

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année 2010

Faculté des Sciences de la Terre
Département de Géologie

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MAGISTER

THÈME

**ORIGINES DE LA POLLUTION HYDRIQUE
ET ATMOSPHERIQUE DANS LA PLAINE OUEST DE LA
REGION D'ANNABA**

Option: hydrogéologie

Présenté par

SABOUA TOUFIK

Ingénieur d'Etat en Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar-Annaba

Directeur de mémoire: DJABRI.L

Professeur (U.B.M. Annaba)

DEVANT LE JURY

Président: Mr LAOUAR. R

Professeur (U.B.M. Annaba)

Examineurs: Mr CHAAB.S

Maître de Conférences (U.B.M. Annaba)

Mr CHAFFAI.H

Maître de Conférences (U.B.M. Annaba)

Mme ASSASSI.F

Maître de Conférences (U.B.M. Annaba)

Remerciement

Au mon Dieu Le Clément et Le Miséricordieux, le grand merci Lui revient de nous avoir à élaborer ce mémoire de dissertation scientifique.

La réalisation de ce travail n'aurait pu mené à terme sans le support constant de mon directeur de mémoire M^r. DJABRI Larbi. Je désire lui adresser un merci tout particulier, ses précieux commentaires, et ses conseils pertinents m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes inhérentes au processus de recherche et à l'élaboration de ce mémoire.

Je voudrais également remercier les membres de jury, pour avoir bien voulu lire, commenter, et débattre mon mémoire.

Je remercie toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce mémoire, surtout Mr. ABADA.N, et Mr. ABED EL WAHAD. A.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble des travailleurs de la direction de l'enivrement, et le réseau de surveillance de la qualité de l'air « SAMA SAFIA » d'Annaba. et le laboratoire de raffinerie « SONATRAC » de Skikda.

Tous les directeurs d'institutions et administrations des wilayas d'Annaba.

Je voudrais remercie encore mes enseignants du département de Géologie de l'université d'Annaba, et mes collègues de la promotion de Poste Graduation hydrogéologie et minière.

Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tous.

SABOUA TOUFIK

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents, mon père et Ma mère

Mes sœurs et mes frères

Rachid, Naouel, Lamine, Chahra zed et Bachir

A toute ma famille

A aya

Tous les gens que j'aime et qui m'aiment

SABOUA TOUFIK

مصدر تلوث المياه والهواء في سهل منطقة غرب عنابه

الملخص

الكرة الأرضية احد أهم كواكب النظام الشمسي يتشكل سطحها من ثلاث عناصر أساسية من أهمها الغلاف الجوي و الغلاف المائي و المتمثل في الماء و الهواء اللذان بفضلهما تستطيع الكائنات الحية على أرضها أن تعيش و تتعايش فيما بينها

و لقد اثر الإنسان في هذان العنصران عن طريق تدخلاته بمختلف الأنشطة التي يقوم بها سواء كانت في المجال الصناعي أو الزراعي و حتى في النمو الديموغرافي و التي بدورها أدت إلى حدوث اختلال في التوازن البيئي تمثلت في المشكل التلوث على مستوى الماء و الهواء

كما أن هذه الحالة تنطبق على مدينة عنابه باعتبارها من أكثر المناطق انتشارا للنشاط الصناعي ,و ألقاحي و النمو السكاني.

قمنا بدراسة ميدانية لهذه الحالة من اجل معرفة مصدر التلوث, و كانت الوجة نحو السهل الغربي للولاية و عليه اتبعنا الخطوات التالية:

1 قمنا بتحليل كيميائية للمياه السطحية بأخذ عينات عام 2009 و تمثلت في حملتين ,حملة في شهر فيفري و أخرى في شهر جويلية وكانت هذه العينات لوديان (واد فرشة, واد سيدي حرب, واد بوحديد و واد بوجمعة).

أما بالنسبة لتحاليل كيميائية للهواء قمنا بأخذها من مركز مراقبة لنوعية الهواء(سما صافية) للفترة الممتدة ما بين السداسي الثاني لعام 2002 الغاية السداسي الأول لعام 2004

وبعد أخذنا لهذه التحليل قمنا بترجمتها إلى منحنيات بيانية لتغيرات تركيز العناصر من خلالها استنتجنا من هذا الأخير وجود عناصر كيميائية (المعادن الثقيلة والفوسفات و النتريت) أدت إلى تلويث الوديان عن طريق قنوات تصريف المياه القدرة و الفاضلات و كذلك و عن طريق الفعل الزراعي, أما عن مستوى الهواء فمن الملوثات الهواء الرئيسية (أول أكسيد الكربون ، والغبار) فكان عن طريق غازات المصانع و السيارات.

فهذا التلوث (المائي و الهوائي) يشكل خطرا كبيرا في جميع أنحاء المنطقة، وإلى حد كبير على صحة و حياة السكان

الكلمات الرئيسية : التلوث ، والغلاف المائي والغلاف الجوي ، والأودية الكلمات الرئيسية : التلوث ، والغلاف المائي والغلاف الجوي والأودية فرشة، سيدي حرب، بوجمعة والمعادن الثقيلة والمواد الغذائية وملوثات الهواء ، والتركيز ، وقنوات الصرف الصحي ، وحركة المرور على الطرق والنفايات الصناعية،المسطحات المائية ، والنفايات في المناطق الحضرية

ORIGINES DE LA POLLUTION HYDRIQUE ET ATMOSPHERIQUE DANS LA PLAINE OUEST DE LA REGION D'ANNABA

Résumé :

Le Globe terrestre, une des planètes les plus importantes du système solaire, sa surface est formée de trois éléments essentiels, le plus important est l'atmosphère, et l'hydrosphère, qui comprend l'eau et l'air, et grâce à eux les êtres-vivants peuvent vivre sur leurs territoires pour se nourrir et coexister.

L'homme a posé un impact dans ces deux éléments avec ses interventions par ses activités diverses, que se soit dans le domaine industriel ou agricole et même dans la croissance démographique, qui a mené à son tour à un déséquilibre environnemental dû à la pollution d'eau et d'air.

Comme ce cas s'applique à la ville d'Annaba, car elle représente l'un des secteurs les plus répandus d'activité industrielle et agricole, et en croissance démographique

Nous avons fait une étude de terrain pour connaître l'origine de la pollution dans la région, qui a été commencé en premier lieu du Plaine Ouest d'Annaba, en suivant les méthodes ci-après :

On a fait une analyse chimique des eaux de surface par des échantillons de 2009 et a été formés par deux compagnes (sorties), une en février et l'autre en Juillet, sur les Oueds de : Oued El-Forcha, Sidi Harb, Oued Bouhdid, et Oued Boudjemaâ).

Quant aux analyses chimiques des airs nous avons pris des échantillons du Centre de contrôle de qualité alréenne (Sama Safia), pendant la période du deuxième semestre du 2002, jusqu'au premier semestre du 2004.

Après que nous avons pris cette analyse nous l'avons traduit en des Histogramme de variation des concentration des éléments qui nous a conclu l'existence des éléments chimiques (métaux lourds, le phosphate et le nitrite) ont causés la pollution des vallées par les canaux des eaux usées et les décharges, et même par les activités agricoles, mais sur le niveau de l'air par les Polluants atmosphérique primaires (les monoxydes de carbone, et les poussières) c'était à cause des gaz des usines et des voitures.

Donc Cette pollution présente une menace majeure l'entourage de la région, et en grande partie sur la santé et la vie des habitants.

Mots-clés : la pollution, hydrosphère , atmosphère, les oueds Forcha, Sidi Harb, Bouhdid, Boudjemâa, les métaux lourds, les nutriments, les polluants atmosphériques, la concentration, les canaux des eaux usées, le trafic routier, les déchets industriels, les eaux de surface, les déchets urbains.

ORIGINS OF THE HYDRIC AND ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE PLAIN WEST OF THE REGION OF ANNABA

Abstract:

The Earth, one of the most important planets of the solar system formed its surface by three essential elements, the most significant is the atmosphere, and the hydrosphere, which include water and air, and due to them each creature can live and coexist on its territory.

Man influence these two elements with his interventions by his various activities, whether in the industrial or agricultural fields and even in the demographic growth, which led to an environmental imbalance due to water and air pollutions.

This case is well known in Annaba, as it represents one of the most widespread sectors of industrial and agricultural activities, rather than in demographic growth:

Therefore and in view of the situation, we made a field survey to discover the pollution origin in this region, which was started from the Western Plain of Annaba according to the following steps:

We have made a chemical analysis of Surface water by 2009 samples, in two inspections (exits), one in February and the other in July, on the Rivers of: El-Forcha, Sidi Harb, Bouhdid, and Boudjemaa).

As for the air's chemical analysis we took samples from the control Center of Air Quality (Sama Safia), during the period of the second half -year of 2002, until the first half -year of 2004.

After that we took this analysis then we switch it to histograms of variation of concentration of elements that we found the existence of chemical elements (heavy metals, phosphate and nitrite) caused the rivers pollution by the manholes and the rubbishes and even by the agricultural activities, but on the air level by the primary air pollutants (the carbon monoxide, and dust) caused by the factories and the cars gases.

This pollution presents a big threat of the zone surroundings, and in big part on the habitant life and health.

Keywords: pollution, hydrosphere, atmosphere, wadis Forcha, Sidi Harb, Bouhdid, Boudjemâa, heavy metals, nutrients, air pollutants, concentration, sewage canals, road traffic, industrial waste, surface water, urban waste.

Sommaire :

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Situation géographique et géomorphologie.....	2
I. Situation Géographique.....	2
I 2- Aperçu Economique.....	3
I-3. géomorphologie.....	3
I-3-a- Les montagnes.....	4
I-3-b- La plaine de Annaba.....	5
I-3-c- Le cordon dunaire littoral.....	5
I-4- Réseau hydrographique.....	6
I-5- Le couvert végétal des sols.....	8
Conclusion.....	9
Chapitre II : Aperçu géologique.....	10
I-Introduction.....	11
I- Cadre géologique régional	12
14I-1- Le complexe cristallophyllien.....	13
I-1.1. L'unité de base.....	13
I-1.2. L'unité intermédiaire.....	13
I-1.2.1. Les micaschistes.....	14
I-1.2.2. Le marbre.....	14
I-1.3. L'unité supérieure(série des alternances.....	14
I-2. Les roches ignées.....	14
I-2.1. Le groupe microgranitique.....	14
I-2.2. Le groupe rhyolitique.....	14
I-2.3. Le groupe dioritique.....	15
I-2.4. Le groupe andésitiques.....	15
I-3- Les terrains sédimentaires.....	17
I-3-1 Les flyschs ou grès numidiens.....	17
I-3-2 Les flyschs sénoniens.....	17
I-3-3- Le Mio-Pliocène.....	17
1-3-4- Quaternaire.....	17
a- Quaternaire ancien (haute terrasse)	18
b- Quaternaire moyen.....	18
c- Quaternaire récent.....	18
d- Quaternaire actuel.....	18
I-4- Tectonique	18
1-Le massif de l'Edough.....	18
2- la plaine d' Annaba.....	18
I-4-1- Déformations synmétamorphiques.....	19
I-4-2- Déformations tardives.....	19
I-5. Minéralisations du massif de l'Edough.....	19
Conclusion.....	20
Chapitre III : Les caractéristiques climatiques.....	21
Introduction.....	22
II- Les Station climatologiques	22
III - Variations des facteurs climatiques	23
III.1. Les précipitations.....	23
III-1-2- Répartition saisonnières des précipitations	24
III-1-3- Précipitations moyennes annuelles	26
III-1-4- Coefficient pluviométrique (H)	26
III-2- Les autres facteurs météorologiques	30
III-2-1- Humidité	30

III-2-2- Le Vent	30
III-3- Les températures	30
III-3-2- Diagramme pluviométrique	31
III-4- Détermination du type du climat.....	32
III-5- Le bilan hydrique.....	33
III-5-1- L'évapotranspiration.....	33
III-5-2-- L'évapotranspiration potentielle (ETP)	33
III-5-3- L'évapotranspiration réelle (ETR)	34
III-6- L'interprétation du bilan hydrique.....	39
Conclusion.....	41
Chapitre IV : Les caractéristiques hydrogéologiques.....	42
I. Introduction.....	43
I-1- Les nappes superficielles.....	44
✓ La nappe des dunes.....	44
✓ les nappes de gneiss altérés.....	44
✓ La nappe superficielle.....	44
I-1- Les nappes profondes.....	45
✓ La nappe des cipolins.....	45
✓ la nappe des graviers	45
II- Piézomètre de l'aquifère	46
II-2- Inventaire des points d'eau.....	46
II-3- Carte piézométrique	47
II-3-1- Interprétation des cartes piézométriques.....	47
II-3-1-1- Calcul du gradient hydraulique.....	47
II-3-1-2- Interprétation des cartes piézométriques.....	48
A - Carte piézométrique du mois de Mars 2006.....	48
B - carte piézométrique du mois de Juillet 2006.....	49
Conclusion.....	50
Chapitre V : Hydrochimie.....	52
I. Introduction.....	53
II. Méthode de prélèvement.....	53
III. Résultats et interprétations.....	54
III.1. Paramètres physiques.....	54
✓ Analyse d'ensemble	54
✓ Analyse de détail	55
1- Le Ph.....	55
III-1-C- Conductivité électrique.....	55
III-1-D- Taux de salinité (TDS)	56
III-2- Paramètres chimiques.....	56
III-2-1-L'éléments majeurs.....	56
III-2-1-A- Calcium (Ca^{2+}).....	56
III-2-1-B- Magnésium (Mg^{2+}).....	57
III-2-1-C- Chlorure (Cl).....	57
III-2-2- Les Nutriments	58
III-2-2-A- Phosphate PO_4^{3-}	58
III-2-2-B- Nitrite NO_2	60
III-2-3- Les ETM	61
III-2-3-A- Le plomb Pb.....	61
III-2-3-E- Le Manganèse Mn.....	62
III-2-3- H- Fer total (Fe)	63
III-3-Sources de pollution inventoriées dans la zone d'étude	63
III-3- Mise en évidence d'une pollution organique	64
III-3-1- La demande biochimique en oxygène (DBO5)	64

IV- Mise en évidence d'une pollution par la méthode de la fréquence de dépassement.....	65
IV-1- Méthode de la fréquence de dépassement.....	65
a)- Cas d'une situation optimiste	66
b)- Cas d'une situation pessimiste	67
IV-2- Calcul les pourcentages des points d'eau de dépassement (les points d'eaux qui représente une pollution.....	69
a) – pourcentage du Cuivre	69
b) – pourcentage du Plomb	70
c) – pourcentage du Manganèse.....	70
e) – pourcentage du Chrome.....	70
j) – pourcentage du Fer.....	70
h) – pourcentage du Nitrite.....	71
i) – pourcentage du Phosphate.....	71
Conclusion.....	72
Chapitre V :Pollution de l'air.....	73
I-Introduction.....	74
II-Présentation de l'atmosphère	74
II-1- Les sources de pollution de l'air	75
II-1-2-Sources fixes.....	75
➤ Les procédés industriels.....	75
➤ Les Foyers domestiques.....	75
➤ Les Sources Automobiles.....	75
II-2-Types de pollution Atmosphérique	76
II-2-1- pollution locale.....	76
II-2-2- pollution régionale	76
II-2-3-Pollution global	76
III-Le secteur industriel	77
IV-Intensité du trafic routier d'Annaba	78
IV-1-La station de Kouche Nourdinne	79
IV-2-La station Gare Routière Sidi Brahim.....	79
V -La surveillance de la qualité d'air	80
V-1- Description du réseau	80
VI- La Pollution de l'air.....	81
VI-1-Types de polluant	81
VI-1-2-Polluants primaires	81
VI-1-2-1-Les oxydes d'azote (NO ₂ et NO)	81
VI-1-2-2- Monoxyde de carbone (CO)	82
VI-1-2-3-Dioxyde de soufre (SO ₂)	82
VI-1-2-4-particules en suspension	82
VI-1-2-5- Composés organique Volatiles (COV)	82
VI-2-Les Polluants secondaires	82
VI-3-La Dispersion des polluants.....	82
VI-4-La durée de vie des polluants.....	82
VI-5-Les Concentrations Maximales des polluants.....	83
VI-6-La pollution acide et ses effets sur l'environnement	83
➤ Leffets sur l'homme.....	83
➤ L'effets sur les animaux	84
➤ L'effets sur les végétaux.....	84
➤ L'effets sur l'eau.....	85
➤ L'effets sur les métaux	85
VII- Les paramètres de mesures	85
VII-1-Les données météorologiques.....	85

VII-1-1-Régime thermique.....	85
VII-1-2-Humidité.....	86
VII-1-3-Le vent	87
VII-2-Les polluants Atmosphériques.....	88
VII-2-1-Les oxydes d'Azotes	88
➤ NO _x	88
➤ NO ₃	89
➤ NO ₂	89
VII-2-2-Monoxyde de Carbone (CO)	90
VII-2-3-Oxyde de Soufre (SO ₂)	90
VII-2-4-Poussières PS.....	91
VII-3-la Qualité de l'air	92
Conclusion.....	92
Conclusion générale	93
Bibliographie.....	97

Liste des figures :

Figure N°1. Situation géographique de la zone d'étude.....	3
Figure N°2 Carte Géomorphologique de la région étudiée.....	4
Figure. N° 3 : Réseau hydrographique de la plaine de Annaba" et le bassin versant de la zone d'étude.....	6
Figure N°4 : Carte géologique des plaines de la région de Annaba (D'après Strojexport, 1975 ; modifié).....	12
Figure. N° 05 : Situation géographique du massif de l'Edough. (d'après Hilly, 1962 modifiée).....	13
Figure. N° 06 : Colonne lithologique du massif de l'Edough (Aissa D. E, 1985)	16
Figure N°07 Emplacement des stations étudiées.....	22
Figure N°08 : Histogrammes des variations des pluies mensuelles aux stations considérées	24
Figure N°09 : Répartition Saisonnière des pluies pour chaque station.	25
Figure. N°10 : a, b, c, et d : Variations interannuelles des précipitations.	29
Figure N°11 : Histogrammes des variations des Températures mensuelles pour les stations Les salines et Séraïdi, (1980-81/2006-07)	31
Figure N°12 : Diagramme Pluviothermiques (1980-9181/2006-2007)	31
Figure. N° 13 : Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) Pour chaque Station (1980-81/2006-07)	38
Figure N°14 : Coupe schématique du système aquifère d'Annaba	43
Figure N°15 : Schéma hydrogéologique de la plaine de Kherraza	46
Figure. N°16 : Carte d'inventaire des points d'eau dans la zone d'étude. "D'après Messaoudi S et Toumi N "	47
Figure N°18 : Carte piézométrique de la plaine de Kherraza Mars 2006 (In Messaoudi S et Toumi N 2006).	49
Figure N°19 : Carte piézométrique de la plaine de Kherraza, mois de Juillet 2006 (In Messaoudi S et Toumi N).	50
Figure N°20: Carte d'emplacement des points prélevés	54
Figure N°21 : Variations spatio-temporelles du pH (février et juillet)	55
Figure N°22 : Variations spatio-temporelles de la conductivité	56
Figure N°23 : Variations spatio-temporelles de la TDS	56

Figure N°24: Variations spatio-temporelles du (Ca^{2+})	60
Figure N°25 : Variations spatio-temporelles du (Mg^{2+})	60
Figure N°26: Variations spatio-temporelles du (Cl^-)	61
Figure N°27: Variations spatio-temporelles du (PO_4^{3-})	62
Figure. N° 28 : Carte du profils de la Variations spatio-temporelles du (PO_4^{3-})	62
Figure N°. 29: Variations spatio-temporelles du (NO_2)	63
Figure. N° 30 : Carte du profils de la Variations spatio-temporelles du (NO_2)	64
Figure.31: Variations spatio-temporelles du (Pb)	66
Figure N° 32 : Variations spatio-temporelles du (Mn)	66
Figure N°33 : Variations spatio-temporelles du (Fe)	67
Figure. 34 : Variations spatio-temporelles du (DBO_5)	68
Figure N° 35. L'axe routier de la plaine Ouest.	79
Figure N°36 : Implantation des stations SAMA SAFIA, à travers la ville de Annaba.	81
Figure N° 37 : Evolution de la température dans la station d'Annaba et El Bouni durant la période (S2 2002 à S1 2004)	86
Figure N°38 : Evolution de l'humidité dans la station d'Annaba et El Bouni durant la période (S2 2002 à S1 2004)	86
Figure N° 39 : Rose des Vents 1994-2006 de la région d'Annaba	88
Figure N° 40 : Concentration maximale journalière de NO_x la période (S2 2002,2003,S1 2004)	88
Figure N° 41 : Concentration maximal journalière $\text{NO}_3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période (S2 2002 à S1 2004)	99
Figure N° 42 : Concentration maximale journalière de $\text{NO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période (S2 2002 à S1 2004)	99
Figure N° 43 : Concentration maximal journalière de $\text{CO mg}/\text{m}^3$ pour la période (S1 2002 à S2 2004)	90
Figure N°44 : maximale journalière de $\text{SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période (S2 2002 à S1 2004)	91
Figure N° 45 : Concentration maximale journalière de $\text{PS} \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période (S2 2002 à S1 2004)	91

Liste des tableaux :

Tableau N° 1 : Caractéristiques géographiques des stations étudiées	22
Tableau N° 2 : Variations mensuelles des précipitations aux stations étudiées.	23
Tableau n° 3: Répartition saisonnière des précipitations pour chaque station (1980-81/2006-07)	25
Tableau N° 4 : Précipitations moyennes annuelles calculée pour chaque station	26
Tableau N° 05 : Coefficient pluviométrique calculé	27
Tableau N° 06 : Les années excédentaires et déficitaires pour chaque station	29
Tableau N° 07 : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative et la vitesse du vent dans la station des Séraidi et les Salines	30
Tableau N° 08: Températures moyennes mensuelles et annuelles	30
Tableau N°09 : Estimation des valeurs de la RFU selon la formule de Hallaire (P. Brochet et al).	36
Tableau N°10 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite Pour la station des salines(1980-81/2006-07)	36
Tableau N°11 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwait Pour la station des Berrahal(1980-81/2006-07)	37
Tableau N° 12 : Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite Pour la station de Séraidi(1980-81/2006-07)	37
Tableau N° 13: Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwait Pour la station de Pont Bouchet (1980-81/2006-07)	38
Tableau N° 14 : Résultats de la statistique élémentaire (T, pH, CE, TDS).	54
Tableau N° 15 : Indication statistiques PO_4^{3-} et NO_2 .	58
Tableau N°16 : Etude statistique des métaux lourd	61
Tableau N°17: Valeurs Guides (N)	66
Tableau N°18 : Concentration moyenne (C)	66
Tableau N° 19 : Les résultats de (N – C)	67
Tableau N°20: Concentration maximales calculées	68
Tableau N° 21 : Les résultats de (N – C)	68
Tableau N° 22 : Constitution de l'enveloppe atmosphérique Source : (Grisard et doterrep, 1972)	75
Tableau N° 23 : Evaluation des Emissions des polluants des Véhicules roulantes (Source : Bouscaren,1982)	76

Tableau N° 24: Estimation des rejets NO _x par jour, Après le projet de la banque mondiale: (ASMIDAL 2002)	78
Tableau N° 25 : Trafic Routier au Niveau de deux stations (Kouche Nourdine, Sidi brahim) (Annaba 2005-2006)	80
Tableau N° 26 : Trafic routier suivant différents types de réseau (Annaba 2005-2006)	80
Tableau N° 27: Durée de vie des polluants	82
Tableau N°28 : Concentrations maximales des polluants	83
Tableau N°29: La prédominance des vents au cour de la période 2002-2004	87
Tableau N°30 : L'évolution de la qualité de l'air dans les agglomérations d'Annaba (Période 2002-2004)	92

Introduction générale :

Dans le monde la qualité des eaux et de l'air subissent une grande détérioration à cause des rejets urbains, industriels, trafic routier, et de l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture.

En Algérie, la plaine d'Annaba est particulièrement soumise à une pollution généralement industrielle. Le problème de pollution dans cette région, n'a vraiment commencé à devenir inquiétant, lorsque la crise économique a poussé certaines unités industrielles à sacrifier le critère « Environnement » au profit de la production.

Les polluants sont présents en quantité plus ou moins importante. Après l'analyse détaillée des eaux superficielles et de l'air, nous nous sommes particulièrement intéressé dans ce mémoire la zone de la plaine ouest d'Annaba.

La lutte contre la pollution de l'environnement exige le recensement des sources éventuelles de pollution « d'origine industrielle, agricole ou urbaine », la connaissance de la nature et du caractère du polluant (toxique ou nocif), ainsi que sa teneur par rapport aux normes.

Pour cette raison nous avons effectué cette étude pour faire le point sur l'état actuel des rejets et sur leurs impacts sur les eaux superficielles et l'air.

Dans cette optique notre travail est structuré en six chapitres qui sont les suivants :

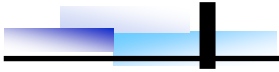
* Le premier chapitre a été consacré à la description de la zone d'étude on présentant ces caractéristiques physiques et naturelles.

* Le deuxième chapitre traite la géologie en s'appuyant sur les études antérieures, qui montrent l'affleurement de deux types de formations ; les formations métamorphiques présentent au niveau du massif de l'Edough et la couverture sédimentaire.

* Le troisième chapitre est consacré à l'étude climatique qui montre que la région soumise à un climat méditerranéen avec deux périodes distinctes, l'une chaude et sèche et l'autre froide et humide.

* Le quatrième chapitre a pour objectif de définir le système aquifère de la zone d'étude. Ce dernier constitué de deux nappes, l'une superficielle et l'autre profond.

* Le cinquième chapitre et le sixième chapitre c'est l'objectif de notre travail cerne a l'identification des différents types de pollution dans les eaux et dans l'air en définissant leur évolution spatio-temporelle et ses origines probables.



I-Situation géographique :

La plaine de Annaba est bordée à l'Ouest par le massif de l'EDOUGH dominant la ville de Annaba et le lac Fetzara situé plus au Sud. Elle est limitée au Sud par les monts de la Cheffia. Elle est bordée au Nord par la mer Méditerranée et à l'Est par Bouteldja. Cette région constitue la basse plaine de l'Oued Seybouse. Elle peut être subdivisée en plusieurs unités géographiques :

-plaine de Annaba Ouest entre le lac Fetzara et l'oued Seybouse (dépression du lac Fetzara)

-plaine de Annaba centre, localisée entre les Oueds Seybouse et Bounamoussa.

- les marécages de Mekrada, constituant la limite Est de la zone d'étude.

La plaine côtière ainsi définie est située à une altitude inférieure à 150 m dans sa partie amont.

Cette plaine se caractérise également par deux importantes chaînes de montagnes littorales correspondent à des crêtes souvent allongées et arrondies dont les altitudes varient entre 200 et 400 m (monts de Cheffia). Le mont de l'EDOUGH est nettement séparé des reliefs, situés au Nord Ouest sa masse principale est plongée en direction du nord à 55° Est, la ligne de crête, relativement rectiligne et longue de 26 Km, débute au Nord du lac Fetzara, elle s'élève rapidement à plus de 600 m pour culminer à 1008 m d'altitude au Kef Sebaa et redescend à 867 m vers Seraidi, elle s'abaisse ensuite régulièrement jusqu'au cap de Garde au Nord de la ville. La zone d'étude se localise dans la partie Ouest de la plaine d'Annaba, ses limites sont :

- Au Nord la mer Méditerranée, à l'Ouest le massif de l'EDOUGH, au Sud la commune d'El Bouni et à l'Est l'Oued Seybouse.

Le site étudié est caractérisé par une topographie plane, marquée par des inclinaisons sur les bordures Ouest et Sud dues à l'anticlinal formé par le massif de l'Edough, Bellelita et la chaîne Numidique de Ain Berda.

Les principaux facteurs physiques déterminant les caractéristiques du réseau hydrographique sont la géomorphologie, la nature du sol, le climat et le couvert végétal.

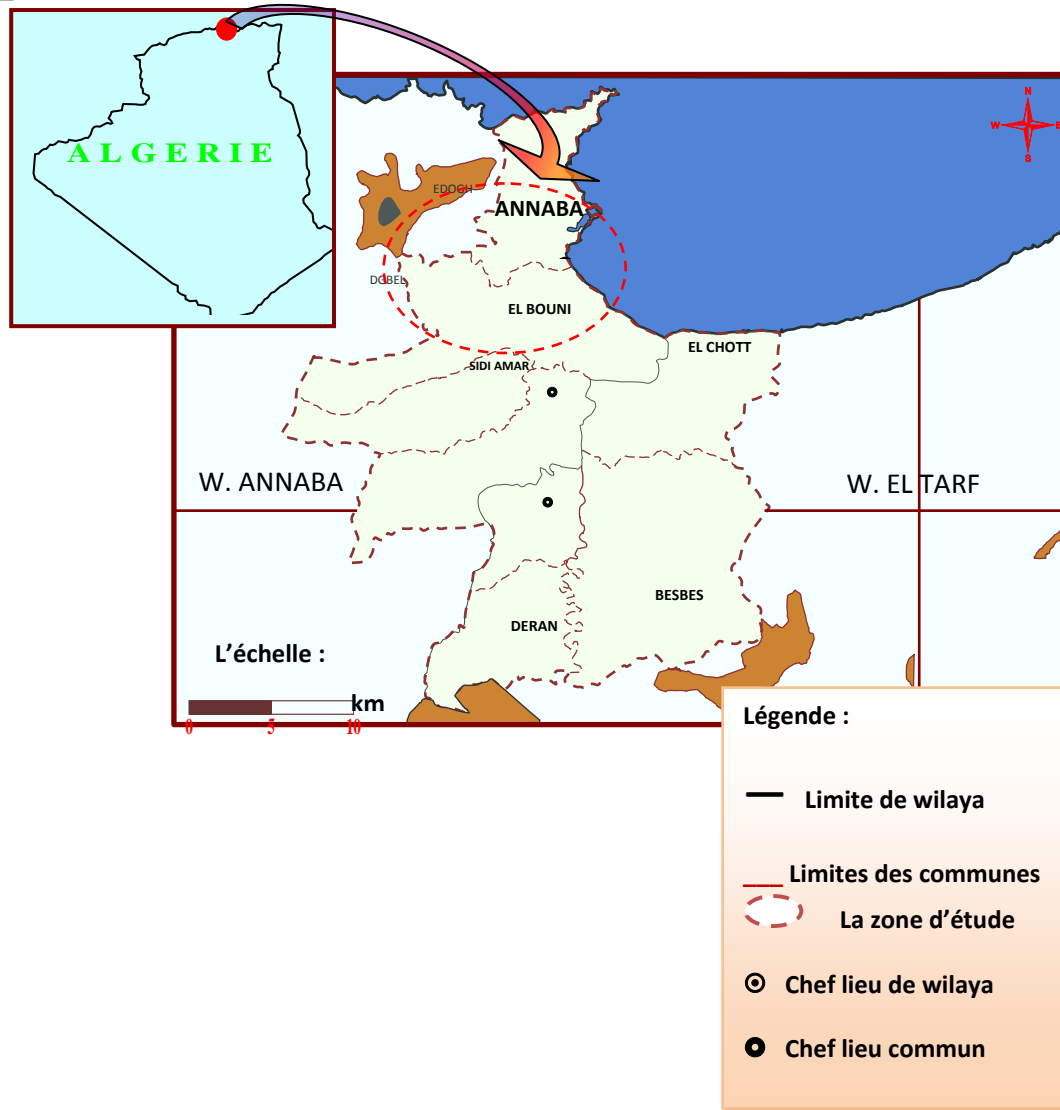


Figure N° 1: " Carte de situation géographique de la plaine de ANNABA"

I-2- Aperçu Economique :

La wilaya d'Annaba est la capitale industrielle de l'est Algérien, elle est divisée en 12 (douze) communes et comprend 584845 habitants. Cette population est surtout concentrée autour des zones fortement industrialisées : Annaba, El Hadjar, El Bouni et Sidi Amar. Les complexes industriels les plus importants (AECELOR MITTAL et ASMIDAL), se localise au niveau de la commune de Annaba ou dans les communes les plus proches.

I-3- Géomorphologie :

La région de Annaba se caractérise par des monticules dont l'altitude est supérieure à 40m, des dépressions particulièrement le lac Fedzara dont l'altitude oscille entre 20 et 40 m et la plaine de Annaba proprement dite avec 11 mètres d'altitude.

La région est caractérisée par plusieurs sous bassins versant , nous commençons par le sous de l'Oued Bouhdid (superficie de 2182 ha), le sous bassin versant de l'Oued Sidi Harb,(875 ha de superficie), le sous bassin versant de l'Oued Fourcha (712 ha de superficie) et le sous bassin de l'Oued Bou Djamaa avec une superficie de 4685 ha., ces quatre sous bassins vont faire l'objet de notre étude

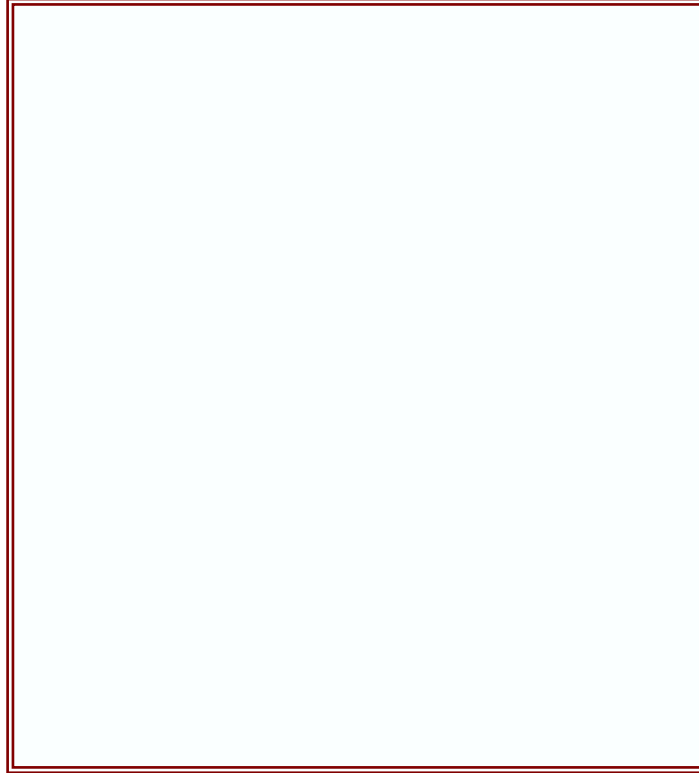


Figure N° 2: Carte Géomorphologique de la région étudiée

I-3-a- Les montagnes :

Au contact brutal de la plaine d'Annaba et la mer s'élève l'entité cristallophyllienne du massif de l'Edough témoin des évènements géologiques et tectoniques complexes. La masse principale de ce massif qui a l'allure d'un dôme anticlinal est limitée au sud ouest par la dépression du lac Fetzara, à l'est par la plaine d'Annaba et au nord par la mer.

