, pour gérer la pénurie, parmi les causes, outre la sécheresse, un taux de perte sur le réseau estimé à plus de 40 % du volume produit.

Communes	Taux de raccordement au réseau d'AEP (%)	Consommation en AEP (m <sup>3</sup> /j)	Source d'alimentation
Hassi Bounif	80%	3532	Puits + piquage coude DN 450 Oran- Arzew.
Hassi Ben Okba	90%	560	Puits + piquage coude DN 450 Oran- Arzew.
Boufatis	95%	884	Puits.
Gdyel	95%	3782	Forage + Source.
Hassi Mefsoukh	90%	1570	Forage + Puits.
Benfreha	90%	2964	Puits.

Source : SIOR+Monographie d'Oran 2009.

**Tab. 16 : Répartition des réseaux d'AEP et approvisionnement en eau potable de la région de Gdyel.**

L'alimentation en eau potable (AEP) dans la région de Gdyel est liée à la croissance démographique, l'extension de l'urbanisme et le développement des activités urbaines.

Alors la région de Gdyel est alimentée en eau potable à partir des puits, des sources et des forages ou chaque agglomération nécessite une alimentation en eau potable et un réseau d'assainissement. La zone d'étude est alimentée en eau potable comme suit :

Hassi Bounif est relié avec 80% au réseau d'AEP, cette ville qui rassemble 59671 habitants est consomme plus que 3532 m<sup>3</sup> d'eau.

Hassi Ben Okba est relié avec 90% au réseau d'AEP, avec une Population de 12906 habitants consomme 560 m<sup>3</sup> d'eau.

Boufatis est relié avec 95% au réseau d'AEP avec une Population de 11579 qui consomme 884 m<sup>3</sup> d'eau.

Gdyel est relié avec 95% au réseau d'AEP avec une Population de 37315 habitants qui consomme 3782 m<sup>3</sup> d'eau. Hassi Mefssoukh est relié en 90% au réseau d'AEP avec une Population 11856 habitants qui consomme 1570 m<sup>3</sup> d'eau.

Enfin, Ben Freha est relié en 90% au réseau d'AEP avec une Population de 20235 habitants et consomme 2964 m<sup>3</sup> d'eau.

La région de Gdyel est alimentée grâce à 2 forages réalisés et 5 mobilisés, 5 puits localisés à Hassi Bounif, Hassi Ben Okba, Boufatis, Gdyel et Hassi Mefssoukh avec un total produit de 2878 m<sup>3</sup> / J, 1 source située à Gdyel, 27 réservoirs répartis dans les 06 communes et finalement les 04 châteaux d'eau.

### **3-3-Réseau d'assainissement :**

Les eaux usées sont des eaux qui contiennent des organismes microscopiques et organiques qu'ils sont dus à la consommation des eaux potables et l'utilisation ménagère et industrielle. Ces eaux usées considérées comme une source de danger pour la santé en général et sur le milieu naturel. C'est pourquoi il est nécessaire de rassembler et de traiter ses eaux usées pour protéger l'environnement.

La région de Gdyel possède un réseau avec des systèmes différents :

-L'agglomération chef-lieu Hassi Bounif est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire qui est de même pour celui de l'agglomération de Hassi Aneur, constitué de deux réseaux distincts selon leurs positions géographiques par rapport aux collecteurs principaux, le premier prend son origine à la partie Ouest pour se terminer à la partie Est. Le déversement se fait sur un canal à ciel ouvert qui longe l'ancien chemin de fer, le deuxième se situe dans la partie Nord.

-La commune de Hassi Ben Okba est raccordée par deux réseaux d'assainissement à savoir un réseau unitaire de l'agglomération, et un réseau séparatif de la zone industrielle. Pour la zone d'activité le problème posé à son niveau est celui de l'accumulation des trois rejets vers le lac Télamine connu par sa vulnérabilité à la pollution.

Le réseau d'assainissement que dispose la commune de Ben Freha est de type unitaire qui canalise toutes les eaux usées du territoire qu'il dessert, que ces eaux soient d'origines domestiques ou pluviales. Les pentes sont orientées du Sud vers le Nord dont le rejet est dirigé vers le réseau existant de la ville de l'Ouest vers l'Est en diamètre 300mm.

Le réseau d'assainissement de Hassi Mefssoukh est de type unitaire, rassemblant la totalité des rejets de la population, on distingue quatre rejets dispersés sur plusieurs directions à savoir le Sud-Ouest, le Nord-Ouest, le Nord et l'Est.

**Récepteur :** Les rejets des eaux usées, sont collectés puis raccordés au collecteur principal existant qui déverse plus loin dans le lac Télamine. Le tableau suivant nous démontre le taux de raccordement, les rejets et le milieu récepteur.

Communes	Nbr d'habitat Hab - 'km <sup>2</sup>	Taux de raccordement en AEP	Taux de raccordement au réseau d'assainissement	Les rejets		Milieu récepteur
				Volume m <sup>3</sup>	Nbr	
Hassi Bounif	59671	80%	71%	5 325	1	Lac Télamine
Hassi BenOkba		90%	80%	910	1	Daya
Boufatis	11579	95%	86%	1 187	1	Lac Télamine
Gdyel	37315	95%	85%	3 513	1	Lac Télamine
Hassi Mefssoukh	11856	90%	85%	1 130	1	Lac Télamine
Ben Freha	20235	90%	90%	1 743	2	Lac Télamine
Total	88246	-	-	13808	7	-

Source : Direction de l'hydraulique,2009.

**Tab. 17 : Le taux de raccordement, les rejets et le milieu récepteur de la région de Gdyel.**

#### **4-Origine de la pollution du lac Télamine :**

Le lac Télamine présente de nombreux problèmes environnementaux de différentes origines telles que les rejets liquides industriels et domestiques et les déchets solides.

#### **4-1-Eaux usées :**

##### **4-1-1-Le réseau d'assainissement industriel et urbain :**

La zone d'étude est dotée par deux stations de relevage SR1 et SR2. La station SR1 recevait les eaux en provenance de deux zones urbaines de Hassi Bounif et une partie de l'agglomération Chahid Mohamoud. Ces eaux sont transportées par une conduite de diamètre de 150 mm en amiante ciment vers la station SR2 située près du cimetière chrétien, à partir de cette dernière elles sont acheminées par la conduite de diamètre de 200mm en amiante ciment vers le canal de Hassi Ameer par l'intermédiaire d'une conduite de diamètre de 300mm, enfin toutes ces eaux sont transportées vers le canal de Hassi Ameer qui déverse dans le lac Télamine. Le problème que s'est posé ensuite est l'implantation illicite de Hai Eddoum sur la conduite de diamètre de 200 mm reliant SR2 SR3 ce qui a provoqué la détérioration de cette dernière d'où la réflexion de créer un nouveau réseau dont la description est la suivante :

En programmation, il y a une implantation de deux nouvelles stations de relevage SR1, SR2 à proximité des deux anciennes. La première reçoit une partie des eaux de Hassi Bounif et une partie de l'agglomération de Chahid Mahmoud. Elle est reliée à la deuxième par la conduite de diamètre de 200 mm en PVC et à son tour la SR2 sera reliée à un regard de jonction par une conduite de diamètre de 250 mm en amiante ciment non encore réalisée, ce qui provoque une stagnation des eaux au niveau du cimetière chrétien.

Le regard est relié à son tour à la station de relevage de Hassi Ameer par une conduite en béton armé de diamètre de 500 mm. Cette station reçoit deux rejets d'eaux usées de Hassi Bounif et celles de Hassi Ameer, ces eaux sont transportées par l'intermédiaire d'une conduite en amiante

ciment de diamètre de 300 mm vers le canal de Hassi Ameer qui déverse à son tour dans le lac Télamine (Direction de l'Hydraulique).



Source :la direction de l'environnement, 23/10/2012.

**Photo n°1 : Canal de réseau d'assainissement (Hassi Ameer vers le lac de Télamine).**

#### **4-1-2-Volume des eaux usées rejetées :**

Le débit des eaux usées est estimé en général selon la consommation moyenne en eau potable par habitant pour les eaux d'origines domestiques ou par activité pour les effluents industriels. Pour calculer le débit des eaux usées, nous avons utilisé la formule suivante :

$$Q_{EU} = Q_{j \text{ moy}} * 80\%$$

Où :

$Q_{EU}$  = débit des eaux usées ( $m^3/j$ ).

$Q_{j \text{ moy}}$  = débit journalier moyen consommé ( $m^3/j$ ).

80% = taux de retour.

Commune	Population	Besoins journaliers moyenne en eau potable	Q <sub>EU</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>EU</sub> L/j
Hassi Bounif	59671	11799	10383.2	120
Hassi Ben Okba	12906	2521	2218.4	26
Ben Freha	17620	3524	3100.8	36
Gdyel	37315	3782	3513	-
Hassi Mefsoukh	11856	-	1 194	-

**Tab. 18 : débit des eaux usées dans la région de Gdyel.**

Le tableau n° 21 traduit les remarques suivantes :

- Hassi Bounif est la commune qui rejette une grande quantité d'eaux usées.
- L'existence de la zone industrielle de Hassi Ameer favorise le rejet important des eaux usées de Hassi Bounif.

#### 4-2-Déchets solides urbains :

La politique des pouvoirs publics actuelle en matière de gestion des déchets ménagers s'articule sur la maîtrise du flux important de déchets produits dans les centres urbains par la création de décharge contrôlée appelé centre d'enfouissement technique, qui permettra aussi d'éliminer les décharges sauvages dont l'impact sur l'environnement est très direct.

Pour les déchets, la politique nationale repose sur : l'amélioration de la gestion des décharges publiques par l'assainissement des sites de décharges sauvages, l'aménagement des décharges publiques en décharges contrôlées, la valorisation des déchets par la réutilisation et recyclage (décret 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, l'enlèvement et des traitements des déchets solides urbains).

Malgré la législation avancée en matière de gestion des déchets avec tous ses mécanismes régulateurs, on remarque que le manque d'une conscience environnementale et le peu de confiance tant au niveau collectivité locale, acteurs économique et citoyens, limite et freine le développement d'une activité économique des déchets qui est protectrice de l'environnement.

Notre étude consiste justement à prendre en charge l'état actuel du lac Télamine et la décharge sauvage au niveau de ce site et définis quelles sont les impacts qu'ils consistent sur le lac Télamine.

##### 4-2-1-Production des déchets solides :

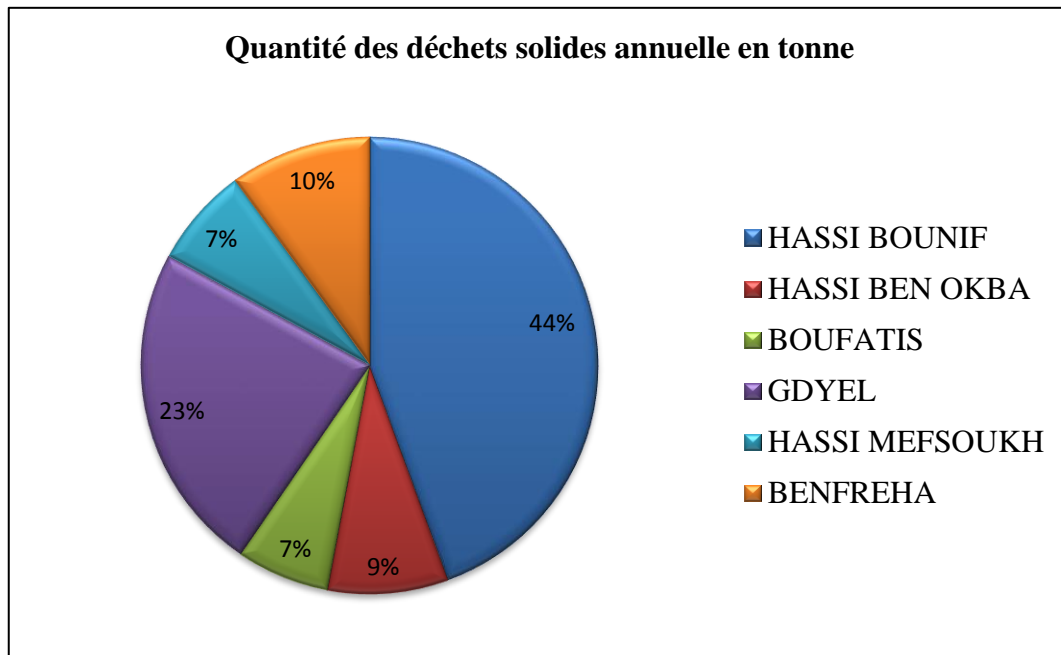
Dans cette partie on va évaluer les déchets produits (quantités, qualités), et pour déterminer la quantité quotidienne des déchets ménagers le nombre de la population résidente est le facteur retenu. Le tableau suivant nous montre la quantité des déchets solides produits dans la région de Gdyel.

Communes	Quantité des déchets solides produits dans la région de Gdyl							
	Quantité des déchets produits en 2005				Quantité des déchets produits en 2008			
	Population	Kg/hab/j	T/j	T'an	Population	Kg/hab/j	T/j	T'an
Hassi Bounif	66978	0.52	35	12712	59671	0.55	44	15882
Hassi Ben Okba	12364	0.57	7	2572	12906	0.61	8	3059
Boufatis	11290	0.51	6	2102	11579	0.54	6	2363
Gdyl	38138	0.52	20	7239	37315	0.55	23	8346
Hassi Mefsoukh	10614	0.54	6	2092	11856	0.57	7	2538
Benfreha	17314	0.5	9	3160	20235	0.53	10	3574
Total de la région	156698	3.16	83	29877	153562	3.21	98	35762

Source : La direction de l'environnement, 2009.

**Tab.19 : La quantité des déchets solides produits dans la région d'étude.**

A partir de Tableau n°19 La quantité totale des déchets générés par les communes de la région de Gdyl atteint quotidiennement les 98 tonnes/j (35762 T/an) en année 2008 qui est une grande quantité par rapport à celle de l'année 2005 où la quantité des déchets générés était de 83 T/j (29877 T/an). Chaque commune de la région participe avec une quantité importante de la production des déchets. La figure suivante nous détermine la quantité des déchets générée par commune.



**Figure. n°30: quantités des déchets générés par commune.**

On remarque que la quantité la plus importante provient de la commune de Hassi Bounif avec 15882 T/an et ceci est le résultat de la forte pression démographique où le nombre de population est de 59671 habitants en deuxième place la commune de Gdyel avec une quantité des déchets de 8346 T/an après Ben Freha et Hassi Ben Okba avec une quantité de déchets plus que 3000 T/an en dernier place Hassi Mefssoukh et Boufatis avec une quantité plus de 2000 T/an.

#### **4-3-Diagnostic du site de la décharge sauvage :**

La décharge sauvage du lac Télamine (Commune de Gdyel), couvre une superficie d'environ 400 hectares, atteignant au-dessus du terrain naturel une hauteur d'environ 0.7 m. Cette décharge contient des déchets de toutes natures (ménagers, commerciaux, hospitaliers, produits de nettoyage et certains déchets industriels, déchets inertes), représentant un volume d'environ 19250m<sup>3</sup>. La date de mise en service en 1986.

La décharge reçoit les gravats et autres débris qui proviendraient des constructions. Cette décharge est officielle » mais gérée comme une décharge sauvage. En effet, elle ne comporte aucun dispositif d'une décharge contrôlée (absence de clôture, de casier, de tri et de traitement.)



Source : La direction de l'environnement, 2012.

**Photo n°2: La décharge sauvage du lac Télamine (Commune de Gdyel).**



Source : La direction de l'environnement, 2008.

**Photo n°3 : Rejet à ciel ouvert de Gdyel vers le lac de Télamine.**



**4-4-L'activité industrielle :**

L'activité industrielle occupe une place de choix dans la wilaya d'Oran car elle constitue en son sein, une de ses plus grandes vocations.

Le complexe pétrochimique d'Arzew constitue un potentiel productif très important et ce, même à l'échelle nationale compte tenu de la dimension des unités qui y sont implantés et surtout des effets d'entraînement induits sur le développement des autres secteurs d'activité.

En plus de ce complexe, la Wilaya dispose de cinq zones industrielles (03 zones industrielles d'Es-Sénia, 01 zone industrielle de Hassi Ameer et 01 d'Arzew)

Si un risque industriel vient à se produire, il peut avoir un impact négatif sur l'espace naturel, sur l'homme et ses biens.

L'activité humaine est la principale source de la pollution de lac Télamine telle que l'industrie, elle devient à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement, les causes naturelles de la dégradation de lac Télamine sont donc exclues de ce concept.

Donc dans notre région d'étude, ils existent cependant une zone industrielle au niveau de Hassi Ameer.

Dans notre étude nous essayerons de démontrer l'impact des risques industriels sur l'espace physique et le milieu naturel spécifiquement le lac Télamine.

Cette zone implantée à 15 km à l'Est d'Oran s'étant sur une superficie 31' hectares à l'intérieur du triangle formé pour les trois villages de Hassi Bounif, Hassi Ben Okba et Hassi Ameer, le long de la route national n° 11 Oran-Arzew

La zone entièrement aménagée, est dotée :

-D'un réseau routier : 7km de longueur

-D'un réseau ferroviaire : 24km

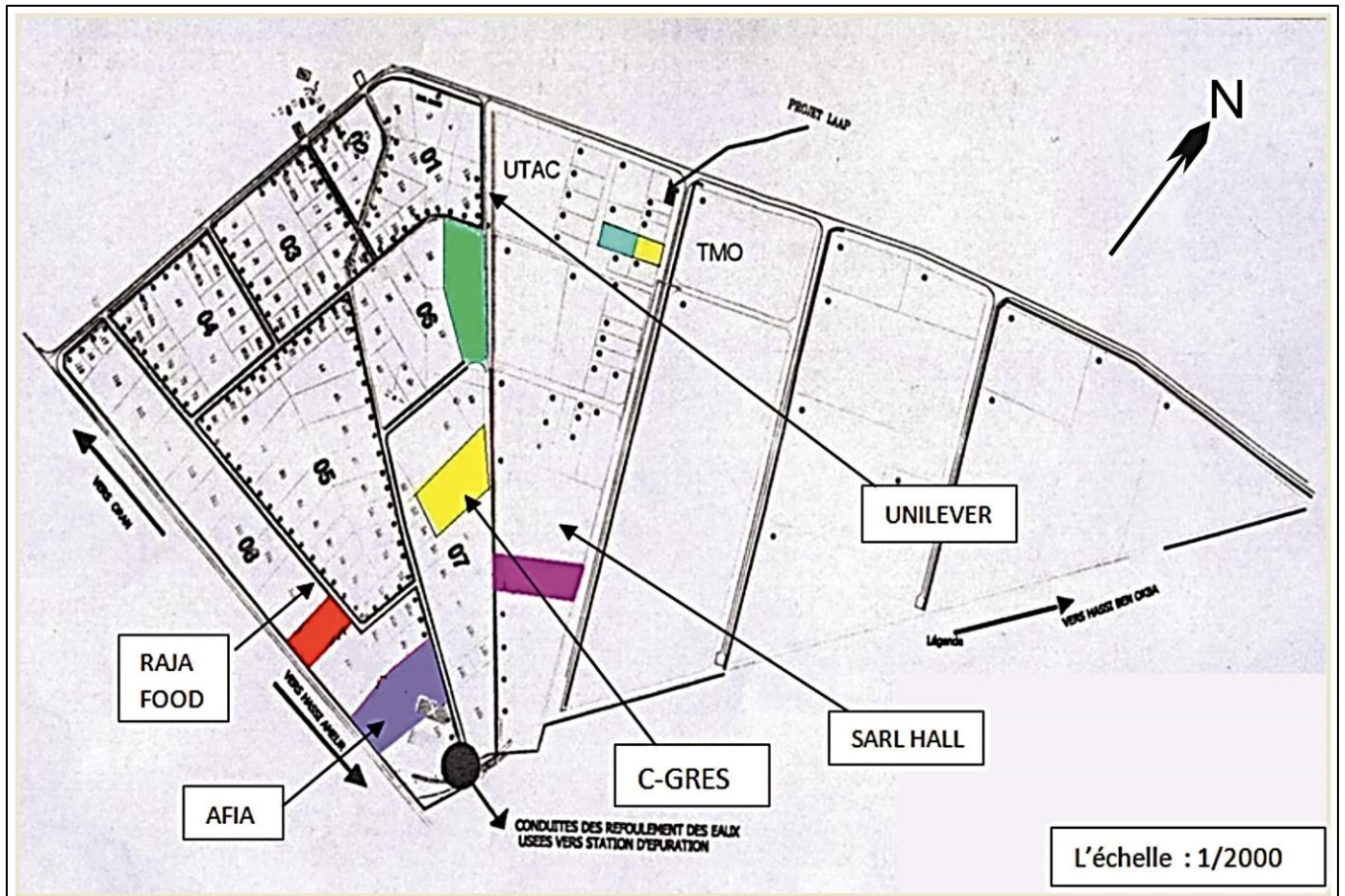
-D'un réseau de collecte des eaux usées 6.4km de longueur composée de base de diamètre de 200-400mm.

**4-4-1-La zone industrielle de Hassi Ameer :**

La zone d'étude se caractérise par l'existence d'une zone industrielle de Hassi Ameer, nous avons essayés de détecter l'impact de l'industrie de cette zone industrielle par les eaux usées sur le milieu naturel notamment le lac Télamine.

Le centre de Hassi Ameer s'étend sur une surface plaine avec la présence des zones de dépression qui forment un obstacle sérieux gênant le fonctionnement du système gravitaire. Elle s'étend sur une superficie de 315 ha, elle est mise en service en 1984.

La zone se caractérise par : un nombre de lots créés : 190 et un nombre de lots attribués : 180 lots.



Source : Direction de l'environnement, 2009.

Figure. n°31: Répartition spatiale des unités industrielles au niveau de la zone industrielle de Hassi Ameur.

Nom d'activité	Superficie	Matière première	Produits	Capacité de production	Quantité d'eau utilisée
<b>Sarl Saac</b>	30 000m <sup>2</sup>	Plomb dur à 5% d'Antimoine, plomb doux Acide sulfurique polypropylène, polyéthylène, additifs noirs de fumée vanisperce, dynel, baryteet la vaseline	Accumulateurs au plomb	300.000 batteries par an	4 m <sup>3</sup> /jour
<b>Sarl C GRES</b>	71 083.60 m <sup>2</sup>	Argile granitique, feldspaths et le Kaolin : 3000T/mois	Revêtements pour sols et murs avec plinthes en grés cérame	1500 000 m <sup>3</sup> /an	
<b>Sarl Haal</b>	21420m <sup>2</sup>	Huile végétale, thon et filet de thon, sardine, sauce tomate, boites métalliques, papier carton	Poissons	20 tonnes par jour	300m <sup>3</sup> /jour
<b>Raja Food</b>	30 000m <sup>2</sup>	thon congelé Thon conditionné : Sardines Huile végétale de soja et d'olives Sauce tomate Sel alimentaire	thon et sardine en conserve à l'huile ou à la tomate	100 tonnes/jour	Utilisation d'eau de trois puits.
<b>Sarl kapachim</b>		Soufre liquide Soufre poudre.	Des détergents	40 000 tan/an	200 m <sup>3</sup> /j.

**Tab. 20 : Les caractéristiques des unités industrielles consommatrice d'eau en grande importance.**



Source : La direction de l'environnement, 2013.

**Photo n°4 : Pollution au niveau du lac Télamine (présence de mousse, 2013).**

**4-5-Impacts de la décharge sur l'environnement :**

Selon le tableau n° 19 de la direction de l'environnement de la wilaya d'Oran, nous avons constaté que l'impact majeur de cette décharge est la localisation de cette dernière dans le lac Télamine, ainsi que le dégagement des fumées de combustion des déchets, leurs odeurs et la pollution visuelle. Cette décharge conduit à une forte dégradation de la qualité des eaux du lac Télamine.



Source : La direction de l'environnement, 2013.