La ligne de crête longue et relativement rectiligne suit une direction sud-ouest, nord-est en débutant de la bordure du lac Fetzara au sud-ouest, s'élève rapidement à plus de 600 m à koudiet El-

Rohna, atteint 1008 m à Kef Sbaa (point culminant) puis s'abaisse régulièrement pour s'achever par la presqu'île du cap de garde.

Les principaux versants du massif de l'Edough sont assez dissymétriques : le versant nord-ouest profondément entaillé par de nombreux oueds descend progressivement après une série de crêtes étagées en direction du nord jusqu'à la mer où se forme le promontoire rocheux de la Voile Noire et du Pain de Sucre.

Le versant sud-ouest dont les lignes orographiques sont encore moins brutales s'abaissent lentement jusqu'à l'oued Aneb.

Par contre le versant sud-est est beaucoup plus raide ; sur une distance approximative de 3,5 km entre Seraidi et la vallée de l'oued Oureida on a une dénivelée de 800 m.

D'autre part au sud-est, deux chaînons parallèles séparés par la plaine des Kherazas viennent se greffer au Djebel Edough.

Le massif de Boukantas dont le point culminant est à 586 m se prolonge par le Kef N'Sour et les trois mamelons de la ferme Duzer jusqu'à la butte témoin du cimetière israélite.

Le Djebel Bellileita (288 m) que termine le massif de Bouhamra jusqu'à la butte de la basilique Saint Augustin.

A l'ouest de la zone d'étude, le massif de l'Edough est isolé du djebel Belelieta par une vallée à fond plat qu'empruntent la voie ferrée, et la route (R.N.44) il s'agit là d'une fosse ouest-est d'effondrement entre les Djebels Edough et Belelieta (287 m) ouvrant ainsi une dépression vers la mer Méditerranée.

I-3-b- La plaine de Annaba :

La zone d'étude appartient à la plaine de Annaba qui s'étend entre les coteaux de Annaba, le pied du Djebel l'Edough, les terminaisons du Boukantas et du Bouhamra fait suite à la plaine de kherazas. Autrefois en partie couverte de marécages, elle est aujourd'hui presque entièrement assainie. Les seuls marécages permanents qui subsistent se trouvent au pied du massif de Kef N'Sour à l'endroit du passage de l'ancien lit de l'oued Boudjamaa et à l'entrée de la ville d'Annaba entre la butte de la basilique Saint Augustin et le cimetière Israélite.

I-3-c- Le cordon dunaire littoral :

C'est une série de dunes sableuses d'origine éolienne et marine qui longent la mer du nord ouest au sud-est depuis la cité Seybouse à l'ouest et El-Kala à l'est. Ces dunes dont l'altitude et la largeur augmentent de l'ouest à l'est isolent la grande plaine de Annaba de la Méditerranée en formant une

barrière naturelle qui gêne l'écoulement superficiel des eaux de certains réseaux hydrographiques comme celui du Khelidj du Bou Kamira et de la Mafragh.

A l'intérieur du périmètre d'étude ces dunes n'occupent qu'une bande de 500 m à 700 m de largeur qui s'élève au dessus de la mer de 3 m au niveau de la cité Seybouse à 18 m en face de l'aéroport.

I-4- Réseau hydrographique :

Les principaux facteurs physiques déterminant les caractéristiques du réseau hydrographique sont la géomorphologie, la nature géologique du terrain, le climat et la végétation.

Ainsi, la partie montagneuse à versants raides constitués généralement de roches dures est sillonnée par un important réseau hydrographique dense et ramifié (chaâbets) à écoulement torrentiel temporaire. Ces chaâbets convergent en aval pour former des oueds dont l'écoulement trouve des difficultés à atteindre la mer à l'Est et au Nord-ouest après de nombreuses ondulations de leurs cours en raison de la faible pente de la plaine et de la barrière dunaire littorale. C'est à ce niveau que les débordements sont les plus fréquents et où subsistent de grandes étendues marécageuses.

Les principaux canaux de dessèchement ouverts pour le drainage du lac Fetzara au Sud-ouest, les marais de la plaine de Benazouz à l'Ouest et les marais de la Mekrada et de Boukhamira à l'Est restent insuffisants pour résoudre la stagnation des eaux pluviales.

Ainsi de grands travaux hydrauliques sont à prévoir pour la maîtrise et la régularisation des eaux superficielles qui pourraient constituer un apport hydrique important pour le développement socio-économique de la région.

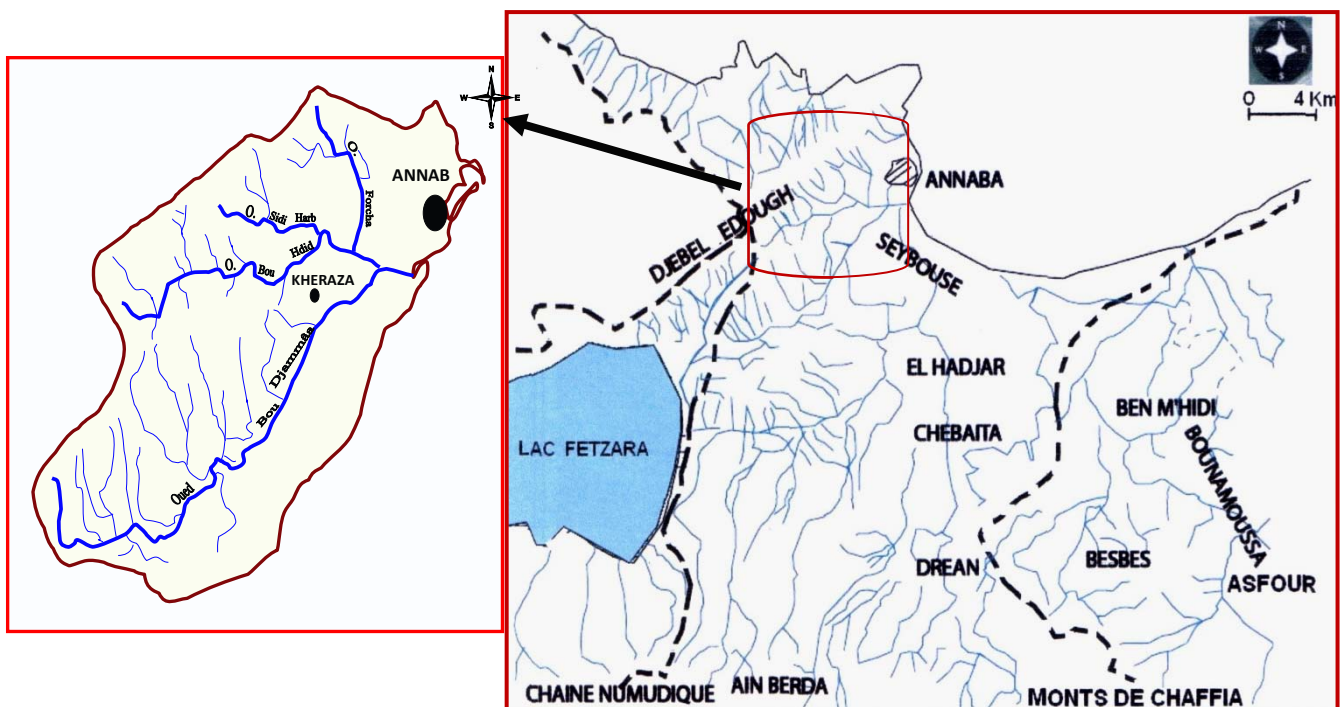


Figure. N° 3 : Réseau hydrographique de la plaine de Annaba" et le bassin versant de la zone d'étude

La morphologie du terrain du périmètre d'étude détermine quatre grands bassins versants :

A – Le sous bassin versant de l'Oued Boudjemaâ (sans le canal de l'oued Eddeheb) :

Le collecteur principal (Oued Boudjemaâ) de ce grand bassin de 4.685 ha draine les versants Sud du massif de Bougantas et Kef N'sour, les versants Nord du massif de Bellelieta et les versants Ouest et Nord du Bouhamra. Ce couvert végétal se compose en général de maquis clairs localement denses et quelques zones de reboisement d'Eucalyptus.

Les faibles pentes de la vallée de Kherraza dans laquelle l'Oued coule du Sud-ouest au Nord-est ne facilitent pas l'évacuation des eaux, qui lors des crues, débordent en plusieurs endroits. Par contre les pentes des talwegs qui drainent les versants sont assez fortes.

C'est ainsi que les parties centrales et aval de la plaine de Kherraza jusqu'à Bouhamra sont souvent inondés ou marécageux.

Cette plaine assez large est constituée d'un dépôt alluvionnaire d'origine fluviale et laguno-marin plus fins que celui de la vallée de Oued Bouhdid (limons, sables, argiles, vases).

A la hauteur de Bouhamra, l'oued Boudjemaâ reçoit les eaux du canal de l'oued Eddeheb (collecteur des oueds Bouhdid, Sidi Harb et Forcha) avant de déboucher dans la mer entre la cité Seybouse et le complexe industriel « ASMIDAL ».

De l'analyse des bassins versants dominants la ville d'Annaba on retient ce qui suit :

- Les mêmes types de végétation couvrent partiellement l'ensemble des bassins versants,
- Les bassins disposent d'un certain nombre d'équipements de protection et de drainage qui, par manque d'entretien permanent, ne jouent pas pleinement leurs rôles.
- Les parties pentues et peu urbanisées sont restées pratiquement intactes hormis celles qui ont été incendiées. Par contre, les parties plus douces sont sérieusement dégradées.

L'ensemble des versants relativement assez accidentés se termine brutalement par des vallées et des plaines douces où les débordements des oueds sont plus fréquents.

B- le sous bassin versant de l'Oued Forcha :

Ce bassin d'une surface de 712 ha est constitué d'un sol à texture grossière dominée par les gneiss. Les versants Est et Nord-est jusqu'au 8^{ème} Km de la route de Annaba Seraidi où la ville a pu localement s'étendre (lotissement Oued Forcha) ont des pentes relativement moins fortes par rapport à l'ensemble du bassin. Le couvert végétal appauvri par le surpâturage, les défrichements et les incendies est composé de broussailles dans les parties Est et Nord-est et de maquis denses, d'oliviers et de chêne liège dans les parties Ouest et supérieure du bassin versant. Cette dernière zone est caractérisée par des pentes fortes est difficilement accessible pour que l'on puisse l'exploiter pour le pâturage, l'implantation humaine et les défrichements. A travers la cité Oued Forcha, l'oued a été canalisé par un dalot enterré sur près de 500 m

de longueur. De là l'oued continue son parcours à travers la plaine de la Cité El Moukaouama pour se brancher sur le canal de Oued Eddeheb.

C- Le sous bassin versant de l'Oued Sidi Harb :

Ce sous bassin occupe une superficie de 875 Ha, il est constitué d'un sol gneissique à pentes assez fortes notamment à l'amont de Sidi Othmane où l'accessibilité devient très difficile. En aval de Sidi Othmane, la végétation est surtout composée de maquis plus dense qu'en amont.

La transition entre le thalweg amont très pentu et le thalweg aval se fait au niveau de cimetière de Sidi Harb et la jonction avec le canal « URBAN ».

D- le sous bassin versant de l'oued Bouhdid :

Ce bassin d'une superficie de 2.182 ha est drainé par un réseau hydrographique dense et ramifié remontant jusqu'aux hauteurs de Seraidi -Bouzizi et Bougantas.

Ce sous bassin est protégé par une végétation assez dense, constituée principalement de chêne liège de maquis et des reboisements d'Eucalyptus, à l'exception des parties incendiées du versant Nord du djebel Bougantas. Le cours d'eau principal de l'oued coule dans une vallée à faibles pentes constituée d'un dépôt alluvionnaire grossier (limons, sables, graviers et galets roulés) tandis que les thalwegs qui drainent les versants sont composés d'un sol gneissique d'assez fortes pentes.

I-5- Le couvert végétal des sols :

L'ensemble du territoire montagneux du périmètre d'étude est dominé par une forêt à base de maquis et broussailles de type méditerranéen qui s'étend sur une superficie assez importante de 6650 ha soit 26 % du périmètre d'étude.

Les espèces végétales les plus répandues de ce maquis sont les Cistes (أم العلية), Bruyères (بوحداد), Lentisques (الدرو), Myrtes Arbousiers (الريحان), Diss, Gendouls et les Oliviers nains (شجر زيتون).

Le bois naturel qui autre fois était plus développé ne subsiste pratiquement qu'au fond de la vallée de l'oued Oureida sous forme de chêne liège. Partout ailleurs il a été détruit par les nombreux incendies depuis l'époque coloniale.

Des les années 70 des travaux forestiers ayant pour but la mise en valeur et la protection de cet environnement ont été entrepris par la création des tranchées pare-feux, des pistes forestières, des banquettes de drainage des eaux pluviales et des reboisements d'Eucalyptus et de pin Maritime.

Malheureusement ces réalisations sont à leur tour en voies de dégradation par l'absence d'entretien et surtout les incendies.

Ces reboisements se retrouvent principalement sur les hauteurs d'oued Zied, oued Nil, Hdjar Ediss, sur les versants du djebel Boukhantas, sur Kef N'Sour, aux environs du cimetière Sidi Harb et à l'intérieur du parc du Cap de Garde.

Les vallées de Sidi Harb et d'Oued Forcha sont occupées par une végétation variée (oliviers, vergers, broussailles et maquis). Les terres de plaine en dehors des tissus urbanisés représentent la quasi-totalité des terres agricoles du périmètre d'étude.

Ce sont des terres alluvionnaires d'origine fluviale et laguno-marin à haute valeur agropédologique où toute sorte de culture peut être pratiquée.

Certaines terres comme celles de la bordure du lac Fetzara, de Kheraza aux environs de l'ancien confluent oued Boudjamaa – oued Méboudja ne sont exploitées que pratiquement ou pendant la saison sèche à cause de la stagnation des eaux en saison pluviale.

Conclusion :

L'étude géomorphologie nous a permis de distinguer trois formes morphologiques : les reliefs montagneux qui correspondent à la retombée des djebels Edough au Nord et les massifs de Bellileita au Sud Ouest et Bouhamra au Sud, le cordon dunaire d'origine éolienne et marine qui longe la mer du nord ouest au sud-est depuis la cité Seybouse à l'ouest et El-Kala à l'est et la petite plaine de Annaba qui s'étend entre les coteaux de Annaba, le pied du Djebel l'Edough et les terminaisons du Boukantas et du Bouhamra

Le réseau hydrographique est caractérisé par quatre oueds principaux constituent les sous bassins de la région d'étude : le sous bassin versant de l'oued Forcha, le sous bassin versant de l'oued Sidi Harb, le sous bassin versant de l'oued Bouhdid et le sous bassin versant de l'oued Boudjemàa, ce dernier est le principal oued, il comporte plusieurs affluents.

La connaissance des formations géologiques et de leurs caractéristiques, donne un aperçu sur les successibilités hydrauliques. L'étude géologique est donc importante primordiale quand on doit réaliser une étude hydrogéologique de détails.

I-Introduction :

La région de Annaba, fait l'objet de plusieurs études géologiques. Ces dernières ont été réalisées par des chercheurs nationaux et internationaux. Dans son travail J.M.VILA, 1980, qualifie le massif de l'EDOUGH, comme étant un massif cristallophyllien, situé sur la côte algérienne, il se présente comme une antiforme de gneiss et micaschistes de 50 Km de long sur 20 Km de large et d'orientation axiale N 60° à intercalation de marbre-amphibolite et de schiste satinés. Il s'élève brutalement au dessus de la mer et des plaines environnantes jusqu'à plus de milles mètre (1000m).

Il est constitué par un empilement de plusieurs unités qui forment un dôme de foliation allongé selon la direction NE-SW (Hily, 1975 ; 1962 ; Brunel *et al.* 1988 Gleizes *et al.*,1988), ce massif est caractérisé par une lithologie variée, on y distingue un complexe cristallophyllien qui est la partie essentielle du massif, des formations magmatiques et sédimentaires qui sont localisées principalement dans la partie Est du massif.

La couverture géologique du territoire des quatre communes Annaba, El-Bouni, Sidi Amar et El Hadjar a été identifiée à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50000 de Annaba, Seraidi, Ain Berda et Dréan.

Le terrain en question chevauche sur diverses formations géologiques d'origine sédimentaire, métamorphique et éruptive attribuées aux Paléozoïque, Cénozoïque et Quaternaire qui correspondent à quatre grands ensembles tectoniques et structuraux :

Le massif Cristallophyllien de la région de Annaba, l'Edough constitue la terminaison Est de la ligne des crêtes des massifs Kabyles. Il forme aujourd'hui un dôme anticlinal sous l'aspect d'une amygdale elliptique dont l'axe orienté SW – NE se prolonge au-dessus du lac Fetzara par les coteaux de Berrahal.

Au relief principal, s'ajoutent à l'Est le djebel Bougantas, le Kef N'sour et le Bouhamra, les coteaux de Annaba et enfin le promontoire du Cap de Garde qui est tranché brusquement par l'affaissement méditerranéen.

Cet ensemble montagneux de structures complexes (faillé et plissé) est affecté par toutes les phases tectoniques depuis le Paléozoïque. Il apparaît comme tout a fait indépendant du reste de la région de Annaba dont l'orogénie se lie à la terminaison orientale de la chaîne Numidique.

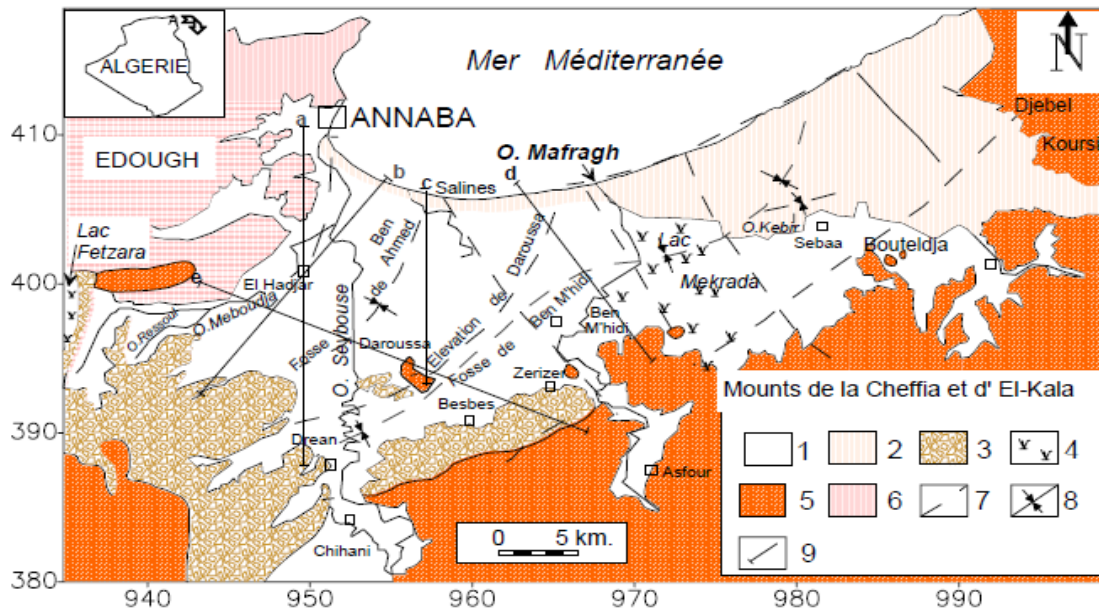


Figure N° 4 La carte géologique des plaines de la région de Annaba (in Hani 2003).

Légende : 1 : Alluvions récentes et actuelles ; 2 : Dunes; 3 : Alluvions anciennes; 4: Marécage ou lac ; 5 : Grés et argile numidiens ; 6 : Formations métamorphiques ; 7: Faille ; 8 : Axe des fosses ; 9 : Tracé de coupe.

I- Cadre géologique régional :

Le massif de l'Edough, situé sur la côte algérienne, dans la région d'Annaba est un massif cristallophyllien, le plus oriental de la côte algérienne, il se présente comme une antiforme de gneiss et micaschistes de 50 Km de long sur 20 Km de large et d'orientation axiale N 60 à intercalation de marbre-amphibolite et de schiste satinés (J.M.VILA, 1980).

Le massif de l'Edough est caractérisé par une lithologie variée, on y distingue un complexe cristallophyllien qui est la partie essentielle du massif, des formations magmatiques et sédimentaires qui sont localisées principalement dans la partie Est du massif.

Il a fait l'objet de plusieurs études géologiques (Hilly, 1962; Vila, 1970; Gleizes et al., 1988; Marignac et Zimmermann, 1983; Marignac, 1985; Bouguerra, 1990 ; Monié et al., 1992; Hammor, 1992; Aissa et al., 1995; Hammor et Lancelot, 1998; Laouar et al., 2002) et il est considéré comme faisant partie des zones internes de la chaîne alpine de l'Afrique du Nord, associée à la collision de la plaque africaine et européenne durant la période Oligo-Miocène (Auzende et al. 1975; Bouillin, 1979; 1986; Cohen, 1980; Maurey et al., 2000; Laouar et al. 2005).

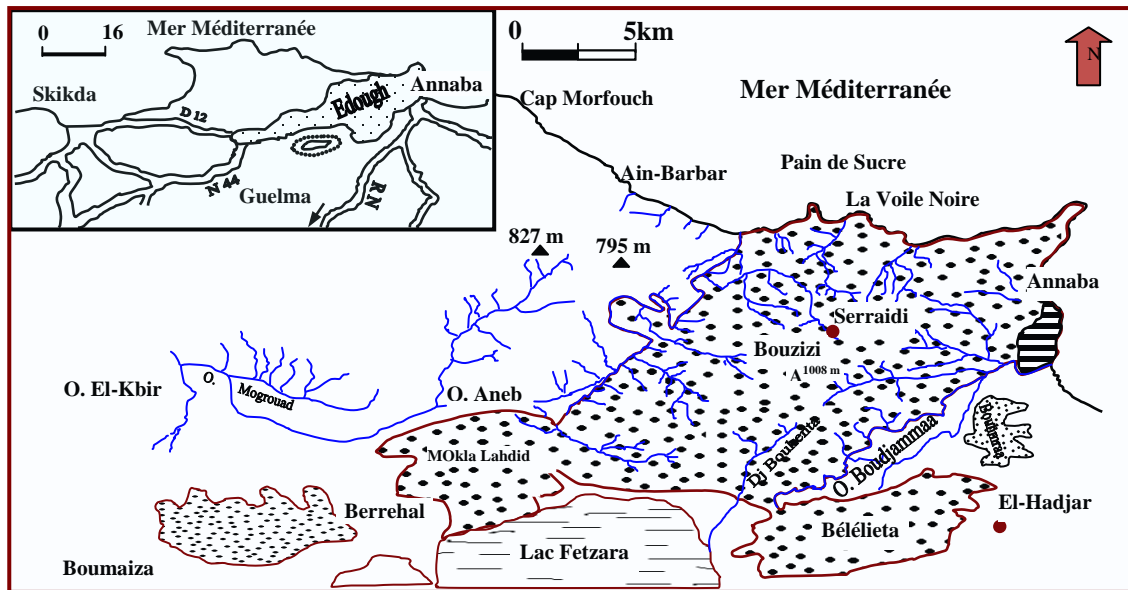


Figure. N° 05 : Situation géographique du massif de l'Edough. (d'après Hilly, 1962 modifiée)

Le complexe de l'Edough est composé d'une variété de roches métamorphiques d'âge Précambrien à Paléozoïque; l'ensemble de ces roches forme une antiforme d'axe NE-SW (Fig. 08).

I-1- Le complexe cristallophyllien :

D'après les nombreux travaux géologiques dont J.M. Vila, 1970 et G. Gleizes, 1988, le massif pourrait être subdivisé en trois unités.

- L'unité de base.
- L'unité intermédiaire.
- L'unité supérieure.

I-1-1- l'unité de base :

Représentée principalement par des gneiss et des micaschistes correspondant respectivement à la série gneissique de base, on y distingue des gneiss clairs des gneiss sombres et des leptynites.

L'ensemble constitue le cœur de l'anticlinal et cette unité gneissique est riche en matériel quartzo-feldspathique, en mica, sillimanite et parfois en tourmaline.

Les gneiss clairs sont pauvres en biotite et sont caractérisés par de gros yeux de feldspaths de 3 à 5 cm.

I-1-2- L'unité intermédiaire :

Elle repose sur la série gneissique. Cette série est constituée par une alternance de micaschiste et de bancs de marbre à cristaux plus ou moins bien cristallisés. Le contact entre les marbres et les micaschistes est souligné par des Skarns de réaction.

I-1-2-1 Les micaschistes :

Leur épaisseur varie de quelque mètres à 100 m, sauf au Cap de Garde où ils apparaissent en position verticale avec une structure litée, selon leur composition minéralogique il existe plusieurs types de micaschistes : micaschistes à grenat, micaschistes à grenat et andalousite, micaschistes à deux mica, micaschistes à phénoblastes de muscovite, micaschistes à grenat et staurotide, micaschistes à andalousite et à tourmaline avec plus ou moins de grenat, micaschistes à disthène.

Tous les micaschistes renferment des minéraux du métamorphisme dont certains sont visibles à l'œil nu (grenat, andalousite, staurotide et disthène). Ces minéraux sont assez bien formés et sont souvent idiomorphe.

I-1-2-2 Le marbre :

Affleure en lentilles ou en petits bancs, parfois recoupé des micaschistes. La couleur est souvent grise très claire, légèrement blanche.

I-1-3- L'unité supérieure (série des alternances) :

Cette unité est essentiellement constituée par l'alternance régulière de micaschiste souvent fortement alumineux et de quartzite feldspathique très plissotée. Dans les micaschistes alumineux à muscovite (ou) à biotite s'intercalent des "lydiennes" noirs en lits d'épaisseur centimétrique à décimétrique. La présence d'acritarches (Ilavsky et Snopkova, 1987) précise que cette série est d'âge Paléozoïque. Vers la base s'intercalent des dalles de gneiss œilles dont la puissance varie de 10 à 100 m.

I-2- Les roches ignées :

Les roches ignées du massif de l'Edough sont localisées, d'une part à la bordure Nord occidentale du massif et dans la région de Ain Barbar, d'autre part dans la partie septentrionale du massif du Cap de Fer. Ces roches font partie d'une même série calco-alcaline et peuvent être classé en grands groupes:

I-2-1 Le groupe microgranitique :

C'est le groupe le plus important dans le massif de l'Edough, comprend des roches microgrenues plus rarement à tendance microlitique. Il se présente selon le cas : en dykes, en petits pointements en bosses, et des laccolites.

I-2-2 Le groupe rhyolitique :

Les laves qui appartiennent au groupe rhyolitique n'affleurent pratiquement que dans la région située au Nord-Ouest du massif, il se présente soit en filon soit en massif.

Les rhyolites renferment des enclaves de gneiss, de micaschistes, grès numidien, flysch sénonien et microgranite au sein des rhyolites.

I-2-3- Le groupe dioritique :

Les roches du groupe dioritique sont localisées dans la partie septentrionale du massif de Cap de Fer, leur texture est généralement grenue, elles sont formées de plagioclase, de hornblende et augite.

I-2-4 Le groupe andésitiques :

Ce groupe est beaucoup moins homogène que les précédents, ils comprennent des roches allant des basaltes aux rhyolites mais qui ont, pour la plus part, un faciès andésitique.

Ce groupe ne se situe pas exactement dans le massif de l'Edough mais plutôt du côté du Cap de Fer et de Chetaibi.

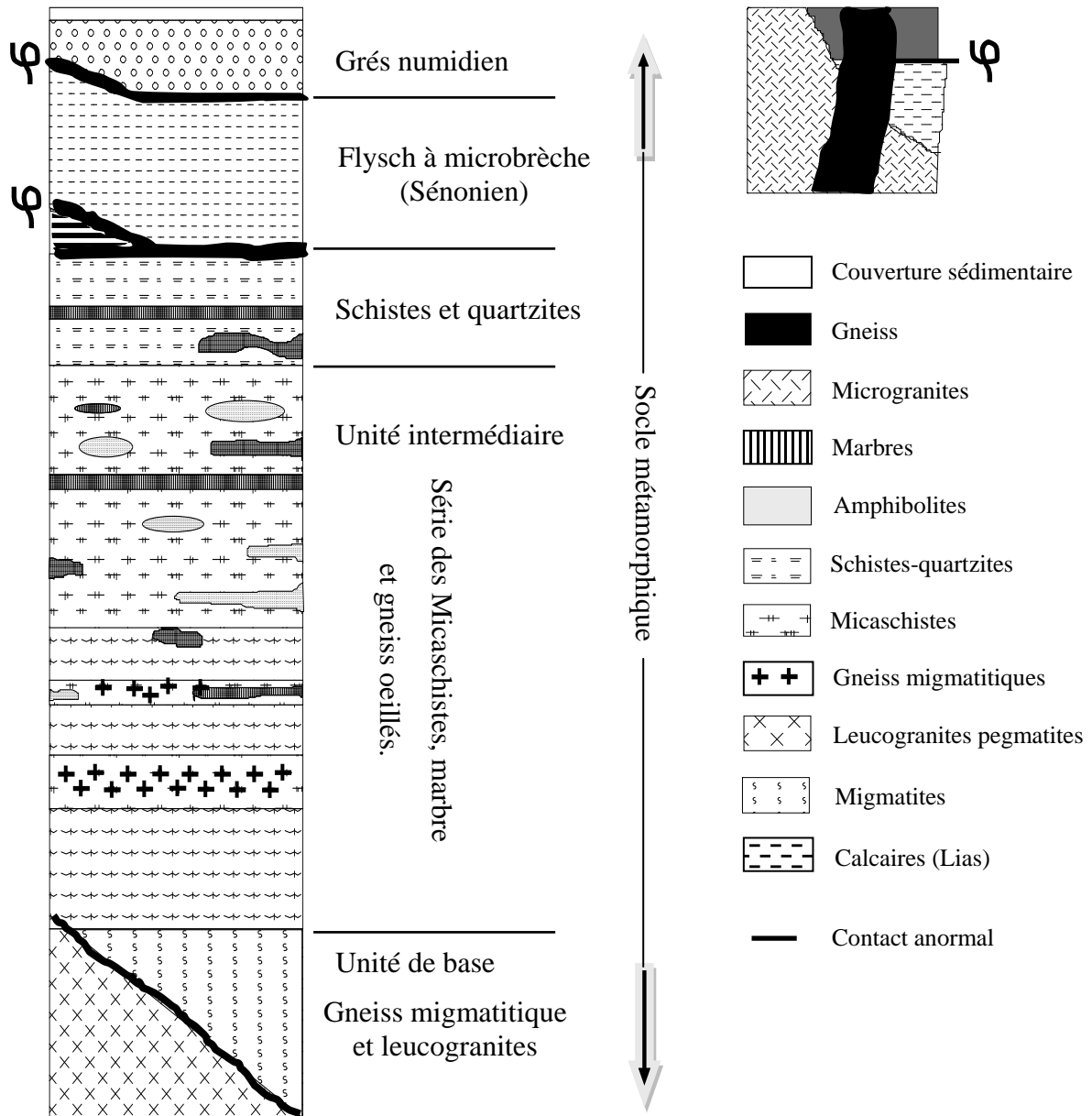


Figure. N° 06 : Colonne lithologique du massif de l'Edough
(Aissa D. E, 1985)

I-3- Les terrains sédimentaires :

Les terrains sédimentaires occupent la quasi-totalité de la plaine de Annaba et une grande partie de celui du massif de l'Edough.

On distingue les flyschs et les formations post-nappes :

I-3-1 Les flyschs ou grès numidiens :

Ils se présentent sous forme d'alternance de grès grossiers, hétérométrique à dragées de quartz et de minces couches pellicule, les argiles forment la base de cette unité.

Les flyschs numidiens reposent sur les flyschs sénoniens et sont séparés en deux par une zone bréchique intensément silicifiés et chloritisés.

I-3-2 Les flyschs sénoniens :

Ils affleurent sous le numidien en fenêtre près d'El Mellaha et Es Saf-Saf au Nord Ouest du massif. Les flyschs sénoniens présentant un aspect de schistes argileux de teinte noire, bleutée ou jaunâtre. Ils sont constitués d'un matériel quartzeux, chloriteux très fin, carbonaté ou bioclastique.

I-3-3- Le Mio-Pliocène :

Constitue le remplissage graveleux et sablo-argileux du bassin de la plaine de Annaba. Ces formations sont d'origine continentale, elles incluent des horizons graveleux et des niveaux de travertins qui constituent le réservoir de la nappe des graviers.

Ces formations sont liées aux dépôts des fosses d'effondrement. En effet, la prospection par sismique réflexion a mis en évidence l'existence de deux fosses (SONATRACH, 1969 ; Strojexport, 1975) :

- La fosse de Ben - Ahmed, orientée S-N.
- La fosse de Ben – M'hidi, orientée SW-NE.

Ces deux fosses sont séparées par le haut fond de Daroussa (ou élévation de Daroussa). Cet effondrement s'est produit au cours du Mio-Pliocène. Ces dépôts qui le remplissent forment une série continentale argilo - sableuse avec des lits de conglomérats constituant le réservoir de la nappe captive des plaines de Annaba – Bouteldja.

I-3-4 Quaternaire :

Il est constitué de formations continentales, alluvionnaires, colluviales et marines. Les études géologiques de L. Jaleaud, (1936) sur le Quaternaire dans la région de Annaba font apparaître les traits suivants :

a- Quaternaire ancien (haute terrasse), constitué par des formations alluviales (argiles, limon, sables, gravier et galets), et formant un réservoir d'eau superficielle, son altitude varie entre 75 et 150 m.

b- Quaternaire moyen, correspond à la basse terrasse de 20 à 50 m, constituée par des argiles et des sables. Elle supporte des terres cultivées. Cette terrasse se développe sur toute la région.

c- Quaternaire récent, caractérisé par des dépôts alluvionnaires, limoneux très fins, à prédominance d'argile qui couvrent indifféremment l'ensemble de la plaine (S. E. Cherrad, 1979 in N. Kherici, 1993) il correspond à la basse et la moyenne terrasse.

d- Quaternaire actuel, les alluvions sont représentées par des dépôts du lits actuels des Oueds, formé généralement de matériaux variés, argiles, sables et des cailloux, résultant de l'érosion des formations traversées par l'Oued.

Cette description géologique de la zone d'étude a montré, que les formations du Mio-Pliocène et du Quaternaire sont intéressantes du point hydrogéologique car pouvant contenir des réservoirs d'eau importants.

I-4- Tectonique :

Selon J. M. Vila, 1977 ; la tectonique de l'Algérie orientale est particulièrement complexe, généralement, on peut subdiviser la région d'étude en deux grandes unités structurales :

1-Le massif de l'Edough :

il occupe la grande partie du terrain d'étude, formé d'un socle cristallophyllien et d'une couverture sédimentaire.

2-La plaine de Annaba : constitue la partie orientale de la zone d'étude. elle a connue deux événements tectoniques distincts :

* Durant le Miocène, un enfoncement progressif du grès Numidiens, une des conséquences de la phase alpine et continue jusqu'au Miocène supérieur.

* Durant le Plio-Quaternaire, s'est produit un remplissage des matériaux détritiques, ce remplissage correspond au dépôt de deux fosses d'effondrement d'âge Mio-Pliocène.

I-4-1- Déformations symmétamorphiques :

Le socle de l'Edough a subi une histoire tectonométamorphique complexe où deux séquences d'événements peuvent être individualisées :

- a- plissements synschisteux contemporains d'un métamorphisme de type barrovien (disthène-staurotide-grenat).
- b- plissements synschisteux et cisaillements ductiles contemporains d'un métamorphisme de basse pression (andalousite-sillimanite) dans le contexte distensif d'une faille de détachement (Brunel et al, 1989) d'âge burdigalien (Monié et al, 1992; Aissa et al. 1994; 1995).

I-4-2- Déformations tardives :

Les déformations tardives se résument essentiellement en la formation de plis et de failles (Aissa, 1995):

1- *plis* : Plis droits à N140°E et brachyantoclinal (N50-60°E) façonnant la forme actuelle du massif.

2- *Failles* : Un premier type de failles (F1) constitue une famille dont l'orientation dominante varie de N120° à N150°E et correspondrait à des failles décrochantes dextres. Les failles N150° à N160°E contrôlent les minéralisations polymétalliques hydrothermales et paraissent par ailleurs avoir guidé la mise en place des rhyolites.

Un deuxième type de failles (F2), d'orientation NE-SW cette famille correspondrait à un système de failles décrochements senestres.

Un troisième type de failles (F3) moins important qui a une direction moyenne E-W et un quatrième type rare de direction moyenne N-S qui semble en liaison avec le premier type (F1).

I-5- Minéralisations du massif de l'Edough :

La présence de gîtes et indices métallifères dans le massif de l'Edough est en relation plus ou moins directe avec l'activité magmatique et les systèmes de failles principalement contrôlés par la tectonique distensive langhiennne. Quatre types principaux de minéralisation sont reconnues :

- 1- gîtes à Fe-(Pb-Zn-Cu) liés aux marbres et skarns exemple : ceux de Berrahal et Boumaiza.
- 2- filons à minéralisation polymétallique encaissés dans les flyschs crétaqués exemple: Ain Barbar, El-Mellaha.
- 3- gîtes à W-As-Au liés aux skarns et gneiss exemple: Belelieta, Bouzizi.
- 4- filons à Sb-Au situés à travers le complexe métamorphique exemple: Koudiat El-Ahrach, Saf-Saf, Ain Barbar.

Conclusion :

Les études géologiques sur la région d'Annaba ont montré deux types de terrain, l'un métamorphique représenté par le massif de l'Edough, qui occupe la grande partie du terrain d'étude, formé d'un socle cristallophyllien et d'une couverture sédimentaire, et l'autre sédimentaire occupant la quasi-totalité de la plaine d'Annaba.

La description géologique a fait apparaître que dans la région d'étude seule les formations du Mio-Pliocène et du Quaternaire peuvent constituer des réservoirs d'eau importants. Par contre, les formations du Primaire et celle du Tertiaire (Numidien), qui apparaissent à l'entourage du site, sont rarement exploités.

Le cycle de l'eau est dépendant des facteurs climatiques. Au cours des dernières années, les changements climatiques ont bouleversés, la répartition des pluies à l'échelle mondiale rendant toute prévision presque impossible à faire.

I- Introduction :

Les facteurs climatiques (précipitations, température, évapotranspiration) associés aux facteurs lithologie, morphologie et couvert végétal, conditionnent le bilan hydrologique. Ces mêmes facteurs climatiques permettent également l'explication des variations des composantes du bilan hydrique. Pour réaliser notre travail, nous nous prenons en considération les informations recueillies au niveau des quatre stations météorologiques implantées dans la zone d'étude (Pont Bouchet, les Salines, Seraïdi et Berrahal).

II- Les Stations Climatologiques étudiées: le tableau N° 1, suivant donne un aperçu, sur la situation géographique de chaque station ainsi que la période d'observations pour chacune d'entre elles.

Station climatologique	Code	X (km)	Y (km)	Z (m)	Période d'observations
Pont Bouchet	140631	950,25	402,8	3	1980/1981-2006/2007
Les salines	60360	956,12	404,41	3	1980/1981-2006/2007
Seraïdi	31406	943	412,5	840	1980/1981-2006/2007
Berrahal	31302	923,35	405,56	33	1980/1981-2006/2007

Tableau N° 1 : Caractéristiques géographiques des stations étudiées.



Figure N°.7 : Emplacement des stations étudiées.

III- Variations des facteurs climatiques :

III-1-Les Précipitations :

La précipitation demeure un facteur primordial, dans les études climatiques. Le présent travail est réalisé, sur la base des données enregistrées aux stations de Seraidi, des Salines, de Berrahal et de Pont Bouchet. Les données recueillies s'étalent sur une période de 27 ans (1980/1981-2006/2007), le tableau 2, montre les variations de la moyenne mensuelle des précipitations au niveau de chaque station sur 27 années d'observations.

Seraidi (1980-81/2006-07)													
mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
m	59,0	111,4	171,3	208,1	185,9	131,8	109,4	100,3	53,0	15,7	7,3	19,0	1172,2
Max	165,9	399,4	369,4	452,5	403,6	443,8	344,4	307,0	218,1	93,1	59,5	71,9	1714,9
Min	1,6	4,3	33,1	28,2	47,4	15,1	5,5	15,6	2,8	0,0	0,0	0,0	422,8
Les Salines (1980-81/2006-07)													
mois	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
m	36,5	61,6	90,1	127,0	103,0	78,3	65,6	55,3	34,8	14,7	2,3	9,7	678,8
Max	116,1	253,0	242,7	241,0	227,0	209,0	203,7	123	114,8	52,0	13,4	67,0	979,7
Min	0,0	4,1	19,4	15,0	29,1	6,0	5,0	15,3	6,0	0,0	0,0	0,0	422,8
Berarahal (1980-81/2006-07)													
mois	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
m	28,7	57,4	92,7	136,1	110,1	83,9	65,0	60,1	36,4	12,8	3,3	7,3	693,3
Max	80,0	134,1	258,9	292,0	198,9	210,9	219,1	146,8	205,6	46,8	21,8	35,9	1068,9
Min	1,4	2,2	10,0	15,0	29,8	6,0	10,6	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	454,7
Pont bouchet (1980-81/2006-07)													
mois	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
m	34,8	52,0	84,6	113,9	91,0	66,8	58,7	51,2	32,4	12,9	2,5	9,5	610,2
Max	125,4	234,3	242,3	232,3	196,5	221,2	195,9	142,2	112,7	62,3	14,2	55,2	933,6
Min	3,0	2,5	11,1	10,2	17,8	1,9	5,8	3,6	3,6	0,0	0,0	0,0	366,1

Tableau N° 2 : Variations mensuelles des précipitations aux stations étudiées.

L'observation du précédent tableau, montre que le mois de décembre reste le plus pluvieux. Cette précipitation est de l'ordre de "127,0mm" à la station des Salines, de "113.9 mm" à la station de Pont Bouchet, de "208,1 mm" à la station de Seraidi, et de "136,1mm" à la station de Berrahal. Par contre le minimum est atteint au mois de juillet et il est respectivement de "2,3mm" à la station des Salines, de "2,5 mm" à la station de Pont Bouchet, de "7,3mm" à la station de Seraidi, et de " 3,3mm" à la station de Berrahal.

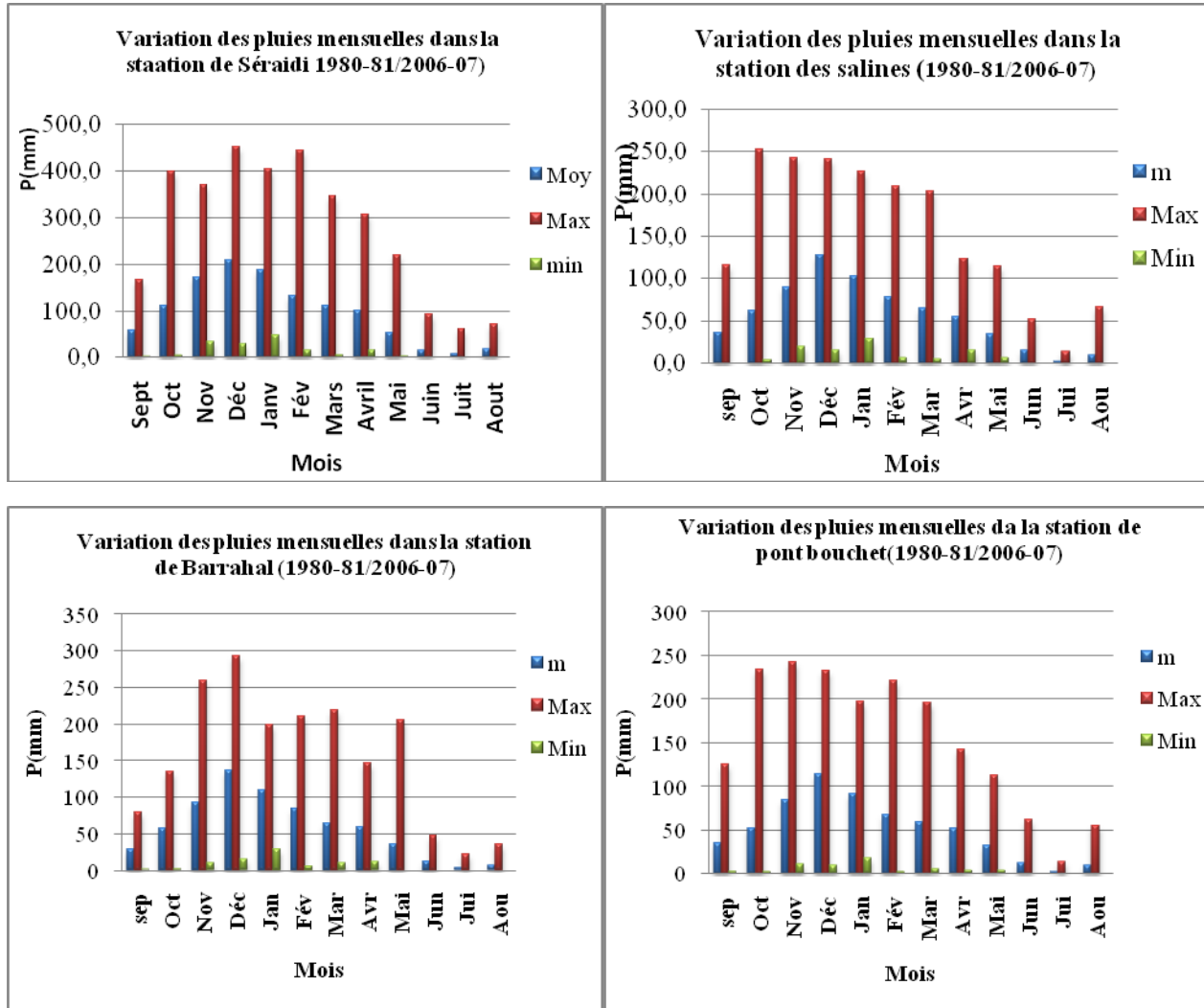


Figure N°. 8 : Histogrammes des variations des pluies mensuelles aux stations considérées.

L'interprétation des histogrammes (fig. 8) réalisés à partir des données des stations, nous amène à dire que maximal est toujours enregistré au mois de décembre pour les quatre stations.

III-1-2- Répartition saisonnières des précipitations :

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (automne : S, O et N, l'hiver : D, J et F, printemps : M, A et M, été : J, J et A).

Le tableau ci-dessous montre la répartition saisonnière des précipitations :

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Station	P (mm)		%	P (mm)		%	P (mm)		%	P (mm)		%
Les Salines	188,7		27,80	308,9		45,50	155,7		22,93	26,7		3,93
Pont Bouchet	171,4		28,09	271,7		44,52	142,3		23,32	24,5		4,01
Seraïdi	341,7		29,15	525,8		44,85	262,7		22,41	42		3,58
Berrahal	178,8		25,76	330,1		47,57	161,5		23,27	23,4		3,37

Tableau N°3: Répartition saisonnière des précipitations pour chaque station (1980-81/2006-07)

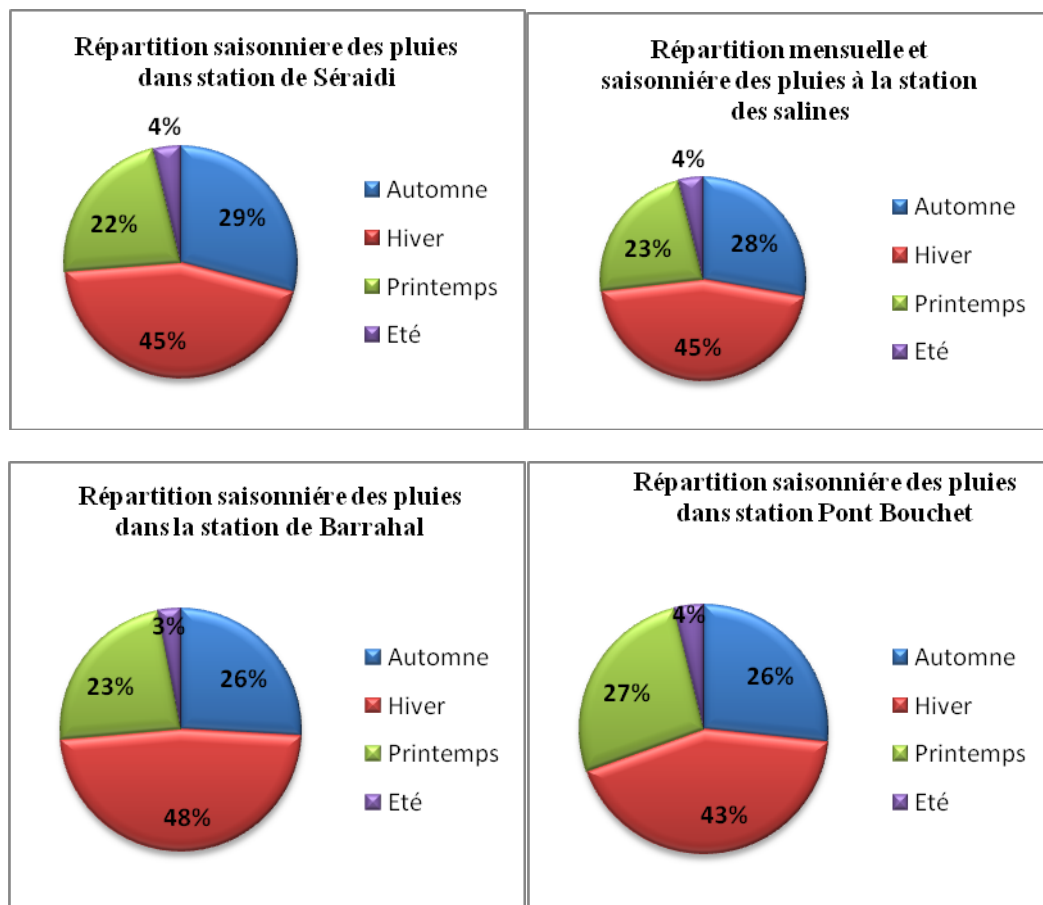


Figure N° 9 : Répartition Saisonnière des pluies pour chaque station.

L'observation des précédentes figures, montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse, il tombe en moyenne entre 271,7mm et 525,8mm, soit autour de 44,52% à 47,57%, du total annuel. L'automne et le printemps, se caractérisent par une pluviométrie allant de 142,3 mm à 341,7 mm soit 23 % à 29,15 % des pluies totales annuelles. En été, la pluviométrie est faible, ne dépassant pas 42mm, soit 4,01% du total des pluies.

III-1-3- Précipitations moyennes annuelles :

Les moyennes annuelles calculées, amènent les remarques suivantes (cf. tableau suivant n°4). Les plus fortes précipitations sont enregistrées à Seraidi (1172,2 mm), suivie de la station de Berrahal 693.9 mm, des salines 678.8 mm et en dernière position celle de pont Bouchet avec 610.2 mm.

Station	Précipitation moyenne annuelle en (mm)
Les Saline (1980-81/2006-07)	678,8
Pont Bouchet (1980-81/2006-07)	610,2
Seraidi (1980-81/2006-07)	1172,2
Berrahal (1980-81/2006-07)	693,9

Tableau N° 4 : Précipitations moyennes annuelles calculée pour chaque station)

III-1-4- Coefficient pluviométrique (H) :

Pour connaître la situation de chaque station (excédentaire ou déficitaire), nous avons calculé le coefficient pluviométrique annuel pour chaque station. Il est défini par le rapport de la pluviométrie P d'une année à la pluviométrie moyenne \bar{P} pour une période de n années (27 ans).

$$H = \frac{P}{\bar{P}}$$

Avec : H : Coefficient pluviométrique.

P : Hauteur annuelle des pluies en mm.

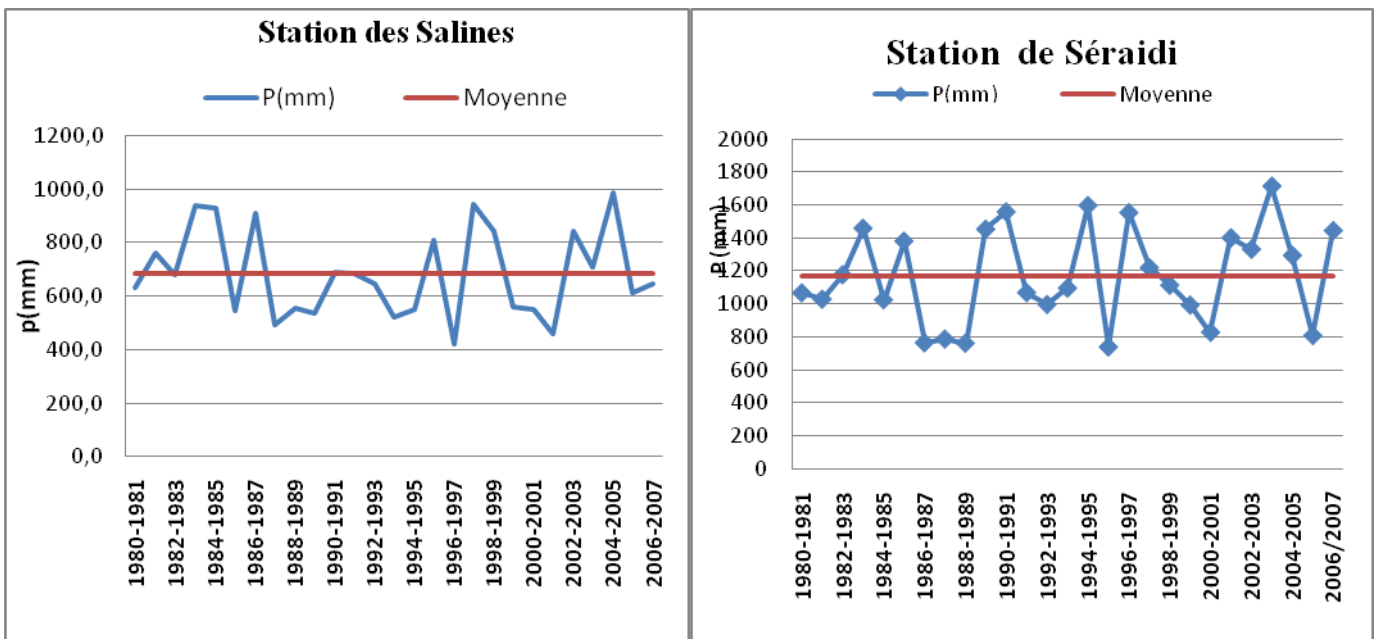
\bar{P} : Pluviométrie moyenne en mm.

-Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus à partir des calculs effectués.

Les Stations	Station des Salines			Station de Pont Bouchet			Station de séraidi			Station de Berrahal		
Année hydrogéologique	Hauteur annuelle de pluies P (mm)	Pluviométrie moyenne \bar{P} en (mm)	Coefficient pluviométrique $\frac{H}{\bar{P}}$	Hauteur annuelle de pluies P (mm)	Pluviométrie moyenne \bar{P} en (mm)	Coefficient pluviométrique $\frac{H}{\bar{P}}$	Hauteur annuelle de pluies P (mm)	Pluviométrie moyenne \bar{P} en (mm)	Coefficient pluviométrique $\frac{H}{\bar{P}}$	Hauteur annuelle de pluies P (mm)	Pluviométrie moyenne \bar{P} en (mm)	Hauteur annuelle de pluies P
1980-1981	633.00	678,8	00,93	535,7	610,2	00,87	1066,80	1172,2	00,91	841,7	693,9	01,21
1981-1982	760.40		01,12	665,40		01,09	1027,90		00,87	833,7		01,20
1982-1983	678.10		01,00	526,20		00,86	1176,40		01,00	634		00,92
1983-1984	937.80		01,38	824,60		01,35	1458,90		01,24	756,2		01,09
1984-1985	927.00		01,36	900,20		01,47	1024,1		00,87	879,1		01,26
1985-1986	543.00		00,79	417,70		00,68	1381,00		01,17	573,9		00,82
1986-1987	909.30		01,33	737,40		01,20	763,6		00,65	847		01,22
1987-1988	491.00		00,72	366,10		00,60	786,0		00,67	519,6		00,74
1988-1989	557.00		00,82	487,80		00,80	760,2		00,64	454,7		00,65
1989-1990	535.00		00,78	489,50		00,80	1453,40		01,24	473,9		00,68
1990-1991	689.30		01,01	653,60		01,07	1558,5		01,33	704,9		01,01
1991-1992	684.60		01,00	622,90		01,02	1067,7		00,91	687,9		01,00
1992-1993	644.10		00,94	632,10		01,03	996,00		00,85	660,6		00,95
1993-1994	519.70		00,76	488,80		00,80	1095,00		00,93	650,6		00,93
1994-1995	548.30		00,80	531,70		00,87	1597,1		01,36	547,6		00,79
1995-1996	807.00		01,18	726,80		01,19	737,80		00,63	757,3		01,09
1996-1997	422.80		00,62	389,50		00,64	1553,6		01,32	632,2		00,91
1997-1998	941.00		01,38	748,60		01,22	1219,60		01,04	749,7		01,08
1998-1999	841.00		01,23	687,30		01,12	1113,00		00,95	748,1		01,07
1999-2000	559.60		00,82	470,50		00,77	992,00		00,84	622,9		00,90
2000-2001	550.70		00,82	521,40		00,85	827,10		00,70	605,1		00,87
2001-2002	460.30		00,67	411,50		00,67	1401,00		01,19	503,5		00,72
2002-2003	842.10		01,24	933,60		01,53	1331,3		01,13	937,7		01,35
2003-2004	708.00		01,04	606,80		01,00	1714,9		01,46	754,5		01,08
2004-2005	987.70		01,45	890,30		01,50	1294,2		01,10	1068,9		01,54
2005-2006	612.50		00,90	558,70		00,96	807,3		00,68	590,7		00,85
2006/2007	647.90		00,95	651,9		01,06	1444,9		01,23	698,5		01,00

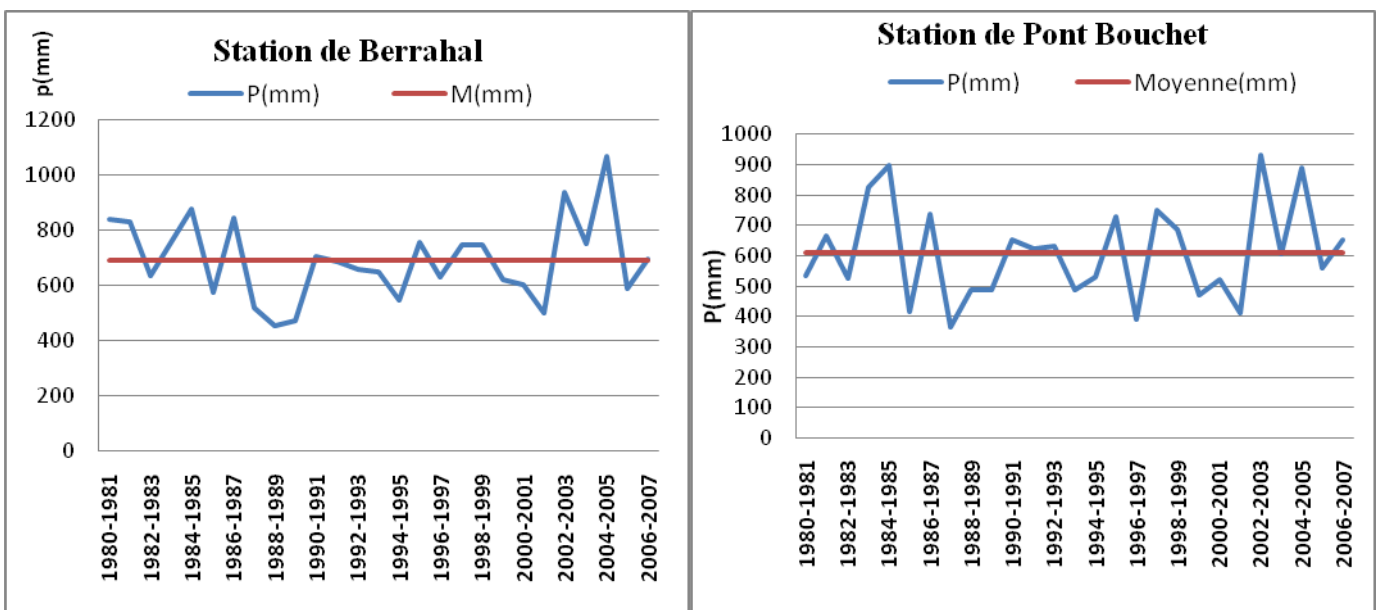
Tableau. 5 : Coefficient pluviométrique calculé.

Le tableau 5, nous indique les années excédentaires et déficitaires. Observées sur une période allant de 1980/1981 à 2006/2007 soit 27 ans. On remarque que dans la station des salines il ya (13 années excédentaires 14 années déficitaires), la station de Pont Bouchet (14 années excédentaires et 13 années déficitaires) et pour la Station de Seraidi (14 années excédentaires et 13 années déficitaires) et la station de Berrahal (14 années excédentaires et 13 années déficitaires).



a

b



c

d

Figure N° 10 a, b, c, et d : Variations interannuelles des précipitations.

Les figures, 10 a, b, c et d, montrent les variations interannuelles des précipitations par rapport à la moyenne calculée pour chaque station. L'année est d'autant plus excédentaire que H est supérieur à l'unité ($H > 1$) et si ($H < 1$) l'année correspondante est déficitaire, comme indiqué sur le tableau suivant :

Année	station des Salines		Station de Pont Bouchet		Station Séraïdi		Station de Berrahal	
	Coefficient pluviométrique	observation	Coefficient pluviométrique	observation	Coefficient pluviométrique	observation	Coefficient pluviométrique	observation
1980-81	0,93	Def	0.87	Def	0.91	Def	1,21	Def
1981-82	1.12	exc	1.09	exc	0.87	Def	1,20	exc
1982-83	1,00	exc	0.86	Def	1.00	exc	0,92	Def
1983-84	1.38	exc	1.35	exc	1,24	exc	1,09	exc
1984-85	1.36	exc	1,47	exc	0.87	Def	1,26	exc
1985-86	0.79	Def	0.68	Def	1.17	exc	0,82	Def
1986-87	1.33	exc	1.20	exc	0.65	Def	1,22	exc
1987-88	0.72	Def	0.60	Def	0.67	Def	0,74	Def
1988-89	0.82	Def	0.80	Def	0.64	Def	0,65	Def
1989-90	0.78	Def	0.80	Def	1.24	exc	0,68	Def
1990-91	1.01	exc	1.07	exc	1.33	exc	1,01	exc
1991-92	1.00	exc	1.02	exc	0.91	Def	1,00	exc
1992-93	0.94	Def	1.03	exc	0.85	Def	0,95	Def
1993-94	0.76	Def	0.80	Def	0.93	Def	0,93	Def
1994-95	0.80	Def	0.87	Def	1.36	exc	0,79	Def
1995-96	1.18	exc	1.19	exc	0.63	Def	1,09	exc
1996-97	0.62	Def	0.64	Def	1.32	exc	0,91	Def
1997-98	1.38	exc	1.22	exc	1.04	exc	1,08	exc
1998-99	1.23	exc	1.12	exc	0.95	Def	1,07	exc
1999-00	0.82	Def	0.77	Def	0.84	Def	0,90	Def
2000-01	0.82	Def	0.85	Def	0.70	Def	0,87	Def
2001-02	0.67	Def	0.67	Def	1,19	exc	0,72	Def
2002-03	1.24	exc	1.53	exc	1.13	exc	1,35	exc
2003-04	1.04	exc	1.00	exc	1.46	exc	1,08	exc
2004-05	1.45	exc	1.50	exc	1.10	exc	1,54	exc
2005-06	0.90	Def	0.96	Def	0,68	Def	0,85	Def
2006-07	0.95	Def	1.50	exc	1.23	exc	1,00	exc

Tableau. 6 : Les années excédentaires et déficitaires, calculées pour chaque station

Le Tableau 6, récapitule des valeurs du coefficient pluviométrique, calculé aux quatre stations. Ce tableau, permet de visualiser le rythme de succession des années humides et des années sèches, pour chaque station.

III-2- Les autres facteurs météorologiques :

III-2-1- Humidité : l'humidité relative de l'air montre l'état de l'atmosphère en expliquant s'il est plus ou moins proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de vapeurs réelles observées à la tension de vapeur saturante à la même température. Ce paramètre intervient comme coefficient de l'évapotranspiration lorsqu'il est inférieur à 50%.

III-2-2- Le Vent : c'est l'un des éléments les plus déterminant des régimes pluviaux, de l'évapotranspiration et par conséquent du climat. Selon l'atlas climatique National (période : 1975-1984), les vents dominant sont les vents du sud – Ouest (octobre- mars) et du nord (Mai – Septembre), les vents violents (vitesse supérieure à 130km/h) surgissent, mais de façon très rare, aux mois d'octobre, de janvier et de février, à l'échelle de l'année, le vent moyen souffle avec une vitesse de 3 à 4 m/s.

Station des salines												
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
Humidité (%)	74	74	76	77	78	78	75	75	76	72	71	71
Vitesse du vent (m/s)	3,9	4,1	4	3,8	3,6	3,8	4,1	3,8	3,8	3,5	4	4,3
Station de Seraidi												
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
Vitesse du vent (m/s)	3,8	3,6	3,5	3,3	2,4	2,1	1,8	1,9	2,5	2,5	3,2	3,8

Tableau. 7 : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative et la vitesse du vent (stations de Seraidi et les Salines)

III-3-Les températures :

La température est un facteur très important, dans la l'étude du climat de la région. Les données disponibles sont issues des enregistrements réalisés aux stations des Salines et de Seraidi, comme indiqué dans le tableau suivant.