**Photos n°5 : images caractérisant la décharge de Gdyl.**

Source de l'impact	Cible (identification ou Impacts principaux distance)	Impacts principaux
<b>Impacts au site</b>		
Massif des déchets	A partir de la CW88	Impact visuel, odeurs
Trafic	CW88	Augmentation de nuisances
<b>Effluents solides</b>		
Déchets légers Poussières	Le long de la CW88 Assez proche	Impact visuel Impact sur les eaux superficielles Impact sanitaire (pathogènes)
<b>Effluent liquides</b>		
Lixiviats	Point bas et nappe	Impact sur les eaux superficielles et souterraines
<b>Effluents gazeux</b>		
Déchets frais Biogaz  Fumées de combustion	Très proche Assez proche  Assez éloigné	Odeurs Odeurs sanitaire(H <sub>2</sub> S) Gaz à effet de serre Odeurs Impact visuel Impact sanitaire (différentes substances)

Source : direction de l'environnement d'Oran2013

**Tab. 21 : Les principaux impacts de la décharge de Gdyl.**

#### 4-6-Les modalités d'éradication :

Les modalités d'éradication sont à la création d'un nouveau centre d'enfouissement technique (CET) selon des règles respectueuses de l'environnement et de la population. L'éradication implique l'arrêt d'apport de déchets sur le site, les déchets existant seront transportés et enfouis dans un casier aménagé selon les normes en vigueur de protection de l'environnement. La décharge de Gdyl est actuellement fermée. Officiellement la décharge est fermée, mais en réalité elle est encore en service.

#### a-Localisation du site de CET en projet :

Le site retenu pour la réalisation des casiers pour l'enfouissement des déchets de la décharge sauvage de lac Télamine, est situé à environ 5 km au Sud de la décharge sauvage, dans la commune de Ben Fréha. Les coordonnées Lambert du site selon la carte topographique Saint Cloud à l'échelle 1/50 000 sont : X=223000 m Y=274000 m

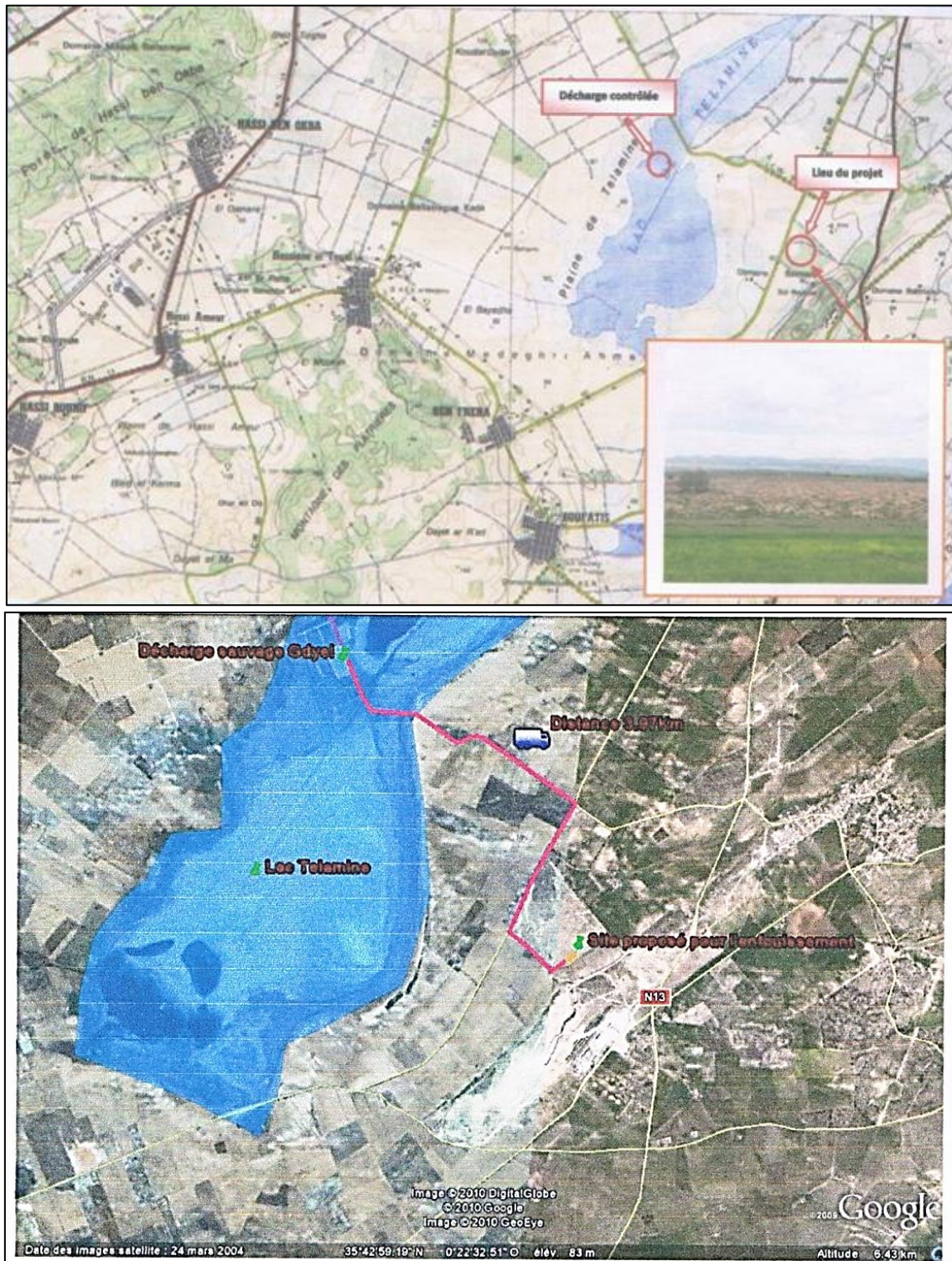


Figure. n°32 : Localisation du site de projet sur la carte topographique de Gdyel.

**b-Le but du projet :**

Le but de ce projet se résume en trois actions suivantes :

- Travaux d'aménagement visant à réduire les impacts négatifs de la décharge sauvage de Gdyel.
- Programme de suivi à long terme permettant de contrôler l'efficacité des travaux d'aménagement et leur pérennité dans le temps.
- L'établissement des servitudes concernant l'usage futur du site pour s'affranchir de tout nouveau risque ou impact.

**\*Gestion des eaux pluviales :**

Un réseau de collecte des eaux de pluies devra être mis en place afin de faciliter rapidement leur évacuation vers l'extérieur du site de la décharge contrôlée.

Ce réseau de fossé devra former une ceinture périphérique autour des casiers, et assurant l'évacuation des eaux de pluies à l'extérieur.

**\*Collecte et traitement de lixiviats :****Lixiviats :**

Lors de leur stockage et sous l'action conjuguée de l'eau de pluie et de la fermentation naturelle, les déchets produisent une fraction liquide appelée « lixiviats ». Riches en matière organique et en éléments traces, ces lixiviats ne peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel et doivent être soigneusement collectés et traités.

La production de lixiviats est relativement faible au niveau du casier programmé pour la fermeture, et limitée à des courtes périodes de l'année. Cependant la circulation des lixiviats dans le massif de déchets tend à réparer dans le temps et à lisser les pics de production.

Comme cela a été évoqué, pour assurer l'étanchéité du casier et protéger la nappe, une couverture du casier par une couche de géo membrane a été envisagée. La production de lixiviats pourra être collectée par un réseau de drainage et stocker dans un bassin situé à l'aval de casier.

**5-La biodiversité du lac :**

Le lac Télamine présente un grand intérêt ornithologique et écologique, environ 27 espèces d'oiseaux y sont recensées, mais la pollution bouleverse ces écosystèmes qui doivent être protégés. Le lac Télamine joue un rôle dans l'hivernage et le stationnement en passage de la migration des oiseaux.

**5-1-Les principales espèces floristiques :**

On note la présence des plantes herbacées adaptée à la salinité du milieu, présence d'Asparagus, Chamærops et de Tamarix. En aval du lac, dominance de végétation hydrophyte, Thuyas et Phragmite.

**5-2-Le recensement faunistique :**

Les espèces présentes au niveau du Lac Télamine varient d'une année à une autre avec une régression sous l'effet de plusieurs facteurs tels que : les changements climatiques, et la pollution urbaine et industrielle. Nous avons choisi les dénombrements des oiseaux effectués

sur une période de 6 ans (2008-2013) pour détecter l'impact de ces facteurs sur la faune du Lac Télémine.

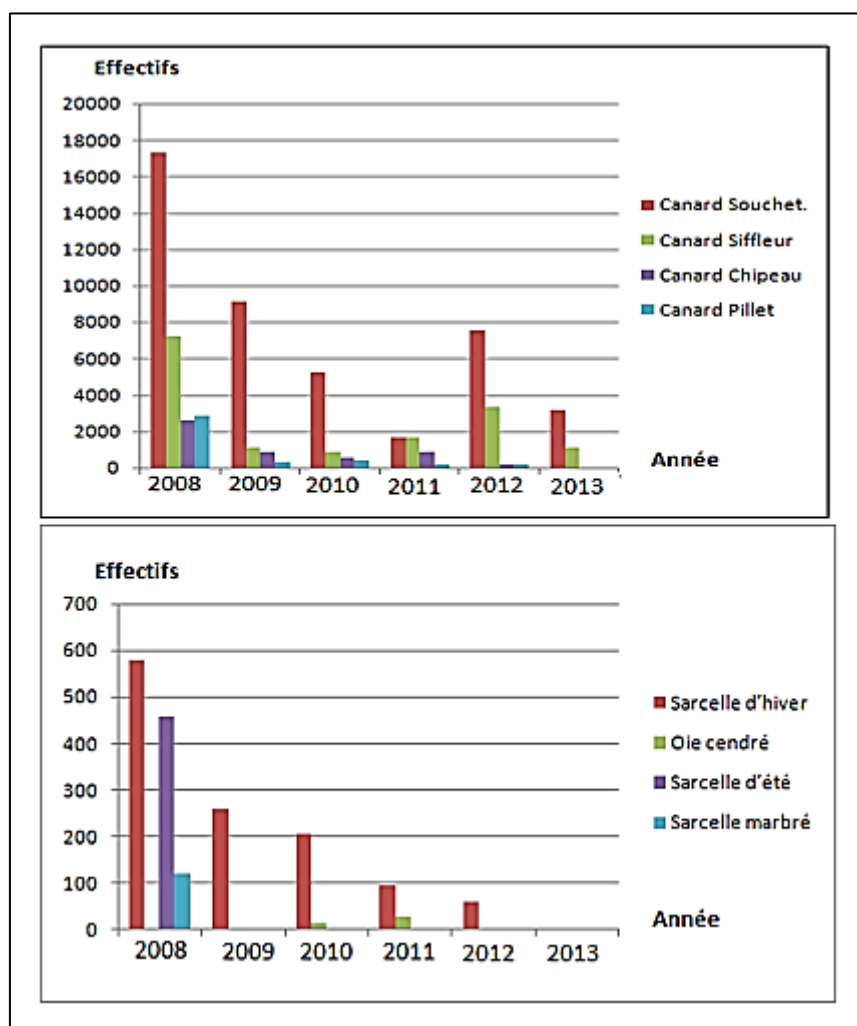
Espèces	Années					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Anatidés :</b>						
<b>Canard colvert</b>	985	340	290	60	95	1030
<b>Canard Souchet.</b>	17300	9100	5205	1700	7510	3160
<b>Canard Siffleur</b>	7250	1150	835	1650	3300	1110
<b>Canard Chipeau</b>	2580	840	560	850	140	-
<b>Canard Pilet</b>	2870	340	415	165	155	18
<b>Tadorne de Belon</b>	550	-	1150	2010	196	6062
<b>Sarcelle d'hiver</b>	580	260	205	95	60	-
<b>Oie cendré</b>	-	-	15	30	-	-
<b>Sarcelle d'été</b>	460	-	-	-	-	-
<b>Sarcelle marbré</b>	120	-	-	-	-	-
<b>Total anatidés</b>	32695	12030	8675	6560	11456	11380
<b>Foulques :</b>	4200	-	-	-	-	-
<b>Foulque macroule</b>	-	-	-	-	-	350
<b>Total foulques</b>	4200	-	-	-	-	350
<b>Autres :</b>						
<b>Echasse blanche</b>	230	-	90	605	-	694
<b>Flamant Rose</b>	2700	1501	7850	5950	1900	6734
<b>Mouette rieuse</b>	90	-	23	13	-	135
<b>Héron cendré</b>	08	09	20	50	20	65
<b>Goéland argente</b>	200	60	860	250	823	15500



<b>Vanneau huppé</b>	96	-	22	-	-	-
<b>Aigrette garzette</b>	18	03	-	-	-	22
<b>Chevalier aboyeur</b>	-	05	-	-	-	02
<b>Cigogne blanche</b>	-	-	12	-	04	08
<b>Grand Gravelot</b>	-	-	150	-	-	50
<b>Gravelot à collier interrompu</b>	-	-	80	-	-	150
<b>Chevallier arlequin</b>	-	-	-	300	-	21
<b>Grande aigrette</b>	-	-	-	03	03	24
<b>Héron garde bœuf</b>	-	-	-	50	-	-
<b>Chevalier combattant</b>	-	-	-	-	-	770
<b>Grèbe gastagneux</b>	-	-	-	-	-	42
<b>Petit gravelot</b>	-	-	-	-	-	34
<b>Chevalier gambette</b>	-	-	-	-	-	280
<b>Ganga cata</b>	-	-	-	-	-	13
<b>Outarde canepetière</b>	-	-	-	-	-	02
<b>Bécasseaux variable</b>	-	-	-	-	01	-
<b>Total autres</b>	3342	1578	9107	7221	2751	10996
<b>Total général</b>	40273	13608	17782	13781	14207	22726

Source : direction des forêts d'Oran, 2013.

**Tab. 22 : dénombrements des espèces des oiseaux.**



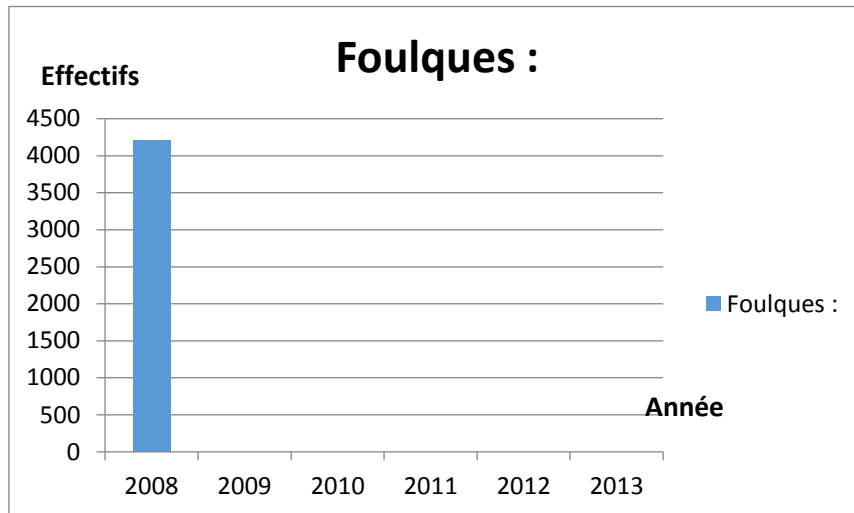
Source : direction des forêts d'Oran, 2013.

**Figure n°33 : Développement des anatidés (2008-2013).**

Selon les deux diagrammes dans la Figure n°33 : nous observons une forte diminution des anatidés pendant la période (2008-2013) comme le nombre de Sarcelles d'été et de marbré qui est néant depuis 2008 à cause de l'eutrophisation du Lac Télamine, la chasse non contrôlée et la réduction de la quantité d'eau.

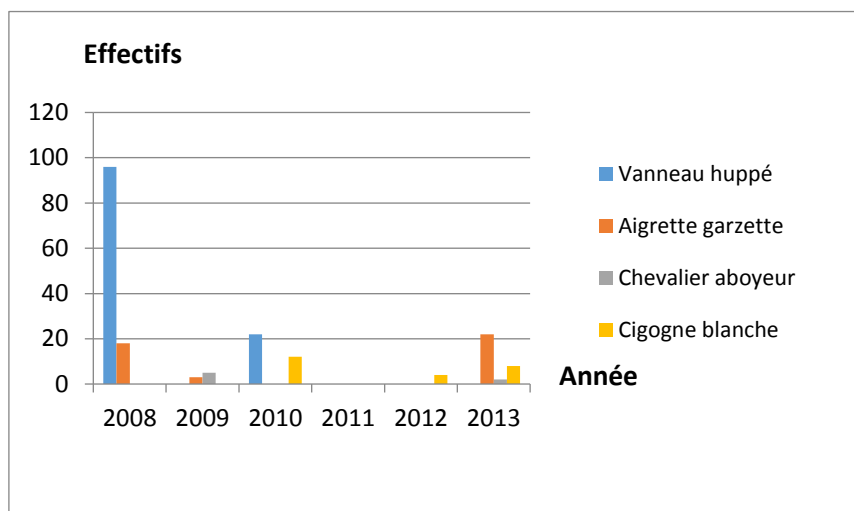
Les foulques sont hivernées au niveau du Lac Télamine juste en année 2008, et après leur nombre est néant car ces espèces ont besoin des endroits calmes et non pollués. Autres espèces cités dans le figure n°35 : ont aussi diminués.

Il y a d'autres espèces tels que : les Flamants Roses , Geolond argenté, Mouette Rieuse et enchasse blanche se trouvent avec de grand nombre au niveau du Lac Télamine . Le flamant Rose comptait 7850 et 5950 individus, en 2010 et 2011, il est diminué à 1900 individus en 2012, mais cette espèce a augmenté jusqu' à 6734 individus en 2013. Cette augmentation est dû aux changements climatiques puisque cette année le lac Télamine a reçu une quantité importante de pluie.



Source : direction des forêts d'Oran, 2013.

**Figure n°34 : Développement des foulques (2008-2013).**



Source : direction des forêts d'Oran, 2013.

**Figure n° 35 : Développement des autres oiseaux (2008-2013).**



Sarcelle d'hiver



Mouette Rieuse



Flamant Rose



Goéland Argenté



Canard Colvert



Echasse blanche



Canard Siffleur



Canard Souchet



Canard Gravelot

Source : direction des forêts d'Oran, 2013.

**Photos n°6 : Quelques photos des espèces d'oiseaux.**

**6-Conclusion :**

- Le Lac Télamine est une zone humide classée au Ramsar depuis 2001, caractérisée ces dernières années par une pollution intense.
- L'augmentation du nombre de la population conformément à l'augmentation de la quantité des eaux usées domestiques rejetées.
- Les déchets générés par l'urbanisme sont soit dans l'état solide ou liquide dans toutes les régions dépassent les 35762 T/j et 12800m<sup>3</sup>/j. La grande partie est celle de l'industrie ou elle produit une quantité des eaux usées dépassant les 14 000m<sup>3</sup>/j se jettent au niveau du lac Télamine.
- La direction de l'environnement d'Oran pense à un projet de centre d'enfouissement technique du déchet pour réduire la pollution au niveau du lac Télamine.
- L'étude de la faune du lac Télamine nous a permis de distinguer l'impact de la pollution sur la disparition et la diminution des espèces tels que le Canard Colvert, le Canard Souchet, le Canard Pilet, et la Sarcelle d'hiver.

*Troisième partie :*

*Etude de pollution*

- ❖ *1- Caractéristique physico-chimiques des eaux du lac de Télamine.*
- ❖ *2- Etudes des éléments indicateurs de pollution.*
- ❖ *3- Etude du rejet industriel de Hassi Aneur.*
- ❖ *4- Conclusion.*

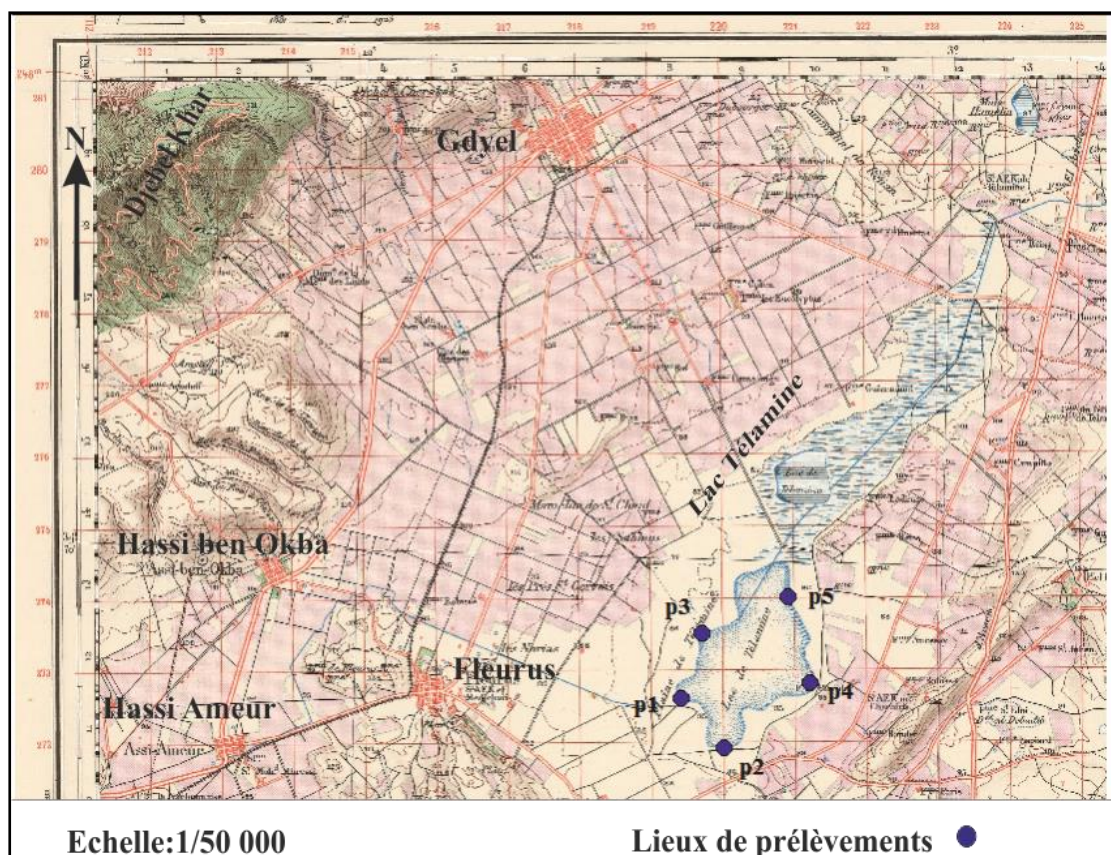
**Introduction :**

Le lac Télamine est une zone humide fragile à la pollution, il reçoit de grands volumes de rejets domestiques et industriels. Pour une dotation de 14000 m<sup>3</sup> /j, ces volumes impact négatif sur l'équilibre de l'écosystème. Pour affirmer la pollution du lac Télamine et ses impacts sur l'écosystème et la biodiversité biologique, on a traité 03 indices importants sont :

- Caractéristique physico-chimique des eaux du lac Télamine.
- Etudes des éléments indicateurs de pollution.
- Etude du rejet industriel de Hassi Ameur.

**1-Caractéristique physico-chimique des eaux du lac Télamine :**

L'interprétation des analyses hydrochimique concerne les prélèvements effectués en 2013 par l'Agence nationale des Ressources Hydriques (ANRH) d'Oran. Ils sont, en tout, au nombre de 05 points prélèvements au niveau du lac Télamine (carte d'inventaires des points d'eau, Fig. 36). Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'ANRH ; elles ont porté essentiellement sur les cations et les anions.



**Figure n°36 : Localisation des lieux des prélèvements (extrait de la carte topographique de Gdyl 1/50000).**

**1-1-Etude des paramètres physico-chimiques :****1-1-1-Paramètres physiques :**

**a-Température :** Durant la campagne de prélèvement la température des échantillons d'eau varie de 20 à 23°C. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée directement par les conditions climatiques.