Station de Seraidi (1980-2007)													
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	jui	Aou	total
T°C	20,3	17,0	11,8	8,4	7,7	8,0	10,3	12,7	17,0	21,3	24,6	24,3	15,3
Station des salines (1980-2007)													
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	jui	Aou	total
T°C	23,0	20,0	15,6	12,7	11,6	11,7	13,3	15,2	18,2	21,9	25,0	25,7	17,8

Tableau N° 08: Températures moyennes mensuelles et annuelles

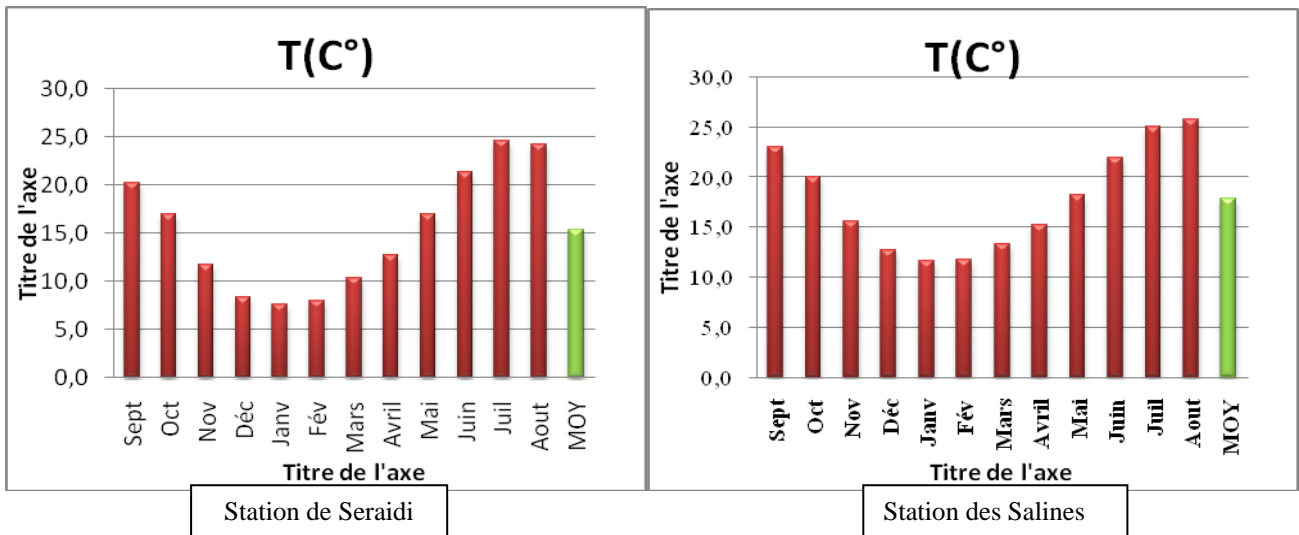


Figure N°11 a & b : Histogrammes des variations des Températures mensuelles pour les stations Les salines et Seraïdi, (1980-81/2006-07)

Les histogrammes précédents, montrent que les températures maximales sont enregistrées au cours du mois de juillet (24.6 °C, Seraïdi et 25.4 °C, les Salines). Le minimum est enregistré au mois Janvier avec 7,7 °C pour la station de Seraïdi et de l'ordre 11.6°C, pour la station des Salines. La moyenne annuelle atteint 15.3 °C, à la station de Seraïdi et 17,8°C, à la station des Salines.

III-3-2- Diagramme pluviométrique (Courbe de Gausse et Bagnouls P = 2T) :

Les diagrammes réalisés figure 12, montrent la présence de deux saisons. La première sèche et chaude, elle s'étend du mois de mai, jusqu'au mois de septembre. La seconde humide, s'étalant sur le reste de l'année, c'est-à-dire du mois de septembre jusqu'au mois de mai.

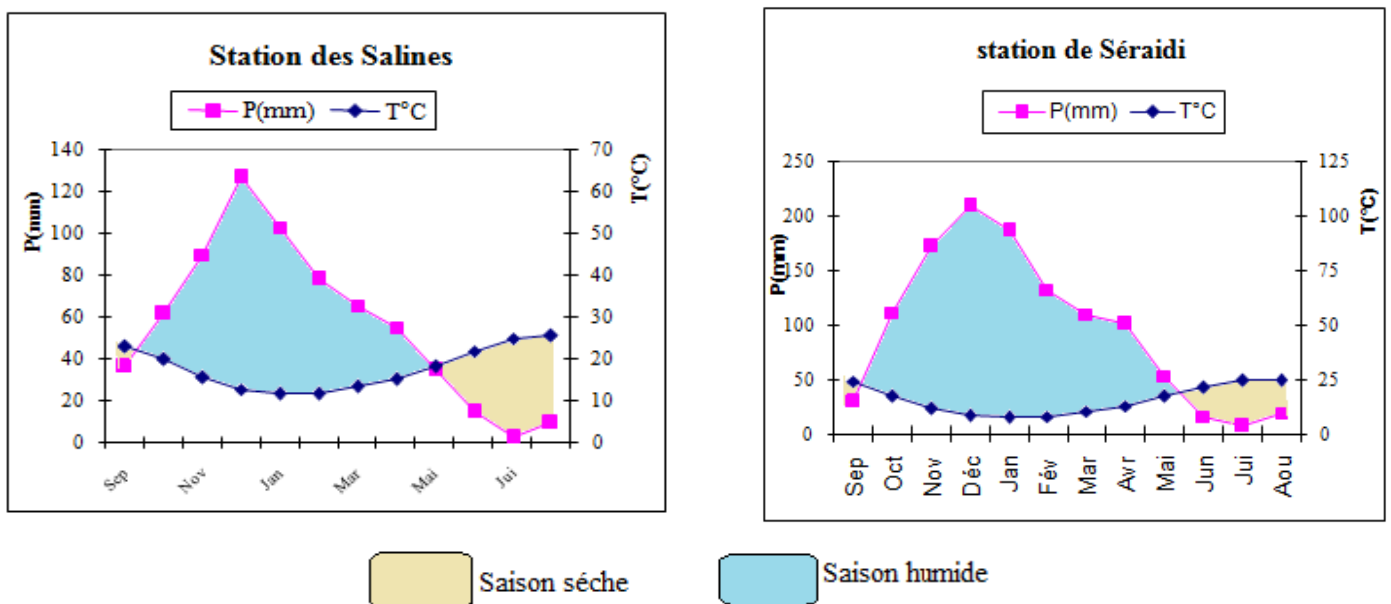


Figure N°12 : Diagramme Pluiothermiques.

III-4- Détermination du type du climat (Indice de de Martonne) :

Pour la détermination du type de climat De Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

A : Indice d'aridité annuelle

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm)

T : Températures moyennes annuelles en (°C)

Selon De Martonne :

- $A < 5$: le climat est hyper aride.
- $5 < A < 10$: le climat est très sec.
- $10 < A < 20$: le climat est sec.
- $20 < A < 30$: le climat est tempère.
- $A > 30$: le climat est humide (écoulement abondant).
- Notre cas :
-
- Pour la station des Salin :
- $A = \frac{678,9}{17,8 + 10} = 24,42$ $A = 24,42$
- * $A = 24,42 \Rightarrow 20 < A < 30 \Rightarrow$ le climat est tempère.
- Pour la station de Pont Bouchet :
- $A = \frac{610,2}{17,8 + 10} = 21,95$ $A = 21,95$
- * $A = 21,95 \Rightarrow 20 < A < 30 \Rightarrow$ le climat est tempère.
- Pour la station de Barrahal :
- $A = \frac{693,9}{17,8 + 10} = 24,96$ $A = 24,96$
- * $A = 25,05 \Rightarrow 20 < A < 30 \Rightarrow$ le climat est tempère.

- Pour la station de Seraidi :
- $A = \frac{1172,2}{15,3 + 10} = 456,33$ A= 46,33
- *A = 45.15 $\Rightarrow 20 < A < 30 \Rightarrow$ le climat est tempère.
- Les résultats de l'indice d'aridité calculés concernant la zone d'étude indiquent un climat tempéré.

III-5- Le bilan hydrique :

Pour estimer le bilan hydrique la méthode de THORNTHAITE est la plus appliquée, car se rapprochant au mieux de la réalité de la zone d'étude. Elle prend en considération la RFU, qui est elle-même tient compte du type de sol, de l'enracinement et des plantes.... Dans la pratique et pour la région, on admet que la RFU, atteint un maximum de 100 mm. L'établissement du bilan d'eau d'une région nécessite l'évaluation de la répartition des précipitations entre les composantes suivantes :

- l'écoulement.
- L'infiltration.
- L'évapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR).

III-5-1- L'évapotranspiration :

Dans les études hydrogéologiques, les deux éléments principaux du bilan, évaporation et transpiration sont réunis en un seul terme : L'évapotranspiration.

L'évapotranspiration est la plus importante des paramètres, c'est la somme des quantités d'eau exprimées en mm évaporées par la surface du sol et utilisées par les plantes.

L'évapotranspiration ou l'évaporation totale (E.T) est l'ensemble des phénomènes d'évaporation (processus physique) et de transpiration (phénomène biologique).

On distingue :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP).
- L'évapotranspiration réelle (ETR).

III-5-2-- L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

On appelle évapotranspiration potentielle (ETP), exprimée en hauteur de lame ou tranche d'eau évaporée, la somme des quantité d'eau pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie, en considérant des apports d'eau suffisants.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, on utilise la formule de Thornthwaite.

- **Formule de Thornthwaite :**

C.W Thornthwaite a établi une correction entre la température moyenne mensuelle et l'évapotranspiration mensuelle, il définit d'abord un indice thermique mensuel (i), où :

$$ETP(mm) = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times K$$

Où :

$$I = \sum_1^{12} i \quad \Rightarrow \quad i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.5}$$

$$a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en mm.

T : Température moyenne mensuelle (1976-2006) en °C.

i : Indice thermique mensuel.

I : Indice thermique annuel.

K : Coefficient d'ajustement mensuel dont les valeurs sous nos climats tempérés.

III-5-3- L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Par définition, on appelle évapotranspiration réelle effective actuelle ou encore déficit d'écoulement (ETR) la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitation. Trois cas peuvent se présenter :

- 1^{er} cas : $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$.

Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation, le surplus, représentera l'écoulement superficiel.

- 2^{ème} cas : $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$.

Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.

- 3^{ème} cas : $P < ETP$ et $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$.

Ici on aura un déficit qui représente la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole).

Le bilan hydrique vise à déterminer la répartition des précipitations reçues par une surface, il tient compte de :

P : précipitation brute moyenne mensuelle en (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle en (mm).

I : L'infiltration efficace atteignant les eaux souterraines en (mm).

R : Ruissellement qui rejoint l'oued en (mm).

RFU : Réserve facilement utilisable (le RFU = 100 mm pour les trois stations).

- Pour le calcul du bilan d'eau, la valeur de la RFU a été choisie en fonction de la nature du sol.

- Le sol de la région étudiée étant hétérogène, nous avons estimé les valeurs de la RFU selon la formule de Hallaire qui s'écrit de la manière suivante :

$$RFU = \frac{C-f}{100} \times H \times D + 30 \quad (mm)$$

Avec :

RFU : Réserve en eau du sol en (mm).

C : Capacité au champ.

f : Capacité au point de flétrissement.

H : profondeur du sol en (mm).

D : densité apparente, $D = 1$.

- Les valeurs de $C - f$ donnée par Hallaire selon la nature du sol sont :

* $C - f = 5 \%$ pour un sol sableux.

* $C - f = 10\%$ à 15% limoneux.

* $C - f = 20\%$ pour un sol argilo-sableux.

Secteurs	Caractéristiques pédologiques du sol et profondeur d'enracinement	RFU (mm)
La plaine de Annaba	* Sols Argilo-limoneux : $C - f = 15\%$ * Profondeur moyenne d'enracinement : 450 mm	100

Tableau N°09 : Estimation des valeurs de la RFU selon la formule de Hallaire

(P. Brochet et al).

Les tableaux ci-dessous résument les bilans des eaux pour les quatre stations, établis selon la méthode de Thornthwaite :

	T°C	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	CH	VR	RFU	ETPR	Def	Exc
S	23	10,1	1,03	105,2	36,5	-68,7	-0,7	0,0	0,0	36,5	68,7	0,0
O	20	8,2	0,97	76,4	61,6	-14,8	-0,2	0,0	0,0	61,6	14,8	0,0
N	15,6	5,6	0,86	42,7	90,1	47,4	1,1	47,4	47,4	42,7	0,0	0,0
D	12,7	4,1	0,81	27,5	127	99,5	3,6	52,6	100,0	27,5	0,0	46,9
J	11,6	3,6	0,87	24,9	103	78,1	3,1	0,0	100,0	24,9	0,0	78,1
F	11,7	3,6	0,85	24,8	78,3	53,5	2,2	0,0	100,0	24,8	0,0	53,5
M	13,3	4,4	1,03	38,1	65,6	27,5	0,7	0,0	100,0	38,1	0,0	27,5
A	15,2	5,4	1,10	52,1	55,3	3,2	0,1	0,0	100,0	52,1	0,0	3,2
M	18,2	7,1	1,21	80,0	34,8	-45,2	-0,6	-45,2	54,8	80,0	0,0	0,0
J	21,9	9,4	1,22	113,7	14,7	-99,0	-0,9	-54,8	0,0	69,5	44,2	0,0
J	25	11,4	1,24	147,8	2,3	-145,5	-1,0	0,0	0,0	2,3	145,5	0,0
A	25,7	11,9	1,16	145,5	9,7	-135,8	-0,9	0,0	0,0	9,7	135,8	0,0
Annuel	17,8	84,7		878,6	678,9	-199,7				469,6	409,0	209,3

Tableau. 10 : Bilan hydrique (méthode de C. W Thornthwaite. Salines

(1980-81/2006-07)

	T°C	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	CH	VR	RFU	ETPR	Def	Exc
S	23	10,1	1,03	105,2	28,7	-76,5	-0,7	0,0	0,0	28,7	76,5	0,0
O	20	8,2	0,97	76,4	57,4	-19,0	-0,2	0,0	0,0	57,4	19,0	0,0
N	15,6	5,6	0,86	42,7	92,7	50,0	1,2	50,0	50,0	42,7	0,0	0,0
D	12,7	4,1	0,81	27,5	136,1	108,6	4,0	50,0	100,0	27,5	0,0	58,6
J	11,6	3,6	0,87	24,9	110,1	85,2	3,4	0,0	100,0	24,9	0,0	85,2
F	11,7	3,6	0,85	24,8	83,9	59,1	2,4	0,0	100,0	24,8	0,0	59,1
M	13,3	4,4	1,03	38,1	65	26,9	0,7	0,0	100,0	38,1	0,0	26,9
A	15,2	5,4	1,10	52,1	60,1	8,0	0,2	0,0	100,0	52,1	0,0	8,0
M	18,2	7,1	1,21	80,0	36,4	-43,6	-0,5	-43,6	56,4	80,0	0,0	0,0
J	21,9	9,4	1,22	113,7	12,8	-100,9	-0,9	-56,4	0,0	69,2	44,5	0,0
J	25	11,4	1,24	147,8	3,3	-144,5	-1,0	0,0	0,0	3,3	144,5	0,0
A	25,7	11,9	1,16	145,5	7,3	-138,2	-0,9	0,0	0,0	7,3	138,2	0,0
Annuel	17,8	84,7		878,6	693,8	-184,8				455,9	422,7	237,9

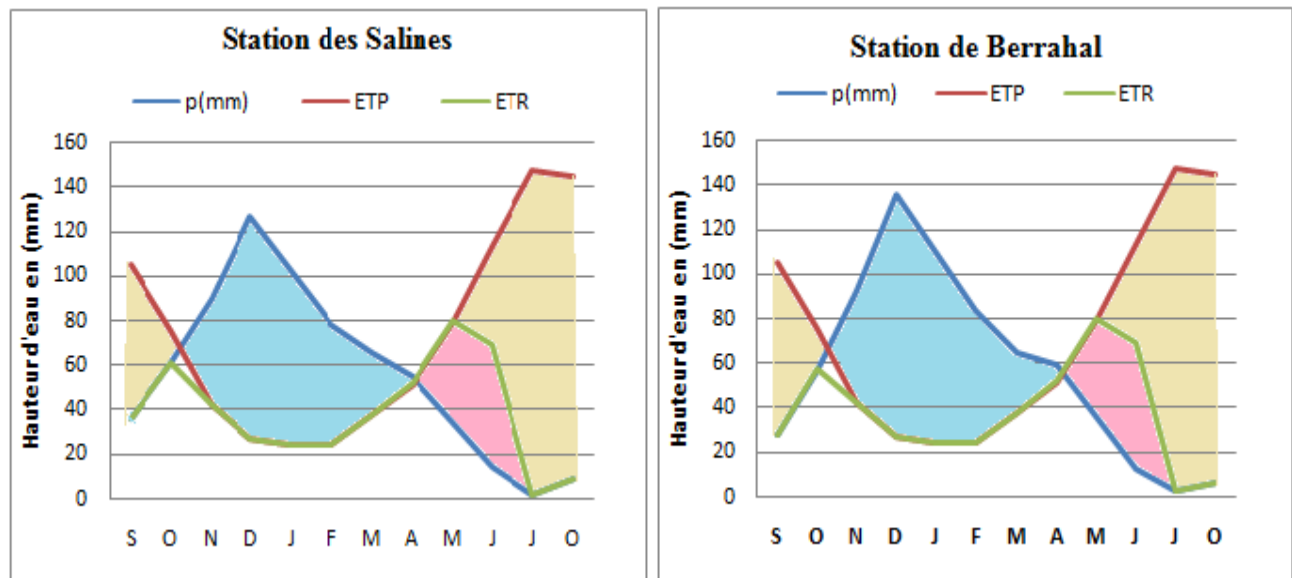
**Tableau. 11 : Bilan hydrique (méthode de C. W Thornthwaite). Berrahal
(1980-81/2006-07)**

	T°C	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	CH	VR	RFU	ETPR	Def	Exc
S	20,3	8,3	1,03	93,0	59	-34,0	-0,4	0,0	0,0	59,0	34,0	0,0
O	17	6,4	0,97	65,9	111	45,1	0,7	45,1	45,1	65,9	0,0	0,0
N	11,8	3,7	0,86	32,5	171,3	138,8	4,3	54,9	100,0	32,5	0,0	83,9
D	8,4	2,2	0,81	17,7	208,1	190,4	10,7	0,0	100,0	17,7	0,0	190,4
J	7,7	1,9	0,87	16,6	185,9	169,3	10,2	0,0	100,0	16,6	0,0	169,3
F	8	2,0	0,85	17,2	131,8	114,6	6,7	0,0	100,0	17,2	0,0	114,6
M	10,3	3,0	1,03	31,3	109,4	78,1	2,5	0,0	100,0	31,3	0,0	78,1
A	12,7	4,1	1,10	46,8	100,3	53,5	1,1	0,0	100,0	46,8	0,0	53,5
M	17	6,4	1,21	82,2	53	-29,2	-0,4	-29,2	70,8	82,2	0,0	0,0
J	21,3	9,0	1,22	119,0	15,7	-103,3	-0,9	-70,8	0,0	86,5	32,4	0,0
J	24,6	11,2	1,24	152,4	7,3	-145,1	-1,0	0,0	0,0	7,3	145,1	0,0
A	24,3	11,0	1,16	139,8	19	-120,8	-0,9	0,0	0,0	19,0	120,8	0,0
Annuel	15,3	69,1		814,2	1172,2	357,6				481,9	332,3	689,9

**Tableau. 12 : Bilan hydrique (méthode de C. W Thornthwaite. Station de Seraidi
(1980-81/2006-07)**

	T°C	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	CH	VR	RFU	ETPR	Def	Exc
S	23	10,1	1,03	105,2	34,8	-70,4	-0,7	0,0	0,0	34,8	70,4	0,0
O	20	8,2	0,97	76,4	52	-24,4	-0,3	0,0	0,0	52,0	24,4	0,0
N	15,6	5,6	0,86	42,7	84,6	41,9	1,0	41,9	41,9	42,7	0,0	0,0
D	12,7	4,1	0,81	27,5	113,9	86,4	3,1	58,1	100,0	27,5	0,0	28,3
J	11,6	3,6	0,87	24,9	91	66,1	2,6	0,0	100,0	24,9	0,0	66,1
F	11,7	3,6	0,85	24,8	66,8	42,0	1,7	0,0	100,0	24,8	0,0	42,0
M	13,3	4,4	1,03	38,1	58,7	20,6	0,5	0,0	100,0	38,1	0,0	20,6
A	15,2	5,4	1,10	52,1	51,2	-0,9	0,0	-0,9	99,1	52,1	0,0	0,0
M	18,2	7,1	1,21	80,0	32,4	-47,6	-0,6	-47,6	51,5	80,0	0,0	0,0
J	21,9	9,4	1,22	113,7	12,9	-100,8	-0,9	-51,5	0,0	64,4	49,3	0,0
J	25	11,4	1,24	147,8	2,5	-145,3	-1,0	0,0	0,0	2,5	145,3	0,0
A	25,7	11,9	1,16	145,5	9,5	-136,0	-0,9	0,0	0,0	9,5	136,0	0,0
Annuel	17,8	84,7		878,6	610,3	-268,3				453,3	425,3	157,0

Tableau. 13: Bilan hydrique (méthode de C. W Thornthwaite. Station Pont Bouchet (1980-81/2006-07)



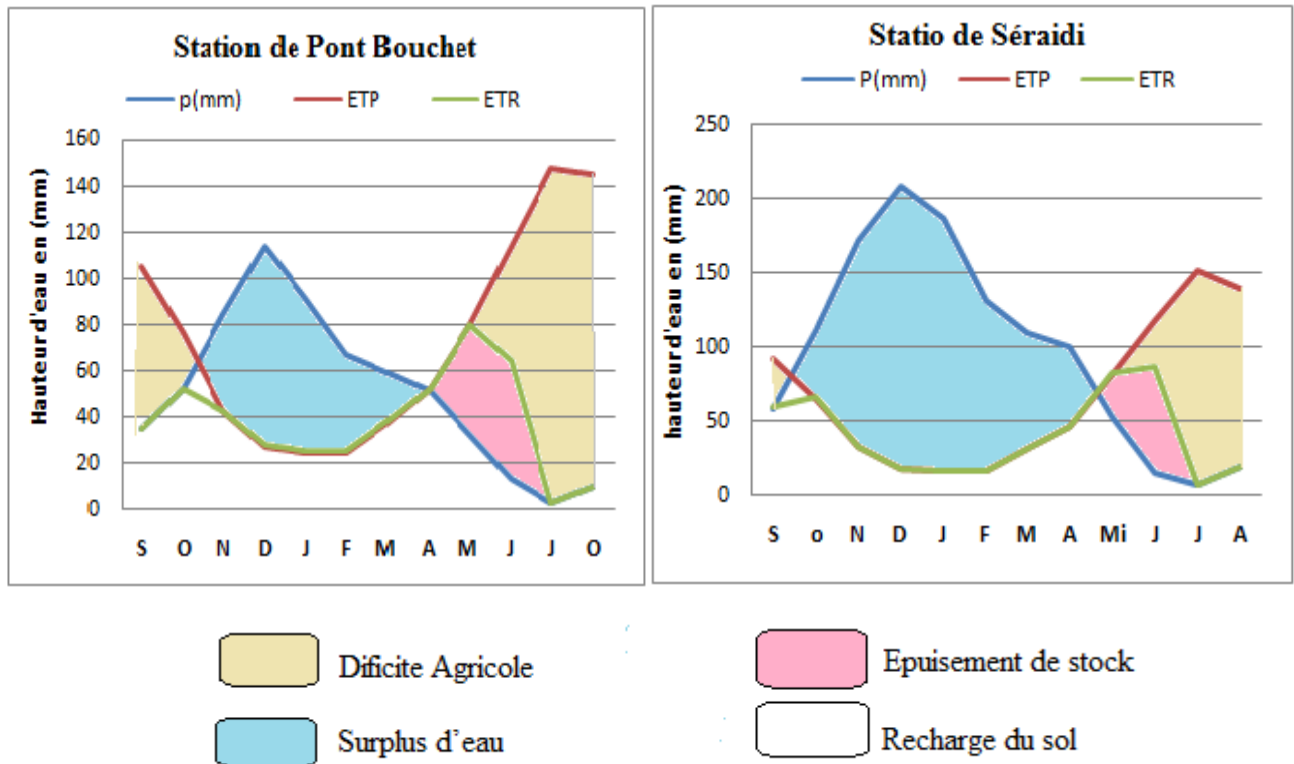


Figure N° 14 : Variation du bilan d'eau, au niveau des stations.

III-6- L'interprétation du bilan hydrique :

L'établissement du bilan hydrique nous permet de connaître les différents paramètres (ETP, ETR, RFU, Def, Exc), qui nous aident à comprendre le fonctionnement des systèmes hydrauliques de surface.

- lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est totale, il y a un surplus d'eau accompagné généralement par un écoulement. Dès que la RFU diminue, il y a un épuisement du stock au point où la RFU sera complètement vide, il y aura un déficit agricole (DA).

Les fig. et présentent les graphismes des bilans d'eau (Thornthwaite) qui illustrent les résultats des tableaux des quatre stations (les Salines, Séraïdi, Berrahal et Pont Bouchet),

a) Station des Salines :

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (147.8 mm) et son minimum au mois de Février (24.80 mm).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de novembre (47.4 mm) et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'avril, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (100 mm) c'est-à-dire au mois de décembre et se termine en avril, avec un maximum au mois de Janvier (78.1 mm) et un minimum au mois d'avril (3.2 mm).

L'excédent égal à (209.03 mm) représentant 30.83 % des précipitations annuelles alors que l'ETR est de l'ordre de (469.6 mm) représentant 69.17 % des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de juillet, et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.

b) Station de Berrahal :

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (147.8 mm) et son minimum au mois de février (24.80 mm).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de novembre (50,0 mm) et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (100 mm) c'est-à-dire au mois de décembre et se termine en avril, avec un maximum au mois de Janvier (85.2 mm) et un minimum au mois d'avril 8,0 mm).

L'excédent égal à (237.9 mm) représentant 34.29 % des précipitations annuelles alors que l'ETR est de l'ordre de (455.9 mm) représentant 65.71 % des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de juillet, et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.

b) Station de Seraidi :

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (152.4 mm) et son minimum au mois de janvier (16.60 mm).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de novembre (45,10 mm) et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (100 mm) c'est-à-dire au mois de décembre et se termine en avril, avec un maximum au mois de Décembre (190,4 mm) et un minimum au mois d'avril 53,5 mm).

L'excédent égal à (689.9 mm) représentant 58.85 % des précipitations annuelles alors que l'ETR est de l'ordre de (481.9 mm) représentant 41.11 % des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de mai, et se poursuit jusqu'au mois septembre.

b) Pont Bouchet :

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (147.8 mm) et son minimum au mois de février (24.80 mm).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de novembre (41,90 mm) et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (100 mm) c'est-à-dire au mois de décembre et se termine en avril, avec un maximum au mois de Janvier (66.1 mm) et un minimum au mois de Mars (20,60 mm).

L'excédent égal à (157.0 mm) représentant 25.72 % des précipitations annuelles alors que l'ETR est de l'ordre de (435.3 mm) représentant 72.28 % des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de juillet, et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.

Conclusion :

L'analyse des données climatiques d'une série d'observation de 27 ans a permis d'attribuer à la région d'étude un climat méditerranéen à deux périodes bien distinctes :

- une période chaude et sèche.
- une période froide et humide.

Pour le calcul du bilan hydrique, la valeur de la réserve facilement utilisable (RFU) a été choisie en fonction de la nature du terrain (RFU = 100 mm).

Le bilan hydrologique est une façon de compter tous les éléments d'apport et de sortie d'eau au dessus d'une surface donnée.

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de (678.9 mm) de la station des Salines, de l'ordre de (610.2 mm) à la station de Pont Bouchet, de l'ordre de (1172.2 mm) à la station de Seraidi et de l'ordre de (693.9 mm) à la station Berrahal de ceci dit, la plaine de Annaba est permis les régions les plus arrosées en Algérie.

L'évapotranspiration potentielle annuelle est de 878,6 mm pour les trois stations des salines, de Pont Bouchet et Berrahal est de (814.2 mm) pour la station de Seraidi.

L'estimation du bilan d'eau par la méthode de Thornthwaite a montré que, a partir du mois de novembre, l'apport considérable de la pluie, la chute de température et la diminution de l'évapotranspiration permettent la recharge du sol mais un déficit agricole enregistré à partir du mois de juin jusqu'au mois de septembre pour la station des Salines, (et jusqu'au mois d'octobre pour la station de Pont Bouchet), et à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre, c'est la période des basses eaux et c'est également la saison durant laquelle on irrigue ,afin de rattrape ce déficit les agricultures puisent de l'eau des oueds souvent pollués et font contaminer non seulement leurs cultures mais aussi les eaux souterraine (période correspond à l'épuisement du stock) .

L'hydrogéologie constitue une partie importante dans notre travail. Elle permet l'identification du système aquifère et décrit son comportement hydrodynamique, dans une zone très contrastée.

I-Introduction :

L'hydrogéologie permet la compréhension des processus d'alimentation des aquifères, la circulation des eaux souterraines grâce à la détermination du sens d'écoulement, la variation du gradient hydraulique et les caractéristiques hydrodynamiques : la perméabilité (K), la transmissivité (T) et le coefficient d'emménagement (S).

La répartition spatiale des systèmes présents dans la zone d'étude, montre la succession suivante :

- ✓ Un aquifère superficiel exploité par des points domestiques et dont la lithologie varie d'une zone à l'autre.

Une nappe profonde au Nord, reconnue par les forages d'eau:

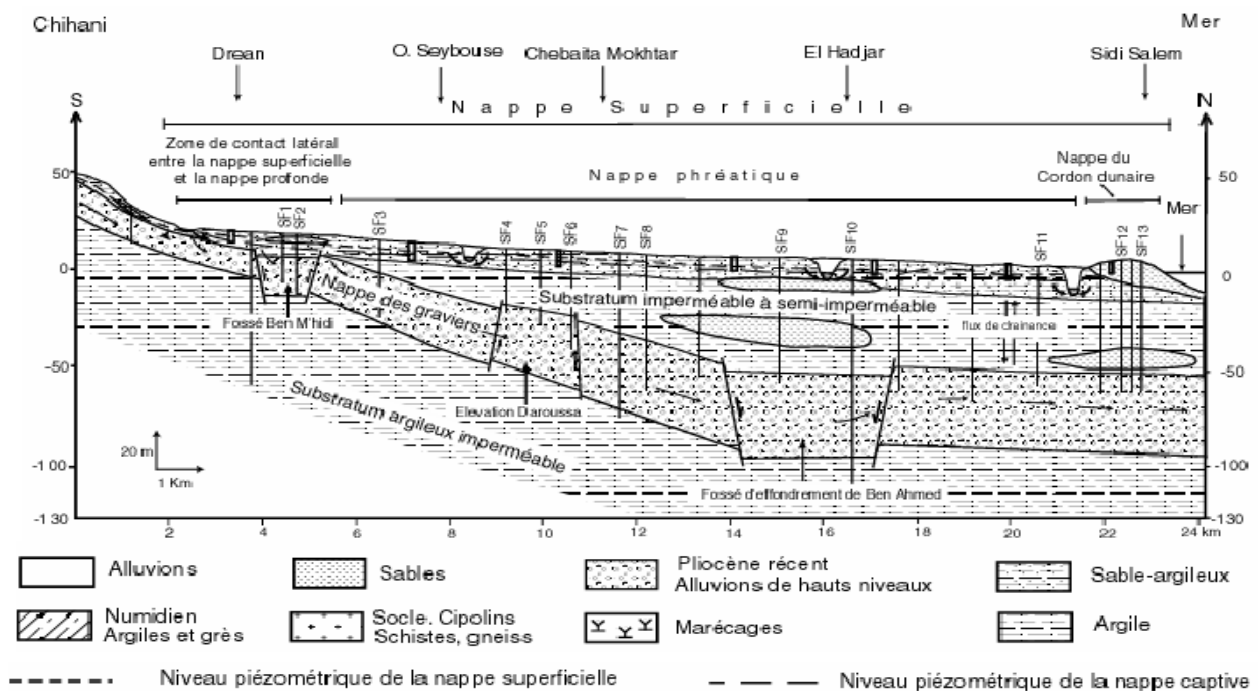


Figure N°15 : Coupe schématique du système aquifère d'Annaba

- L'une superficielle exploitée en grande partie par des puits domestiques et dont la lithologie varie d'une zone à l'autre.
- Une nappe profonde, occupant surtout la partie Nord, reconnue par les forages profonds.

I-1- Les nappes superficielles :

Dans cette zone, le sol est constitué essentiellement par des alluvions récentes et actuelles, des argiles sableuses, des argiles limoneuses et des sables argileux

L'étude menée par la D. G. R. H. A, en 1967 et complétées par celles de A. N. R. H, en 1969 montre la succession des nappes libres suivantes au niveau de la plaine de Annaba.

✓ **La nappe des dunes**

Elle est présente au Nord-Est de la plaine d'Annaba constituée de sable dunaires éoliens fins à moyens. Elle est alimentée à partir des précipitations, qui constituent la principale source et par le débordement des oueds pendant les crues. Cet aquifère est caractérisé par une transmissivité de l'ordre de ($T = 10^{-3}$ m²/s) et une perméabilité variant entre ($K = 10^{-3}$ et 10^{-5} m/s).

✓ **les nappes de gneiss altérés**

Elle se situe dans la région Nord-Ouest, sur le flanc Est du massif métamorphique de Bouhamra et de Belelieta, elle est alimentée par les eaux de pluie. Son épaisseur est avoisine 15m. Elle est exploitée par des puits et des forages. La perméabilité varie entre ($K = 10^{-3}$ et 10^{-5} m/s)

✓ **-La nappe superficielle de Annaba**

Cette nappe est répandue sur la zone d'étude. D'après la géomorphologie de la région, on peut diviser la nappe en deux : région Est et région Ouest.

- La région Est présente une nappe superficielle continue localisée dans la plaine Ouest d'el Hadjar ainsi que dans la région d'Allelick
- La région Ouest correspond à une nappe superficielle discontinue qui entoure le lac Fetzara.

Ces deux régions communiquent entre elles à travers le cordon dunaire, de nature sableuse. L'épaisseur de l'aquifère varie généralement entre ($H = 2$ et 10 m) dont les potentialités hydrauliques sont limitées.

La capacité d'infiltration de l'eau dans le sol est moyenne, de l'ordre de 0.05 m/j à 0.10 m/j (Debieche, 2002). La nappe superficielle est intensément exploitée par des forages et surtout par des puits, son alimentation se fait par les précipitations et par l'apport à partir de la nappe des graviers et par les bordures latérales de la nappe des dunes. L'oued Seybouse assure l'alimentation de la nappe par l'intermédiaire de son lit.

De Dréan à la mer, entre la nappe superficielle et la nappe des graviers sont séparés par un horizon semi-perméable argilo-sableux qui constitue à la fois le substratum semi-perméable de la nappe superficielle et le toit de la nappe des graviers.

I-2- Les nappes profondes

cette nappe peut être expliquée par une alimentation à partir des massifs de l'Edough et de Bellelieta situés respectivement au Nord et au Sud de la plaine de Kherraza, qui présente un réseau de faille (Kiniouar, 2006), à l'origine d'une fissuration pouvant favoriser l'infiltration des eaux superficielles.

La profondeur de la majorité des forages exécutés dans la région va jusqu'à une profondeur maximum. Cette nappe est captée, elle est surmontée par une couche argileuse dont l'épaisseur varie de (H = 15 à 25 m). La plupart des forages captant cette nappe sont artésiens.

✓ La nappe des cipolins

Cette nappe se trouve au niveau des calcaires métamorphiques fissurés (Nord-Ouest), des massifs de Bouhamra, Bellelieta. Elle est exploitée par plusieurs forages. Cette nappe est en contact avec la nappe des graviers dans le secteur de Annaba. Elle présente les caractéristiques hydrodynamiques suivantes :

- Les débits extraits varient entre ($Q = 0.3$ l/s et 15 l/s).
- La transmissivité varie entre ($T = 5.10^{-5}$ et 10^{-3} m²/s.)
- La perméabilité entre ($K = 10^{-6}$ et 10^{-4} m/s.)

✓ la nappe des graviers :

Elle est présente sur toute l'étendue de la plaine et est contenue dans des graviers, des sables et des galets plio- quaternaires et encaissée dans un bassin d'effondrement. Son toit est perméable à semi-perméable, il disparaît complètement et laisse place à une nappe libre entre Chihani et Dréan, c'est la nappe la plus exploitée,

- Dans la région de Dréan la transmissivité de l'aquifère varie entre ($T = 3.10^{-2}$ et $3.5.10^{-3}$ m²/s)
- Dans la région de Annaba entre ($T = 4.6 \cdot 10^{-3}$ et $5 \cdot 10^{-3}$ m²/s) témoignant ainsi de l'hétérogénéité des formations aquifères. Les coefficients d'emménagement sont parfois très faibles de l'ordre de ($S = 10^{-4}$) dans les zones où la nappe est captive et atteignent ($S = 10^{-2}$) dans les zones où elle est libre. La perméabilité de cette nappe varie entre ($K = 10^{-4}$ et 10^{-5} m/s).

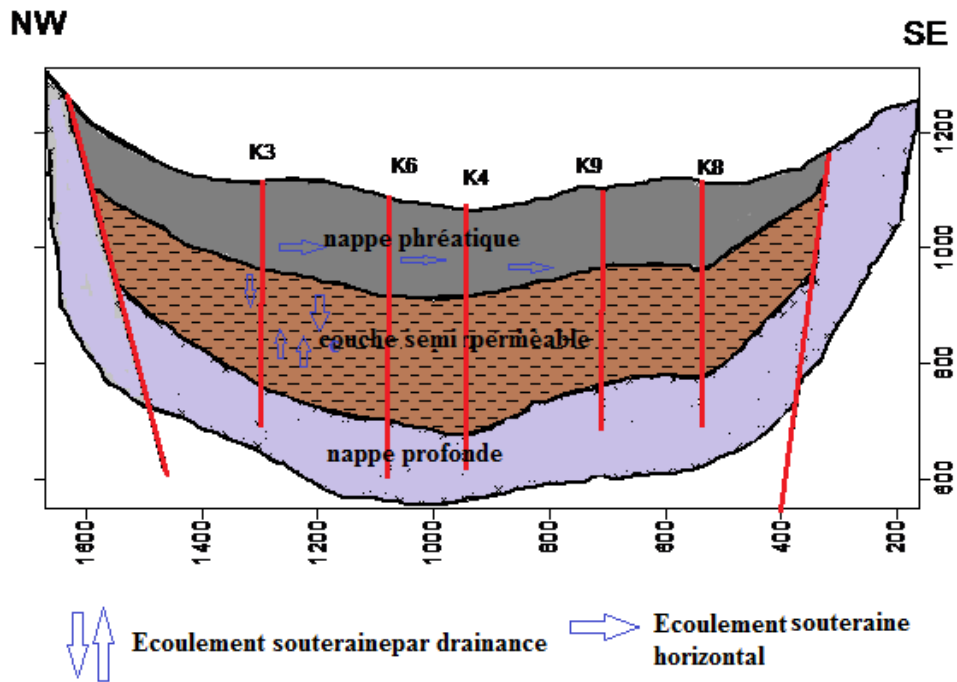


Figure N°16 : Schéma hydrogéologique de la plaine de Kherraza

Les études antérieures (Nafâa, 1985) montrent que la nappe des graviers est tantôt alimentée partiellement par une drainance à partir de la nappe superficielle de la région qui s'étale entre El Hadjar et Allélik. Par fois elle peut alimenter verticalement la nappe superficielle qui se trouve entre Allélik et la mer.

Le débit de drainance a été estimé ($Q = 4.75 \text{ l/s}$) au Nord d'El Hadjar et ($Q = 9.85 \text{ l/s}$) dans la région d'El Hadjar (Nafâa, 1985).

II- Piézomètre de l'aquifère :

II-2- Inventaire des points d'eau :

A partir des observations faites sur le terrain, l'ensemble des points d'eau est reporté sur la carte d'inventaire, FIG. n° 17, Les points inventoriés sont des puits à gros diamètre. Notons qu'il existe aussi des forages dont la profondeur peut atteindre 100 mètres

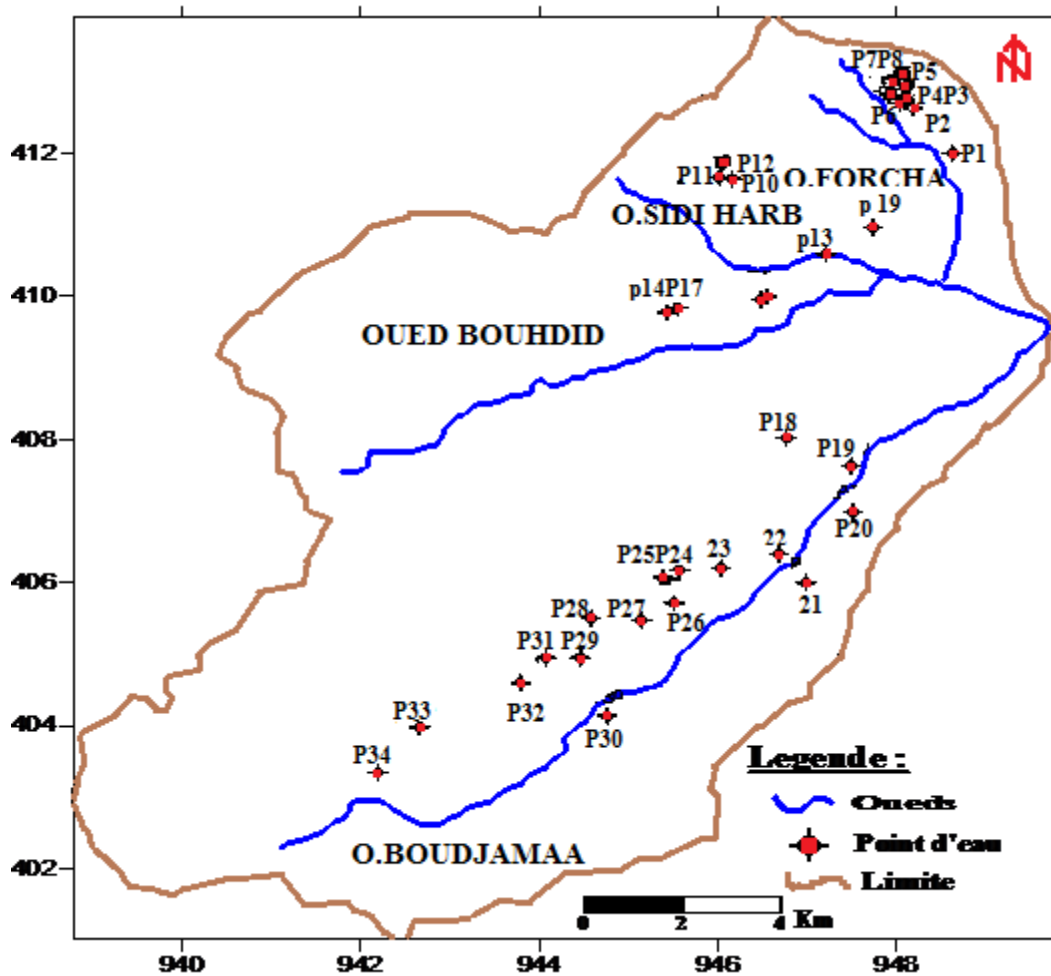


Figure. N°17 : Carte d'inventaire des points d'eau dans la zone d'étude.

"D'après Messaoudi S et Toumi N "

II-3- Carte piézométrique :

II-3-1- Interprétation des cartes piézométriques :

II-3-1-1- Calcul du gradient hydraulique :

Le gradient hydraulique est la différence piézométrique entre deux points de surface piézométrique, par unité de longueur, mesurée le long d'une ligne de courant. Dans la pratique, il est calculé sur le terrain, à l'aide des niveaux piézométriques mesurés dans deux ouvrages d'observation, alignés sur une ligne de courant l'un amont H_1 , l'autre aval H_2 , séparés d'une distance L , à partir de la formule suivante :

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

Avec :

i : Gradient hydraulique.

H_1 : Niveau piézométrique au point 1.

H_2 : Niveau piézométrique au point 2.

L : La distance entre les deux points 1 et 2.

II-3-1-2- Interprétation des cartes piézométriques :

Les mesures piézométriques réalisées " après, Messaoudi S et Toumi N" au mois de décembre 2005 (basses eaux) et au mois de mars 2006 (hautes eaux) ont permis d'élaborer les cartes piézométriques suivantes :

A - Carte piézométrique du mois de Mars 2006 :

La carte piézométrique, correspondant à la période des hautes eaux (Mars 2006), l'examen de cette carte montre un drainage de l'oued vers la nappe. Les courbes iso pièzes sont serrées au centre de la plaine avec un gradient hydraulique fort est $I = 3,33 \times 10^{-4}$ vers l'Est et de $I = 5 \times 10^{-4}$ vers le Ouest ce qui traduit une grande vitesse de l'écoulement, et espacer dans les cotés avec une gradient hydraulique faible.

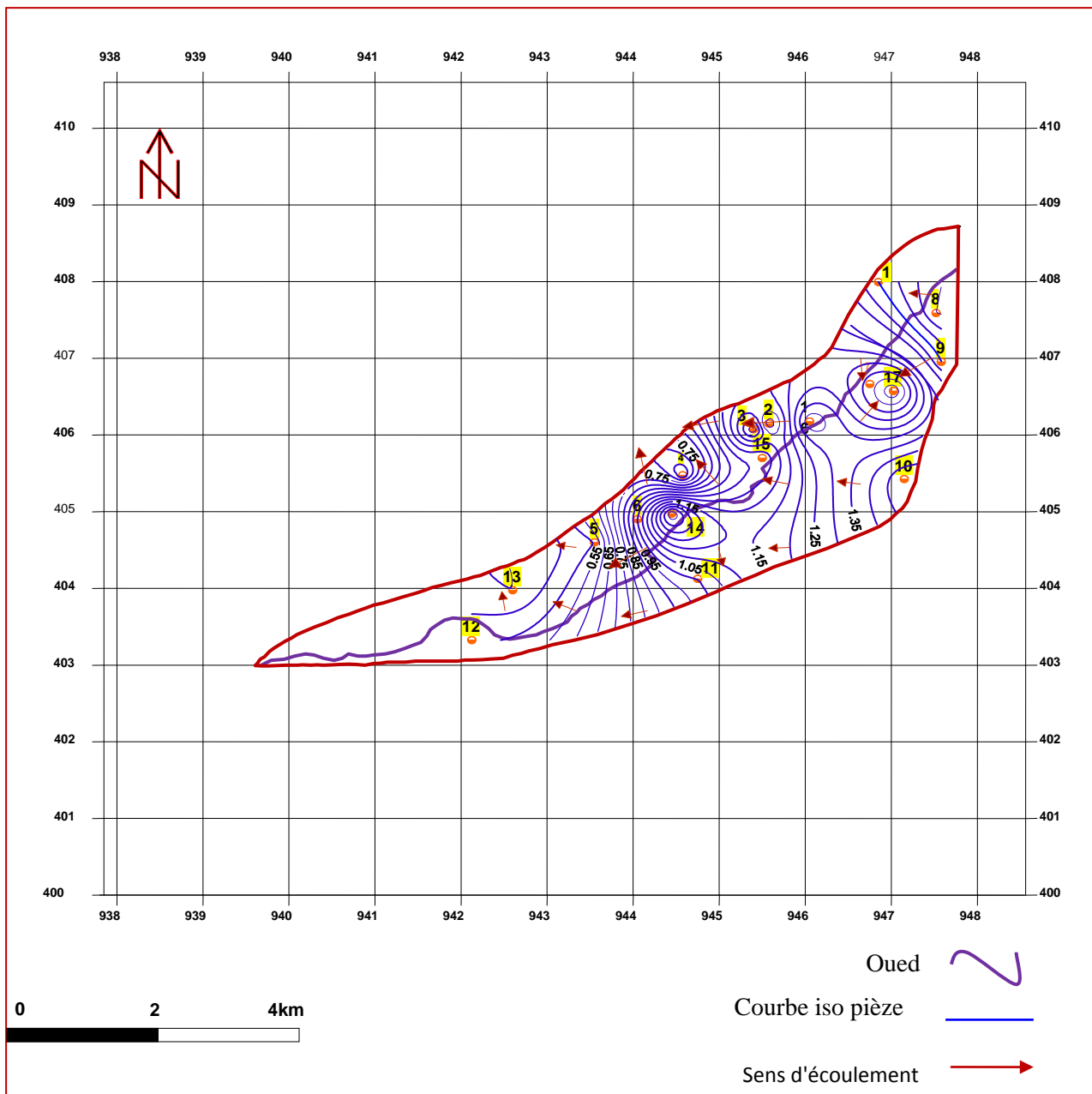


Figure N°18 : Carte piézométrique de la plaine de Kherraza Mars 2006
 (In Messaoudi S et Toumi N 2006).

B - carte piézométrique du mois de Juillet 2006.

L'étude des fluctuations de la nappe permet d'étudier l'alimentation naturelle des couches aquifères et l'évolution des réserves des eaux souterraines.

La carte montre un écoulement différent de celui des hautes eaux. Les courbes isopièzes sont moyennement espacées ce qui indique un écoulement assez calme dû à la topographie plate de la région. L'examen de cette carte montre que l'écoulement général des eaux souterraines se fait de l'oued vers la nappe presque partout.

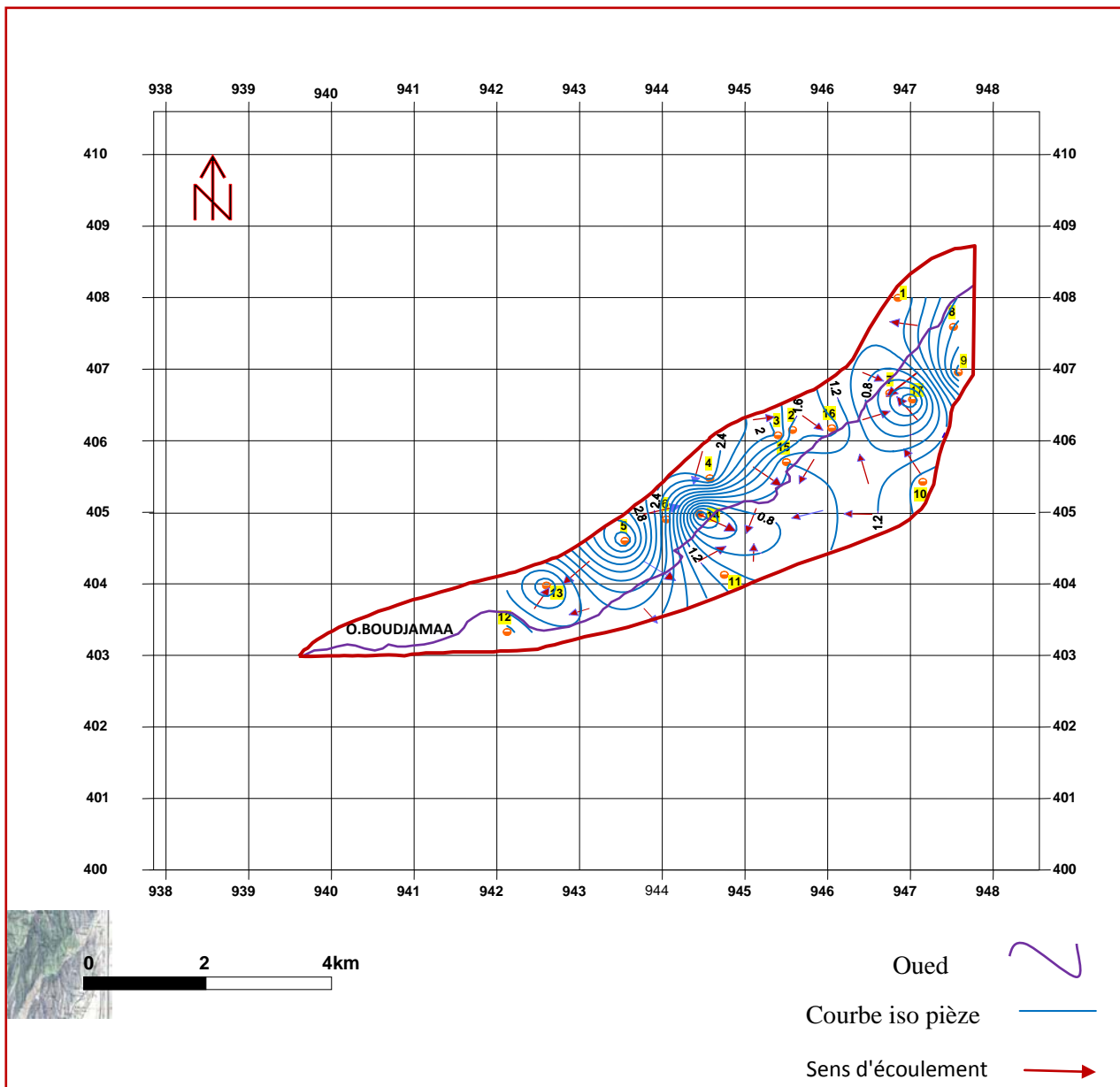


Figure N°19 : Carte piézométrique de la plaine de Kherraza, mois de Juillet 2006, (In Messaoudi S et Toumi N).

Conclusion :

Le système aquifère de la plaine Annaba comprend essentiellement deux types d'aquifère : un aquifère superficiel contenu dans les formations sableuses et un aquifère profond. L'ensemble se comporte comme un même système avec des transferts hydrauliques horizontaux et verticaux par drainance.

L'établissement de la carte piézométrique nous a permis de constater que :

L'écoulement des eaux souterraines est généralement dirigé de la nappe vers l'oued pendant la période des hautes eaux et le contraire durant la période des basses eaux, c'est-à-dire de l'oued vers la nappe.

La cote piézométrique varie entre 0.5 et 1.5 m durant les hautes eaux et entre 0.8 et 3 m lors des basses eaux.

L'étude hydrogéologique nous a permis d'éclaircir quelques points entre autres :

- le sens d'écoulement.
- La variation du gradient hydraulique.

L'utilité d'une eau passe par la connaissance de sa qualité, ce qui rend toute étude hydrochimique indispensable particulièrement quand il s'agit de l'être humain. La région de Annaba est connue pour sa pollution ce qui dégrade la ressource. Notre travail consiste à déterminer la qualité des eaux, dans une zone particulièrement exposée à différentes sources de pollutions.

I- Introduction

Pour déterminer la qualité d'une eau, l'étude hydrochimique est nécessaire. Par définition l'eau est un liquide qui se forme par condensation en altitude, relativement pure à l'origine mais au cours de son cheminement, l'eau se charge par un certain nombre d'éléments minéraux en liaison avec la nature des terrains traversés et les activités pratiquées (agriculture, industrie...). Pour réaliser notre travail nous avons effectué des prélèvements sur quelques points que nous avons sélectionnés au préalable. Ces prélèvements, ont porté sur les eaux de surfaces à travers la plaine Ouest de Annaba et particulièrement les eaux des Oueds (Forcha, Sidi Harb, Bouhdid et Boudjemaâ). Les prélèvements et analyses ont été effectués au cours du mois de Février 2009 et du mois juillet 2009. Les paramètres physiques mesurés sont : pH, conductivité électrique et la température ; les éléments chimiques dosés sont Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_2 , les ETM (Cu, Pb, Zn, Ni, Fe, Cr, Mn) et la DBO5.

II- Méthode de prélèvement :

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en plastiques, rincés deux fois avec l'eau à analyser. Pour conserver les cations, nous avons rajouté 2 à 3 gouttes d'acide chlorhydrique pur dans les bouteilles destinées à l'analyse des cations. Quarante sept échantillons (47) dont vingt cinq (25) échantillons ont été prélevés au mois de février et vingt deux (22) autres au mois de juillet. Les échantillons prélevés, se répartissant comme suit (fig.20) : 12 échantillons sur l'oued de Forcha, 8 échantillons sur l'oued de Sidi Harb, 14 échantillons sur l'oued de Bouhdid et 16 échantillons sur l'oued de Boudjemaâ.

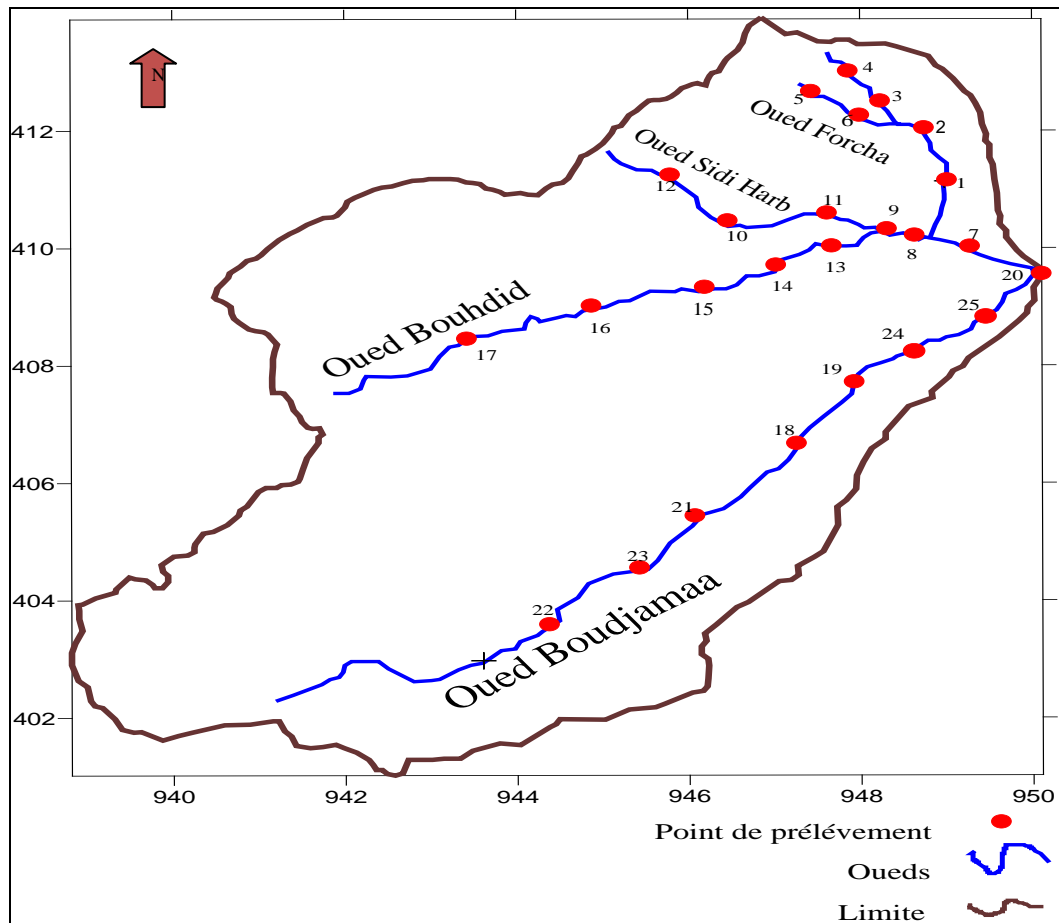


Figure N° 20: Carte d'emplacement des points prélevés

III- Résultats et interprétations :

III-1-Paramètres physiques :

- ✓ **Analyse d'ensemble :** le tableau suivant récapitule les variations des paramètres physiques entre les deux périodes considérées.

	Février				Juillet			
	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type
T°C	20	20	20	0	33	20	23,5	1,35
pH	7,7	7,01	7,31	0,18	7,9	7,2	7,93	0,16
CE µs/cm	2460	427	1411,72	568,84	2234	1114	1589,45	357,92
TDS ppm	1103	192	474,32	225	1142	422	738,88	184,11

Tableau N° 14- Résultats de la statistique élémentaire (T, pH, CE, TDS).

On note un accroissement de la température, ce dernier serait lié à l'effet saisonnier.

Le pH, reste stable au cours des deux périodes, c'est un pH, neutre. Nous remarquons une augmentation franche de la conductivité et du TDS, celle-ci serait liée à l'effet saisonnier comme la température. Ceci met en évidence une relation de cause à effet entre la température et la salinité d'une manière générale.

✓ **Analyse de détail** : cette analyse va nous permettre de suivre l'évolution de chaque paramètre au niveau de chaque site étudié.

-**Le pH (fig.21)**: On remarque une fluctuation saisonnière du pH, particulièrement au niveau des Oueds Forcha, Sidi Harb et Bouhdid, la valeur du pH, reste comprise dans un même intervalle mais présente des variations induites par les apports en eaux, particulièrement au cours de la saison hivernale. L'Oued Boudjamaa, se caractérise par une stabilité du pH.

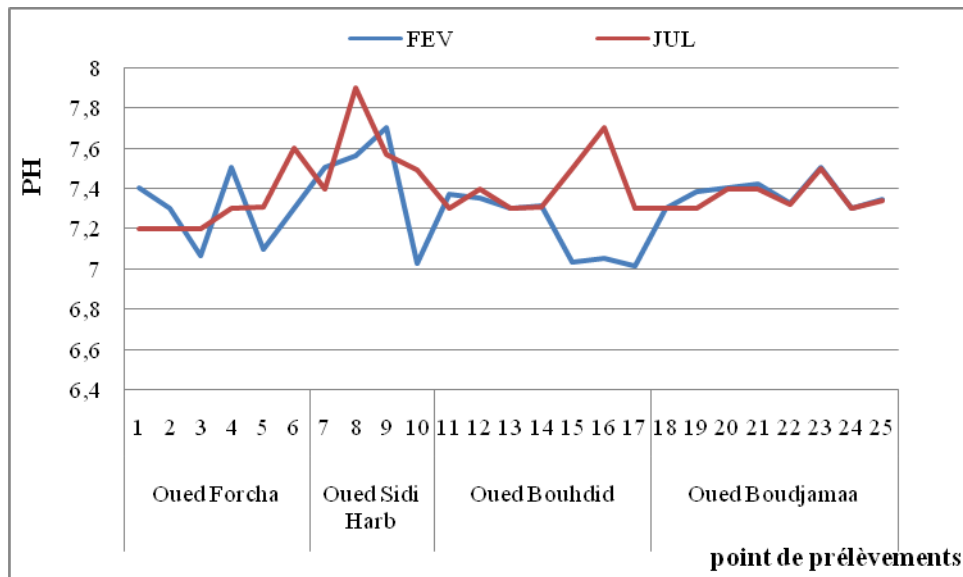


Figure N° 21 : Variations spatio-temporelles du pH .

III-1-C- Conductivité électrique (fig.22) :

Le graphe (Fig.22) : indique une conductivité importante. Cette dernière croit de manière significative particulièrement au niveau de l'Oued Bouhdid où elle passe de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Au niveau l'Oued Forcha, on observe le phénomène inverse, c'est-à-dire une baisse de la conductivité entre les deux mois de mesure. En effet de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ on passe à un maximum de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au mois de Juillet. Cette baisse serait due à un apport d'eau douce, se faisant par les monts de Seraidi. Au niveau des Sidi Harb et Boudjamaa, il y a un effet saisonnier, c'est-à-dire importante en été et relativement faible en hiver.

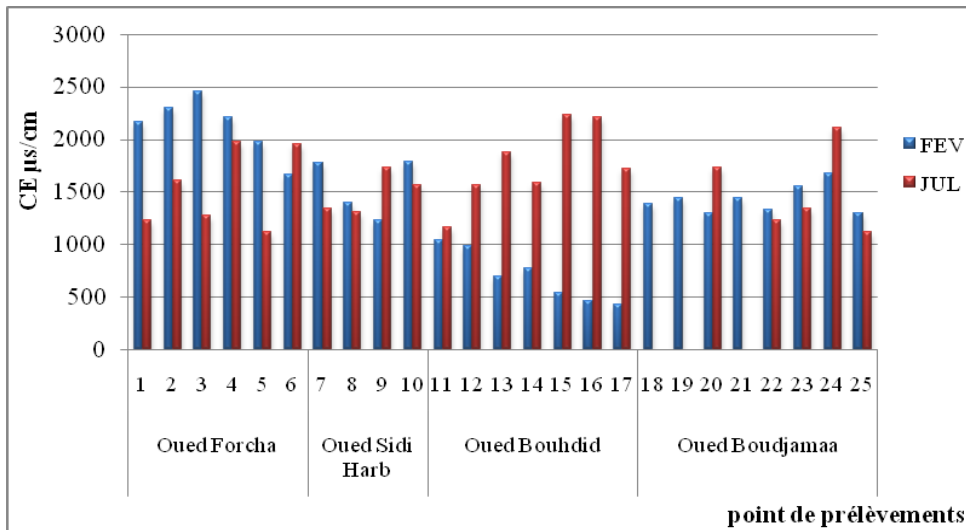


Figure N° 22 : Variations spatio-temporelles de la conductivité

III-1-D- Taux de salinité TDS (fig. 23):

Les mesures réalisées, montrent que la majorité des valeurs sont élevées. Cette salinité est beaucoup plus prononcée au niveau d’oued Forcha, Sidi Harb et Bouhdid, elle passe de 209 de 422 à 1142 mg/l. Par contre au niveau de l’oued Boudjamaa, elle varie entre 192 à 666 mg/l. Cette salinité est accentuée par l’effet saisonnier.

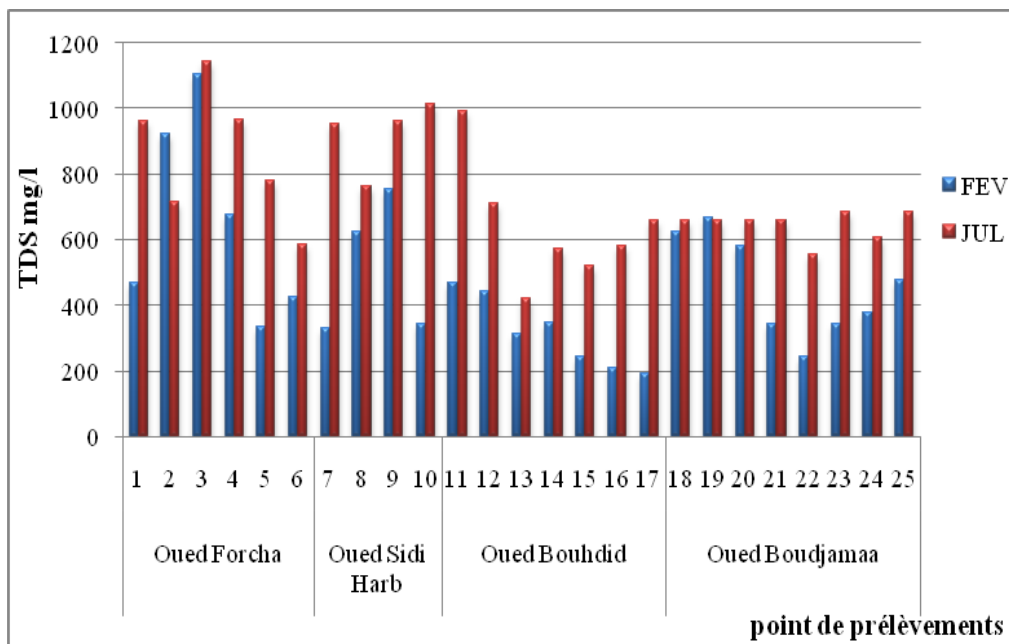


Figure N° 23 : Variations spatio-temporelles de la TDS

III-2- Paramètres chimiques :

III-2-1-L’éléments majeurs :

III-2-1-A- Calcium Ca²⁺ (fig.24):

La figure 24, donne un aperçu sur les variations du calcium entre les deux périodes considérées. On remarque que ces teneurs atteignent 125 mg/l, au niveau de l'oued Forcha, 266 mg/l à sidi Harb. Ces concentrations sont générées par la dissolution des formations géologiques (cipolin).