**b-pH :** Les données du pH sont comprises entre 7,43 et 8.95 Le pH donne une indication de l'acidité ou l'alcalinité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions hydrogène libre (H<sup>+</sup>)

Normes O.M.S	Max	Min	Moy	Ecart-type
6.5 à 8.5	8.95	7,43	8,38	0,38

**\*Classification des eaux d'après leur pH :**

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

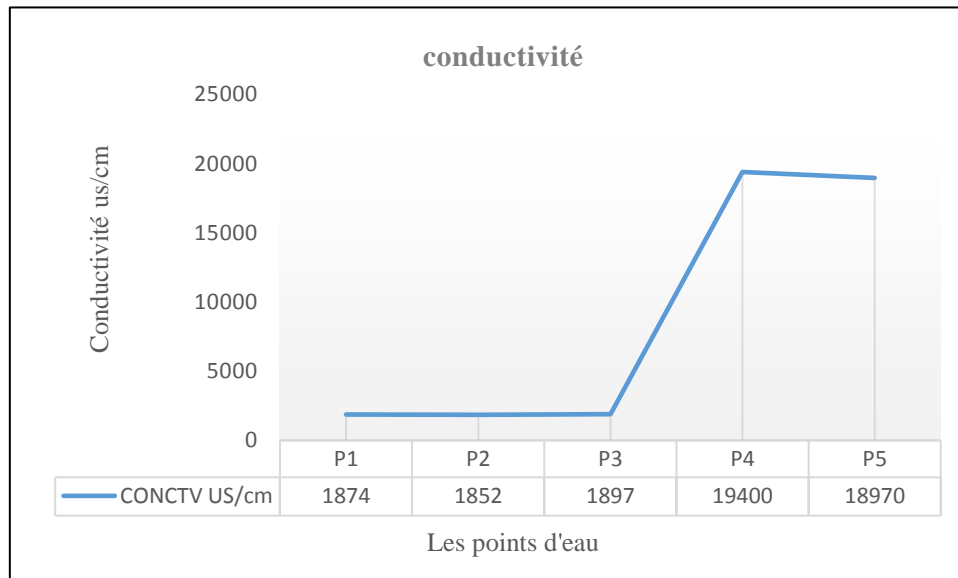
**Tab. 23 : Classification du pH des eaux.**

\*Alors les eaux du lac Télémine présente par une forte Alcalinité due à l'évaporation intense.

**c-La conductivité électrique :**

Les conductivités registrées sur les 05 points sont très élevées ont une conductivité moyenne de 8796.6 us/cm ; cette conductivité a dépassé les normes. La conductivité traduit globalement la teneur en sels dissous et elle dépend de la concentration totale et de la nature des ions présents dans l'eau. Le graphe de la figure 37 montre que la conductivité moyenne augmente d'amont en aval (Sud-Est vers Nord-Est). La minéralisation suit aussi l'augmentation de la conductivité.





**Figure. n°37: Evolution de la Conductivité dans la région d'étude.**

\*On peut estimer la minéralisation d'une eau à partir de l'intervalle de sa conductivité (Tab.24), les valeurs enregistrées en p4 la plus élevée, alors la minéralisation augmente d'amont en aval.

Conductivités ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Appréciations
Conductivités < 100	Minéralisation très faible
100 < Conductivités < 200	Minéralisation faible
200 < Conductivités < 333	Minéralisation moyenne
333 < Conductivités < 666	Minéralisation moyenne accentuée
666 < Conductivités < 1000	Minéralisation importante
Conductivités > 1000	Minéralisation élevée

**Tab. 24 : Relation conductivités - minéralisations des eaux.**

### 1-1-2-Paramètres Chimiques :

Les différents paramètres ont été analysés au laboratoire de l'ANRH d'Oran, le dosage a concerné les éléments majeurs rencontrés dans une eau souterraine à savoir :

Pour les anions : Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> pour les cations : Ca, Mg, Na, K

#### 1-1-2-1-Balance ionique :

La qualité des analyses est testée par la balance ionique (e%) qui permet de comparer la somme des cations et la somme des anions ; ces valeurs doivent être proches et en balance ionique donnent l'écart relatif entre les deux avec :

$$E\% = \frac{\Sigma \text{Cations} - \Sigma \text{anions}}{\Sigma \text{Cations} + \Sigma \text{anions}} \times 100$$

D'une manière générale, des analyses chimiques sont considérées :

- *Excellentes lorsque  $E\% \leq 2\%$ .*
- *Acceptable lorsque  $2\% < E\% \leq 10\%$ .*
- *Inacceptable lorsque  $E\% > 10\%$ .*

En ce qui concerne les données des eaux de surfaces traitées dans le cadre de cette étude nous avons pris les valeurs inférieures à 10 %. Ce choix est dicté par le fait que les eaux sont très chargées et par le temps pris pour la réalisation des analyses.

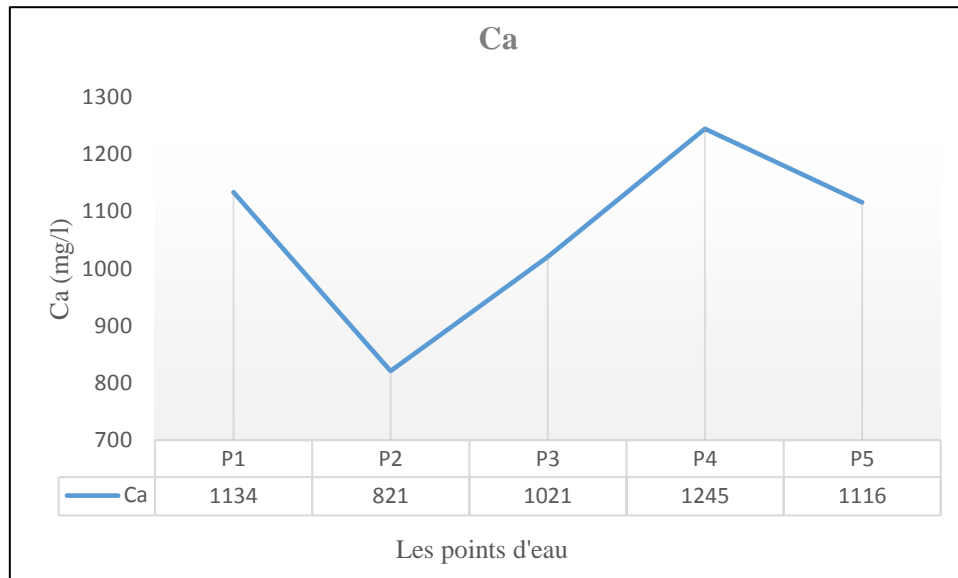
**a-Les éléments majeurs :**

Eléments	Max	Min	Moy	Ecart-type
<b>Ca<sup>2+</sup> (mg/l)</b>	1245	821	1067.4	159.06
<b>Mg<sup>2+</sup> (mg/l)</b>	1810	362	891.4	560.32
<b>Na<sup>+</sup> (mg/l)</b>	4140	2430	3353.2	826.79
<b>K<sup>+</sup> (mg/l)</b>	748	126	374.8	285.54

**Tab. 25 : Résultats des analyses des cations des eaux de surface.**

### **1-Le calcium \*Ca\*:**

Cet élément est le plus présent dans les eaux, ses concentrations oscillent entre 821mg/l (p2) et 1245 mg/l (P4) avec une moyenne de 1067.4 mg/l (Tableau 27). Le calcium peut provenir des évaporites comme le gypse (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) et l'anhydrite (CaSO<sub>4</sub>) ou les carbonates [calcaires : CaCO<sub>3</sub> et les dolomies Ca Mg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>].

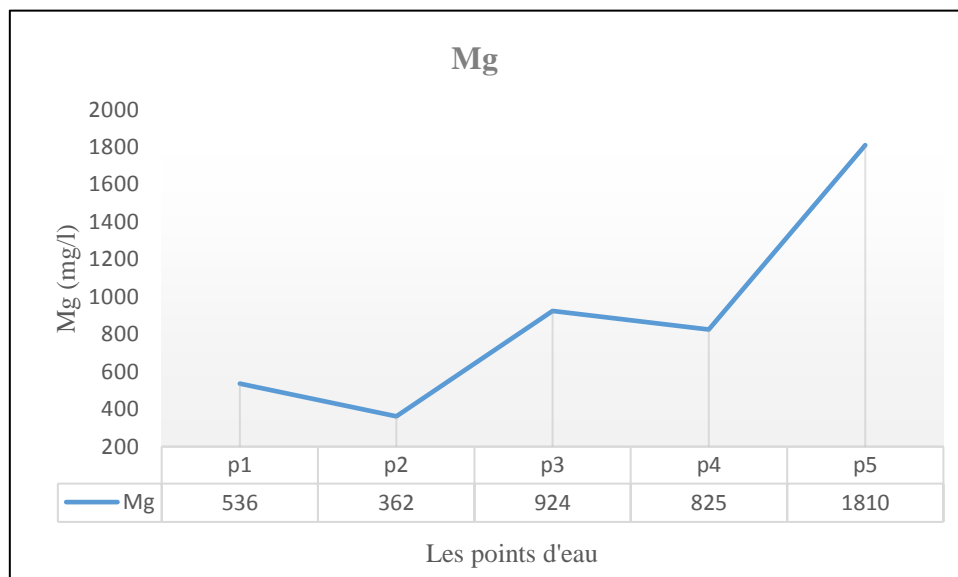


**Figure. n°38: Evolution du calcium des points d'eau dans la région d'étude.**

Le graphe de la figure montre que la concentration du calcium augmente dans la partie sud du lac Télémine avec un maximum de 1254 mg/l (p4). Cette partie du lac est très proche des formations évaporitiques.

### 2-Magnésium \*Mg\* :

Comme le calcium c'est un alcalino terreux, il provient, de la dissolution des formations carbonatées riches en magnésium (dolomite), au niveau de la région d'étude. Il suit la même évolution que le calcium.



**Figure. n°39: Evolution du magnésium des points d'eau dans la région d'étude.**

### 3-Le sodium et le potassium \*Na\* \*K\* :

-Le sodium provient des formations évaporitiques liées aux intrusions triasiques, à l'exception des points P1 et P2 où la concentration en sodium est très élevée (3910 et 4140 mg/l) pour le reste elle varie de 3740 (P5) à 2340 mg/l (P3).

-Le potassium présente les mêmes variations que le sodium, peut provenir de l'altération des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs, la présence de cet élément peut être également liée au déversement des eaux industrielles et domestiques : 748 mg/l (P3) et 610 mg/l (P5), pour le reste des points d'eau la concentration varie de 126 mg/l (P2) à 245 mg/l (P1).

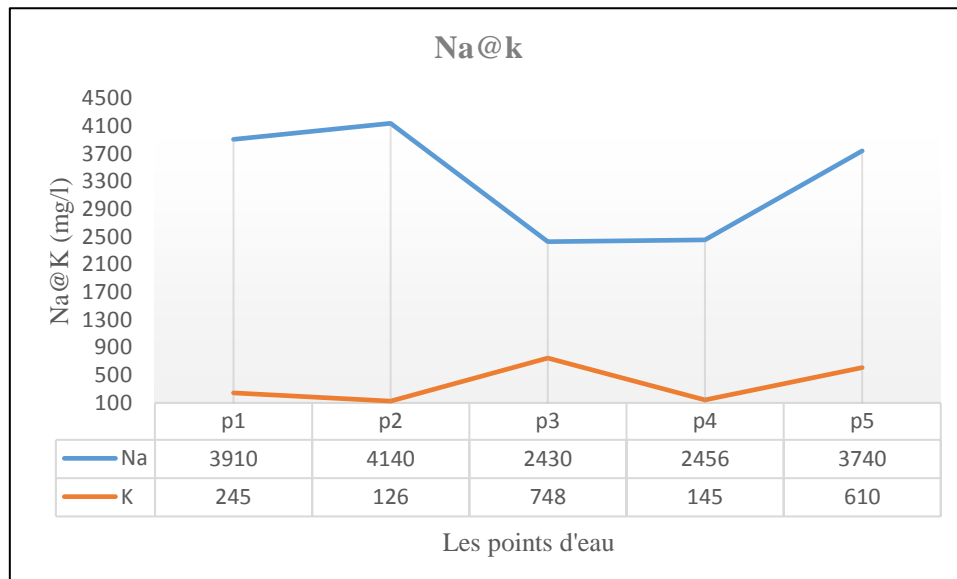


Figure. n°40: Evolution du sodium et du potassium des points d'eau dans la région d'étude.

#### b-Anions :

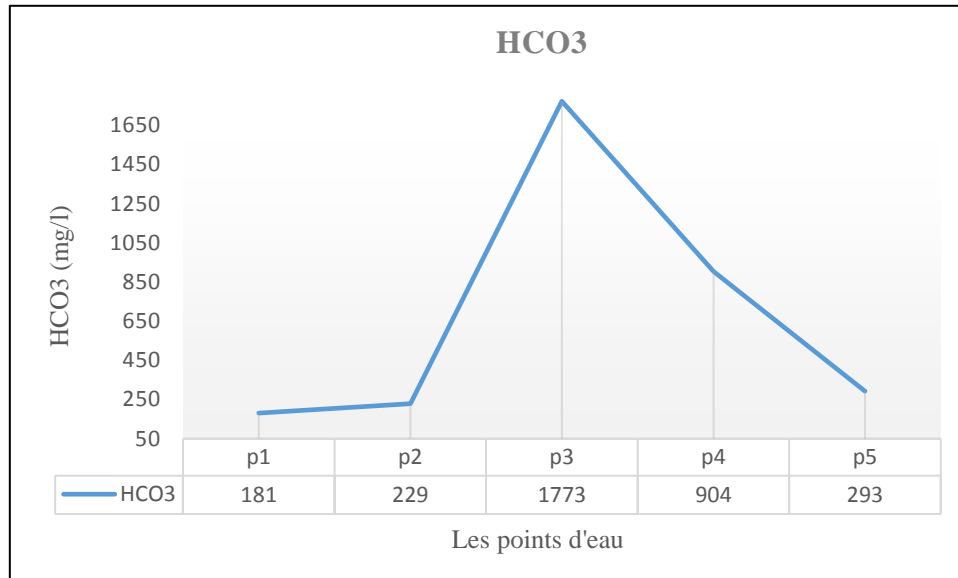
Le tableau suivant donne un aperçu, sur la statistique élémentaire des anions.

Eléments	Max	Min	Moy	Ecart-type
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1773	181	676	679.5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	7520	169	2982	2829.04
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	9719	7241	8492.2	1041.43
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	8	3	5.2	1.92
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.41	0.06	0.36	0.17

Tab. 26 : Résultats des analyses des anions des eaux de surface.

#### 1-Les bicarbonates \* HCO<sub>3</sub> \* :

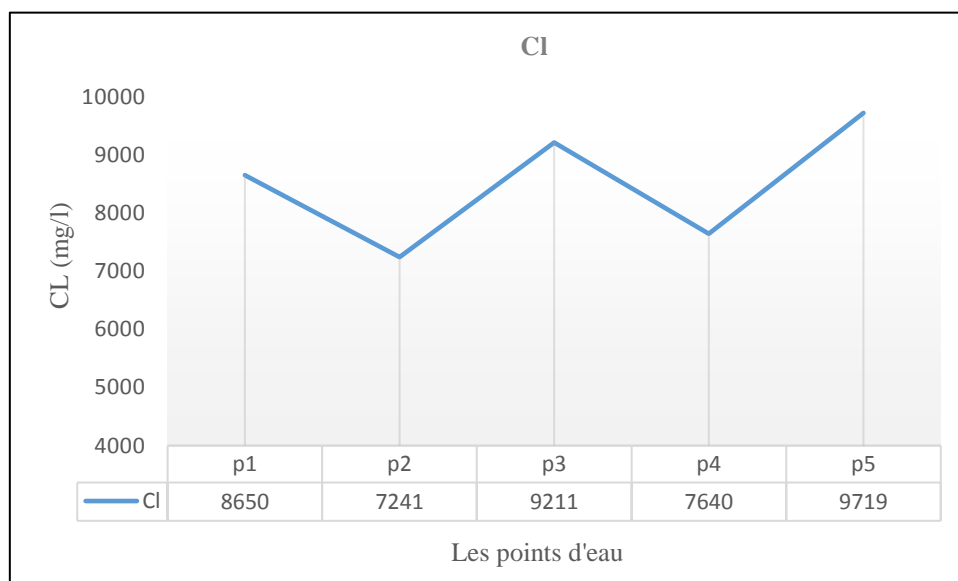
La concentration du bicarbonate attend un maximum aux points p3 (1773mg/l) et variés de 181 à 904 mg/l dans les autres points. Cette teneur est liée probablement à la dissolution des carbonates.



**Figure. n°41: Evolution des bicarbonates des points d'eau dans la région d'étude.**

## 2-Les chlorures \*Cl\* :

Le graphe montre une forte concentration du chlorure, p3 et p5 présente par une forte concentration, il attend un maximum au p5 (9719mg/l) et varié dans les autres points de 7241 à 8650 mg. Les chlorures (Cl-) proviennent du contact permanent des eaux avec les marnes, de la présence des niveaux argileux dans les alluvions, de l'évaporation intense (climat aride à semi-aride) mais également de la dissolution des engrais et des pesticides utilisés en agriculture ainsi que des rejets des eaux usées (urbaines et les rejets des animaux).



**Figure. n°42: Evolution des chlorures des points d'eau dans la région d'étude.**

### 3-Les sulfates \*SO4\* :

À partir du graphe, la forte concentration enregistrée au points p5 (7520 mg/l) et varié dans les autres points de 169 à 2980 mg/l. Les teneurs en sulfates proviennent du lessivage des eaux de surface sur les formations marneuse et gypseuse, les rejets des eaux usées et de l'agriculture.

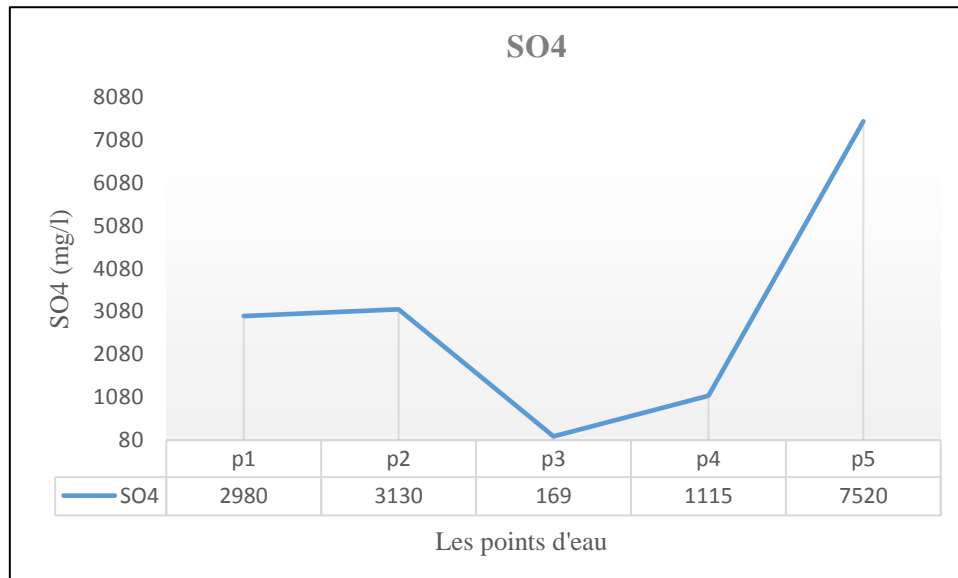


Figure. n°43: Evolution des sulfates des points d'eau dans la région d'étude.

### 4-Nitrates \*NO3\* :

Les nitrates représentés par des concentrations faibles, ils atteignent un maximum au points p4 (8 mg/l), Les autres points montrent des teneurs relativement faibles. Les concentrations déterminées sont liées à la nature des rejets observés dans la région.

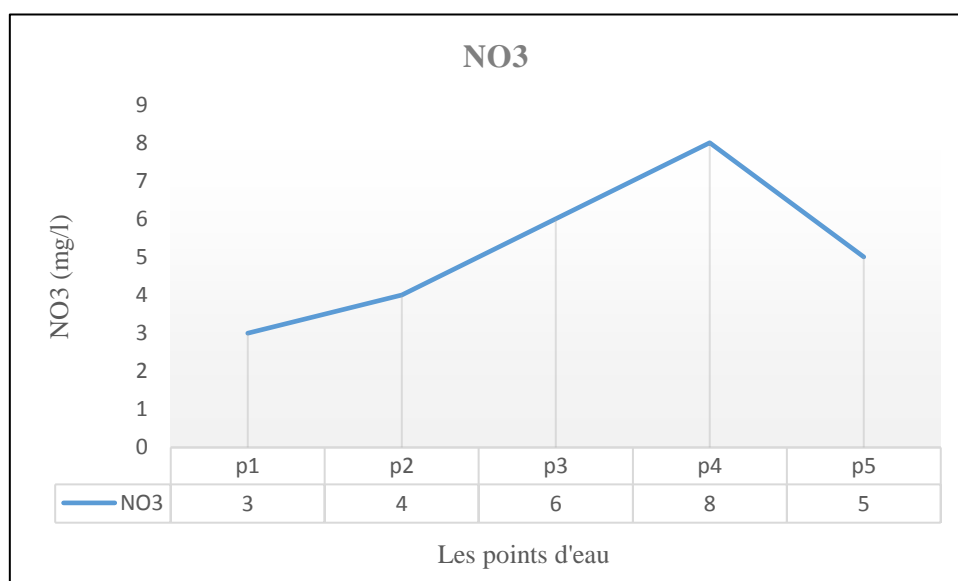


Figure. n°44: Evolution des nitrates des points d'eau dans la région d'étude.

**1-1-2-Etude des rapports caractéristiques :**

Les résultats de ces rapports sont reportés dans le Tableau. 27

Point d'eau	rMg/rCa	rCl/rHCO <sub>3</sub>	rCl/rSO <sub>4</sub>
P1	0,77	82,11	7,84
P2	0,72	54,33	6,25
P3	1,48	8,92	147,38
P4	1,09	14,52	18,52
P5	2,66	57	3,49

**Tab. 27 : Rapports caractéristiques.**

**a-Rapport Mg/Ca :**

D'après les résultats obtenus par ce rapport on déduit :

**\*Mg/Ca > 1** dans 03 points d'eau (P3, P4, P5), ce qui implique la prédominance du Mg, qui provient du lessivage du faciès gypseux.

**\*Mg/Ca < 1** dans 02 points d'eau (P1, P2), cela traduit la prédominance du Ca, qui peut provenir de la dissolution du faciès carbonaté.

**b-Rapport Cl/HCO<sub>3</sub> :**

**\*Cl/HCO<sub>3</sub> > 1** dans tous les points d'eau (05 points), d'où une prédominance des chlorures avec un maximum au point P1 (82,11), probablement due à la dissolution des sels par le lessivage des terrains salifères (évaporation en climat semi-aride) et des rejets du eaux usées d'origine domestique et industrielle.

**c-Rapport Cl/SO<sub>4</sub> :**

**\*Cl/SO<sub>4</sub> > 1** dans tous les points d'eau (05 points), cela se traduit par la prédominance des chlorures avec un maximum au point P3 (147.38).

**1-1-3-Classification des eaux :** (Tab. 28)**a-Diagramme de Piper :** (Figure.45)

La méthode consiste à reporter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réaction de chaque cation et anion. Ces eaux sont représentées sur le losange en un seul point qui indique la famille chimique. Ce diagramme permet de regrouper un grand nombre d'analyse sans pour autant faire une subdivision précise. La majorité des eaux du lac Télamine sont regroupées en seule principale famille Chloruré sodique avec des sous faciès chimiques sont : Chlorurée sodique et Sulfaté calcique (40%), Chlorurée sodique et Sulfaté potassique (20%), Chlorurée sodique et Bicarbonaté Magnésien (20%) suivi des eaux Chlorurée sodique et Sulfaté Magnésien (20%).

**b-Diagramme de Schoeller-Berkaloff :** (Figure.46)

Ce diagramme à échelle logarithmique, permet de distinguer par simple lecture des échelles, les concentrations des ions dominants et donne rapidement les différentes familles chimiques. Le report des teneurs sur le diagramme, permet de distinguer une seule principale famille : Chloruré sodique.

Point d'eau	Quantité en réaction en (%)		Faciès chimiques
	Anions	Cations	
P1	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{HCO}_3^-$	$r \text{Na}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r \text{K}^+$	Chlorurée sodique et Sulfaté calcique
P2	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{HCO}_3^-$	$r \text{Na}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r \text{K}^+$	
P3	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{HCO}_3^-$	$r \text{Na}^{+2} > r \text{K}^+ > r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2}$	Chlorurée sodique et Sulfaté potassique
P4	$r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{2-}$	$r \text{Na}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r \text{K}^+$	Chlorurée sodique et Bicarbonaté Magnésien.
P5	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{2-} > r \text{HCO}_3^-$	$r \text{Na}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r \text{K}^+ > r \text{Ca}^{+2}$	Chlorurée sodique et Sulfaté Magnésien.

**Tab. 28 : Formules et faciès chimiques des eaux de surface du lac Télémine.**



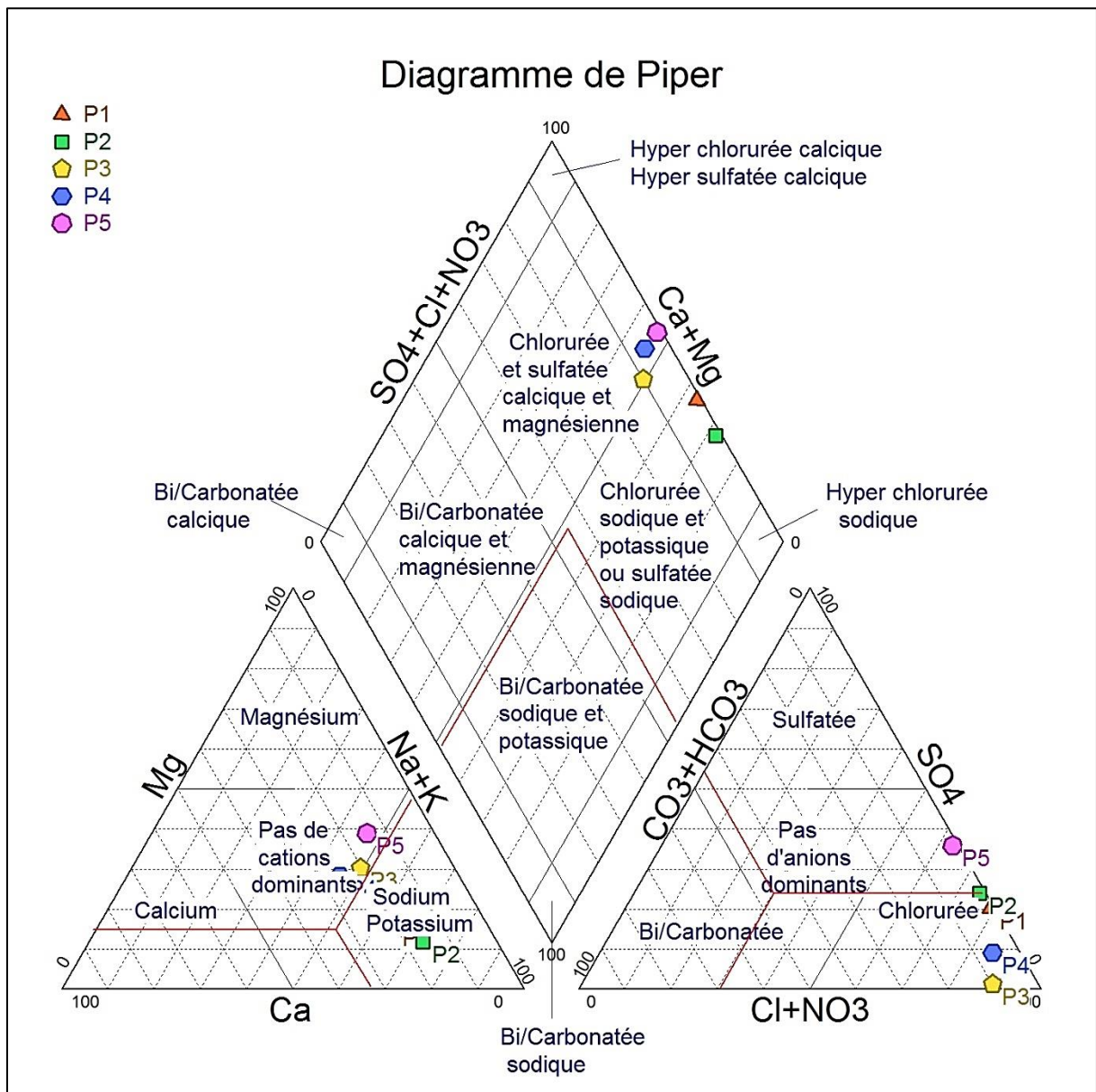


Figure. n°45: Représentation graphique des eaux sur le diagramme de piper.

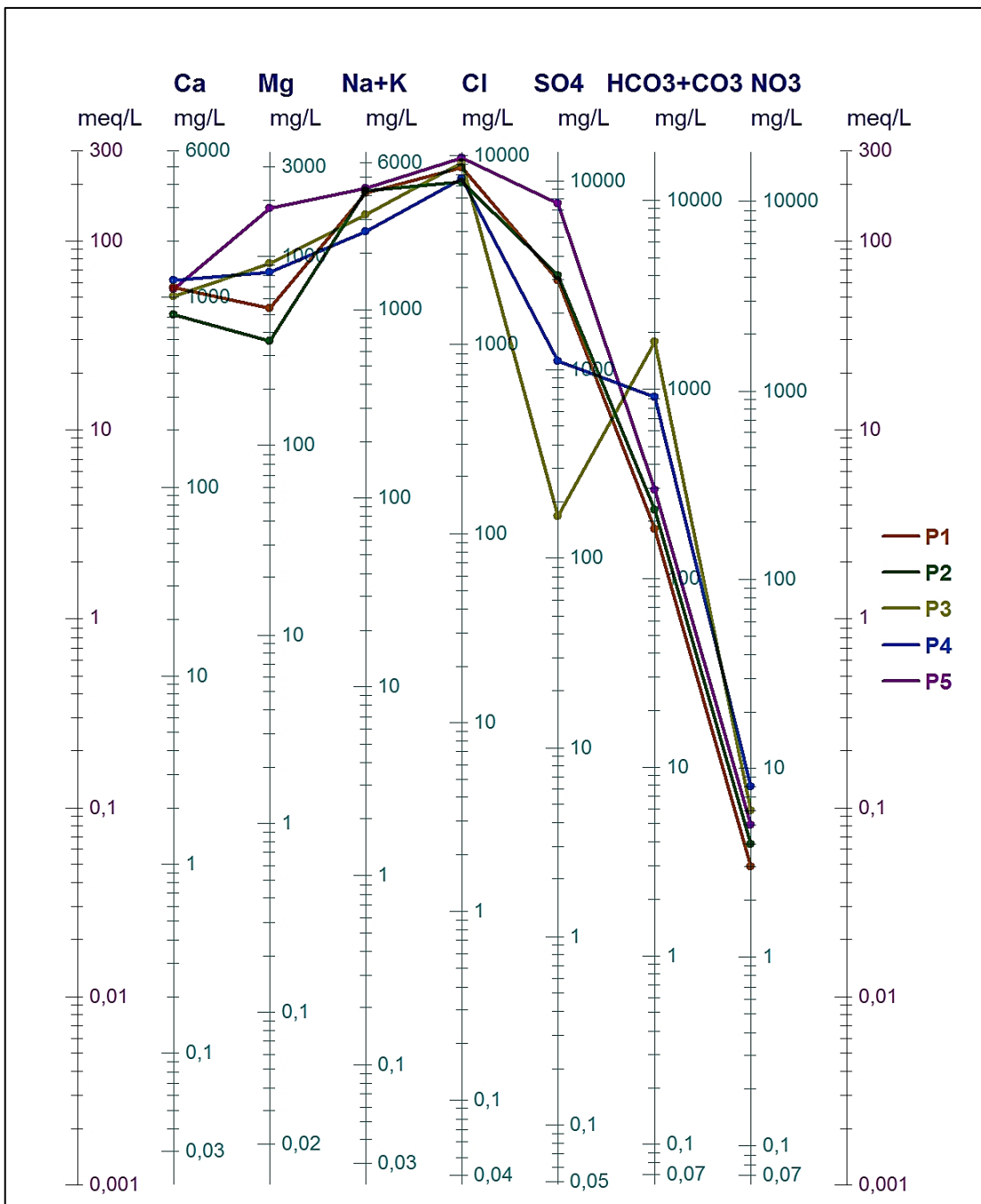


Figure. n°46: Diagramme de Schoeller-Berkaloff.

**1-1-4-Indices de saturation :** (Figure. 47)

Ces indices permettent de déterminer l'état thermodynamique du milieu aquifère par rapport à certains minéraux.

$$SI = \log (IAP/K)$$

IAP : représente le produit de solubilité exprimé à l'aide des activités.

K : la constante d'équilibre relative à la dissolution du minéral.

Pour le cas de la calcite :



Donc le produit d'activité ionique :

$$IAP = a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}}$$

$$(a_{\text{Ca}^{2+}} = \text{activité de l'ion Ca}^{2+})$$

A l'état d'équilibre thermodynamique, le produit de solubilité de la calcite ( $K_{\text{CaCO}_3}$ )

$$K_{\text{CaCO}_3} = a_{\text{Ca}^{2+}} \cdot a_{\text{CO}_3^{2-}} / a_{\text{CaCO}_3}$$

Alors, l'indice de saturation exprimé est :

$$SI = \log (IAP/K_{\text{CaCO}_3})$$

Si :

IS = 0 : l'eau est saturée vis-à-vis de la calcite

IS > 0 : l'eau est sursaturée par rapport à la calcite

IS < 0 : il montre que l'eau est sous-saturée vis-à-vis de la calcite

Le calcul des indices de saturation a été obtenu en utilisant le logiciel Diagramme

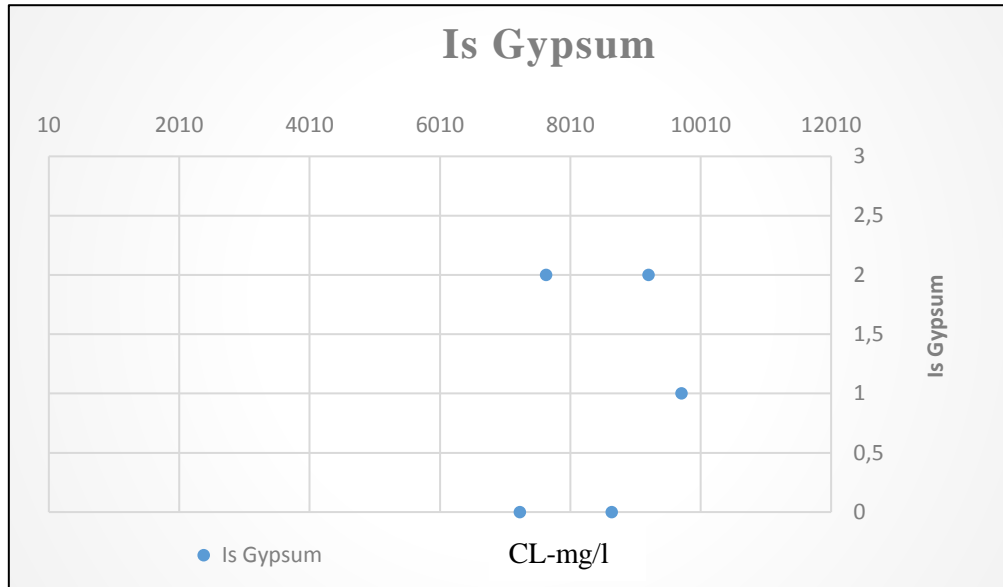
(R. Simler, 2002). Les résultats sont représentés dans le tableau.31.

Cl	Is Anhydrite	Is Aragonite	Is Calcite	Is Dolomite	Is Gypsum
8650	0	19	0	22	0
7241	0	26	0	20	0
9211	-1	49	1	20	2
7640	0	57	0	0	2
9719	0	1	0	31	1

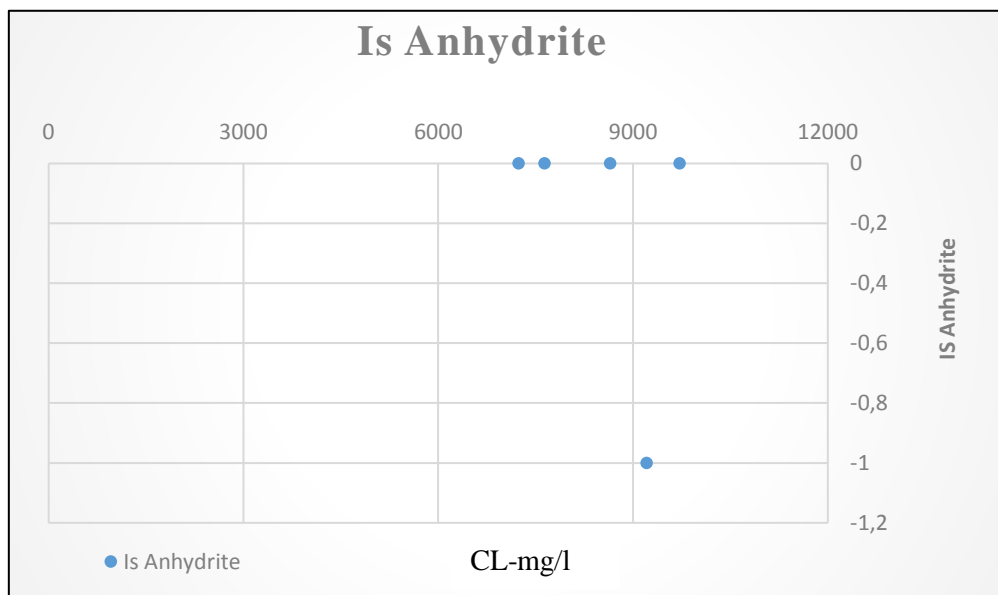
**Tab. 29 : Les indices de saturation des eaux de surface de la zone étudiée.**

Les chlorures étant le principal élément conditionnant la minéralisation des eaux, nous avons représenté sur les digrammes de la figure 47, les indices de saturation des différents minéraux carbonatés en fonction des chlorures.

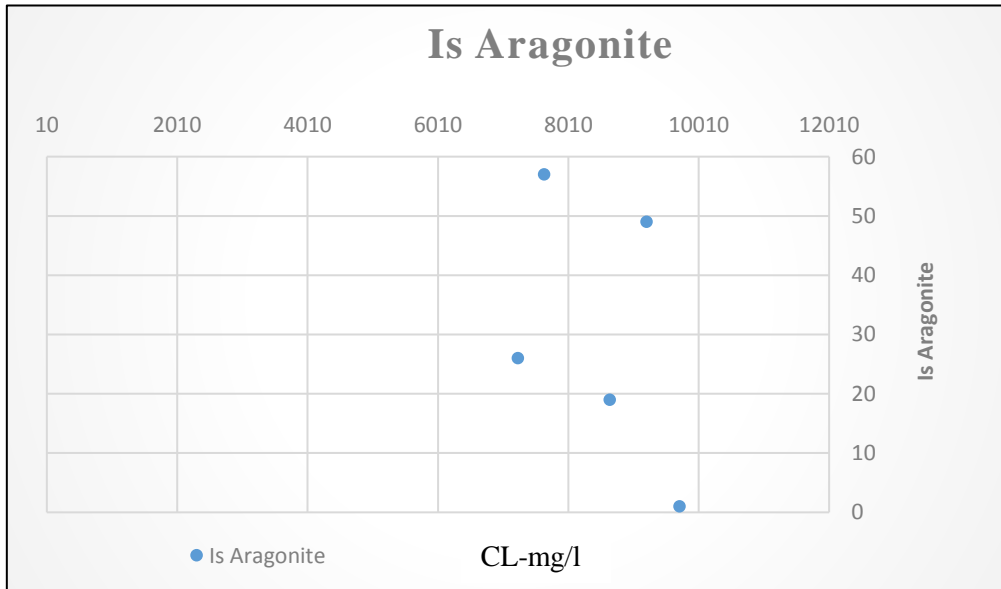
Les Figures A, B, C, D et E montrent que les eaux du lac Télémine étudiées sont saturées par rapport à la calcite et l'anhydrite et est sursaturée par rapport à la dolomite, l'aragonite, le gypse.



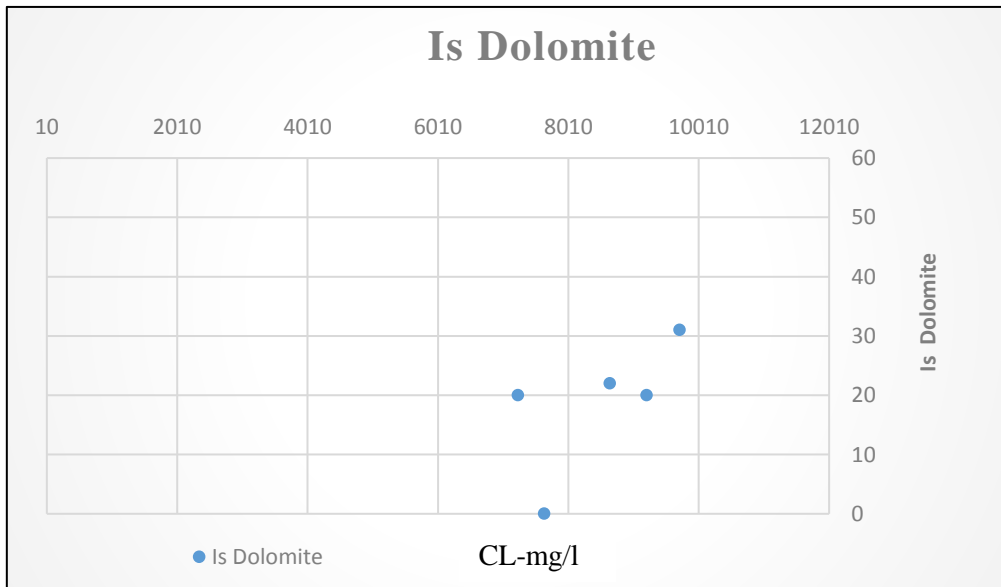
**A-Variation d'Is Gypse.**



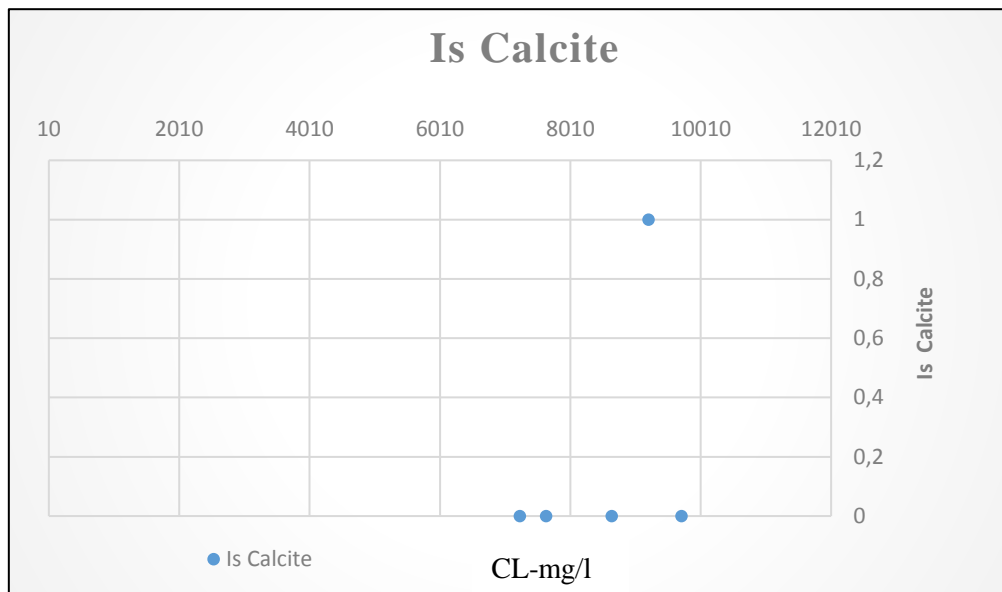
**B-Variation d'Is Anhydrite.**



**C- Variation d'Is Aragonite.**



**D-Variation d'Is Dolomite.**



### E-Variation d'Is Calcite.

Figure. n°47: Diagramme des indices du saturation.

#### 1-1-5-Qualité des eaux d'irrigation :

Les eaux superficielles et souterraines peuvent être utilisées aussi bien pour l'A.E. P (alimentation en eau potable) que pour l'irrigation ou l'industrie.

Pour l'irrigation, en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, la méthode du taux d'absorption du sodium mis au point en 1969 par le Geological Survey a été appliquée. Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols. Le S.A.R est donné par la formule :

$$SAR = \frac{(Na^+ + K^+)}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

La concentration de chaque ion est exprimées en méq/l. Selon le taux d'absorption du sodium (S.A.R), on a la classification suivante (tableau 24) :

- SAR < 10 : eau à faible danger d'alcalinisation des sols, (eaux excellentes).
- 10 < SAR < 18 : eau avec un danger d'alcalinisation assez appréciable (eaux bonnes).
- 18 < SAR < 26 : eau avec un danger d'alcalinisation important (eaux convenables).
- SAR > 26 : eau présentant un danger d'alcalinisation très fort (eaux médiocres).

Points d'eau	S A R	Qualité d'eau
p1	48,02	Eaux médiocres
p2	60,6	Eaux médiocres
p3	26,54	Eaux médiocres
p4	26,5	Eaux médiocres
p5	32,2	Eaux médiocres

Tab. 30 : Résultats du S.A.R.

A partir des résultats calculés du S.A.R, les eaux du lac Télamine présentant un danger d'alcalinisation très fort d'une qualité médiocre pour l'irrigation.

## 2-Etude des éléments indicateurs de pollution :

### 2-1-Analyse des éléments indicateurs de pollution dans la zone d'étude :

Pour apprécier l'effet possible de la pollution des eaux du lac Télamine, on a travaillé sur l'analyse de l'ANRH d'Oran 2013 sur 05 points (Figure.36), pour l'étude de certains éléments indicateurs de pollution contenus dans les eaux du lac, afin d'évaluer le degré de la pollution et fait une classification pour les eaux du lac.

A cet effet, l'analyse des échantillons d'eau prélevés a concerné, en plus des éléments indicateurs de pollution. Les principaux éléments analysés sont : les nitrates, les nitrites, l'ammonium, le phosphore total, le phosphore ( $PO_4$ ), la matière organique, la matière en suspension, la DBO5 (demande biochimique en oxygène en 5 jours) et la DCO (demande chimique en oxygène) et le fer, manganèse, chrome (les éléments en trace).

Paramètres (mg/l)	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Paramètres de pollution</b>					
MES	142	156	188	201	211
DCO	500	442	838	673	1400
DBO5	160,7	142,3	402	229,3	495
DCO/DBO5	3,11	3,11	2,08	2,94	2,83
NH <sub>4</sub>	12	14	35	17	42
PT	6,07	5,82	4,87	5,94	5,86
PO <sub>4</sub>	2,38	2,1	57	5,55	3,15
NO <sub>2</sub>	0,09	0,06	0,38	0,36	0,41
NO <sub>3</sub>	3	4	6	8	5
Fe	0,064	1,2	0,22	1,864	1,889
Mn	0,018	0,09	0,18	0,128	0,23
Cr	0,03	0,01	0,02	0,03	0,05

Tab. 31 : Résultats d'analyses des éléments indicateurs de pollution.