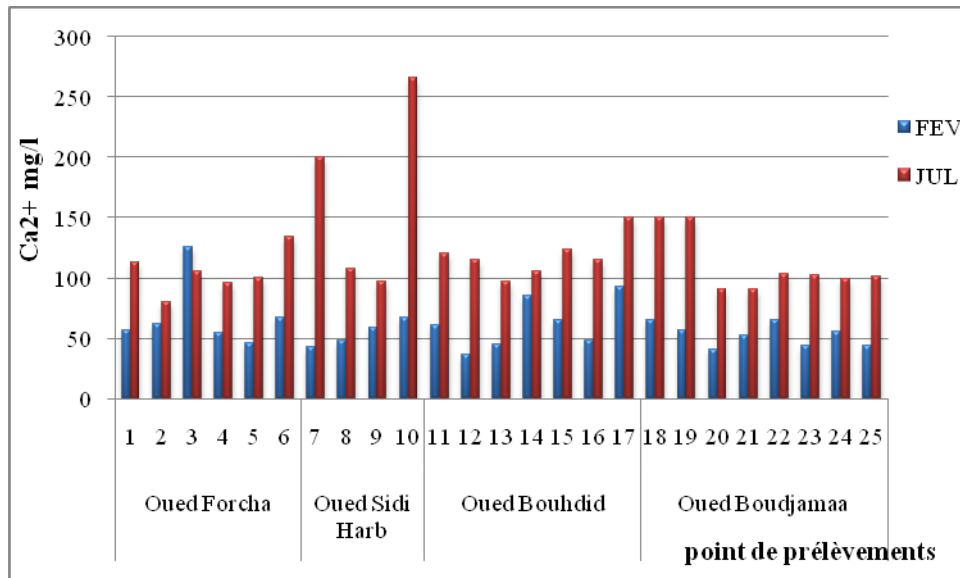


Figure N° 24: Variations spatio-temporelles du (Ca²⁺)

III-2-1-B- Magnésium Mg²⁺: (fig.25):

Dans la nature souvent le magnésium accompagne de calcium. Les concentrations déterminées restent faibles et n'atteignent pas 80 mg/l pour les deux saisons.

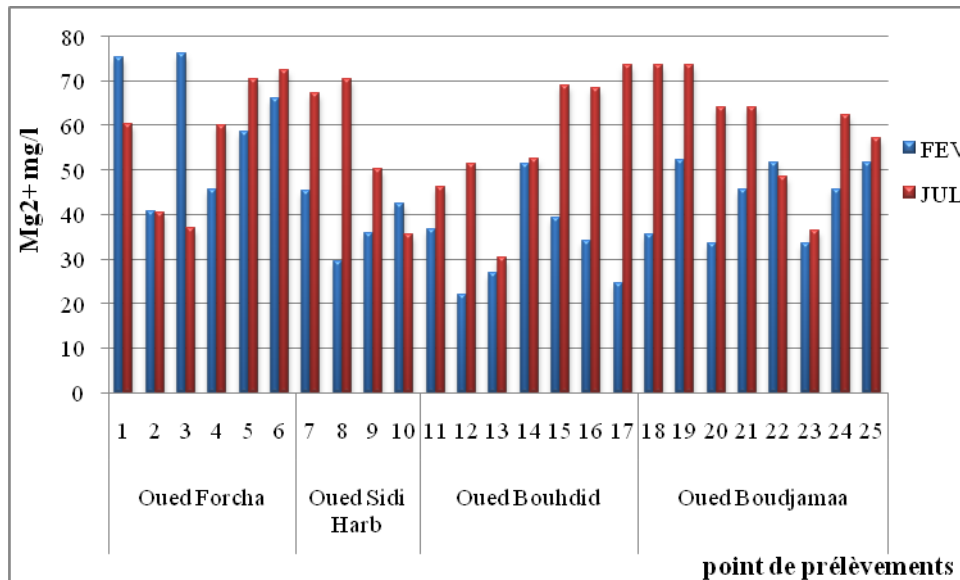


Figure N° 25 : Variations spatio-temporelles du (Mg²⁺)

III-2-1-C- Chlorure Cl⁻ (fig.26) :

Les chlorures présentent des concentrations très faibles, ce qui laisse supposer que l'apport en chlorures est quasiment absent. Ceci montre que les formations métamorphiques alimentant les eaux de ces cours d'eau sont pauvres en chlorures.

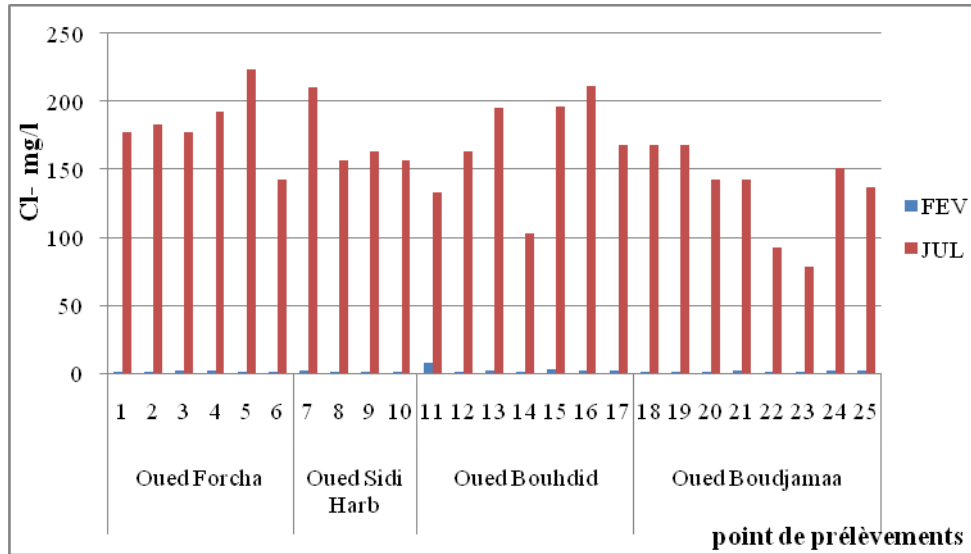


Figure N° 26: Variations spatio-temporelles du (Cl)

III-2-2- Les Nutriments :

Le tableau suivant récapitule les principales indications statistiques de PO_4^{3-} et NO_2 :

Elément	Février				Juillet				Norme (mg/l)
	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type	
PO_4^{3-}	19,1	0,06	2,19	4,04	32,92	11,2	18,22	6,36	0.5
NO_2	1,2	0,02	0,29	0,34	//	//	//	//	0.1

Tableau N° 15 : Indication statistiques PO_4^{3-} et NO_2 .

La comparaison des valeurs moyennes avec la valeur norme montre une pollution des eaux par les nutriments.

III-2-2-A- Phosphate PO_4^{3-} (fig.27):

Les concentrations maximales observées se rapportent au mois de Février, elles concernent les Oueds Forcha, Sidi Harb et Bouhdid, elles varient entre : 0,18 mg/l 19,1 mg/l. En comparant les concentrations obtenues à la norme (0.5 mg/l), nous constatons un dépassement de la norme au niveau de tous les points analysés. Par contre au niveau de l'Oued de Boudjamaa, par contre les phosphates présentent des teneurs oscillant entre 0,06 à 3,71 mg/l, ce qui laisse supposer que les eaux ne sont polluées.

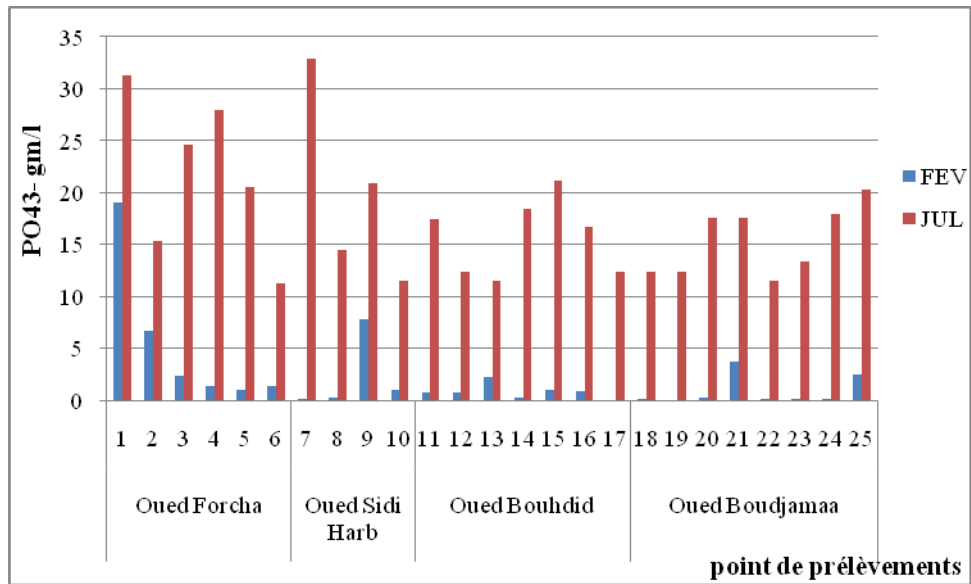


Figure N° 27: Variations spatio-temporelles du (PO_4^{3-})

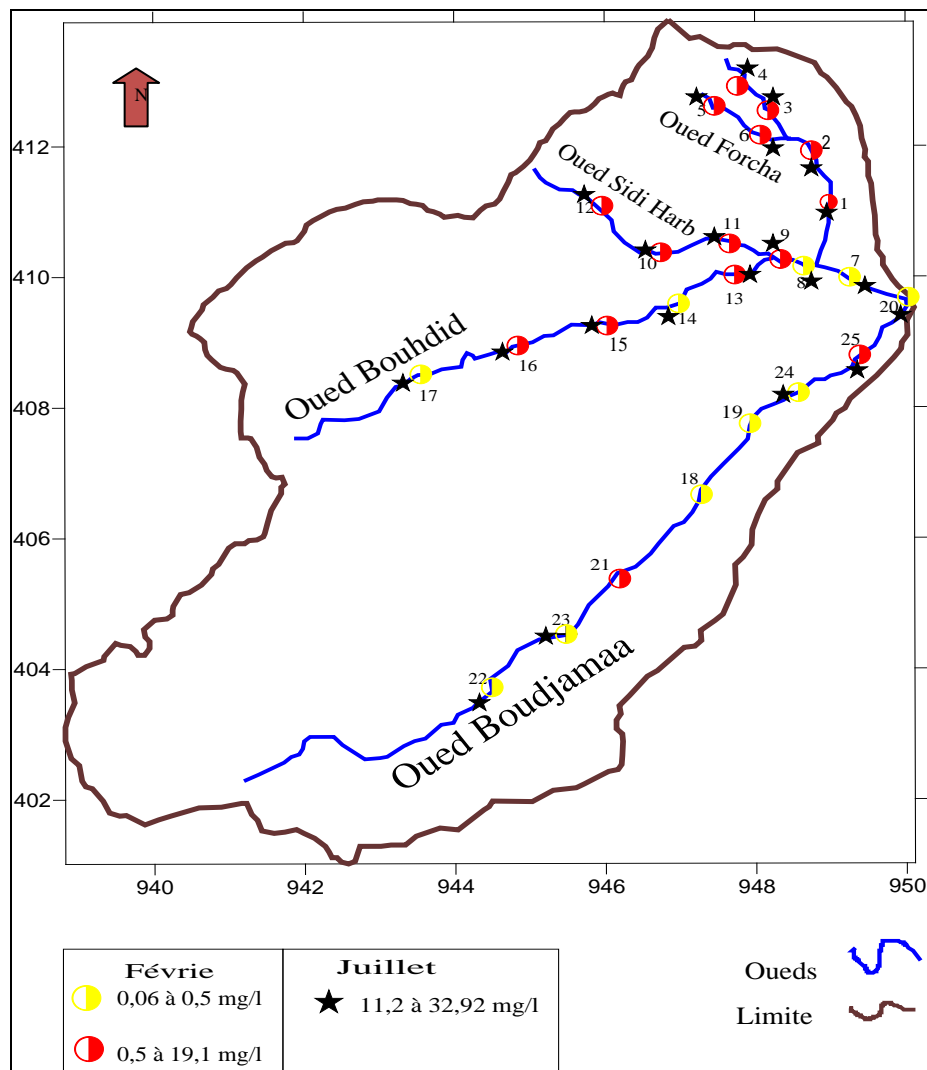


Figure N° 28 : Variations du (PO_4^{3-}) au niveau des Oueds étudiés.

III-2-2-B- Nitrite NO₂ (fig.29):

Les nitrites sont présents dans les eaux à des concentrations oscillant entre 0,02 à 1,2 mg/l, dépassant ainsi la norme admise (0,1 mg/l). Ainsi pour l' Oued Forcha, les teneurs varient entre 0,13 à 1,2 mg/l, à Sidi Harb entre 0,1 et 0,25 mg/l, à Bouhdid entre 0.035 à 1.15 mg/l et au niveau de l'Oued Boudjamaa entre 0,02 à 0,32 mg/l. Nous remarquons que la pollution n'est pas généralisée au niveau des Oueds étudiés.

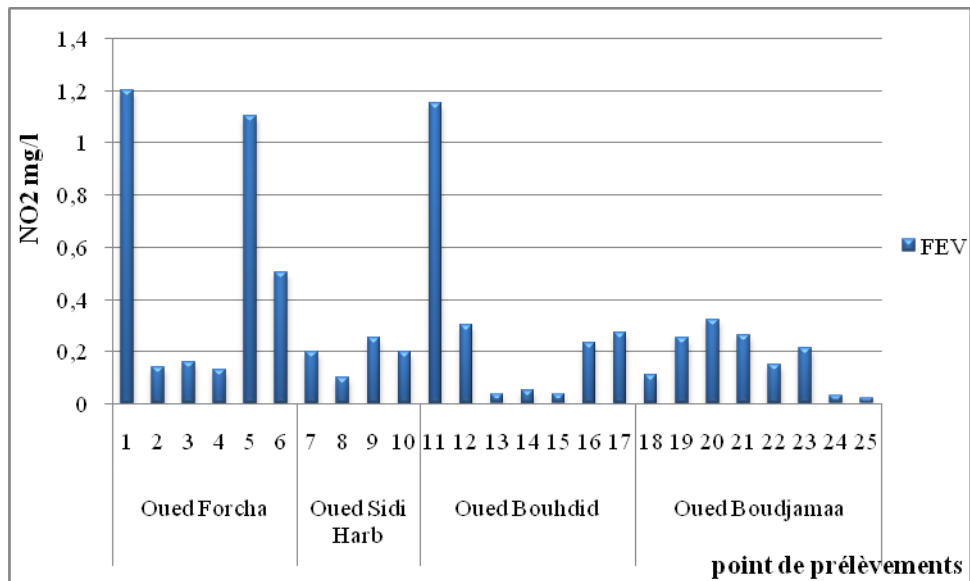


Figure N° 29: Variations spatio-temporelles du (NO₂).

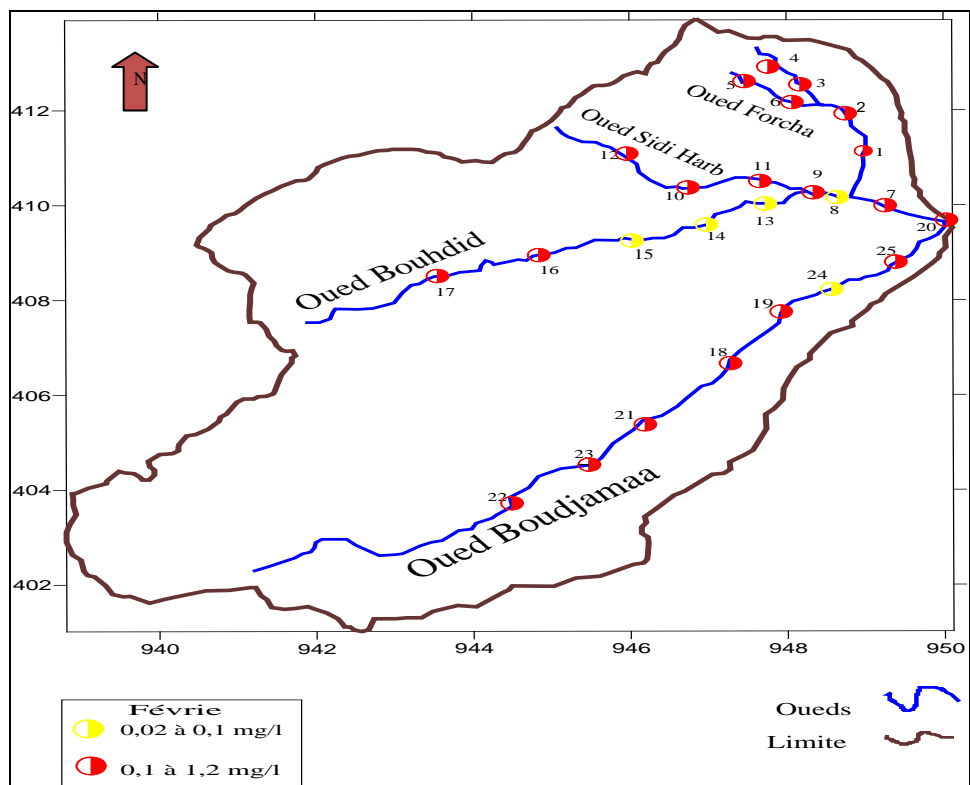


Figure N° 30 : Variations du NO₂ au niveau des Oueds étudiés.

III-2-3- Les ETM :

L'aperçu statistique réalisé montre que les valeurs moyennes des ETM, particulièrement le plomb, présente des concentrations supérieures à la norme. Le tableau suivant récapitule les principales indications statistiques.

Element	Février				Juillet				Norme (mg/l)
	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type	Max (mg/l)	Min (mg/l)	Moy (mg/l)	Ecart type	
Pb	1	0,09	0,36	0,26	1,2	0,17	0,51	0,28	0,05
Mn	0,11	0,02	0,065	0,026	//	//	//	//	0,05
Fe	0,087	0,01	0,034	0,018	1,53	0,11	0,51	0,28	0,2
Zn	0,04	0,001	0,021	0,012	0,059	0,01	0,029	0,012	0,5
Cu	0,05	0,008	0,023	0,012	0,53	0,03	0,018	0,011	1
Ni	0,13	0,012	0,05	0,033	//	//	//	//	0,5
Cr	0,085	0,011	0,021	0,016	0,089	0,019	0,041	0,017	0,05

Tableau. 16 : Etude statistique des métaux lourds.

Le précédent tableau, montre que les concentrations du plomb, restent importantes au cours des deux périodes de prélèvements. Le fer indique une pollution des eaux au cours du mois de juillet. Les autres éléments (Zn, Cu, Ni et Cr), présentent de faibles concentrations au cours des deux périodes d'analyses. Notons que le manganèse n'a été analysé qu'au cours du mois de Février et les concentrations déterminées sont importantes.

- **Analyse de détails :**

III-2-3-A- Le plomb Pb (fig.31):

La majorité des échantillons présentent des teneurs élevées, supérieures à la norme admise. Les teneurs déterminées oscillent 0,09 et 1,2 mg/l. Au niveau de l'Oued Forcha, les concentrations restent stables de l'ordre de 0,5 mg/l. A Sidi Harb, les teneurs atteignent 1,2 mg/l au mois de Juillet. Pour l'Oued Bouhdid, la concentration maximale enregistrée est de 0,87mg/l (Juillet). Concernant l'Oued Boudjmaa, les teneurs déterminées atteignent 0,8 mg/l au mois de juillet. La présence du plomb dans ces eaux est d'origine anthropique.

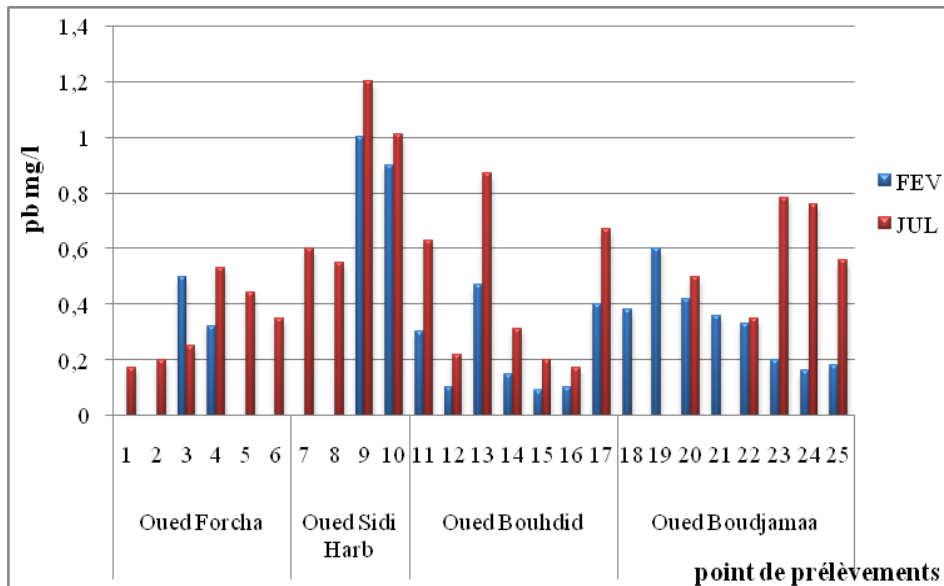


Figure N° 31: Variations spatio-temporelles du (Pb).

III-2-3-E- Le Manganèse Mn (fig.32) :

La norme de l’OMS, est de 0.05 mg/l. Le manganèse est très répondu dans la nature, Les concentrations dans l’écorce terrestre varient de 500 à 900 mg/kg. La présence de cet élément est due à l’industrie de la métallurgie; l’industrie électrique et l’industrie chimique.

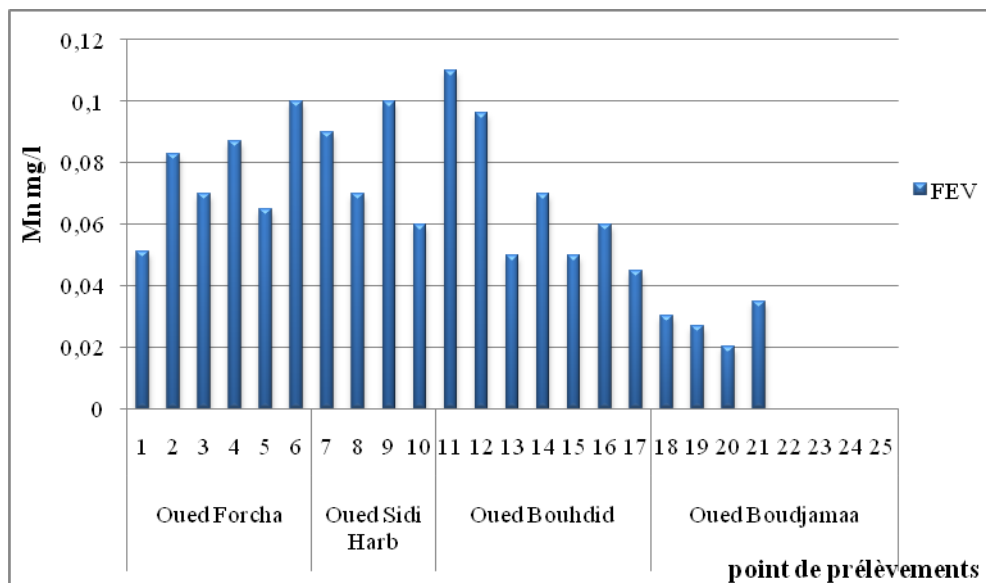


Figure N° 32 : Variations spatio-temporelles du (Mn).

Les concentrations varient entre 0,02 à 0,12 mg/l la plus part des résultats sont supérieurs a la norme à 0,05 mg/l. Au niveau des Oueds Forcha, Sidi Harb et Bouhdid les concentrations atteignent un maximum de 0,10 mg/, montrent une présence une pollution due au manganèse. Les eaux de l’Oued Boudjamaa, présentent des concentrations faibles, n’atteignant pas la norme.

III-2-3- H- Fer total Fe (fig.33) :

Les teneurs varient entre 0,034 à 0,087 mg/l au mois de Février et entre de 0,51 à 1,53 mg/ au cours du mois de Juillet. Les concentrations ainsi déterminées dépassent la norme admise (0,2 mg/l), montrant ainsi une pollution des eaux par le fer. Dans les détails, on constate que les concentrations sont identiques au niveau des Oueds Forcha et Bouhdid, elles sont de l'ordre de 0.62 mg/l. Ces concentrations sont plus importantes au niveau des Oueds Forcha et Boudjamaa, où elles atteignent 0.62 ml/l, soit six fois plus importantes. Ceci s'explique par un apport plus important en fer au niveau des cours d'eau.

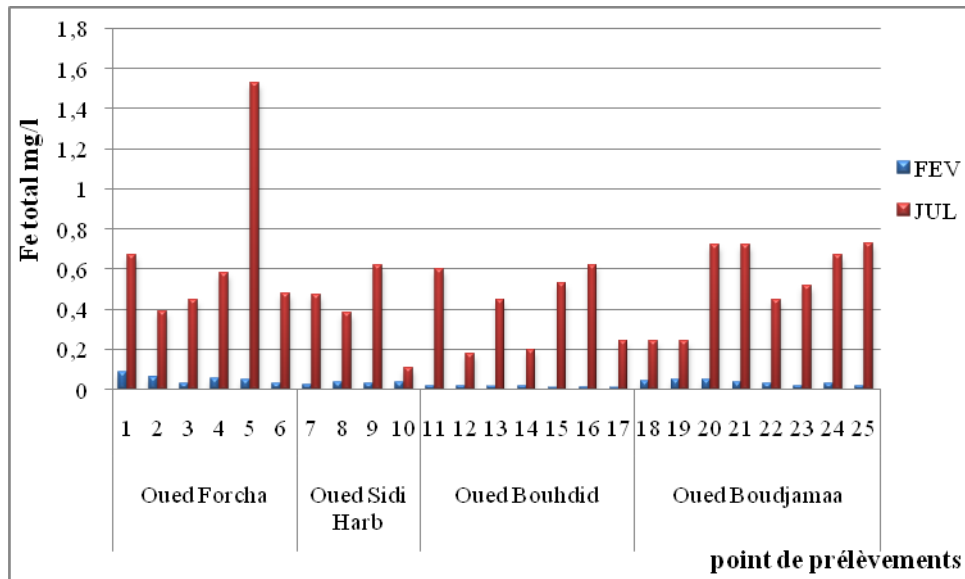


Figure N° 33 : Variations spatio-temporelles du (Fe).

III-2-4-Sources de pollution inventoriées dans la zone d'étude :

Les eaux s'écoulant au niveau des différents Oueds peuvent avoir deux origines : les précipitations et les rejets. Si les précipitations se font de manière saisonnières et donc influencent momentanément la qualité des eaux, les rejets domestiques, par contre sont permanents et alimentent les oueds à longueur d'année, de ce fait la pollution est quasi constante cf.photo suivante, montrant le rejet des eaux usées au niveau de l'Oued Forcha. .



Photo.1 : Rejet des eaux usées au niveau de l'Oued Forcha.

Ces rejets, accentuent ainsi le risque de pollution. Ces eaux en proviennent des habitations et des divers établissements (écoles, hôpitaux, ..), sont généralement chargées en polluants et sont rejetées au niveau des cours d'eau sans aucun traitement et par conséquent augmentent le risque de pollution. Notons que le trafic routier très intense dans cette zone accroît le risque de pollution.

III-3- Mise en évidence d'une pollution organique :

III-3-1- La demande biochimique en oxygène DBO5 (fig.34) :

L'observation de l'histogramme des teneurs de DBO5 mesurées dans la région d'étude durant les campagnes de février et juillet (fig34.) montre des valeurs en DBO5, oscillant entre 5 et 18 et mg/l au mois de février et entre 18 et 38 mg/l, au mois de juillet, indiquant ainsi pollution générée par la forte activité biologique de la matière organique présente dans l'eau, la teneur la plus élevée sont enregistrées au niveau de l'Oued Boudjemaa (site, 20& 21). En effet aux alentours des rejets domestiques, les oueds présente une pollution par les microorganismes provoquant une consommation d'oxygène dissous (milieu réducteur), provoquant une augmentation de la DBO5 .

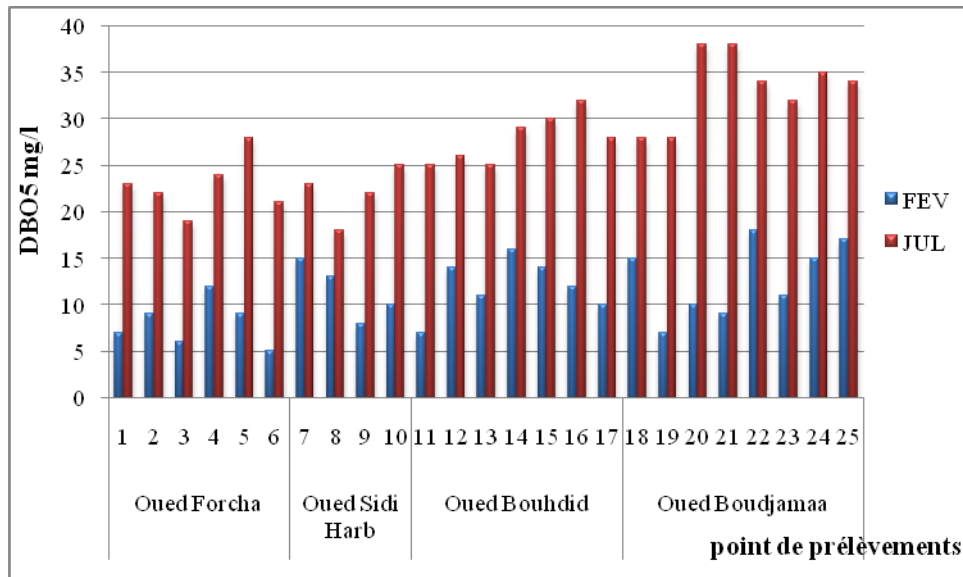


Figure N° 34 : Variations spatio-temporelles du (DBO5)

IV- Mise en évidence d'une pollution par la méthode de la fréquence de dépassement :

Les concentrations déterminées sont souvent importantes, exprimant une pollution des eaux, ce qui nous a incité à rechercher le ou les polluants montrant un dépassement. L'analyse statistique réalisée a montré des éléments dont la valeur moyenne dépassée la valeur guide par contre pour d'autre c'est la valeur maximale qui indique une pollution. Cette répartition nous amène à prendre en considération deux situations selon deux scénarios, l'un optimiste et l'autre pessimiste.

IV-1- Méthode de la fréquence de dépassement :

Cette méthode sera appliquée pour montrer la situation du fer, plomb, manganèse et des nutriments par rapport aux normes requises. Ces éléments présentaient un excès dans les eaux analysées.

Cette méthode est basée sur deux facteurs :

- l'utilisation des valeurs guides comme limite,
- un calcul de la fréquence de dépassement.

L'équation écrite comme la suivante :

$$F_i = \sum_{n_1}^n (N-C) / n$$

Avec ;

F_i = Fréquence de dépassement.

N = Norme guide pour l'élément.

C = Concentration pour l'élément pour n échantillon.

n = Nombre d'échantillon,

*** Valeurs guides :**

Le tableau suivant donne les valeurs guides des éléments étudiés :

Élément	N	Valeur Guide (N)
Mn	25	0.05
Pb	47	0.05
Fe	47	0,2
NO ₂	25	0,1
PO ₄ ⁻²	47	0,5

Tableau N°17: Valeurs Guides (N)

*** Les moyennes des concentrations :****- Calcul du (C) :**

$$C = \sum c_i / n$$

Avec :

C_i : Concentration d'élément

n : le nombre d'échantillons

a)- Cas d'une situation optimiste :

Dans ce cas nous allons utiliser la concentration moyenne pour le calcul de la fréquence de dépassement. Le tableau n° extrait du tableau de la statistique élémentaire, récapitule les valeurs des concentrations moyennes qui seront utilisées pour le calcul de la fréquence de dépassement.

Élément	N	Concentration moyenne (C)
Mn	25	0.065
Pb	47	0.435
Fe	47	0,272
NO ₂	25	0,29
PO ₄ ⁻²	47	9,955

Tableau N°18 : Concentration moyenne (C)

a-1- Calcul (N-C) :

Les résultats sont récapitulés dans le tableau n° 19 suivant :

Element	N	Valeur Guide (N)	Concentration moyenne (C)	(N-C)
Mn	25	0.05	0.065	- 0.015
Pb	47	0.05	0.435	- 0.385
Fe	47	0,2	0,272	- 0,072
NO ₂	25	0,1	0,29	-0,19
PO ₄ ⁻²	47	0,5	9,955	-9,455

Tableau N° 19 : Les résultats de (N – C)

Si N-C supérieur à zéro donc pas de pollution,

Si N-C, inférieur à zéro il y a pollution.

a-2- L'interprétation des résultats :

D'après les résultats obtenus on a :

*** Pour le Plomb (Pb) :**

$$N-C = - 0.385 < 0 \implies \text{pollution.}$$

*** Pour le Manganèse (Mn) :**

$$N-C = - 0.015 > 0 \implies \text{pollution.}$$

*** Pour le Fer (Fe) :**

$$N-C = - 0,072 < 0 \implies \text{pollution}$$

*** Pour le Nitrite (NO₂)**

$$N-C = -0,19 < 0 \implies \text{pollution}$$

*** Pour le Phosphate (PO₄⁻²)**

$$N-C = - 9,455 < 0 \implies \text{pollution}$$

Les résultats obtenus montrent une pollution par (le Manganèse, le plomb, le cuivre, le Fer, le Nitrite et Phosphate) et par contre les autres éléments (Crome, Zinc et Nickel), restent dans des limites acceptables.

b)- Cas d'une situation pessimiste :

Dans ce cas on prend en considération les concentrations maximales obtenues lors des analyses. Le tableau suivant 20, récapitule les valeurs maximales des éléments dosés.