Pour l'évaluation de la pollution il y a plusieurs classifications pour évaluer le degré de pollution, on a adapté nos données sur une grille de classification des eaux de surface.

L'ANRH en 2000 fait une classification des eaux de surface basée sur les indicateurs de pollution, pour évaluer le degré de pollution et la qualité des eaux de surface. Dans cette partie on a adapté les analyses obtenues sur cette grille.

**Classe I** : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière.  
Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.

**Classe II** : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement. Représentée en vert.

**Classe III** : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisées qu'après un traitement très poussé.  
Représentée en jaune.

**Classe IV** : Pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques et très onéreux.  
Représentée en rouge.

**Grille de la qualité organique de l'eau de surface**

Qualité / Paramètres	I Situation normale	II Pollution modérée	III Pollution notable	IV Pollution excessive
Oxygène dissous (%)	90 -100	50 – 90	30 -50	>30
DBO5 mg/l	< 5	5 – 10	10 -15	>15
DCO mg/l	< 20	20 – 40	40 -50	>50
MO mg/l	< 5	5 – 10	10 -15	>15
MES (105°C) (mg/l)	< 30	---	---	30 à70

**Grille de la qualité phosphorée de l'eau de surface.**

Formes du phosphore	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	≤ 0,01	0,01 – 0,1	0,1 – 3	>3

**Grille de la qualité azotée de l'eau de surface**

Formes de l'azote	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	≤ 0,01	0,01- 0,1	0,1 – 3	>3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 0,01	0,01- 0,1	0,1 – 3	>3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤ 10	10 – 20	20 – 40	>40

**Estimation de la qualité.**  
La qualité est estimée par comparaison des résultats d'analyses aux bornes de la grille de lecture.  
Cette estimation est basée sur le principe des 90%.  
Pour moins de 10 mesures, la plus mauvaise valeur nous détermine la classe.

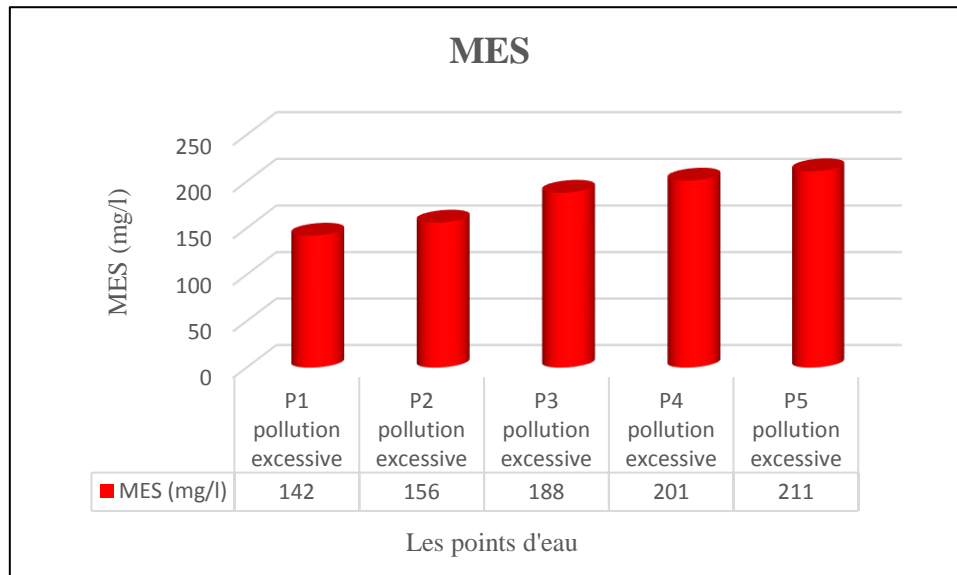
**Figure. n°48 : Présentation et définition des quatre classes de qualité des eaux de surface. (D'après ANRH, 2000).**



### 2-1-1-Paramètres de pollution organique :

#### a-Les matières en suspension (M.E.S) :

Les concentrations des matières en suspension augmentent d'amont en aval et les plus grandes valeurs enregistrés aux points P5, Leurs valeurs sont conformes à la norme Algérienne admissible (30 mg/l), ce qui signifie que les eaux du lac présentent une pollution excessive.



**Figure. n°49 : Evolution de la concentration de MES.**

#### b-Demande biochimique en oxygène (DBO5) : (Figure.50)

D'amont en aval, les valeurs moyenne de la DBO5 sont très élevées, il attendre un maximum au points P5. Les valeurs mesurées confèrent à l'eau une qualité mauvaise et très pollués, selon la classification de l'ANRH, 2000. Ces valeurs anormales témoignent d'une pollution avancée pouvant être due à la présence de matière organique des rejets domestiques.

#### c-Demande chimique en oxygène (DCO) : (Figure.51)

D'amont en aval, les valeurs de DCO sont très élevées, il attendre un maximum au point P5. Les valeurs enregistrées confèrent aux eaux une pollution excessive.

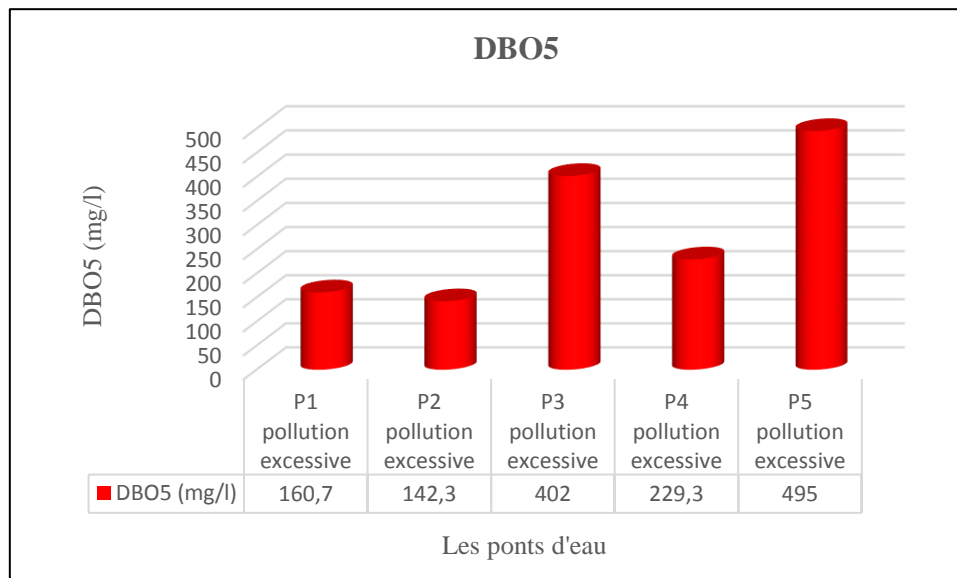


Figure. n°50: Variation de la DBO5.

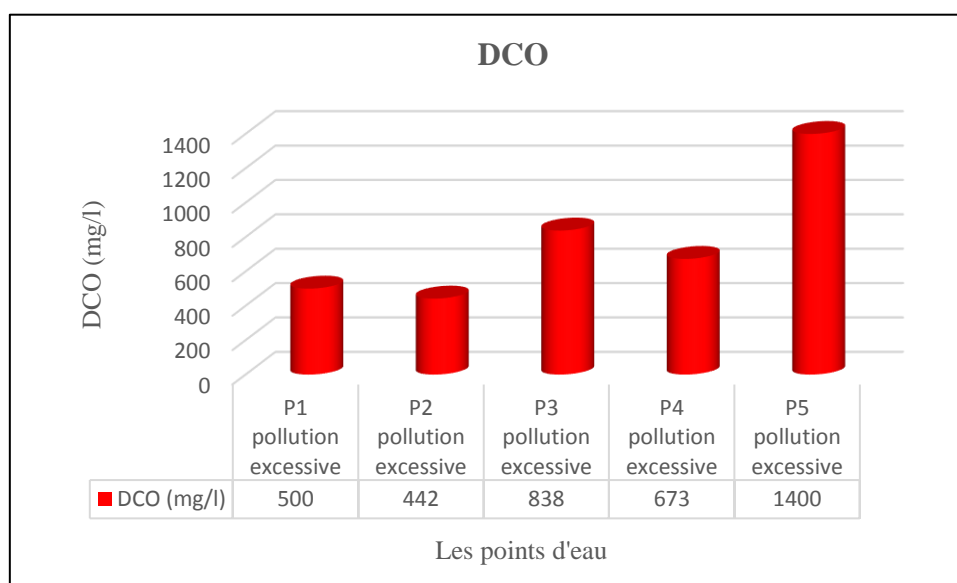
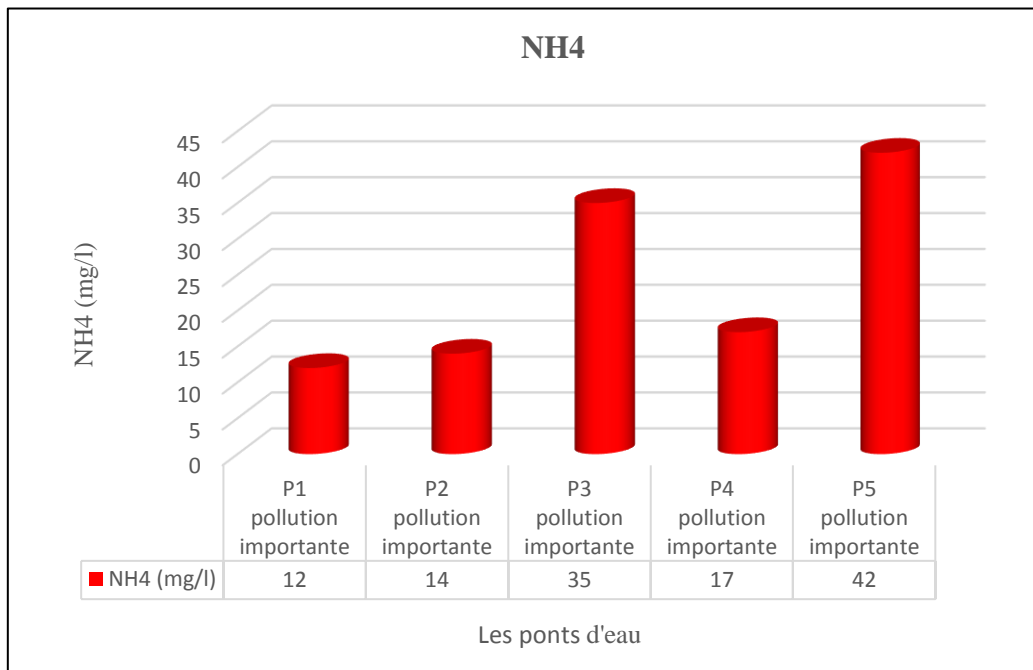


Figure. n°51 : Variation de la DCO.

### 2-1-2-Paramètres de pollution azotée :

#### a-Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ): (Figure.52)

Les concentrations observées d'amont en aval sont très élevées avec un maximum en P5, témoignent d'une eau de pollution importante, selon la classification de l'ANRH (2000).



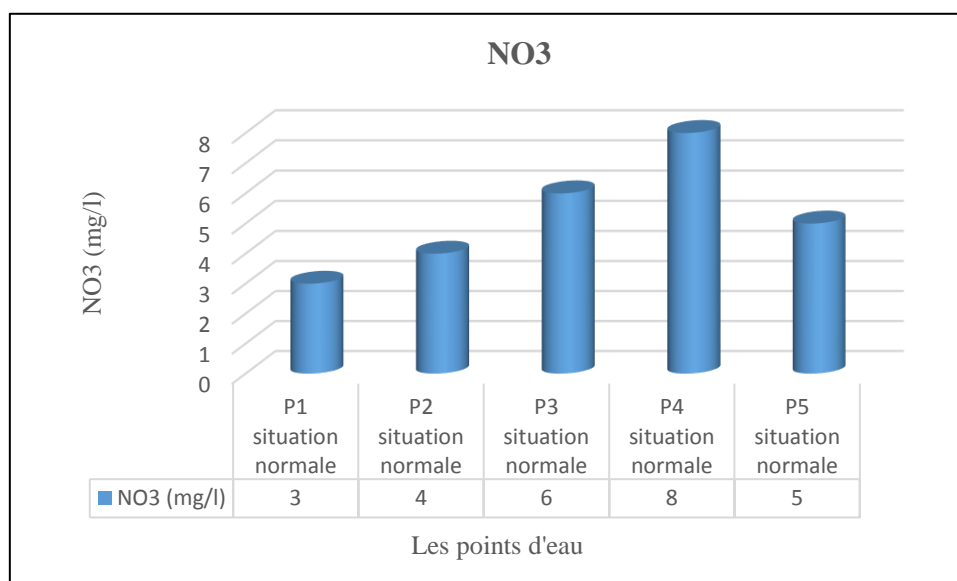
**Figure. n°52 : Variation de la NH<sub>4</sub>.**

**b-Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :** (Figure. 53)

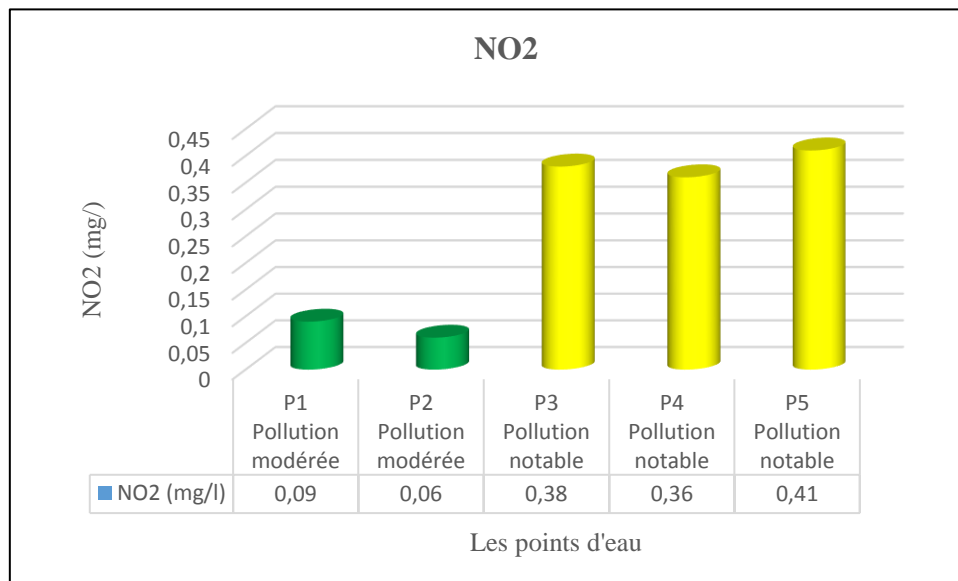
Les concentrations observées augmentent d'amont en aval et illustrent une eau de bonne qualité selon les classifications de l'ANRH (2000).

**c-Les nitrites (NO<sub>2</sub>) :** (Figure. 54)

Les concentrations sont faibles à moyennes, avec un maximum au P5. Les points P1 et P2 présentent une pollution modérée et les autres points caractérisent l'eau d'une pollution notable.



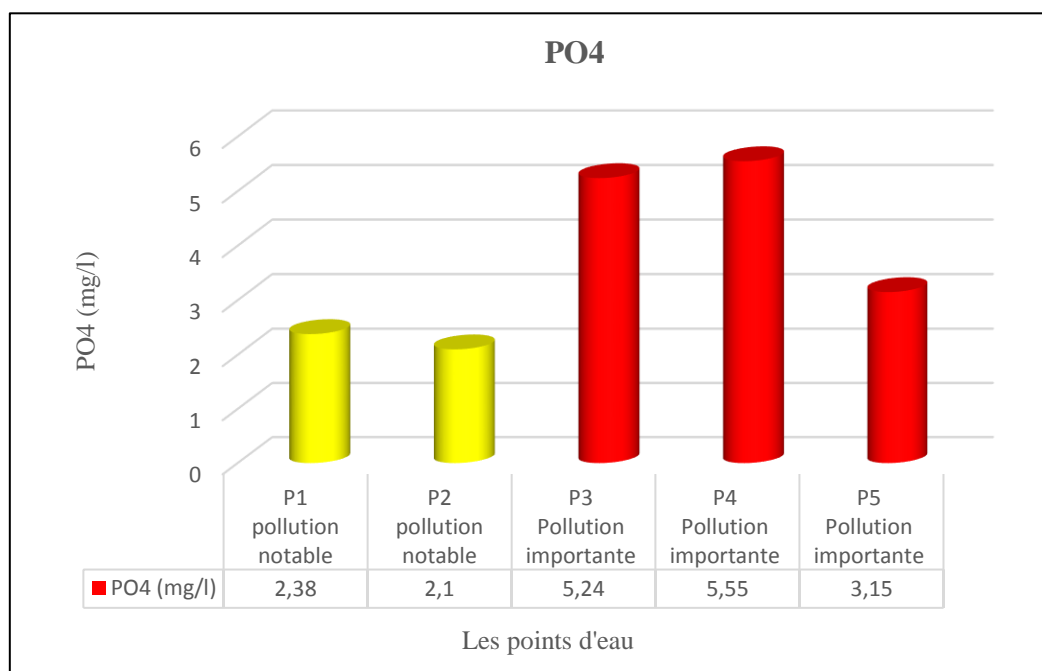
**Figure. n°53 : Variation de la NO<sub>3</sub>.**



**Figure. n°54 : Variation de la NO<sub>2</sub>.**

### 2-1-3 -Le phosphore : (Figure.55)

Ces teneurs sont supérieures aux limites aux P3, P4, P5 avec un maximum au P4, ces points présentés par une pollution importante et P1, P2 connu par une pollution notable. Peuvent conduire à des phénomènes d'eutrophisation du milieu.



**Figure. n°55 : Variation de la PO<sub>4</sub>.**

### 2-1-4-Le rapport DCO/DBO5 :

L'écart entre DCO et DBO nous permet d'apprécier des polluants qui ne sont pas biodégradables en raison de leur structure ou à cause d'un effet inhibiteur.

Si  $DCO/DBO5 < 2$  : indique une eau d'égout souvent ménagère et facilement décomposable.

Si  $DCO/DBO5 > 2$  : indique une eau d'égout industrielle difficilement décomposable.

Dans le lac de Télamine, les résultats obtenus montrent que le rapport DCO/DBO est très élevé, Ceci confirme la présence d'une grande proportion de matière organique non biodégradable.

### 2-1-5 paramètres indésirables (Fe, Mn, Cr) :

#### a-Le Fer (Fe) : (Figure.56)

Les valeurs du fer est moyenne à faible dans les cinq stations, bien que ces teneurs ne dépassent pas les valeurs limites 5 mg/l. ces valeurs de fer peut être due à la corrosion du fer.

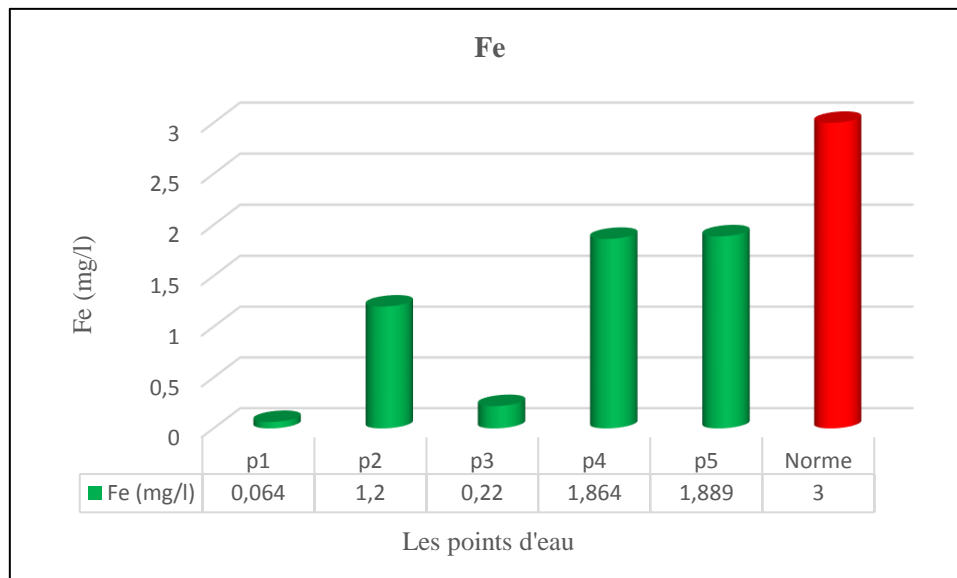
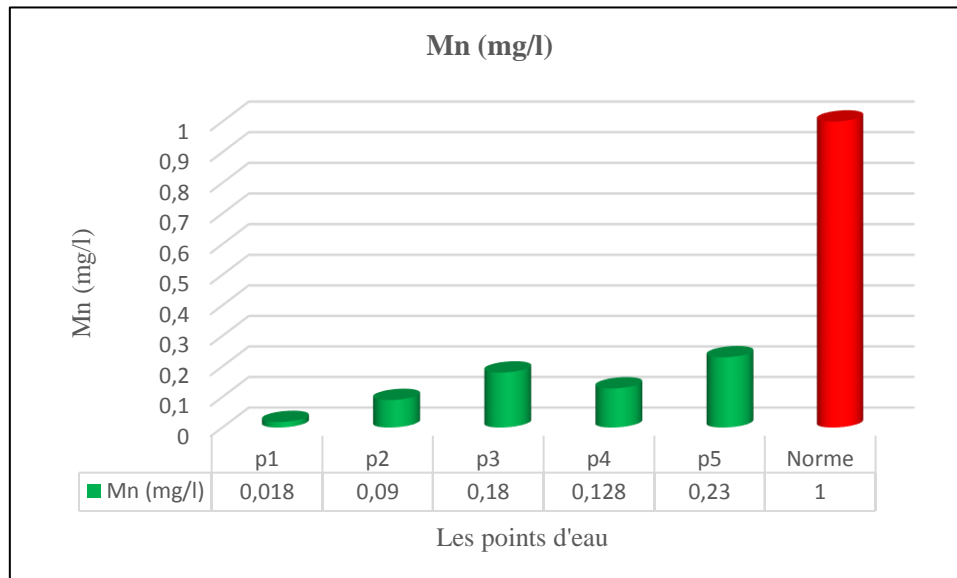


Figure. n°56: concentration en Fer.

#### b-Le Manganèse(Mn) : (Figure. 57)

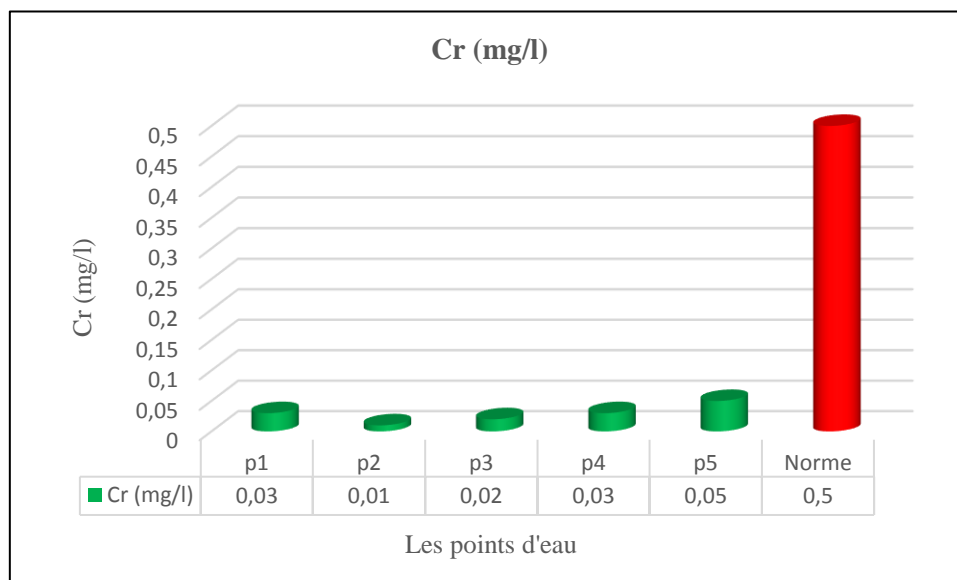
L'examen du tableau montre que les teneurs en manganèse sont à l'état de traces. Ces valeurs sont presque nulles, inférieures aux limites fixées.



**Figure. n°57: concentration en Manganèse.**

**c-Le Chrome :** (Figure.58)

Au vu du tableau les teneurs relevées en chrome, ils sont relativement inférieurs aux normes fixées par la réglementation algérienne,



**Figure. n°58: concentration en Chrome.**

**2-2-L'indice de pollution organique (IPO) :**

Le suivi d'analyse dans les différents points a fait l'objet d'un traitement de données par l'établissement d'une carte de pollution organique des eaux naturelles, qui nous renseigne sur l'influence des rejets et la qualité des eaux par le biais d'un indice de pollution organique ; ce dernier se calcule selon la méthode de Leclercq et Maquet (1987) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne.

Classes	unité	5	4	3	2	1
DBO <sub>5</sub>	mg-O <sub>2</sub> /l	< 2	2 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	>15
Ammonium	mg-N/l	< 0,1	0,1 – 0,9	2,4	2,5 - 6	>6
Phosphates	µg-P/l	15	16 - 75	76 - 250	251 - 900	> 900
Nitrites	µg-N/l	5	6 - 10	11 - 50	51 - 150	>150

**Tab. 32 : Grille de la qualité (IPO).**

\*IPO= moyenne des numéros des classes des 04 paramètres.

**IPO= 5,0 – 4,6 : pollution organique nulle.**

**IPO= 4,5 – 4,0 : pollution organique faible.**

**IPO= 3,9 – 3,0 : pollution organique modérée.**

**IPO= 2,9 – 2,0 : pollution organique forte.**

**IPO= 1,9 – 1,0 : pollution organique très forte.**

Paramètres	P1	P2	P3	P4	P5
DBO5 (mg/l)	1	1	1	1	1
NH <sub>4</sub> (mg/l)	1	1	1	1	1
Phosphate µg p/l	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub> µg N/l	2	2	1	1	1
<b>IPO</b>	1,25	1,25	1	1	1

**Tab.33 : Indice de pollution organique (IPO) de lac Télamine.**

A partir du résultat calculé de l'IPO, on constate que les eaux du lac Télamine ont une pollution organique très forte.

**Remarque :** Pour l'établissement d'une carte de pollution organique, il faut plusieurs points de prélèvements ; dans notre cas il y a que 05 points il est pas insuffisant, alors ne peut pas établir une carte de pollution, mais on a calculé le degré de la pollution organique dans le lac Télamine.

### 2-3-Traitement statistique des données du pollution :

L'interprétation statistique des résultats des données chimiques du pollution des eaux du lac Télamine à l'aide des paramètres caractéristiques des échantillons, comme la moyenne et l'écart type peut s'avérer insuffisante.

Des méthodes statistiques multidimensionnelles ont pour objet la description simultanée des données volumineuses, fournissant ainsi des informations et des éléments d'interprétation qu'on ne peut pas obtenir par les traitements classiques. Ces méthodes multidimensionnelles permettent d'étudier :

- Les ressemblances entre variables et individus (analyse en composantes principales et analyses factorielles des correspondances).
- Les dissemblances (analyse factorielle discriminante).

Parmi ces méthodes d'interprétation, nous avons utilisé l'analyse en composantes principales qui permet une analyse des relations entre les nombreuses variables donnant ainsi des renseignements sur l'évolution du chimisme des eaux et la détermination des caractères dominants dans le milieu.

Nous avons entrepris une étude statistique sur les 05 échantillons d'eau, à l'aide du logiciel XLSTAT (2016.02.28451) et 11 variables définies comme suit :

Les éléments chimiques indicateurs de pollution exprimés en mg/l :

\*(MES, DBO5, DCO, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Fe, Mn, Cr)

\*Le pH.

\*La conductivité.

#### a-Paramètres représentatifs :

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous (Tableau.34).

A partir de ce tableau, on constate que les chlorures et les bicarbonates présentent des valeurs peu importantes de l'écart-type, ceci confirme la grande dispersion entre les valeurs relatives à ces deux éléments (DCO, DBO5 et Conductivité CE).

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
<b>MES</b>	142	211	179,6	29,52
<b>DCO</b>	442	1400	770,6	<b>384,52</b>
<b>DBO5</b>	142,3	495	285,86	<b>155,48</b>
<b>NH4</b>	12	42	24	13,58
<b>PO4</b>	2,1	57	14,036	24,06
<b>NO2</b>	0,06	0,41	0,26	0,17
<b>Fe</b>	0,064	1,889	1,0474	0,87
<b>Mn</b>	0,018	0,23	0,1292	0,08
<b>Cr</b>	0,01	0,05	0,028	0,01
<b>PH</b>	7,43	8,95	8,38	0,57
<b>CE us/cm</b>	1852	19400	8798,6	<b>9482,67</b>

**Tab. 34 : Calcul des moyennes et écarts-type.**



**b- Matrice de corrélation :**

Les coefficients de corrélation entre les teneurs des différents éléments chimiques sont donnés par le tableau suivant (Tableau.35).

Variables	MES	DCO	DBO5	NH4	PO4	NO2	Fe	Mn	Cr	PH	CE us/cm
MES	1										
DCO	<b>0,797</b>	1									
DBO5	<b>0,786</b>	<b>0,945</b>	1								
NH4	<b>0,745</b>	<b>0,923</b>	<b>0,991</b>	1							
PO4	0,196	0,107	0,425	0,455	1						
NO2	<b>0,944</b>	<b>0,781</b>	<b>0,847</b>	<b>0,796</b>	0,43	1					
Fe	0,682	0,454	0,248	0,224	-0,5	0,413	1				
Mn	<b>0,9</b>	<b>0,876</b>	<b>0,918</b>	<b>0,926</b>	0,364	0,861	0,509	1			
Cr	0,58	<b>0,81</b>	0,639	0,558	-0,286	0,575	0,426	0,473	1		
PH	-0,46	-0,25	-0,542	-0,571	<b>-0,944</b>	-0,62	0,191	-0,586	0,21	1	
CE us/cm	<b>0,815</b>	0,621	0,439	0,36	-0,366	0,67	<b>0,866</b>	0,551	<b>0,731</b>	0,11	1

**Tab. 35 : Matrice de corrélation des éléments chimiques.**

On remarque que tous les éléments majeurs sont corrélés positivement entre eux et il y a une bonne corrélation par ordre décroissant entre : Matière en suspension MES et les éléments indicateurs de pollution.

MES et NO<sub>2</sub> : 0.944, MES et Mn : 0.900, MES et CE : 0.815, MES et DCO : 0.797, MES et DBO5 : 0.786, MES et NH4 : 0.745.

**c-Analyse en Composantes Principales (ACP) :**

L'analyse en composantes principales est une méthode statistique multidimensionnelle essentiellement descriptive, utilisable comme aide à l'interprétation d'une matrice de données.

Les matrices de données physico-chimiques comportent « m » analyses (ou points échantillonnés) sur « n » variables (ou éléments mesurés). Cette méthode, en cherchant les directions référentielles d'allongement d'un nuage de point multidimensionnel (valeurs propres), permet de résumer l'information en projetant le nuage de points sur ses directions préférentielles (axes factoriels).

Les facteurs sont des combinaisons linéaires des variables de départ. Chaque variable contribuant au facteur intervient avec un coefficient dit "vecteur propre". Le premier axe factoriel est celui qui explique le plus grand pourcentage de variance totale, le second explique le plus grand pourcentage de variance résiduelle. Pour être significatif, le cumul de l'inertie des axes doit être supérieur à 65%.

**c-1-Résultats obtenus :****\*Diagonalisation :**

On obtient 61.87% pour le 1er axe, 26.15% pour le second. Donc, la variance expliquée est de 88.02% pour les deux axes.

**c-2-Etude des variables :** (Figure.59)

\*Selon l'axe 01 : on constate que les éléments sont corrélés positivement sauf le pH. Le pH et PO4 sont inversement proportionnels entre eux. Le Fe et PO4 s'éloignent vers l'intérieur du cercle, ce qui indique leur moindre corrélation avec les autres éléments.

\*Selon l'axe 02 : les éléments pH, Fe, Cr, CE, MES, DCO sont corrélés négativement aux autres éléments (NO2, PO4, DBO5, Mn, NH4).

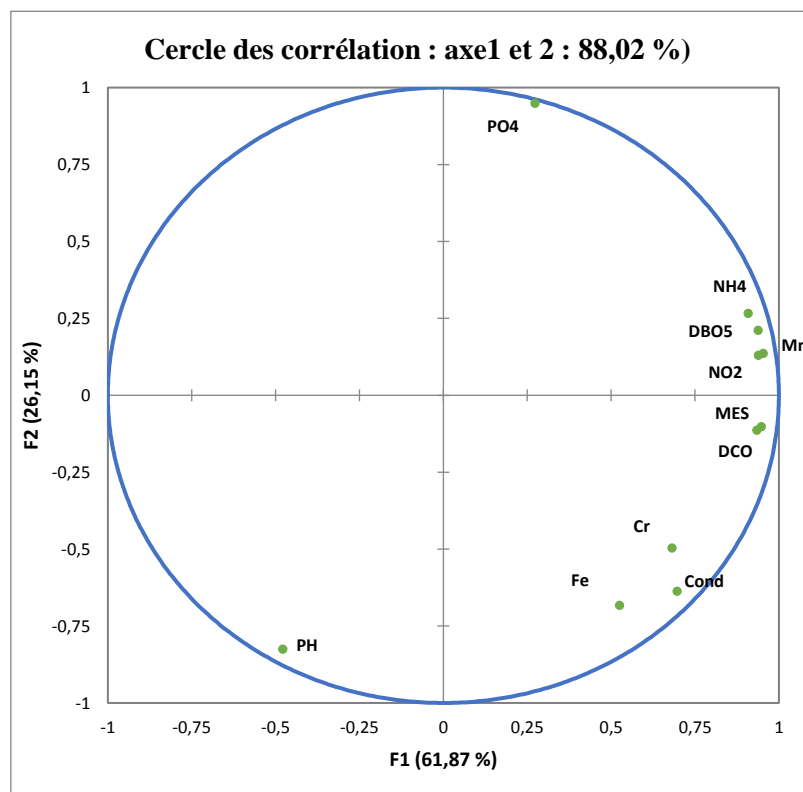


Figure. n°59 : Cercle des corrélations : axe1 et 2, étude des variables.

**c-3-Etude des individus :** (Figure. 60)

D'après la figure des individus, deux ensembles sont distingués par rapport à leur teneur en minéralisation, le taux de la pollution et leur direction dans le lac.

**1- La minéralisation :**

- ❖ **Groupe 1 :** (P1, P2), cet ensemble est caractérisé par sa faible minéralisation et son pH relativement important.
- ❖ **Groupe 2 :** ce groupe (P3, P4, P5) plus dispersé, caractérise les eaux avec une minéralisation assez élevée.

La minéralisation liée aux activités agricoles, industrielles et domestiques

**2- le taux de la pollution :**

- ❖ **Groupe 1 :** (P1, P2), cet ensemble est situé en amont du rejet des eaux usées, il est caractérisé par une pollution moyenne.

- ❖ **Groupe 2** : ce groupe (P3, P4, P5) caractérisé par une pollution assez forte et sont minéralisation assez élevée.

\*A partir de l'analyse composante principale des indicateurs de pollution on constate que la pollution propage d'Amont en aval du lac Télémine, suivi par le trajet du rejet du eaux usées domestiques et industrielles.

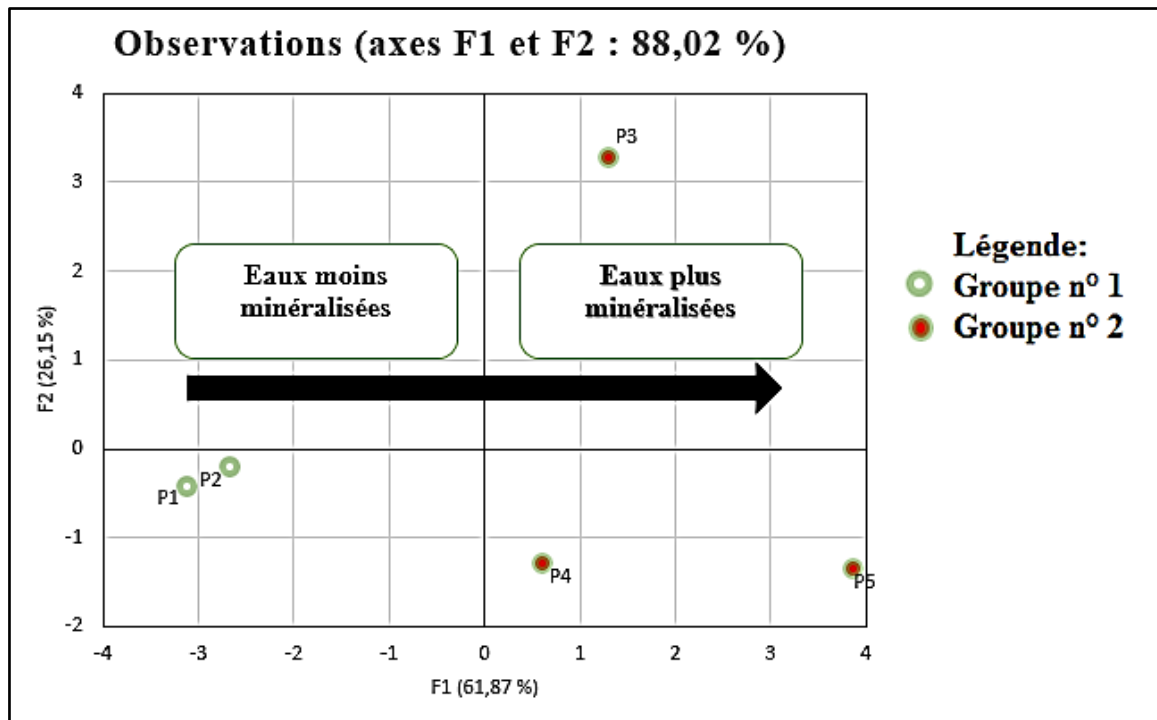


Figure. n°60 : Cercle de corrélation : axe1 et 2 variables et individus.

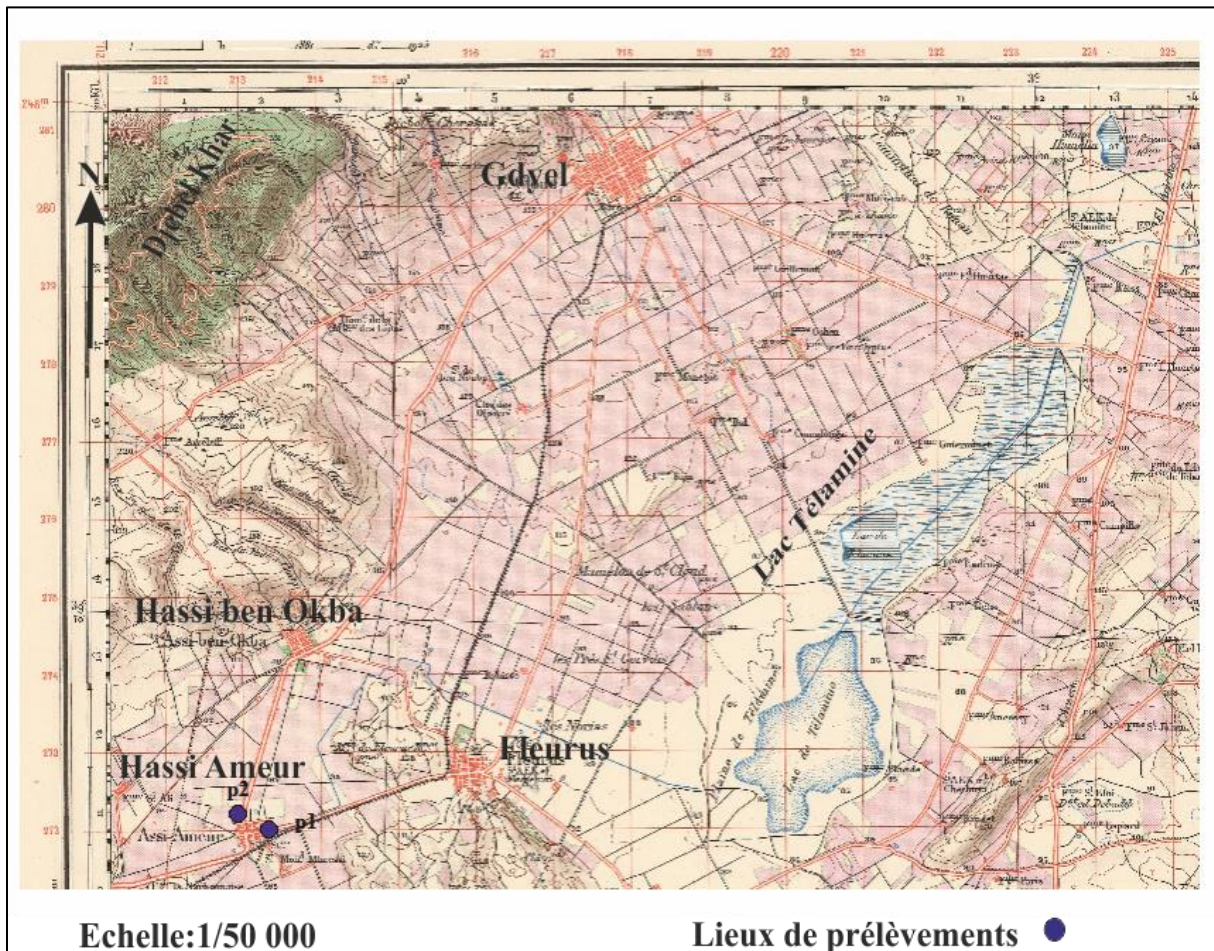
### 3-Etude du rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameur :

Le rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameur c'est le plus rejet important qui drainé vers le lac Télamine, l'ANRH d'Oran en 2013 fait une analyse physico-chimique sur 02 points (Figure.61) au canal du rejet, pour déterminé les effet et l'impact de ce rejet sur le lac Télamine.

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques des eaux usées sont regroupés dans le Tableau36.

Paramètres	Symboles	Unités	Rejet industriel principal (P2)	Avant rejet industriel (P3)	Normes algériennes
			12H10	12H30	
Potentiel d'Hydrogène	pH	U pH	7.43	8.4	6.5 à 8.5
MES à 105°C	MES	mg/ℓ	13 455	315	35
Turbidité	Tur	N.T.U	15 020	197	<30
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg/ℓ	182	0.9	3
DCO	DCO	mgd'o <sub>2</sub> /ℓ	8 428	637	120
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	mgd'o <sub>2</sub> /ℓ	2221,5	229.3	35
DCO/DBO <sub>5</sub>			3.79	2.78	
DBO <sub>5</sub> /DCO			0.26	0.36	
Nitrites	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,8	0,7	-
Nitrates	NO <sub>3</sub>	mg/l	6	6	-
Phosphore Total	PT	mg/ℓ	57	5.55	10
Fer	Fe	mg/ℓ	1,45	2,23	3
Chrome Total	Cr	mg/ℓ	0.02	0,01	0.5
Manganèse	Mn	mg/l	0.2	0.128	1

Tab.36 : Résultats des paramètres physicochimiques des eaux usées à Hassi Ameur.



**Figure. n°61 : Localisation des lieux de prélèvements à Hassi Ameur.  
(extrait de la carte topographique de Gdyl 1/50000).**

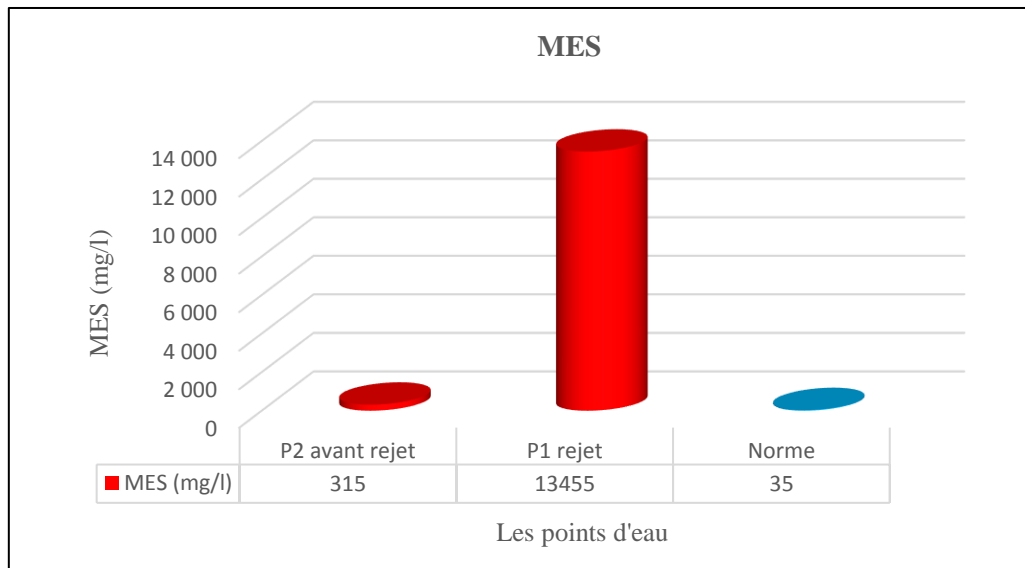
### 3-1-Interprétation des résultats :

#### 3-1-1-Paramètres physiques :

**a-Le pH :** Ces eaux usées présentent par un pH neutre à légèrement basique.

**b-La matière en suspension (M. E. S) :** (Figure.62)

Les matières en suspension (M.E.S) représentent la fraction solide de la pollution comportant des matières organiques et des matières minérales. Elles sont très élevées d'ordre 13 455 mg/l dans le rejet principal et 315 mg/l dans le réseau pluvial avant rejet qui dépasse la norme qui est de 35 mg/l.

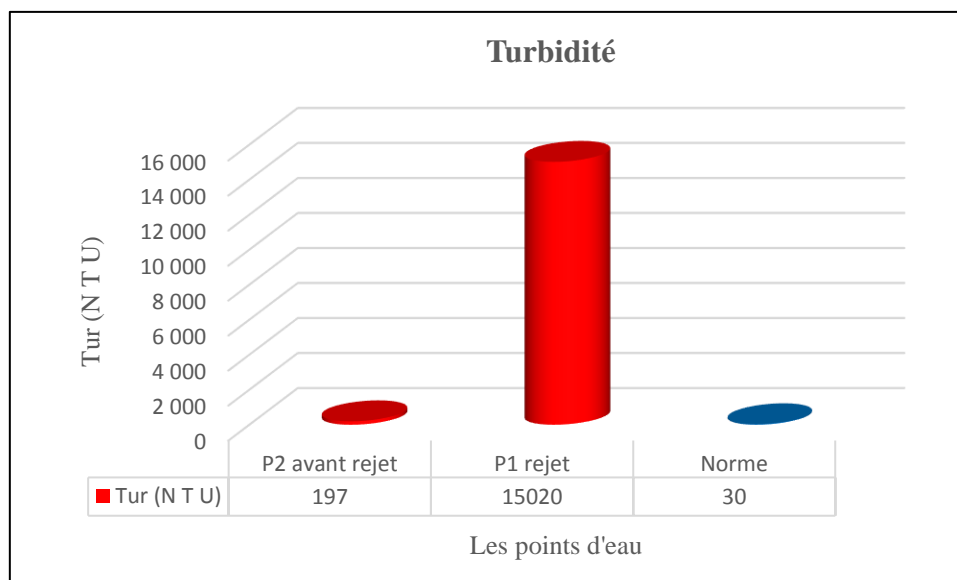


**Figure. n°62 : Variation des valeurs de MES.**

### 3-1-2-Paramètre Organoleptique :

#### \*La turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argile, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Les valeurs de la turbidité varient les eaux usées de Hassi Ameur dépassent les normes de rejets qui sont comprise entre 5 et 30 (normes de rejets) c.à.d. que ces eaux usées sont fortement troubles.