Élément	N	Concentrations maximales (C)
Mn	25	0.110
Cu	47	0.530
Cr	47	0.089
Pb	47	1.200
Zn	47	0.059
Ni	25	0,13
Fe	47	1,53
NO ₂	25	1,2
PO ₄ ⁻²	47	32,92

Tableau N°20: Concentration maximales calculées

b-1- Calcul (N-C) :

Les résultats sont récapitulés sur le tableau suivant :

Élément	N	Valeur Guide (N)	Concentrations maximales (C)	(N-C)
Mn	25	0.05	0.110	- 0.06
Cu	47	0.02	0.530	- 0.51
Cr	47	0.05	0.089	- 0.039
Pb	47	0.05	1.200	- 1.15
Zn	47	0.5	0.059	0.441
Ni	25	0.5	0,13	0,37
Fe	47	0,2	1,53	-1,33
NO ₂	25	0,1	1,2	-1,1
PO ₄ ⁻²	47	0,5	32,92	-32,42

Tableau N° 21 : Les résultats de (N – C)

Si N-C supérieur à zéro donc pas de pollution,

Si N-C, inférieur à zéro il y a pollution.

b-2- L'interprétation des résultats : D'après les résultats obtenus on a :

* Pour le Cuivre (Cu) :

$$N-C = - 0.51 < 0 \quad \Rightarrow \text{pollution confirmée.}$$

* Pour le Chrome (Cr) :

$$N-C = -0.039 > 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée.}$$

* Pour le Plomb (Pb) :

$$N-C = -1.15 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée.}$$

* Pour le Zinc (Zn) :

$$N-C = 0.441 > 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution non confirmée}$$

* Pour le Nickel (Ni) :

$$N-C = 0.37 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution non confirmée.}$$

* Pour le Manganèse (Mn) :

$$N-C = -0.06 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée.}$$

* Pour le Fer (Fe) :

$$N-C = -1.33 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée}$$

* Pour le Nitrite (NO₂):

$$N-C = -1.1 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée}$$

* Pour le Phosphate (PO₄⁻²):

$$N-C = -32.42 < 0 \quad \Rightarrow \quad \text{pollution confirmée}$$

Les résultats obtenus indiquent une pollution des eaux des oueds par (le Cuivre, Plomb, Manganèse, Nickel, Fer, chrome, Nitrite et le Phosphate). Le Nickel chrome et le Zinc reste dans les limites acceptables et peut indiquer tantôt une pollution tantôt le contraire, c'est pourquoi nous avons parlé de pollution perceptible

IV-2- Calcul les pourcentages des points d'eau de dépassement (les points d'eaux qui représente une pollution) :

On a un total de 48 points d'eau échantillonné

a) – pourcentage du Cuivre :

Il y a 32 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 47 \longrightarrow 100 \% \\ 32 \longrightarrow X_{Cu} \end{array} \right\} X_{Cu} = 32 \cdot 100 / 47 = 68,08 \%$$

$$X = 68,08 \%$$

- Dans l'oued Forcha on a 08 points de dépassements c'est dire 25 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 5 points de dépassements c'est dire 15,62%.
- Dans l'oued Bouhdid et on a 8 points de dépassements c'est dire 25 %.
- Dans l'oued Boudjamâa on a 11 points de dépassements c'est dire 34,37 %.

b) – pourcentage du Plomb :

Il y a 41 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 47 \longrightarrow 100 \% \\ 41 \longrightarrow X_{\text{Pb}} \end{array} \right\} X_{\text{Pb}} = 41 \cdot 100 / 47 = 87,23 \%$$

$$X = 87,23 \%$$

- Dans l'oued Forcha on a 8 points de dépassements c'est dire 19,51 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 6 points de dépassements c'est dire 14,63 %.
- Dans l'oued Bouhdid on a 14 points de dépassements c'est dire 34,14 %.
- Dans l'oued Boudjamâa on a 13 points de dépassements c'est dire 31,70 %.

c) – pourcentage du Manganèse :

Il y a 16 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 25 \longrightarrow 100 \% \\ 14 \longrightarrow X_{\text{Mn}} \end{array} \right\} X_{\text{Mn}} = 14 \cdot 100 / 25 = 56 \%$$

$$X = 56 \%$$

- Dans l'oued Forcha on a 6 points de dépassements c'est dire 42,85 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 4 points de dépassements c'est dire 28,57 %.
- Dans l'oued Bouhdid on a 4 points de dépassements c'est dire 28,57 %
- Dans l'oued Boudjamâa pas de points de dépassement 00 %

e) – pourcentage du Chrome :

Il y a 5 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 47 \longrightarrow 100 \% \\ 5 \longrightarrow X_{\text{Ni}} \end{array} \right\} X_{\text{Ni}} = 5 \cdot 100 / 47 = 10,63 \%$$

$$X = 10,63 \%$$

- Dans l'oued Forcha pas de points de dépassement 00 %
- Dans l'oued Sidi Harb on a 3 points de dépassements c'est dire 60 %.
- Dans oued Bouhdid on a 2 points de dépassements c'est dire 40 %.
- Dans l'oued Boudjamâa pas de points de dépassement 00 %

j) – pourcentage du Fer :

Il y a 22 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 47 \longrightarrow 100 \% \\ 19 \longrightarrow X_{\text{Fe}} \end{array} \right\} X_{\text{Fe}} = 19 \cdot 100 / 47 = 40,42 \%$$

$$\boxed{X = 40,42 \%}$$

- Dans l'oued Forcha on a 6 points de dépassements c'est dire 31,57 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 3 points de dépassements c'est dire 15,79 %.
- Dans l'oued oued Bouhdid on a 5 points de dépassements c'est dire 26,31 %.
- Dans l'oued Boudjamâa on a 5 points de dépassements c'est dire 26,31 %.

h) – pourcentage du Nitrite :

Il y a 1 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 25 \longrightarrow 100 \% \\ 19 \longrightarrow X_{\text{NO}_2} \end{array} \right\} X_{\text{NO}_2} = 19 \cdot 100 / 25 = 76 \%$$

$$\boxed{X = 76 \%}$$

- Dans l'oued Forcha on a 6 points de dépassements c'est dire 31,57 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 3 points de dépassements c'est dire 15,79 %.
- Dans l'oued oued Bouhdid on a 4 points de dépassements c'est dire 21,05 %.
- Dans l'oued Boudjemaa on a 6 points de dépassements c'est dire 31,58 %.

h) – pourcentage du Phosphate :

Il y a 38 point d'eau qui dépasse les valeurs guide donc :

$$\left. \begin{array}{l} 47 \longrightarrow 100 \% \\ 37 \longrightarrow X_{\text{PO}_4^{-2}} \end{array} \right\} X_{\text{PO}_4^{-2}} = 37 \cdot 100 / 47 = 78,72 \%$$

$$\boxed{X = 78,72 \%}$$

- Dans l'oued Forcha on a 12 points de dépassements c'est dire 32,43 %.
- Dans l'oued Sidi Harb on a 6 points de dépassements c'est dire 16,21 %.
- Dans l'oued Bouhdid on a 12 points de dépassements c'est dire 32,43 %.
- Dans l'oued Boudjemaa on a 7 points de dépassements c'est dire 18,92 %.

Conclusion

L'accroissement des populations et l'intense activité agricole et industrielle ont engendré une forte pollution du milieu et des eaux ce qui a engendré une dégradation de l'environnement dans la région de Annaba.

Au niveau de la plaine ouest de Annaba, les eaux de surface et souterraines sont souvent utilisées pour répondre aux besoins en eau pour l'irrigation et aux besoins des populations.

Les principales sources de pollution sont représentées par les rejets directs des eaux usées urbaines et des angaries utilisées dans l'agriculture.

- Les rejets des eaux usées urbaines sont représentés par les rejets des agglomérations qui occupent la majorité du secteur de la plaine ouest qui est la zone où il y a le plus d'habitations.
- Dans les zones agricoles les produits sont déposés directement sur le sol sous forme d'engrais, d'où un risque de pollution directe.

Pour connaître l'état de la pollution des Oueds et par conséquent l'impact des rejets domestiques sur la qualité des eaux. Un suivi mensuel s'étalant sur deux campagnes a été réalisé, les résultats obtenus ont montrés une pollution des eaux des Oueds par les ETM et NO_2 , PO_4^{-2} . La mise en évidence de cette pollution a été illustrée par la méthode de dépassement, cette dernière a montré que les cours d'eau sont pollués mais à différents degrés. En effet l'Oued Forcha, Sidi Harb, Bouhdid et Boudjemaa restent les plus pollués car les apports en eaux usées restent considérables.

Les variations spatio-temporelles montre une existence de ces éléments (Cu, Cr, Pb, Mn, Ni, Zn, Fe, NO_2 , PO_4^{-2}) dans les eaux de l'oued Boudjemaa et ces affluents (oued Forcha, Bouhdid, et oued sidi Harb) avec des concentrations variantes d'un point à l'autre et de la campagne à une autre.

Dans le cas de la situation optimiste, les résultats obtenus montrent une pollution des différentes oueds par (le plomb, le cuivre le, Manganèse, le Chrome, le Fer, le Nitrite et Phosphate) (les valeurs guides – les concentrations moyennes < 0), et les autres éléments (le Nickel, le Chrome et le Zinc) restent dans des limites acceptables (les valeurs guides – les concentrations moyennes > 0). Par contre le cas d'une situation pessimiste le N-C est inférieur à 0, qui confirment la pollution des eaux de ces oueds par ces métaux (le plomb, le cuivre, le Manganèse, le Chrome, le Fer, le Nitrite et le Phosphate), sauf, le Nickel et le Zinc reste au limite de pollutions acceptables (N-C est supérieur à 0).

Les résultats des calculs de pourcentages des points de dépassements (varie entre 10 % et 87 %) montrent que la plupart des points de dépassements enregistrés au niveau des eaux d'oued Forcha, oued Sidi Harb et oued Bouhdid, ceci indique que ces oued sont le plus pollués par ces éléments. Par contre les pourcentages des points de dépassement du Chrome reste à des faibles valeurs qui ne dépassent pas 10,63 %. Et la pollution du Nickel et Zinc reste absolument nul.

I- Introduction :

La pollution de l'air est un problème ancien qui s'est développé depuis les anciens siècles ou il y avait une consommation d'engrais, la révolution industrielle et l'évolution technologique sont aussi à l'origine de l'augmentation de la qualité des polluants émis dans l'air (Aujourd'hui, la pollution fait parti de notre vie parce qu'elle touche tout l'écosystème comme : l'atmosphère, l'eau, le sol et la végétation se voit surtout le milieu urbain ; ou elle est liée non seulement à la concentration de l'industrie et ces foyers domestiques, mais aussi à la circulation automobile. UIS, 2001).

Les problèmes liés à la pollution atmosphériques, sont devenues ces dernières années une préoccupation permanente pour les pouvoirs publics, les scientifiques et les sociétés civiles.

Dans notre région la pollution de l'air n'a pas commencé à devenir inquiétante qu'à partir de 1986 quand la crise économique a posé certaines unités industrielles à sacrifier le critère environnemental au profit de la production. Notons bien que Annaba est la capitale industrielle de l'Est Algérien et cela à cause de ces unités industrielles : le complexe d'El Hadjar « METAL STEEL » et ce complexe des engrais phosphaté Asmidal et multitude d'entreprises implantés dans la zone industrielle.

II- Présentation de l'atmosphère :

L'atmosphère est définie comme étant : la couche gazeuse qui enveloppe notre planète (anonyme 2004). Elle est composée de différentes couches superposées et dans lesquelles la pression et la température décroissent progressivement. Ce sont la troposphère, la stratosphère, la mésosphère et l'ionosphère (ou encore la thermosphère) (Ramade, 1984). Notre atmosphère est formée d'une couche d'air dont la composition moyenne est de : (Tableau 01).

Le passage de l'air pur à l'air pollué se fait lentement de telle sorte que la différence entre les deux états paraît au début peu sensible. Une différence très nette s'enregistre quand les substances de pollution arrivent à une concentration nocive pour l'organisme à ce moment leur concentration peut être de l'ordre de mg ou même de 100 de mg/m³ d'air parfois même quelque partie ppm et par 100 de million de ppm (PPCM) modifiant d'une manière à peine perceptible la composition en % de l'air.

L'air pollué se rencontre actuellement surtout à la partie inférieure de l'atmosphère (Barnea et Ursu, 1974).

Composés	Teneur (%en Volume)	Composés	Teneur (%en Volume)
So ₂ , NO ₂	0,15 ppm (zone industrielle)	Argon	20,95
Hf	0,1 ppm (ville)	Néon	0,93
O ₃	0,1 ppm (villes industrie)	Hélium	18ppm, 5ppm
CO ₂	0,01 ppm	Métane	2ppm
CO	300 ppm	Krypton	1ppm
Azote	20 ppm	Hydrogène-xéron-NH ₃	Variable
Oxygène	78,09		

Tableau N° 22 : Constitution de l'enveloppe atmosphérique Source :

1972

II-1-- Les sources de pollution de l'air :

On peut avoir plusieurs sources de pollution atmosphériques les unes sont fixes, et les autres sont mobiles. Les principales sources sont :

II-1-2--Sources fixes :

➤ Les procédés industriels :

Ce terme recouvre les installations industrielles mais également le chauffage des bâtiments, logement et bureau. les installations des combustions produisent la quasi-totalité des oxydes de soufres (SO₂), aussi une partie de poussières de fumées noires et des oxydes d'azote (NO_x).

La plupart des combustibles fossiles (charbon, fuel) contiennent en effet du soufre la teneur en soufre du charbon tourne autour de 1%. celle du fuel lourd se situe autour de 3% (**Isabelle, 1984**)

➤ Les Foyers domestiques :

L'incinération est le moyen utilisé pour éliminer les déchets urbains le mode de traitement des déchets consiste en la mise des sites sauvages des déchets et a y mettre le feu. La composition des déchets solides provoque le dégagement d'un gaz comprenant 50% à 65% de méthane (CH₄) une fois incinérée les déchets et émettent des fumées du monoxyde de carbone et des poussières d'ordre 01 à 20 g /m₃ d'air.

➤ Les Sources Automobiles :

L'automobile constitue une source importante de la pollution de l'atmosphère, la concentration des véhicules à moteurs dans la région très urbanisée peut provoquer une forte pollution de l'aire qui varie selon la nature du moteur d'une véhicule à diesel ou essence.

Dans les moteurs à explosion, les pollutions les plus répandues se produisent surtout on ralentie à base rotation et lors du démarrage à froid avec strates.

Source de pollution	Véhicules	
Gaz d'échappement	Essences	Diesel
CO	1000-80000 ppm	500-1000 ppm
NO _x	100-200 ppm	400-200ppm
SO ₂	Peut important	Important
Plomb	0,4g/l	-----
Hydrocarbure imbrulé	100-500 ppm	100-1000
Fumer noir du carbone	négligeable	Important

**Tableau N° 23 : Evaluation des Emissions des polluants des Véhicules roulantes
1982**

On peut classer aussi les sources de pollution sous trois grandes catégories :

- ✓ **pollution d'origine naturelle** : marine, extraterrestre, végétale et microbienne.
- ✓ **pollution d'origine industrielle** : industrie de métaux ferreux, non ferreux, industrie chimique du ciment, du pétrole, cokerie et usines à gaz.
- ✓ **pollution due à la combustion** : transport, foyer fixes, centrales thermiques, incinération.

II-2-Types de pollution Atmosphérique :

On a trois grandes échelles de la pollution (CITEPA, 2007)

II-2-1- pollution locale : ou pollution de proximité s'intéresse à la pollution de l'air dans les grandes villes e les zones fortement peuplées ou se situent la plus part des sources de population dues aux activités humaines.

II-2-2- pollution régionale : pollution à longue distance : le polluants émis par les activités humaines retombent en partie à proximité des source. Les principaux problèmes de pollution à longue distance sont l'acidification. L'eutrophisation et la pollution photo technique.

II-2-3-Pollution global : ce type de pollution a été émis en évidence au cours des années 80 avec les observations des chercheurs sur l'effet de serre et destruction de l'ozone stratosphérique (source : CITEPA).

I- Le secteur industriel :

Le tissu industriel de la wilaya d Annaba constitue une importante source de pollution de nombreux effluents liquides et gazeux sont quotidiennement rejetés dans l'atmosphère et dans l'eau.

Le complexe sidérurgique METTAL STEEL seul rejette par exemple annuellement :

7800 tonnes de poussières issues des hauts fourneaux, 1220 tonnes de matières organiques, 660 tonnes de phénols, 4100 tonnes d'oxydes de soufre et 6000 tonnes de matières en suspension.

Il rejette aussi 750000 m³/h de mélange de CO₂, CO et NO_x provenant des PMA , 650 t/an de CO₂, CO et NO_x et poussières provenant des hauts fourneaux (HF2), 105m³/jour de CO₂, CO et NO_x et l'Acierie à oxygène (n=1,2), 25 kg/jour de : CO₂, CO et NO_x et poussières l'Acierie électrique et 12 t/an de poussières provenant du laminoir à froid (DMI,2004).

Parallèlement, le complexe d'engrais phosphatés ASMIDAL rejette des quantités insuffisantes de polluants estimés avant le projet de la banque mondiale à 118t/an de NO_x provenant de l'unité nitrique, 2291 t/an de NH₃, 9000 t/an de l'unité d'acide sulfurique, 28000 t/an de phosphogypse provenant de l'unité d'acide phosphorique, 88 t/an de fluor provenant de l'unité NPK 4300 t/an de poussières et 133000 t/an de nitrate provenant de l'unité de nitrate d'ammonium. ,après le projet de la banque mondiale le complexe ASMIDAL rejette théoriquement (tableau ;) 275 t/an de NO_x (unité d'acide nitrique), 45,6 t/an de NH₃ et 0 t/an de SO_x (démolition de l'unité d'acide sulfurique), de phosphogypse , (arrêt définitif de l'unité d'acide sulfurique et sa conversion en unité super simple phosphate) , pour l'unité de NPK , le projet est en cours pour rétablir une solution de lavage de gaz et l'installation d'un capteur de poussières pour réduire les rejets de fluor à 10,5 t/an. Pour l'unité de nitrate d'ammonium, le projet de l'installation d'un granulateur n'est pas encore réalisé pour réduire les rejets de nitrate à 250 t/an., tandis que pour les autres filiales du groupe ASMIDAL, les rejets de (FERTIAL) sont estimés à : 300mg/m³ de NO_x (unité d'acide nitrique), 50mg/m³ de poussières :(unité d'engrais phosphate SSP).

Enfin le groupe KAMAIL rejette 0,3 t/an de CO₂ (unité de production) (DMI,2004)

Dates	L'heure	Rejet avant la réduction	Rejet après la réduction ppm
14. 05. 2002	10h05	2459	Néant
	14h00	1854	62
	16h20	2131	Néant
15. 05. 2002	5h45	2540	62
	8h10	2221	125
	13H55	2213	255
	16h20	2189,25	142,5

Tableau N° 24: Estimation des rejets NO_x par jour, Après le projet de la banque mondiale:
(ASMIDAL 2002)

Les autres sources de pollution atmosphérique dans la région et qui méritent d'être citées sont les exploitations des carrières (il existe 17), les unités de fabrication de goudron et d'asphalte sont génératrices d'une assez importante pollution particulière l'unité Eriad II

IV- Intensité du trafic routier d'Annaba :

La wilaya d'Annaba de part sa position géographique privilégiée (situation de carrefour) et du développement à observer jusqu'à ce jour un trafic routier fortement polarisé autour de l'agglomération d'Annaba ; ce qui a contribué aussi à l'essor de la zone centrale (principalement agglomération secondaire d'el Bouni, Sidi Ammar et El Hadjar) par apport au reste de la wilaya.

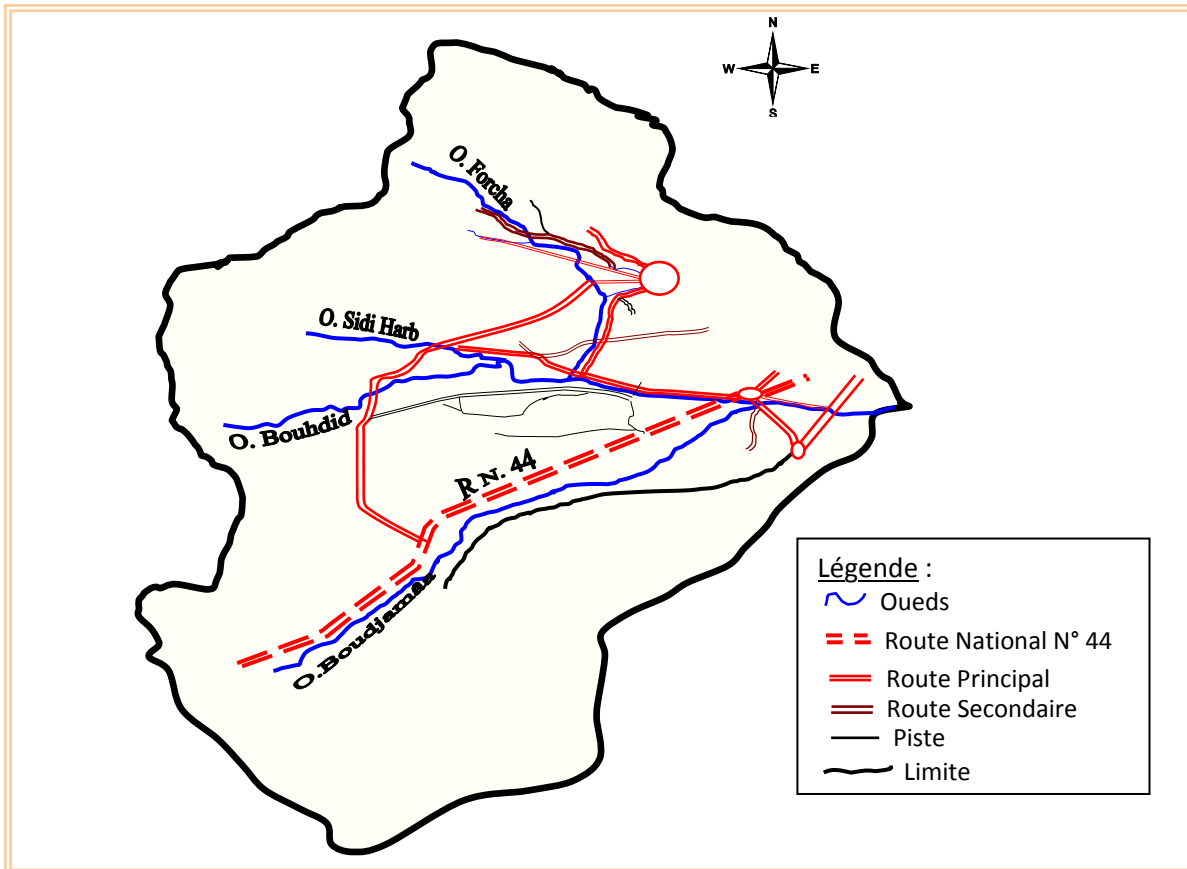


Figure N° 35. L'axe routier de la plaine Ouest.

IV-1-La station de Kouche Nourdinne :

La station s'étale sur une superficie de 1449m² offrant une capacité d'exploitation de 240 véhicules par sa dotation de 14 quais de réserve non matérialisé. A partir de cette station sont desservie 16 ligne par les moyens de 228 véhicules dont : 173minicars, 23 autocars, 8 minibus et 78 autobus

IV-2-La station Gare Routière Sidi Brahim :

Par cette station transitent par jour en moyenne plus de 400 véhicules dont 269 autocars et 19 autobus pour desservir 34 lignes inter wilaya Tableau suivant. D'après ces résultats nous constatons qu'au niveau de Sidi Brahim s'installe un trafic routier très intense par rapport à la précédente station.

Types de station	Nbre totale des véhicules	Types des véhicules			
		AC autocar	MC minicar	AB autobus	MB mini bus
Kouche	282	23	173	78	08
Sidi Brahim	400	264	112		19

**Tableau N° 25 : Trafic Routier au Niveau de deux stations (Kouche Nourdine, Sidi brahim)
(Annaba 2005-2006)**

D'après les données communiquer par la DTW, le secteur Etatique assure le réseau intra wilaya composé de 5 lignes avec 18 véhicules utilisant l'autobus comme type de véhicule. En parallèles, le réseau rural est assuré par le secteur privé composé de 22 lignes rurales par les moyens de 228 véhicules utilisant comme type de véhicules les fourgons.

Types de réseau	Nbr de linges	Nbr de véhicule	Type de Véhicule	Fréquences des rotations
Intra wilaya	150	400	Autobus	Toutes les 30'
Réseau rural	50	350	Fourgons	Toutes les 20'

Tableau N° 26 : Trafic routier suivant différents types de réseau (Annaba 2005-2006)

V -La surveillance de la qualité d'air :

La pollution d'air constitue des une préoccupation parmi les priorités inscrites dans la stratégie du Ministère de la l'aménagement du territoire et l'environnement .L'enjeu est d'importance : il s'agit de contribuer, par la recherche à l'élaboration de l'action publique dans le domaine de la qualité de l'air notamment en approfondissement les connaissance sur les ressources d'émissions de polluants, sur leurs interactions chimiques et leurs effets sur la santé et l'environnement. Aujourd'hui, un réseau de mesures de la qualité de l'air permet de connaitre avec précision la concentration des principaux polluant de l'air ambiant en agglomération de Annaba notamment des rejets générés par le complexe sidérurgique (ISPAT) et le complexe des production d'engrais (ASMIDAL), ce réseau baptisé «SAMASAFIA» fait appel aux fonctionnements technologiques.

V-1- Description du réseau : le réseau de surveillance de la pollution atmosphérique est composée de quatre stations de surveillance de la qualité de l'air et d'un poste central. Les quatre stations sont implantées dans différentes zones, ce qui permet une couverture adéquate de la ville (fig.N°36), de Annaba.



Les stations de SAMA SAFIA 

Figure N° 36 : Implantation des stations SAMA SAFIA, à travers la ville de Annaba.

VI- La Pollution de l'air :

VI-1-Types de polluant : un polluant atmosphérique est un corps d'origine anthropique ou non, à l'état solide, liquide et gazeux contenu dans l'atmosphère et qui ne fait pas partie de la composition normale de l'air, ou qui y est présent en quantités anormales. Suivant les critères de toxicités, de spécificité de source et de la pollution générées, les principaux polluants mesurés par l'organisme de surveillance de la qualité de l'air se repartissent en deux groupes, les polluants primaires et les secondaires.

VI-1-2-Polluants primaires : sont émis directement dans l'atmosphère et sont dus aux l'activités humaines. Ils sont variables en nature et en proportion. Nous distinguons :

VI-1-2-1-Les oxydes d'azote (NO₂ et NO) : ces polluants, résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air. Ils peuvent être libérés par des phénomènes naturels ou par l'activité humaine. Ils proviennent principalement des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturelle et carbone). Ils sont libérés par les moteurs des véhicules (trafic routier), et sont dus à la consommation de carburants et de combustible, particulièrement à des températures élevées

VI-1-2-2- Monoxyde de carbone (CO) : proviennent de la combustion incomplète des carburants et des combustibles

VI-1-2-3-Dioxyde de soufre (SO₂) : c'est un gaz sans couleur, il est issu de la combustion de carburant (diesel) appartenant à la famille des gaz appelés de le dioxyde de soufre (SO_x). Le soufre intervient en phase gazeuse ou liquide ou solide . Provient de la combustion de combustibles contenant du soufre (fioul, industries)

VI-1-2-4-particules en suspension : les principales sources seraient, la combustion industrielle, les chauffages, l'incinération et les véhicules.

VI-1-2-5- Composés organique Volatiles (COV) : proviennent de l'évaporation de solvants dans les peintures, les produits de nettoyage, transvasement de produits pétroliers ou d'hydrocarbure pour les véhicules à moteur....etc

VI-2-Les Polluants secondaires : sont issus de la transformation chimique des polluants émis. Les polluants primaires, peuvent évoluer chimiquement dans l'atmosphère pour former des polluants secondaires, qui sont à l'origine de la pollution photochimique et des pluies acides, il s'agit d'un seul polluant qui est l'ozone (O₃) .

VI-3-La Dispersion des polluants

La dispersion des polluants émis dépend en priorité des conditions météorologique, particulièrement la turbulence, le vent, l'humidité, la température, la pression la précipitation et de la topographie.

VI-4-La durée de vie des polluants

La durée de vie des polluants dans l'atmosphère est par ailleurs très variable et dépend de leurs propriétés physico-chimiques.

polluant	Durée de vie
O ₃	Quelques heures
NO _x	1,5jour
SO ₂	5jours
CO	2mois
COV	0,5 à 60 jours
Particules fines	quelque semaine

Tableau .27: Durée de vie des polluants

VI-5-Les Concentrations Maximales des polluants : le tableau suivant, donne des indications, sur les concentrations maximales dans l'air ambiant et leurs conséquences sur l'être humain, d'après les recommandations de l'OMS.

Polluant	Concentration maximale (mg/m ³)	Durée d'exposition	Principaux risques
SO ₂	500	10 minutes	Effet cardio- respiratoires
	125	24 Heures	
	50	1 an	
NO ₂	200	24 Heures	Atteinte de la fonction pulmonaire
	40	1 an	
CO	10000	8 heures	Risque cardio- vasculaires et neuro comportementaux
	100000	15 minutes	
pb	0,5	1 an	Atteinte nerveuse

Tableau N°28 : Concentrations maximales des polluants

VI-6-La pollution acide et ses effets sur l'environnement :

Le phénomène de pluies acides inclut non seulement les précipitations humides ayant capté différents polluants atmosphériques d'origine naturelle ou provenant d'activités humaines, mais aussi les dépôts secs de ces mêmes polluants.

L'acidité d'une pluie comme celle de tout autre liquide est évaluée grâce à une échelle : l'échelle du pH dont les valeurs extrêmes sont comprises entre 0 et 14. L'eau pure à un PH égale à 7. L'eau de pluie naturelle non polluée possède un PH égale à 5.65, c.-à-d. celui d'eau eau distillée en équilibre avec le gaz carbonique (0,03%) de l'air. Aussi, on considère qu'une pluie est acide lorsque son PH est inférieur à 5.65.

-1effets sur l'homme :

Les polluants touchent l'organisme vivant par contact avec la peau et les muqueuses à travers la déglutition, inhalation et contact avec la muqueuse pulmonaire.

Pour l'indice de pureté de l'air, selon l'OMS, on l'a classé par trois catégories selon le niveau de concentration, la dureté d'exposition et les effets correspondants.

Le So₄, la poussière et le smog acide, responsables des accidents spectaculaires dans le monde et qui firent de nombreuses victimes surtout dans les périodes chaudes et négligeable en hiver :

- Vallée de la Meuse (Belgique, 1930) : 60 morts, quelques milliers d'habitants présentèrent des troubles respiratoires.
- Laza Rica (Mexique, 1950) : 22 morts, 320 cas d'hospitalisations.
- Los Angeles (Californie, USA) et son smog oxydant : une brume artificielle provoquant une réduction parfois très forte de la visibilité, ainsi que des troubles respiratoires.

Le mélange de polluants (effet synergique) a un effet irritant extrêmement important que d'un seul à un taux plus élevé. L'exploitation continue peut devenir nocive que celle discontinuée à des teneurs plus importantes.

-Les effets sur les animaux :

Les animaux absorbent les polluants par contact cutané, soit par inhalation, soit par injection des plantes, elle peut être aiguë plus généralement, se développent des affections chroniques ; dont les symptômes classiques consistent en une diminution de productivité et fécondité, en lésions diverses en affections respiratoires graves. Les métaux (le zinc sélénium), l'acide arsénieux, les poussières, les insecticides, herbicides, fongicides et le plomb tétravalent sont les principaux polluants agissant sur la santé des animaux. L'intoxication fluorée des animaux ou fluorose industrielle, qui est la cause des accidents chez les animaux, provient de l'injection répétée d'eau fluorée ou de fourrage contenant du fluor.

-Les effets sur les végétaux :

L'étiologie des plantes due à l'invisibilité provoquée par les fumées et poussières réduisant l'élaboration chlorophyllienne, ces polluants arrivent à produire à des taux faibles des modifications morphologiques (déformation ou nécrose), cytologique ou physiologiques détruisant leur mince couche de cire protectrice en dégradant les membranes des vaisseaux conducteurs de sève, en pénétrant par ces lésions. Les acides sulfuriques, le soufre, l'oxyde d'azote les fluorures, pénètrent facilement dans les tissus des végétaux arrivant par absorption grâce au support qui est l'eau. La nécrose se développe dans les feuilles par l'action du fluor. Les décolorations ou brunissements des feuilles et des aiguilles des arbres provoquées par les photos oxydantes comme l'azote pouvant ainsi détruire la couche cuticulaire. Les précipitations acides peuvent avoir des conséquences indirectes sur la végétation, par le biais de leur action sur la physiochimie et la biologie du sol. Telles que la déficience en éléments nutritifs et d'autres éléments pouvant avoir des effets toxiques pour les plantes influençant sur la croissance des arbres .