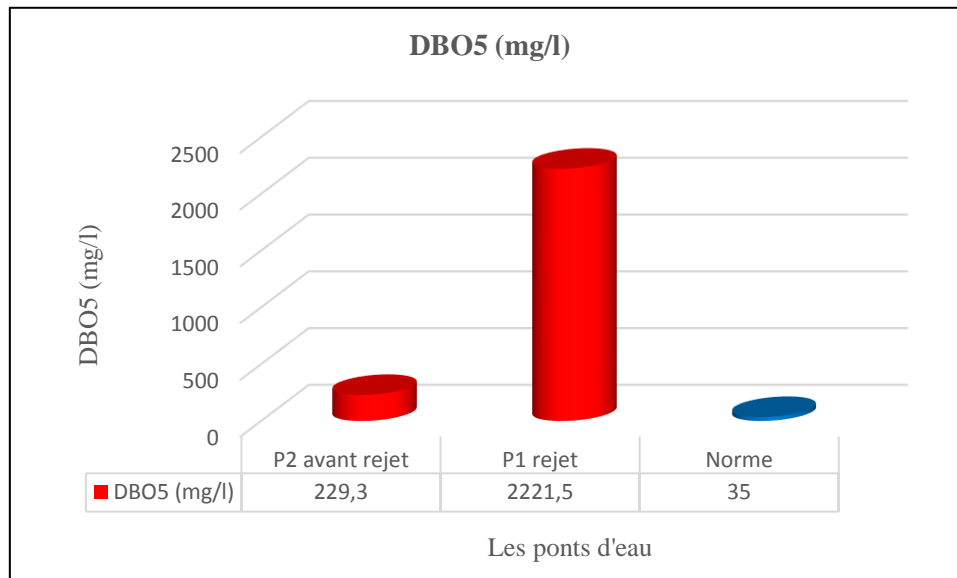


**Figure. n°63 :Variation des valeurs du Turbidité.**

### 3-1-3-Paramètres chimique :

#### a-La demande biologique en oxygène DBO5 :

Ce paramètre est défini comme un indicateur de la fraction de matières organiques qui peut être décomposée par action microbienne. C'est la quantité exprimée en milligrammes d'oxygène par litre représentant la pollution organique. La quantité de DBO est élevée 2221.5 mg/l dans le rejet industriel principal (P1) et 229.3 mg/l dans le réseau pluvial avant le rejet industriel et dans le lac Télamine.



**Figure. n°64 :Variation des valeurs de DBO5.**

#### b-La demande chimique en oxygène DCO : (Figure.65)

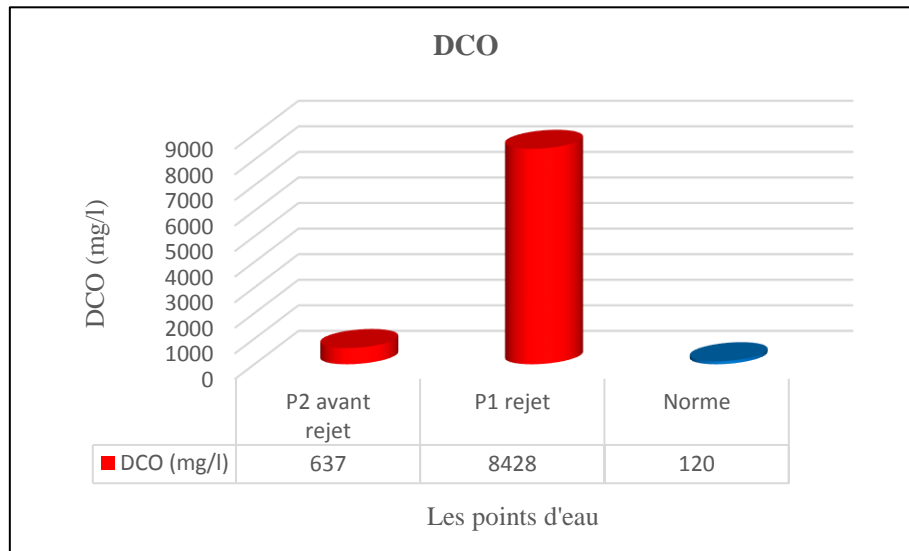
C'est la quantité d'oxygène consommé par les matières oxydables, la valeur enregistrée dans le rejet industriel (P1) est 8 428 et 637 mg/l dans P2 dépassant la norme admise qui est 120. La valeur élevée de la DCO traduit la quantité importante de matière oxydable contenue dans le rejet.

#### c-L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) : (Figure.66)

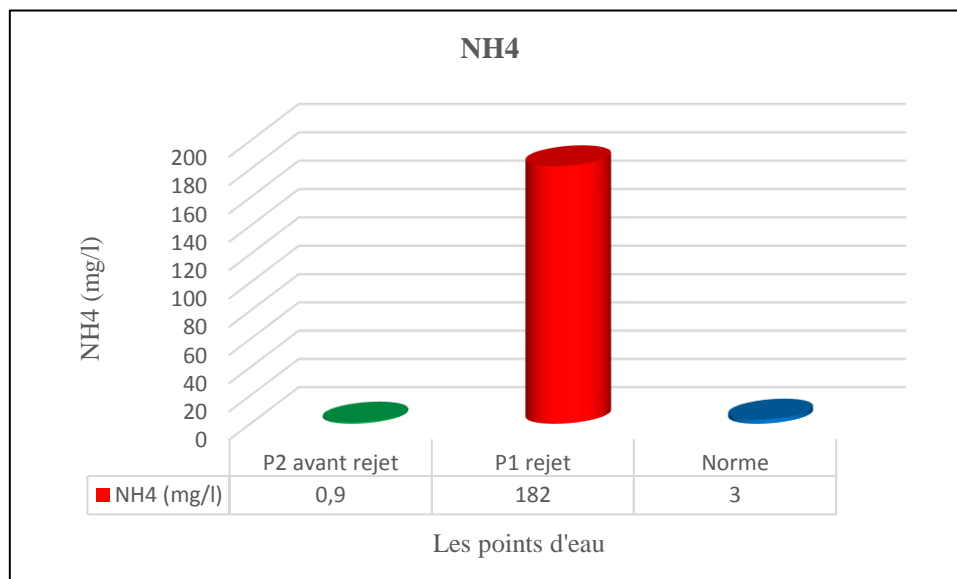
La valeur enregistrée dans le rejet industriel P1 est 182 mg/l dépassant la norme admise qui est 3 mg/l (fig.), par contre dans le point P2 (avant le rejet) ne dépasse pas les normes, alors la grande concentration arrive de la zone industrielle de Hassi Ameur (les engrais).

#### d-Nitrites (NO<sub>2</sub>) et Nitrates (NO<sub>3</sub>) :

Les valeurs enregistrées, sont des valeurs moyennes ne dépassant pas les limite dans le rejet industriel des eaux usées.



**Figure. n°65 : Variation des valeurs de DCO.**



**Figure. n°66 : Variation des valeurs de NH4.**

**e-Phosphore totale : (Figure.67)**

Le phosphore se trouve en quantité importante dans les eaux de rejet industriel principal avec 57 mg /l supérieur à la norme. Cet élément chimique avec l'Azote sont les responsables par excellence du phénomène d'eutrophisation du lac Télémine.



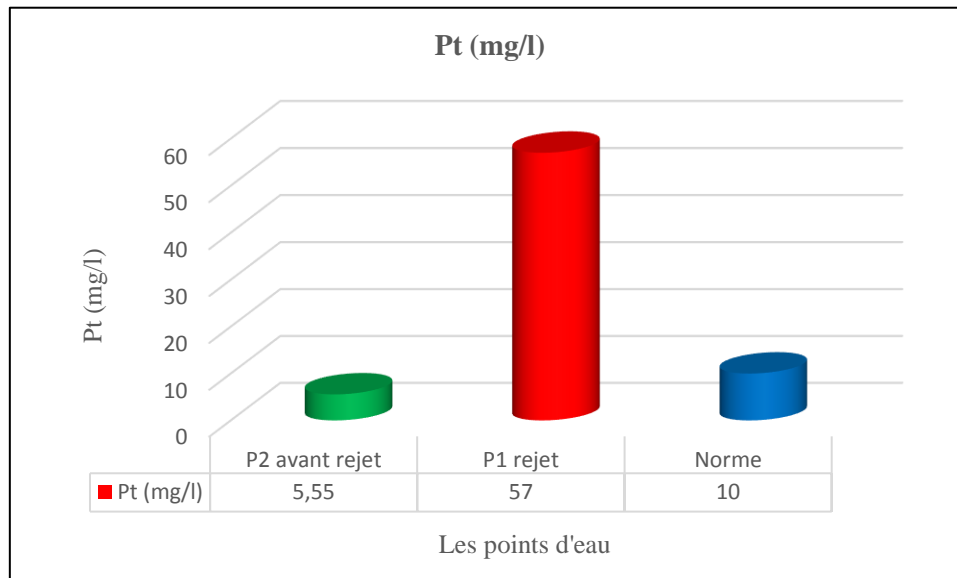


Figure. n°67 : Variation des valeurs de Phosphore totale.

### 3-1-4-Les éléments en trace (Fe, Mn, Cr) :

D'après les résultats enregistrées (Fer, Manganèse, Chrome) aux rejets industriels, on constate que les concentrations des éléments en trace ne dépassent pas les limites.

### 3-2-Evaluation de la pollution organique des eaux usées :

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées de Hassi Ameur, le calcul des rapports DCO/DBO5, DBO5/DCO. L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des effluents bruts et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

#### a-Le rapport DCO/DBO5 :

Le rapport DCO/DBO5 donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; on convient généralement des limites suivantes :

-Si  $DCO/DBO5 < 2$  : indique une eau d'égout souvent ménagère et facilement décomposable.

-Si  $DCO/DBO5 > 2$  : indique une eau d'égout industrielle difficilement décomposable.

Les résultats obtenus montrent que le rapport DCO/DBO5 est très élevé, Ceci confirme le caractère biodégradable des eaux d'égout industrielle difficilement décomposable

#### b-Le rapport DBO5/DCO :

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DBO5/DCO, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Pour notre étude, ce rapport est relativement moyen de l'ordre de **0,26**. C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique.

À partir de cette étude de rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameur on constate qu'il est caractérisé par une pollution très forte, avec un taux élevé de la matière organique non biodégradable.

#### **4-Conclusion :**

La majorité des eaux du lac Télamine présentent une très forte alcalinité, elles sont regroupées en seule principale famille de faciès chimique : Chloruré sodique, avec une minéralisation très élevée, ainsi que ces eaux sont saturées par rapport à la calcite et l'anhydrite et est sursaturée par rapport à la dolomite, l'aragonite et le gypse.

Les eaux du lac Télamine présentant un danger d'alcalinisation très fort d'une qualité médiocre pour l'irrigation.

D'après l'étude des indicateurs de pollution et la classification de l'ANRH (2000) en 05 station on constate que les eaux du lac Télamine sont caractérisés par :

- ❖ Pollution organique excessive aux MES, DCO, DBO5.
- ❖ Pollution azotique importante par  $\text{NH}_4$ , notable à modérée par  $\text{NO}_2$ .
- ❖ Pollution phosphorique importante à notable.
- ❖ L'absence de la pollution par les métaux lourds en lac Télamine.

Le rapport DCO/DBO est très élevé, Ceci confirme la présence d'une grande proportion de matière organique non biodégradable.

Les résultats calculés de l'indice de pollution organique (IPO) montrent que les eaux de Télamine ont une pollution organique très forte.

Le traitement statistique des données de pollution par l'analyse composante principale (ACP) montre que : la pollution propage d'Amont en aval du lac Télamine, suivi par le trajet du rejet des eaux usées domestiques et industrielles.

Le rejet industriel des eaux usées de Hassi Ameer est très chargé en matière organique non biodégradable qui dépasse les normes algériennes et mondiales, ce qui confirme une pollution très forte. Ce rejet est drainé vers le lac Télamine par un canal à ciel ouvert.

D'après l'interprétation des résultats en deux lieux : le rejet industriel et les eaux du lac Télamine, on extrait que les eaux usées rejetées par la zone industrielle de Hassi Ameer ont un impact négatif sur le lac Télamine qui traduit une forte pollution de ce dernier.



*Mesures de protection*

## Mesures de protection

Pour la sauvegarde du lac Télamine, plusieurs projets sont en cours de réalisation tel que :

- ❖ Formation des gestionnaires des zones humides.
- ❖ Développement d'un programme d'éducation, d'information et de sensibilisation des autorités centrales et locales, du grand public et particulièrement des enfants sur les valeurs et fonctions des zones humides et la nécessité de les protéger durablement, ce que fait la direction des forêts.
- ❖ Reboisement autour du lac Télamine selon la direction des forêts.
- ❖ Ouvrir l'ancien canal de Télamine, qui rejoint le lac avec la mer, pour éviter le problème de l'augmentation de la superficie du lac contre les terres agricoles.
- ❖ Réalisation de station de lagunage qui reçoit tous les eaux usées de la région de Télamine.
- ❖ Réalisation de station d'épuration au niveau du lac Télamine qui va recevoir les eaux usées domestiques et industrielles et les traiter avant de les rejeter dans le lac, le choix d'implantation de la station d'épuration des eaux usées se caractérise par les points suivants :
  - A- Une intégration dans le paysage
  - B- Une simplicité d'exploitation
  - C- Une grande fiabilité
  - D- Un rendement d'épuration est conçu en vue d'atteindre les objectifs suivants :
    - Sauvegarder l'équilibre écologique du milieu récepteur et en particulier la qualité des eaux de surface.
    - Eviter toute détérioration de la qualité des eaux souterraines
    - Eliminer les nuisances qui se manifestent principalement par des dégagements d'odeurs nauséabondes provenant de la fermentation des matières organiques par suite de l'accumulation et de la stagnation des eaux usées.
    - Valoriser les résidus solides et liquides de l'épuration dans l'agriculture.



*Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

La région de Gdyl se situe à l'Est de la ville d'Oran, c'est un espace qui réunit les six agglomérations : Hassi Bounif, Hassi Mefssoukh, Hassi Ben Okba, Boufatis, Gdyl et Ben Freha.

Le lac Télamine est situé entre 35°42'30" latitude Nord et 0°22'30" de longitude Est, il couvre une superficie 2399 ha. On le trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride, dans un milieu caractérisé par les différentes formations géologiques d'âge Quaternaire, Pliocène, Miocène supérieur et le Complexe secondaire du Permo-Trias. La région comprend les sols décalcifiés, sols à encroutement, les sols salins et roches mère.

Le réseau hydrographique de la zone est un peu dense, il se concentre au Nord de la région.

L'étude hydrogéologique de la région a permis de distinguer les réservoirs les plus importants dans la région. On a deux principaux aquifères :

- ❖ L'aquifère plio-quaternaire avec ces 03 niveaux superposés : alluvions -grés et sables - calcaire gréseux ; où on note l'importance des grés coquilliers au niveau des plateaux (GDYEL), cette nappe est très sollicitée par de nombreux captages d'eau.
- ❖ L'aquifère des calcaires dolomitiques du Lias, qui affleure au Nord de notre secteur et se prolonge sous l'aquifère plio-quaternaire, forme une réserve en eau très importante au Sud des piémonts des monts d'Arzew.

L'augmentation du nombre de la population conformément à l'augmentation de la quantité des eaux usées domestiques rejetées. Les déchets génèrent par l'urbanisme soit dans l'état solide ou liquide dans tous les régions dépassent les 35762 T/j et 12800m<sup>3</sup>/j. La grande partie est celle de l'industrie où elle produit une quantité des eaux usées dépasse les 14 000m<sup>3</sup>/j se jettent au niveau de lac Télamine.

L'étude de la faune du lac Télamine nous a permis de distinguer l'impact de la pollution sur la disparition et la diminution des espèces tels que le Canard Colvert, le Canard Souchet, le Canard Pilet, et la Sarcelle d'hiver.

La majorité des eaux du lac Télamine présentent une très forte alcalinité, elles sont regroupées en seul principale famille de faciès chimique : Chloruré sodique, avec une minéralisation très élevées, ainsi que ces eaux sont saturées par rapport à la calcite et l'anhydrite et est sursaturée par rapport à la dolomite, l'aragonite et le gypse.

Les eaux du lac Télamine présente un danger d'alcalinisation très fort d'une qualité médiocre pour l'irrigation.

D'après l'étude des indicateurs de pollution et la classification de l'ANRH (2000) en 05 station, on constate que Les eaux du lac Télamine sont caractérisées par :

- ❖ Pollution organique excessive par MES, DCO et DBO5.
- ❖ Pollution azotique importante par  $\text{NH}_4$ , notable à modérée par  $\text{NO}_2$ .
- ❖ Pollution phosphorique importante à notable.
- ❖ L'absence de la pollution par les métaux lourds dans le lac Télamine.

Le rapport DCO/DBO est très élevé, Ceci confirme la présence d'une grande proportion de matière organique non biodégradable.

Les résultats calculés de l'indice de pollution organique (IPO) montrent que les eaux de Télamine à une pollution organique très forte.

Le traitement statistique des données de la pollution par l'analyse composante principale (ACP) montre que : la pollution propage d'Amon en aval du lac Télamine, suivi par le trajet du rejet du eaux usées domestiques et industrielles.

Le rejet industriel des eaux usées de Hassi Aneur est très chargé en matière organique non biodégradable qui dépasse les normes algériennes et mondiales, ce qui confirme une pollution très forte. Ce rejet est drainé vers le lac Télamine par un canal à ciel ouvert.

D'après l'interprétation des analyses de pollution des deux rejets industriels et les eaux du lac Télamine on extrait que les eaux usées rejetées par la zone industrielle de Hassi Aneur ont un impact négatif sur le lac Télamine qui traduit une forte pollution de ce dernier.

Pour préserver le lac Télamine, plusieurs projets sont en cours de réalisation. Mais pour l'instant il faut construire une station de lagunage pour le traitement des eaux usées et ouvre le canal qui joint le lac Télamine vers la mer, ainsi d'autre programme de protection, mais le problème de la pollution de ce lac augment d'une façon catastrophique.

L'absence d'une approche participative entre les autorités locales et la population urbaine engendrera des situations conflictuelles entre les différents partenaires et par voie de conséquence une dégradation notable de La zone humide.

Nous sommes tous concernés, conservez ces zones humides pour préserver notre vie.



*Références bibliographiques*



## Références bibliographiques

**Adda M., (2013)** : Caractérisation hydrochimique et pollution des eaux Souterraines en contexte urbain Cas de l'agglomération oranaise (Algérie), *thèse de Magister*, Univ. Oran 2, 170p.

**Aimé S., (1991)** : Étude écologique de la transition entre les bioclimats subhumide, semiaride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du tell oranais (Algérie occidentale). *Thèse Doct.*, Univ. Aix-Marseille III. 194 p. + ann.

**Anonyme., (1999-2004)** : Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. Ministère Agriculture Développement Rural, *Direction Générale des Forêts*, 75 p.

**Anonyme., (2003)** : Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens. Étude Bibliographique. *Les cahiers du Plan bleu 2*, Sophia-Antipolis, 80 p.

Agence de Bassin hydrographique constantinois Seybousse-Mellegue : Le bassin versant Medjerda-Mellegue (2012) : Les cahiers de l'agence 24 p.

**Bahi K., (2012)** : contribution à l'étude phytoécologique des Zones Humides de la région d'Oran, *thèse de Magister*, Univ. Senia, 153p.

**Barnaud G, Fustec E., (2007)** : Conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ? Ed Quae. 296 p.

**Bekhadda F., (2011)** : impact de la pollution urbaine sur une zone fragile (lac Télamine), *Mém. Ing.*, Univ. Oran 2.122p.

**Belaribi Y. Mellouk M., (1985)** : Contribution à l'étude écologique des terrains salés, étude de la végétation et du sol de quelques stations caractéristiques. Cas de la bordure nord et nord-est de la sebkha d'Oran. *Mém. D.E.S.*, Univ. Senia, 87 p.

**Belhaloui B., (1999)** : Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité des nappes libres à la pollution à partir des Sig. Application à la région d'Oran. *Mém. Ing., Hydrologie.* Univ. Senia, 121p.

**Benabdellah M., (2010)** : Mise en évidence des phénomènes dynamiques contrôlant le littoral oranais (de la Calère à la Pointe de Canastel) : étape fondamentale pour une cartographie des risques géologiques *Thèse de magister*, 283 p.

**Benmia M. et Aoubed A., (2009)** : Contribution à l'élaboration d'un modèle de carte de qualité de l'eau : Notice cas de la région centre d'Algérie. A.N.R.H.

- Boulaine J., (1955) :** Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie aux 1/200.000 feuilles de Mostaganem, N° 21. Imp. LA TYPO-LITHO et J. Carbonel réunies, Alger, 19 p.
- Boumaza N., (2001) :** **Cartographie hydrogéologique de la vallée du Sébaou. Thèse de Magister, USTHB, Alger,140p.**
- Boutoux J., (1993) :** Introduction à l'étude des eaux douces eaux naturelles, eaux usées, eau de boisson, qualité et santé. *Ed. CEBEDOC*, 169 p.
- Bouyaboub K., Bouziani F., (1997) :** Évaluation de la salinité des eaux de la nappe de Brédéah. *Mém. Ing. Géol. Appliquée*, Univ. Senia, Oran, 112 p.
- Bouziani M., (2006) :** L'eau dans tout ses états, Source de vie, Ressource épuisable, Maladies hydriques, Pollutions chimiques ; *Ed Dar el Gharb*.260 p.
- Castany G., (1963) :** Traité pratique des eaux souterraines. *Dunod Edit.* Paris, 641p.
- Castany G., (1982) :** Principes et méthodes de l'hydrogéologie, *Ed. DUMOND*, Paris.
- Debieche T. H., (2002) :** Evolution de la qualité des eaux (saline, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse- Nord-Est-Algérie. *Thèse de Doctorat*, Université de Franche-Comté.
- Degremont., (1989) :** Mémento technique de l'eau. *Tome 1, Edit. Du cinquantenaire, 9ème édition*, Paris, 592p.
- D.H.W (Direction de l'Hydraulique de la Wilaya)** de Oran : Fiches techniques de forages, Essais de pompages.
- Djemai M et Mesbah M., (2006) :** Ressource en eau de la plaine alluviale du haut sebaou : impact de l'urbanisation, l'industrie et l'agriculture sur les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de surface et souterraines (grande kabylie, Algérie), *publication*, USTHB,53p.
- Fenet B., (1972) :** Recherche sur l'alpinsation de la bordure septentrionale du bouclier africain a partir d'un élément de l'Orogenese nord-maghrébin : Les Monts du Djebel Tessala et les Massifs du littoral oranais. *Thèse de doctorat en Sciences*.
- Foukrache M., (2001) :** Hydrogéologie des massifs côtiers oranais (Arzew, Beni Saf). *Thèse de magister*, 321 p. 140
- Gaujous D., (1995) :** La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. *Edit. Technique et documentation*, Lvoisier, 199 p.
- Gouaidia L., (2008) :** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des parametres physico chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de meskiana Nord-Est algérien. *Thèse de Doctorat*, Université de Badji Mokhtar-Annaba
- Grosclaude G., (1999) :** L'eau : usage et polluants, *éd. INRA*.

- Hamadou H. et Zouaoui A., 2001.** Etude hydrochimique et de la pollution par métaux lourds les eaux souterraines de l'agglomération oranaise. 90 p. 39 fig. *Mémoire d'ing d'état*, Univ d'Oran. 67 p.
- Hassani M.I, (1987) :** Hydrogéologie d'un bassin Endoréique semi-aride ; « le bassin versant de la grande Sebkhia d'Oran (Algérie) ». *Doct. Univ. Oran*, 304 p.
- Lakroun A., (1995) :** Etude d'aménagement et d'entretien de la rivière du haut sebaou (Grande Kabylie) : Approche et méthodologie en vue de la protection contre la pollution, l'augmentation des potentialités en eau et la récupération des terres agricoles. *Thèse Magister*, Univ.Tizi-ouzou, 194p.
- Mekhloufi M. et Sadi R., (2013) :** Impact des eaux usées industrielles de Hassi Ameur sur la qualité physico-chimique du lac Télamine, *Mém. Ing. Univ Oran 2*, 87p.
- Mehdi M., (1989) :** Notice explicative : Carte de vulnérabilité à la pollution région de Gdyl. Carte au 1/50.000. *Mém. Ing. Hyd, Senia*. 116 p.
- Merabet Amina N. et Sebaa N., (1995) :** Synthèse hydrogéologique de la carte d'Oran. (région comprise entre Kristel et Madakh). *Mémoire d'ingénieur d'état*, Université d'Oran. Carte au 1/50.000. 147 p.
- Moussa K., (2007) :** Etude d'une Sebkhia ; la Sebkhia d'Oran (Ouest algérien). *Thèse doct. Sciences*, Univ. Oran., 205 p.
- Merchoga A. Guettaf F., (2010) :** cartographie dynamique de l'espace physique des zones humides étude de cas (les salines d'Arzew et le lac Télamine), *Mém. Ing. Univ Oran 2*, 108p.
- Nehar B., (2006) :** les techniques d'élimination des eaux usées : cas de la station d'épuration de Magnia (Tlemcen). *Mém. Magister, Univ. Senia Oran*.132 p.
- Ngo N. Regent A., (2004) :** Déchet et pollution : Impact sur l'environnement. *Edit. Dunod*, Paris.
- O.M.S (Organisme Mondial de la Santé), (1994) :** Normes international applicables à l'eau
- Valiron F., (1989) :** Gestion des eaux : Alimentation, Assainissement. *Edit. PENPC*.
- Raymond D, (1976) :** Evolution sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la Grande Kabylie (Algérie), au cours du cycle alpin.Univ.Pierre et Marie Curie. *Thèse doct.d'état*, sces nat. Paris, 156p.
- Rejsek F., (2002) :** Analyse des eaux Aspect réglementaire et technique. Service culture, Edition, ressources pour l'éducation nationale, CRBP d'aquitaine.360p.
- Rodier J., (1975) :** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Tome 2, 5ème édition*. Edit. Dunod, Paris.1136p.

- Rodier J., (1978) :** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *7eme édition, Edit. Dunod, Paris.1127p.*
- Rodier J., (1984) :** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *8eme édition, Edit. Dunod, Paris.1365p.*
- Rodier J., (1996) :** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *8eme édition, Dunod, Paris, 1383p.*
- Tardat-Henry M., (1984) :** Chimie des eaux, éd. "le Griffon d'argile Inc.", Ière éd. Revue et corrigée, *bibliot. Nat. du Québec, Canada, 340 p.*
- Rodier J., (2005) :** Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. *8eme édition, Dunod, Paris, 1383 p.*
- Tafer B., (1993) :** Étude phyto-écologique et syndynamique des complexes de végétation halophile de la plaine de Mohammadia (Macta Oranie), *Thèse Doct. , Aix Marseille III, 129 p.*
- Taibi M. khaled., (2009) :** Étude comparative des comportements hydriques, de croissance et minéral de deux légumineuses *Vicia faba L.* et *Phaseolus vulgaris L.* stressées à la salinité. *Mém. Magister. Univ. Senia, Oran. 119 p.*
- Thomas G., (1985) :** Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin de bas Chéelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. *Thèse Doc. U de Pau. 594 p.*
- Valiron F., (1989) :** Gestion des eaux : Alimentation, Assainissement. *Edit. PENPC.*
- Vilagines R., (2003) :** Eau, environnement et santé publique. 2ème édit. Edit. Technique et documentation, 501p.
- Zidouri A., (1986) :** Contribution hydrogéologique du bassin d'alimentation de Ras El Ain. *Mémoire d'ing d'état, Univ d'Oran.*



## Annexe 01 : La Convention de RAMSAR

La Convention sur les zones humides est un traité intergouvernemental qui sert de cadre d'action nationale et de coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Adoptée dans la ville iranienne de Ramsar le 2 février 1971, elle est entrée en vigueur en 1975. Il s'agit du seul traité mondial sur la protection et la conservation de biotope des zones humides (un type d'écosystèmes particuliers). La Convention a pour objectif d'enrayer leur disparition et d'assurer leur protection. De ce fait elle impose aux pays membres (parties contractantes dans le cadre de la convention) l'obligation de conserver les zones humides se trouvant sur leur territoire et plus spécialement, celles qu'ils ont inscrites sur la liste des zones humides d'importance internationale.

La Convention utilise une définition large des types de zones humides qui peuvent être placés sous son égide : marais et marécages, lacs et rivières, prairies humides et tourbières, oasis, estuaires, deltas et zones cotidales, étendues marines proches du rivage, Mangroves et récifs coralliens, sans oublier les zones humides artificielles telles que les bassins de pisciculture, les rizières, les réservoirs, et les marais salants.

### 1. Critères de sélections des sites :

Une zone humide ne peut être classée zone humide d'importance internationale à la convention de Ramsar que si elle répond à l'un ou à plusieurs de ces critères :

- Critère 1 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle contient un exemple représentatif, rare, ou unique de zone humide trouvé dans une région biogéographique appropriée.

### Critères basés sur les espèces et les communautés écologiques :

- Critère 2 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle abrite des communautés écologiques menacées, vulnérables, mises en danger, ou en danger critique.
- Critère 3 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle abrite des populations des espèces végétales et/ou animales importantes pour maintenir la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.
- Critère 4 : Une zone humide devrait être considérée d'importance internationale si elle permet l'existence de plantes ou d'espèces animales à une étape critique dans leurs cycles biologiques, ou fournit un refuge pendant des conditions défavorables.

### Critères spécifiques basés sur les oiseaux d'eau :

- Critère 5 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle abrite régulièrement 20.000 oiseaux d'eau ou plus.
- Critère 6 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle abrite régulièrement 1% des individus dans une population d'une espèce ou sous espèce d'oiseau d'eau.

### Critères spécifiques basés sur des poissons :

- Critère 7 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si elle abrite une proportion significative d'espèces ou familles, de sous-espèces de poissons, étapes dans le cycle biologique, interactions d'espèces et/ou populations indigènes représentant les avantages et/ou la valeur des zones humides et contribue de ce fait à la diversité biologique globale.

- Critère 8 : Une zone humide doit être considérée d'importance internationale si c'est une source importante de nourriture pour les poissons, une frayère, une nurserie et/ou une route de migration de laquelle les stocks halieutiques, de la zone humide elle-même ou d'ailleurs, dépendent.

## **2. Engagements et implication :**

Les parties contractantes (pays membres) s'engagent à :

- Désigner au moins une zone humide qui satisfasse aux critères d'inscription sur la Liste des zones humides d'importance internationale (Liste de Ramsar) et garantir le maintien des caractéristiques écologiques de chaque site Ramsar. Les Parties devraient inscrire à la Liste autant de zones humides satisfaisant aux critères que possible. Il n'est pas indispensable que les sites inscrits à la Liste bénéficient d'un statut d'aire protégée, à condition que leurs caractéristiques écologiques soient maintenues, au moyen de l'utilisation rationnelle.

2.1 Promouvoir l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides de leur territoire, au travers de leurs plans d'aménagement nationaux, sans oublier la conservation et la gestion des zones humides.

2.2 Promouvoir la formation en matière de recherche, de gestion et d'utilisation rationnelle des zones humides.

2.3 Se consulter à propos de l'application de la Convention, notamment en ce qui concerne les sites transfrontières, les systèmes aquatiques et les espèces partagés, ainsi que les projets de développement qui affectent les zones humides (Durand, Moali, Peyre, 2004).

Paramètres	P1	P2	P3	P4	P5
T°C	20	22	21	23	20
Ph	7,68	7,51	7,73	7,82	7,9
CONCTV US/cm	1874	1852	1897	19400	18970
Ca	1134	821	1021	1245	1116
Mg	536	362	924	825	1810
Na	3910	4140	2430	2456	3740
K	245	126	748	145	610
HCO <sub>3</sub>	181	229	1773	904	293
Cl	8650	7241	9211	7640	9719
SO <sub>4</sub>	2980	3130	169	1115	7520
NO <sub>3</sub>	3	4	6	8	5
NO <sub>2</sub>	0,09	0,06	0,38	0,36	0,41

Tab.37 : Résultat d'analyse physico-chimique du lac Télamine (ANRH, 2013).

Télamine		
Prélèvement	X	Y
P1	272600	219400
P2	271900	220000
P3	273500	219700
P4	272800	221200
P5	274000	220900
Rejet de Hassi Aneur		
P1	272000	213300
P2	272200	212900

Coordonnées UTM WGS 84.

Tab.38 : Les coordonnées géographiques des points d'eau prélevées.



<b>Nom d'activité</b>	<b>superficie</b>	<b>Matière première</b>	<b>Produits</b>	<b>Capacité de production</b>	<b>Quantité d'eau utilisée</b>
<b>Sarl Saac</b>	30 000m <sup>2</sup>	Plomb dur à 5% d'Antimoine, plomb doux Acide sulfurique polypropylène, polyéthylène, additifs noir de fumée vanisperce, dynel, baryteet la vaseline	Accumulateurs au plomb	300.000 batteries par an	4 m <sup>3</sup> /jour
<b>Sarl C GRES</b>	71 083.60 m <sup>2</sup>	Argile granitique, feldspaths et le Kaolin : 3000T/mois	Revêtements pour sols et murs avec plinthes en grés cérame	1500 000 m <sup>3</sup> /an	
<b>Sarl Haal</b>	21420m <sup>2</sup>	Huile végétale, thon et filet de thon, sardine, sauce tomate, boites métalliques, papier carton	Poissons	20 tonnes par jour	300m <sup>3</sup> /jour
<b>Raja Food</b>	30 000m <sup>2</sup>	thon congelé Thon conditionné : Sardines Huile végétale de soja et d'olives Sauce tomate Sel alimentaire	thon et sardine en conserve à l'huile ou à la tomate	100 tonnes/jour	Utilisation d'eau de trois puits.
<b>Sarl kapachim</b>		Soufre liquide Soufre poudre.	Des détergents	40 000 tan/an	200 m <sup>3</sup> /j.

Source : Direction de l'environnement 2010.

**Tab.39 : Les caractéristiques des unités industrielles consommatrice d'eau en grande importance.**

**Annexes**

<b>Désignation de l'opérateur</b>	<b>Activité</b>	<b>Type de rejets</b>	<b>Lieu de rejets</b>	<b>Milieu récepteur</b>	<b>Mesure prise par l'opérateur</b>	<b>Constat fait par la commission chargée du contrôle des établissements classés</b>	<b>Observation</b>
<b>UTAC</b>	Tannerie mégisserie	Boues chargées en chrome Rejets chargés en chrome, MES, matière organique sulfure, matière grasse	Réseau d'eau pluviale	Lac Télamine	Réalisation d'une STEP.	Station de prétraitement non conforme et non fonctionnel, sol non étanche réseau interne détérioré présence de plein au niveau des regards internes, présence d'odeur nauséabonde à l'intérieur et l'extérieur de l'unité, regard non conforme et obstrué par des boues solides.	Activité en actuellement et qui a causée une pollution importante sur le lac Télamine
<b>TMO</b>	Tannerie mégisserie		Unité raccordée au réseau d'assainissement de la commune de Hassi Bounif avec autorisation du P.A.P.C			Unité en arrêt depuis 3ans.	En arrêt
<b>SMCP</b>	Tannerie mégisserie	MES, matière grasse, boue chargé en chrome sont destinés vers la décharge d'el kerma	Unité raccordée au réseau d'assainissement de la commune de Hassi Bounif avec autorisation du P.A.P.C	Lac Télamine	Réalisation de la station de prétraitement	Station de prétraitement fonctionnelle mais non conforme	En activité

**Annexes**

<b>SARL HALL</b>	Conserverie de thon	Matière organique, matière grasse	Réseau d'eau pluvial	Lac Télamine	Station de prétraitement	Station de prétraitement non opérationnel	En activité
<b>SARL C-GRES</b>	Fabrication de matériaux de construction	Boue MES	Réseau d'eau pluvial	Lac Télamine	Réalisation de bassin de décantation	Station de prétraitement opérationnelle	En activité
<b>SARL UNILEVER</b>	Fabrication de détergents	Détergent anionique (sulfate, phosphate)	Canal des eaux de pluies	Lac Télamine		Présence d'une fosse (eau usée industrielle et domestique)	
<b>Sarl kapach-im</b>	Production de sulfonâtes	Rejet liquide très acide Dégagement du SO <sub>2</sub>	Fosse		/	Présence d'une fosse à l'intérieur de l'établissement.	
<b>Sarl tréfilerie de l'ouest</b>	Galvanisation des métaux	-Rejet très acide -Présence de métaux lourds (fer, zinc...)	Canal d'eau de pluies.	Lac Télamine	Aucune mesure.		Mise en demeure pour la réalisation de station de traitement des rejets industriels.
<b>Sarl raja food</b>	Conserverie de poisson	-Matière organique -eau chargé en graisse	Raccordée au réseau d'assainissement de la commune de Hassi Bounif	Lac Télamine	Réalisation d'une station de traitement des eaux industrielles	Débordement des eaux industrielles vers l'extérieur de l'établissement	Mise en demeure pour la remise en état du site extérieures

Source : Direction de l'environnement 2010.

**Tab.40 : Opérateurs pollueurs du lac Télamine.**

- Quelques unités industrielles sont arrêtées par la commission chargée du contrôle des établissements classés pour la non-conformité des établissements et au non-respect à l'environnement.

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	/	6,5-8,5	6,5-8,5
3	MES	mg / l	35	40
4	Azote Kjeldahl	mg / l	30	40
5	Phosphate total	mg / l	10	15
6	DCO	mg / l	120	130
7	DBO <sub>5</sub>	mg / l	35	40
8	Aluminium	mg / l	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	mg / l	0,005	0,01
10	Cyanures	mg / l	0,1	0,15
11	Fluor et composés	mg / l	15	20
12	Indice et Phénols	mg / l	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	mg / l	10	15
14	Huiles et Graisses	mg / l	20	30
15	Cadmium	mg / l	0,2	0,25
16	Cuivre Total	mg / l	0,5	1
17	Mercure Total	mg / l	0,01	0,05
18	Plomb Total	mg / l	0,5	0,75
19	Chrome Total	mg / l	0,5	0,75
20	Etain Total	mg / l	2	2,5
21	Manganèse	mg / l	1	1,5
22	Nickel Total	mg / l	0,5	0,75
23	Zinc Total	mg / l	3	5
24	Fer	mg / l	3	5
25	Composés Organiques Chlorés	mg / l	5	7

Source : Décret exécutif n°06-141 du 19 Avril 2006 publié dans le journal officiel N°26

**Tab.41 : Normes algériennes de rejet d'effluents liquides industriels.**

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH		6.5	9
Conductivité	µs/cm	200	1000
Résidu sec	mg/l	-	1500
Dureté totale	°F	-	50
Calcium	mg/l	-	100
Magnésium	mg/l	-	50
Sodium	mg/l	-	150
Potassium	mg/l	-	12
Sulfates	mg/l	-	250
Chlorures	mg/l	-	600
Nitrates	mg/l	-	50
Nitrites	mg/l	-	0.1
Ammonium	mg/l	-	0.5
Phosphate	mg/l	-	5
Oxydabilité (K, Mn, O <sub>4</sub> )	mg/l	-	5
Oxygène dissous	mg/l	-	5
Aluminium	mg/l	-	0.2
Température	°C	-	25

**Tab.42 : Normes des paramètres physico-chimiques (OMS).**

Paramètres	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observation
Couleur unité p <sup>t</sup> /mg	5	2	-
Turbidité mg/l	5	10	Détermination gustative et olfactive
Odeur	0	2	Détermination gout
Saveur	0		gout

**Tab.43 : Normes des paramètres organoleptiques (OMS).**

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Argent	mg/l	-	0.05
Arsenic	mg/l	-	0.05
Calcium	mg/l	-	0.01
Cadmium	mg/l	-	0.05
Chrome	mg/l	-	0.05
Cuivre	mg/l	-	1
Fer	mg/l	-	0.2
Fluor	mg/l	-	1.5
Manganèse	mg/l	-	0.5
Mercuré	mg/l	-	0.001
Plomb	mg/l	-	0.05
Sélénium	mg/l	-	0.01
Zinc	mg/l	-	5
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)	mg/l	-	0.1

**Tab.44 : Les substances indésirables ou toxiques (OMS).**

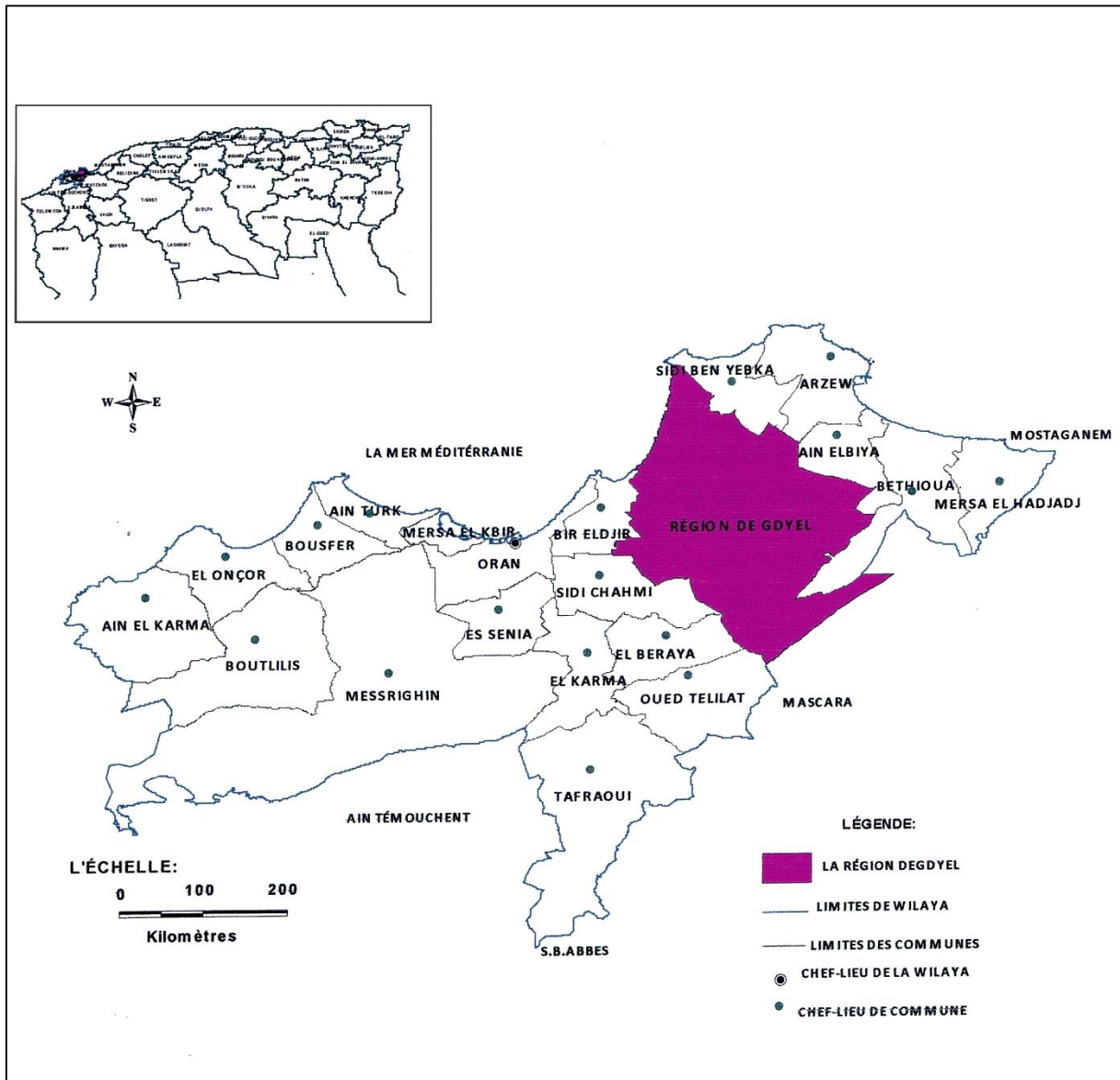
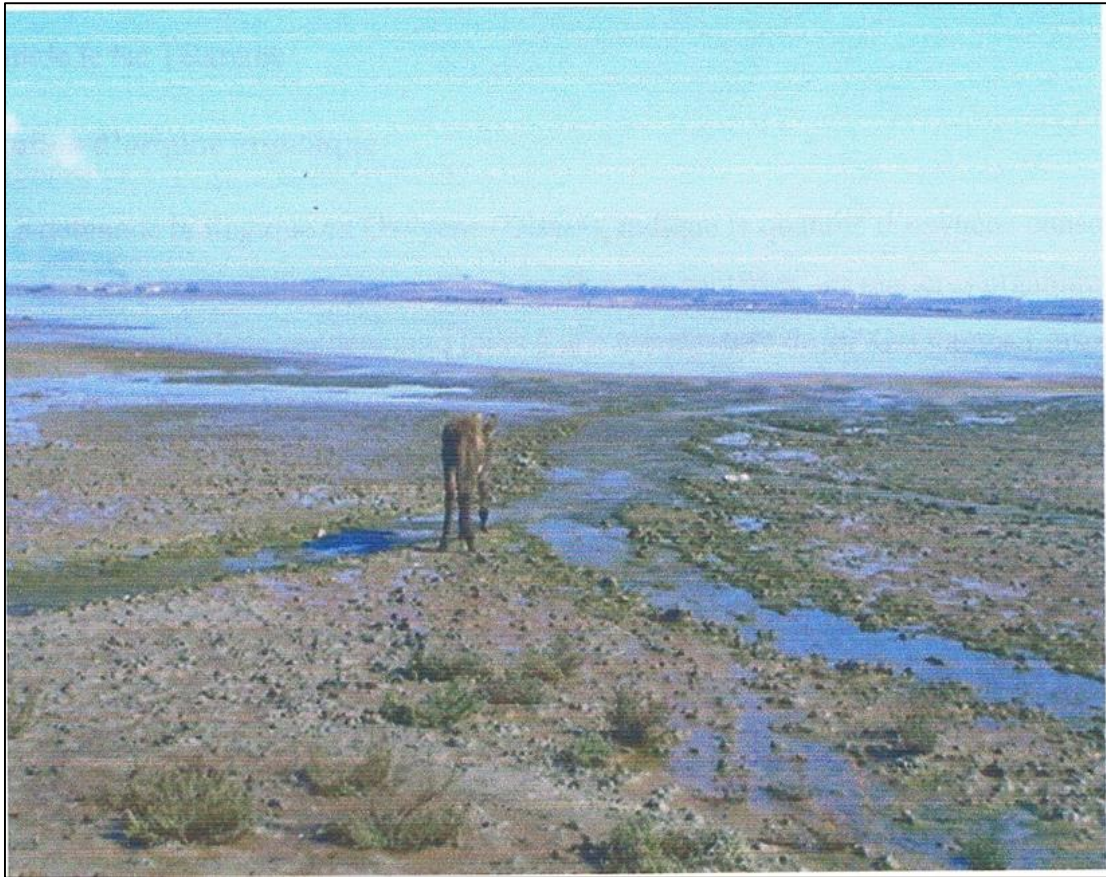


Figure. n°68 : Carte de découpage administratif de Gdyl.



**Photo n°6 : Les eaux usées déversées vers le lac Télamine. (2014)**