-en générale, les effets de la pollution acides sur les végétaux se résument à :

- *des symptômes visibles sur la végétation ; chloroses, nécroses.
- *des troubles du métabolisme
- *les protéines des feuilles sont affectées
- *les stomates fonctionnent moins bien
- *la photosynthèse est déprimée, puis les pigments chlorophylliens sont dégradés.
- *le métabolisme des acides aminés est modifié
- *les teneurs et composition des terpènes peuvent être modifiés
- *troubles hormonaux apparaissent
- *la respiration de l'arbre est modifiée

-Les effets sur l'eau : Toute pollution (urbaine, industrielle ou agricole) qui touche l'eau circulera à travers son cycle puis en mer. La pollution de l'atmosphère provient des pluies acides qui provoquent un

changement des caractéristiques chimiques de l'eau qui atteint finalement les lacs, les rivières et gagne les nappes phréatiques causant des effets néfastes comme la mort biologique des lacs et les cours d'eau.

En Suède, par exemple sur 85000 lacs, 18000 environ sont acidifiés dont 4000 gravement. Au Canada, 46000 lacs sont morts et 12000 autres sévèrement atteignent.

-Les effets sur le sol :

Les précipitations acides apportent au sol des anions (SO_4 , NO_3) et des cations acides : H plus.

Le H^+ remplace progressivement les cations basiques nutritifs (Na, K, Ca, Mg), entraînant un lessivage des ions échangeables, réduction des éléments nutritifs dans le sol et la libération d'éléments toxiques donc la richesse du sol diminue ce qui influencera sur les plantes.

Le jaunissement des forêts dus à l'absence des nutriments vitaux qui peut être causé par la présence de l'aluminium absorbé par les racines des arbres libéré dès qu'un certain seuil de PH atteint son acidité.

On peut avoir de mêmes conséquences avec la présence des métaux pouvant être lessivés tel : manganèse, nickel, sodium, zinc, cuivre, plomb sur la dégradation de la nature neutre du sol.

-Les effets sur les métaux :

La pollution acide altère notre patrimoine architecturale, en accélérant l'érosion de la pierre et la corrosion des métaux (dépôts des particules acides sur les immeubles, les monuments) entraînant un coût considérable pour l'entretien de la rénovation des immeubles. Selon les communautés européennes, les dégâts causés aux monuments historiques coûtent chaque année 30 millions de flouin aux pays – bas, 6millions de DM à la cathédrale de Cologne.

VII- Les paramètres de mesures :

Nous nous sommes intéressés aux stations de Annaba et El- Bouni, les mesures prises s'étalent sur deux années et vont de 2002 (deuxième semestre) jusqu'à l'année 2004 (premier semestre).

VII-1-Les données météorologiques :

Les facteurs météorologiques ont un rôle particulièrement important dans la diffusion et la dilution des impuretés c'est le cas notamment de la température, les précipitations, humidité et d'autres facteurs. Les paramètres mesurés par les stations d'Annaba et El- Bouni sont : L'humidité, les températures, les vitesses et les directions des vents.

VII-1-1-Régime thermique : l'énergie nécessaire aux réaction physicochimiques est fournis par le rayonnement de l'air, celui-ci à son entrée dans l'atmosphère, possède une énergie qui réchauffe l'air est appelée température de l'air .

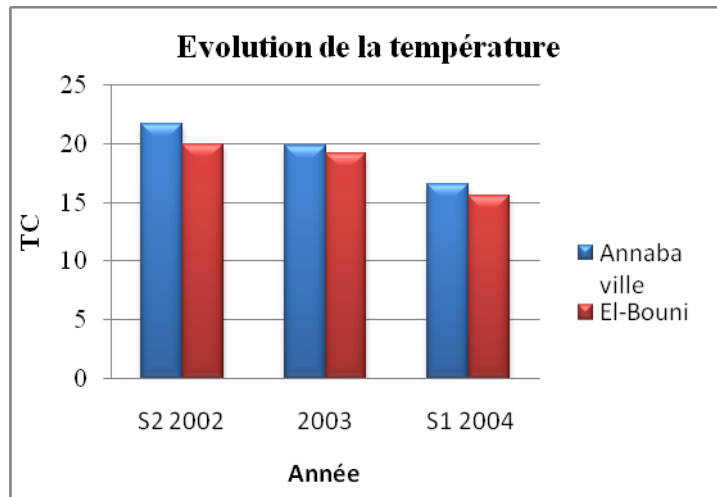


Figure N°.37 : Evolution de la température aux stations de Annaba et d'El Bouni.

Période (2002-2004)

On remarque que la température, n'évolue pas beaucoup, elle oscille entre 15°C et 21°C, au niveau des stations ciblées pour les deux périodes de mesure. Cette température peu diminuer la volatilité de certains gaz tel que les oxydes d'azote.

VII-1-2-Humidité :

La présence de la mer, fait qu'Annaba, reste une ville humide, cette dernière favorise l'apparition de maladies respiratoires particulièrement quand elle est couplée aux rejets atmosphériques. Dans la région d'Annaba, le degré d'humidité est très élevé tout au long de l'année.

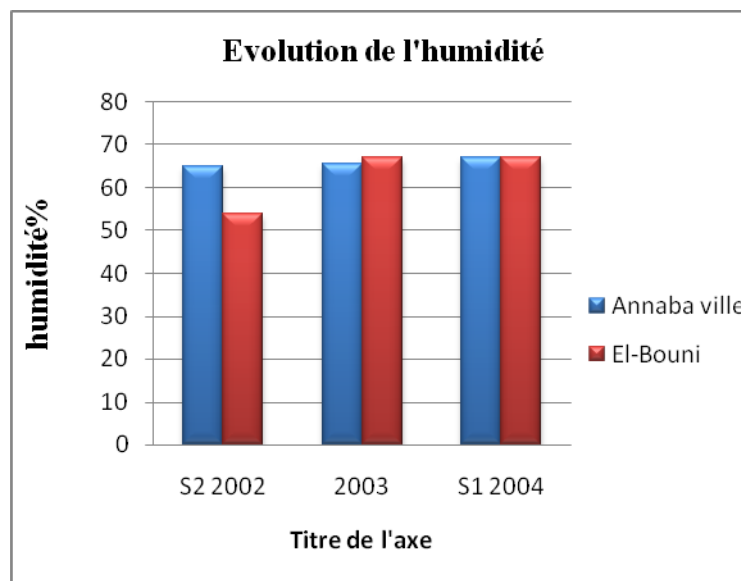


Figure N°.38 : Evolution de l'humidité aux stations de Annaba et d'El Bouni.

Période 2002- 2004.

Aux niveaux de stations considérées, l'humidité atteint des taux appréciables, de l'ordre 65% à 67%. Cette dernière fait écran au déplacement des polluants dans l'atmosphère.

VII-1-3-Le vent :

Le mouvement de l'air se produit le plus souvent au cours de l'année, chaque point du sol possède une certaine périodicité en ce qui concerne les vents dominants. Ceci s'établit par des enregistrements météorologiques systématiques de la direction du vent et la représentation graphique sous forme de rose des vents soit annuelle ou par un intervalle de temps plus court qui permet de mettre en évidence une direction dominante. Le vent est caractérisé par sa fréquence et sa vitesse. Le mouvement de l'air entraîne les polluants dans l'espace, ces derniers se mélangent avec l'air et leur dilution dépend de la vitesse des courants.

Stations	Annaba ville			El-Bouni		
	<i>S2 2002</i>	<i>2003</i>	<i>S1 2004</i>	<i>S2 2002</i>	<i>2003</i>	<i>S1 2004</i>
Direction des vents	14.3% S-SSW	55% SW	48% S-SW	18% W-WSW	32.3% N-NE	35% WNW-NW

Tableau. 29:La prédominance des vents au cours de la période 2002-2004

On remarque que les vents dominants durant la période considérée, au niveau de la station d'Annaba, sont de direction « Sud Ouest » avec 55% et Sud-Sud Ouest 48%. Au niveau de la station d'El Bouni, ils sont de direction « Ouest Nord Ouest et Nord Ouest » 35% et Nord-Nord Est 32,3%.

La rose des vents (fig.39), met en évidence les directions déterminées au niveau de la station de Annaba. On remarque qu'ils sont de direction Nord et Sud Ouest au cours de la période (1994-2006).

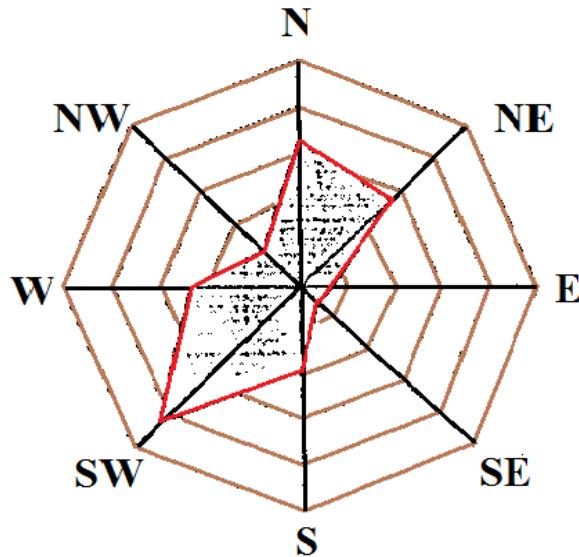


Figure N°. 39 : Rose des Vents 1994-2006 de la région d'Annaba.

VII-2-Les polluants Atmosphériques :

Les polluants mesurés au niveau des stations de Annaba et d'El Bonni, sont principalement le monoxyde de Carbone (CO), le bioxyde de Soufre et les poussières.

VII-2-1-Les monoxyde d'azote (NO_x) :

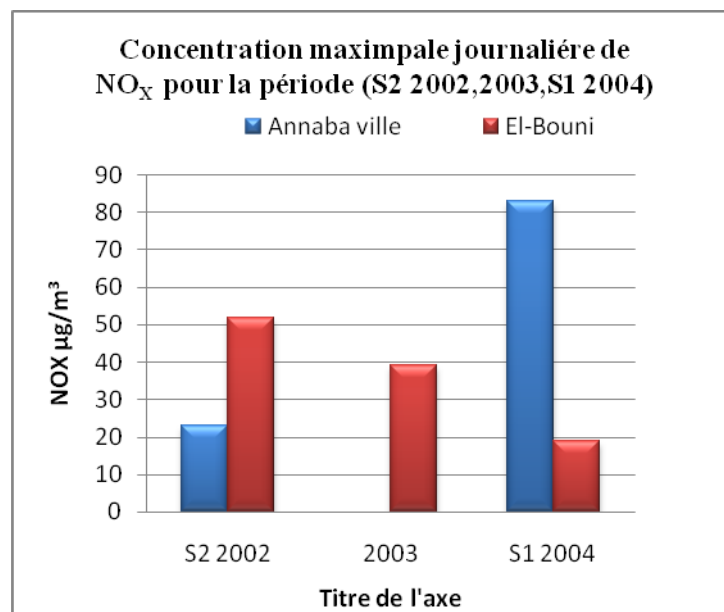
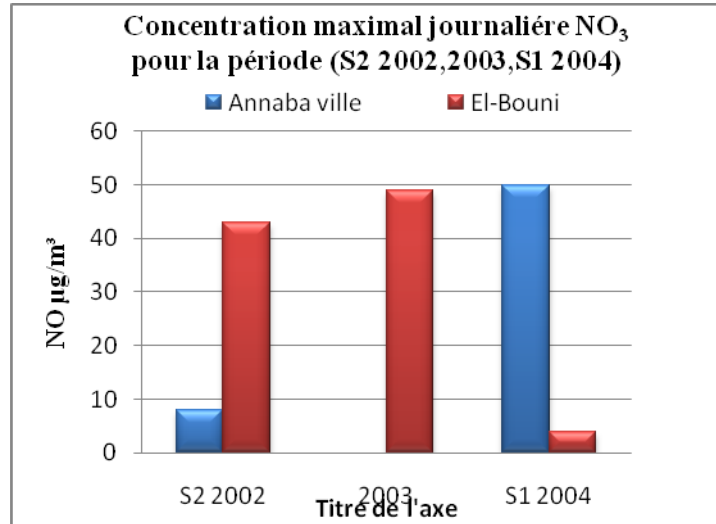


Figure N°40 : Variation des concentrations maximales journalières de NO_x.

Période 2002- 2004

La concentration le NO_x, enregistrés au niveau de la station de Annaba, varie entre (23µg/m³ à 83µg/m³), par contre à El Bouni, elle s'étend de 19 µg/m³ à 52 µg/m³. Ces concentrations restent faibles comparées à la valeur guide de l'OMS (200µg/m³).

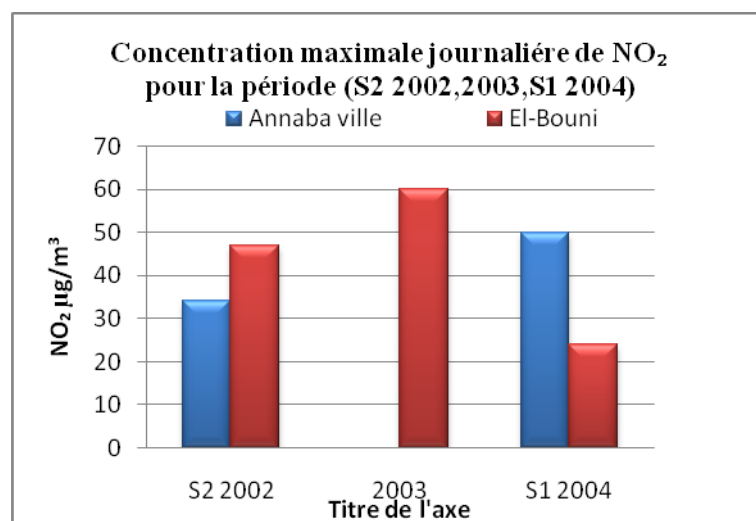
➤ NO₃ :



**Figure N°41 : Variations des concentrations maximales journalières en NO₃ µg/m³.
Période 2002-2004.**

La concentration des NO₃, enregistrée à la station de Annaba, varie entre de 8µg/m³ à 50 µg/m³, les mêmes concentrations sont enregistrées à la station d'El Bouni (4 µg/m³ à 49 µg/m³), ces concentrations demeurent faibles comparativement aux normes de l'OMS, qui sont de l'ordre de 125 µg/m³.

➤ NO₂ :



**Figure N°. 42 : Variations des concentrations maximales journalières de NO₂ µg/m³.
Période 2002- 2004**

La concentration en NO_2 enregistrées au niveau de la station de Annaba varie entre ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la station d'El Bouni ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ces concentrations sont inférieures, par rapport aux normes de l'OMS ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les teneurs des oxydes d'azote sont faibles à négligeable, ceci est dû aux faibles températures relevées durant les mesures, de ce fait la volatilité de ces gaz, se trouve diminuée.

VII-2-2-Monoxyde de Carbone (CO) :

On remarque que le CO est présent dans l'air à de très fortes teneurs, dépassant les normes de l'OMS ($0,125 \text{ mg}/\text{m}^3$). Les teneurs enregistrées atteignent $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ à la station d'Annaba et sont de $0,64 \text{ mg}/\text{m}^3$ à la station d'El Bouni. Ces fortes concentrations sont probablement générées par l'action conjuguée de l'humidité qui empêche la dilution du CO dans l'air et les vents faibles favorisant l'accumulation des polluants.

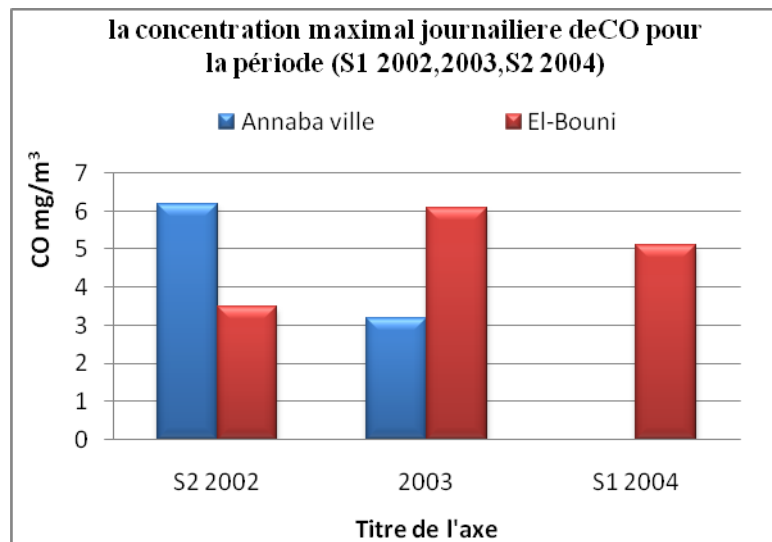


Figure N°43 : Variations des concentrations maximales journalières de CO mg/m^3

Période 2002-2004

VII-2-3-Oxyde de Soufre (SO_2) :

La concentration préconisée par l'OMS est de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la concentration enregistrée au niveau de la station d'El Bouni varie de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ces teneurs sont très en dessous de la norme.

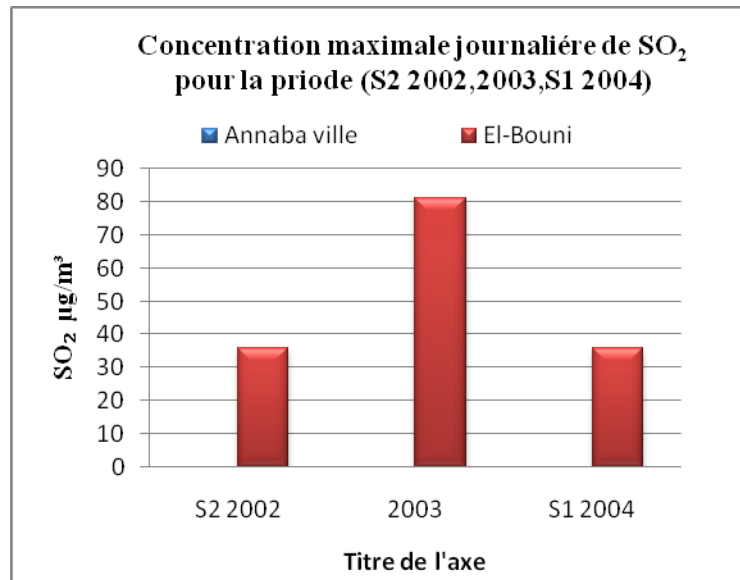


Figure N°44 : Variations maximales journalières de SO₂ µg/m³, Station d'El Bouni

Période 2002-2004

VII-2-4-Poussières PS :

Les concentrations sont importantes, variant entre 64 et 215 µg/m³, au niveau de Annaba et vont de 163 à 411 µg/m³ à El -Bouni. Comparées à la norme admise par l'OMS (50 µg/m³), ces concentrations indiquent une pollution de l'air par les poussières. Ces dernières s'accumulent à cause de la forte humidité marquée dans la région.

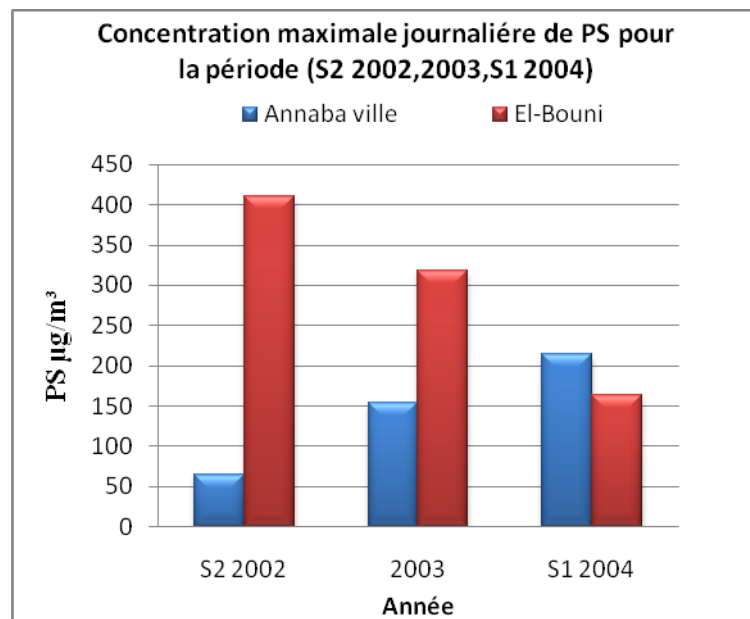


Figure N° 45 : Variations des concentrations maximales journalières de PS µg/m³

Période 2002-2004

VII-3-la Qualité de l'air :

Stations	Annaba ville			El-Bouni		
	S2 2002	2003	S1 2004	S2 2002	2003	S1 2004
Très bonne	9%	9%	5%	10%	7%	7%
Bonne	70%	69%	83%	46%	49%	63%
Moyenne	17%	19%	10%	34%	38%	29%
Mauvaise	2%	3%	2%	8%	6%	1%
Très mauvaise	2%	/	/	2%	/	/

Tableau.30 :L'évolution de la qualité de l'air dans les agglomérations de Annaba et El Bouni.
Période 2002-2004.

Le tableau représente la qualité de l'air durant la période (2002-2004), la qualité de l'air peut être qualifiée globalement de Bonne qualité durant la période à Annaba ville (69% à 83%) et même pour EL-Bouni (46% à 63%). Néanmoins, la qualité de l'air a été affectée, d'une forte pollution due aux poussières.

Conclusion :

Durant la période de (2002 à 2004), on a constaté que les températures de l'air sont faibles accompagnées par une très forte humidité ce qui a permis a certains polluants tels que les monoxydes de carbone et les poussières des 'accumuler et de marquer leurs fortes présences nocive, et que certains polluants sont présents en quantités faibles a négligeables (pas dangereuse) tels que les oxydes d'azote et l'oxyde de soufre, la qualité de l'aire a Annaba et El -Bouni est bonne.

La polluants peuvent être transportes par les vents vers les régions Sud Ouest, Sud-Sud Sud Ouest, Sud-Sud Ouest dans la station d'Annaba et Ouest-Ouest Sud Ouest, Nord-Nord Est, Ouest Nord Ouest- Nord Ouest dans la station d'El -Bouni, on arrive alors a déterminer de façon approximative les régions les plus touchées par la pollution de l'air .Alors la forte probabilité d'infection des eaux des ces régions par cette pollution .

Conclusion générale :

A l'issue du présent travail la plaine Ouest de Annaba a connu ces dernières années un développement urbain , industriel et agricole important. La mauvaise gestion de cette activité potentielle a produit plusieurs cas de pollution au niveau des eaux surfaces et ainsi qu'au niveau de l'atmosphère. La combinaison des études sur la zone d'étude, a permis de déterminer L'ensemble des résultats obtenus permet de ressortir et de mettre les points sur les faits suivants :

La zone d'étude située dans la petite plaine de Annaba, s'étend entre les coteaux de Annaba, le pied du Djebel Édough, les terminaisons du Boukantas et de Bouhamra fait suite à la plaine des Kherazas. Autrefois en partie couverte de marécages, elle est aujourd'hui presque entièrement asséchée.

Le site étudié est caractérisé par une topographie plane, marquée par des inclinaisons sur les bordures Ouest et Sud dues à l'anticlinal formé par le massif de l'Edough, Bellelita et la chaîne Numidique de Ain Berda.

Les principaux facteurs physiques déterminant les caractéristiques du réseau hydrographique sont la géomorphologie, la nature du sol, le climat et le couvert végétal.

L'étude géomorphologique nous a permis de distinguer trois formes morphologiques : les reliefs montagneux qui correspondent à la retombée des djebels Edough au Nord et les massifs de Bellelita au Sud Ouest et Bouhamra au Sud, le cordon dunaire d'origine éolienne et marine qui longe la mer du nord ouest au sud-est depuis la cité Seybouse à l'ouest et El-Kala à l'est et la petite plaine de Annaba qui s'étend entre les coteaux de Annaba, le pied du Djebel l'Edough et les terminaisons du Boukantas et du Bouhamra.

Le réseau hydrographique est caractérisé par quatre oueds principaux constituent les sous bassins de la région d'étude : le sous bassin versant de l'oued Forcha, le sous bassin versant de l'oued Sidi Harb, le sous bassin versant de l'oued Bouhdid et le sous bassin versant de l'oued Boudjemàa, ce dernier est le principal oued, il comporte plusieurs affluents.

De point de vu géologique la région d'Annaba se caractérise par deux types de terrain, l'un métamorphique représenté par le massif de l'Edough, qui occupe la grande partie du terrain d'étude, formé d'un socle cristallophyllien et les domaines de flysch, et l'autre sédimentaire occupant la quasi-totalité de la plaine d'Annaba.

L'ensemble de l'étude climatique, nous a permis de déterminer les principales caractéristiques climatologiques de la plaine ouest d'Annaba. Un climat de type méditerranéen a été mis en évidence avec un hiver pluvieux et humide et un été sec et chaud, ce qui produit des modifications périodiques de la chimie des eaux par effet de dilution pendant les périodes humides et de concentration en périodes sèches.

Pour le calcul du bilan hydrique, la valeur de la réserve facilement utilisable (RFU) a été choisie en fonction de la nature du terrain (RFU = 100 mm).

La plaine d'Annaba est parmi les régions les plus arrosées en Algérie. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de (678,8mm) de la station des Salines, de l'ordre de (610,2mm) à la station de Pont Bouchet, de l'ordre de (1172,2mm) à la station de Séraïdi et de l'ordre de (693,3mm) à la station de Berrahal.

Le système aquifère de la plaine d'Annaba comprend essentiellement deux types d'aquifère : un aquifère superficiel contenu dans les formations sableuses et l'autre profond. L'ensemble se compte comme un même système avec des transferts hydrauliques horizontaux et verticaux.

L'étude Hydrochimique des eaux des oueds de la zone d'étude permet de connaître l'état de la pollution des Oueds et par conséquent l'impact des rejets domestiques sur la qualité des eaux les résultats obtenus ont montrés une pollution des eaux des Oueds par les ETM et NO_2 , PO_4^{-2} La mise en évidence de cette pollution a été illustrée par la méthode de dépassement, cette dernière a montré que les cours d'eau sont pollués mais à différents degrés.

Dans le cas de la situation optimiste, les résultats obtenus montrent une pollution des différentes oueds par (le plomb, le cuivre le, Manganèse, le Chrome, le Fer, le Nitrite et Phosphate), situation pessimiste qui confirme la pollution des eaux de ces oueds par ces métaux (le plomb, le cuivre, le Manganèse, le Chrome, le Fer, le Nitrite et le Phosphate) .

les pourcentages des points de dépassements (varie entre 10 % et 87 %) montrent que la plupart des points de dépassements enregistrés au niveau des eaux d'oued Forcha ,oued Sidi Harb et oued Bouhdid , ceci indique que ces oued sont le plus polluées par ces éléments. Par contre les pourcentages des points de dépassement du Chrome reste à des faibles valeurs qui ne dépassent pas 10,63 %. Et la pollution du Nickel et Zinc reste absolument nul.

Les résultats des analyses de l'air effectués durant la période (deuxième semestre de 2002 jusqu'à premier semestre 2004) a différentes heures de la journée montre que :

Les températures de l'air sont très faible accompagnes par une très forte humidité, ce qui permis l'accumulation de certains polluants tels que le (CO)et les poussières, tandis que certains polluants sont présent en quantités faibles a négligeable, la qualité de l'aire a Annaba et El Bouni est bonne.

Les polluants peuvent être transportes par les vents vers les régions Sud Ouest, Sud-Sud Sud Ouest, Sud-Sud Ouest dans la station d'Annaba et Ouest-Ouest Sud Ouest, Nord-Nord Est, Ouest Nord Ouest- Nord Ouest dans la station d'El -Bouni, on arrive alors a déterminer de façon approximative les régions les plus touchées par la pollution de l'air .Alors la forte probabilité d'infection des eaux des ces régions par cette pollution .

Bibliographie :

ANRH : Agence nationale des Ressources Hydrauliques.

ASMIDAL : Le complexe des énergies phosphatées.2002.

Agence de bassin hydrographique Constantinois -Seybouse- Mellegue, 2002, " Cahiers de
Amrani I., Snani A., 1999, " Qualité des eaux en milieu urbain et industriel. Cas de la basse
plaine de la Seybouse –Annaba-", mémoire d'ingénieur, IST, Université d'Annaba.

Barnea, Ursu : Pollution et protection de l'atmosphère.

Blayac J., 1912, "Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions
voisines".

Boughazi S., Chiheb A., 2005,"Etude hydrogéologique et hydrologique de la plaine
de Boumalek (Région d'El Kala ", mémoire d'ingénieur, IST, Université d'Annaba.

Bounab S., 2006, "Etat actuel des ressources en eau dans les wilayas d'Annaba - El Tarf Essai
de synthèse bilan- qualité- perspective", mémoire de magister, IST, Université
d'Annaba,.

Boulabeiz M : Evolution des éléments chimiques et évolution de risque des eaux souterraines
à la pollution, cas de la nappe de Collo, Nord-Est Algérien, 2006.

Bousesal A., Contribution à l'étude Hydrogéologiques de la plaine d'Annaba mémoire
d'ingénieur d'état en Hydrogéologie, Université d'Annaba 2005.

Boutouga F., 2008 les précipitations dans la région de Annaba variabilité et analyse des
fréquences « mémoire d'ingénieur ».

Castany G., 1982, "Principes et méthodes de l'hydrogéologie", Ed. Dunod, Paris, France.

Chaib R ., L'estimation de la pollution acide dans l'agglomération de Annaba 2007
« mémoire d'ingénieur ». Département de Biologie option écologie.

Debieche T.H., 2002," Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous
l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la
Seybouse Nord-Est algérien", Th. Doct. Univ. de Franche-Comté.

Djabri L., 1996, "Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la
Seybouse. Origines géologique industrielle, agricole et urbaine", Th. Doct. Es-
Sciences, Univ. Annaba.

Djabri L & al, 2000, " Conséquences des pratiques agricoles sur la qualité des eaux du bassin
de la Seybouse (Est algérien)" Actes du colloque ESRA'2000, Poitiers.

- Djeghab F .,** L'impact de la pollution atmosphérique sur la qualité des eaux dans la région de Annaba 2003« mémoire d'ingénieur ».
- DEW:** Direction d'environnement de la wilaya d'Annaba .
- DTW :** Direction de transport de la wilaya d'Annaba.
- Ferchichi R, Moussaoui Z.,** 2007 les effets de la pollution par les nutriments (NO_x, NH₄) et les éléments métalliques (Manganèse, Fer total, Fluorure) dans les eaux de surface et la nappe phréatique de la plaine de Annaba« mémoire d'ingénieur ».
- Isabell :** l'air (tableau de bord de l'environnement).
- Gaud B., 1976,** "Etude hydrogéologique du système aquifère Annaba - Bouteldja, système des reconnaissances et recherche des conditions de modélisation (rapport d'étude I.N.R.H d'Annaba)".
- Guettaf M., 2007,** " Aspects chimiques des apports de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba. Apport en azote et phosphore et en matières organiques", mémoire de magister, ISM, Université d'Annaba.
- Hani A., 2003,** "Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen", thèse de doctorat d'état, Es. Sciences, Université d'Annaba.
- Hannouche M :** Approche à l'étude des mécanismes de la pollution d'une nappe alluviale côtière (Annaba) en site industriel urbanisé. Traitement statistique des données Hydrochimiques_ Annaba 1990. Thèse de Magister. Université d'Annaba.
- Hamzaoui W., 2007,** " Caractérisation de la pollution des eaux en milieu industriel et urbain. Cas de la plaine d'El Hadjar", mémoire de magister, IST, Université d'Annaba.
- Hilly, J., 1962,** " Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est constantinois)" Bull. n°19 carte géologique Algérie, Alger.
- Kafi F., Lamiri K., 1997,** " Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux des oueds du nord-est Algérien (essai de synthèse)", mémoire d'ingénieur, IST, Université d'Annaba.
- Khelfaoui F. et Medjani F. :** Influence des rejets de SIDER sur les eaux superficielles et souterraines (Wilaya d'Annaba).2005 .
- Khelfaoui H., 2008,** " Impacts des rejets industriels sur les eaux souterraines. Cas de la région de Berrahal (Algérie)", mémoire de magister, IST, Université d'Annaba.
- Machenzi . Al, 200 :** L'essentiel en écologie.
- Messaoudi S ,Toumi N.,** 2006 impact des rejets urbains sur l'environnement

cas de la plaine ouest de Annaba « mémoire d'ingénieur » .

METTAL STEEL : Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar 2007.

Nafaa K : étude Hydrogéologique du système aquifère Annaba Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle, Université de Montpellier, France 1985

Ramade : Elément d'écologie, Ecologie appliquée.

Remita A.R., 2008, " Remobilisation des métaux dans les eaux de l'oued Meboudja et ses affluents", mémoire de magister, IST, Université d'Annaba.

SAMA SAFIA : Réseau de surveillance de la qualité de l'air d'Annaba.

Sakaa B., 2006, "Etude de l'anisotropie électrique des formations plio-quadernaires de la plaine de Annaba", mémoire d'ingénieur, IST, Université d'Annaba.

Technique d'ingénieur (1500) : la pollution atmosphérique.

Zahi F., 2008, " La qualité des eaux et des sols de la région du lac Fetzara (Nord-Est d'Algérie)", mémoire de magister, IST, Université d'Annaba.

Zenati N., 1999," Relation Nappes-Lac Confirmation par l'hydrochimie cas de la plaine Ouest d'El Hadjar lac Fetzara N-E Algérien." Mémoire de Magister, option Chimie et Environnement. Univ. Annaba.

Villa J. M., 1980, "La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens", Thèse de Doctorat ès sciences Nat., Université de Pierre Marie Curie, Paris VI, France, 2t