

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJIMOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار-عنابة

Année 2015

Faculté des Sciences de la Terre  
Département de Géologie

## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

**LE POUVOIR AUTOEPURATEUR DE L'OUED SEYBOUSE SUR  
LES REJETS DE LA LAITERIE DE L'EDOUGH (ANNABA-  
ALGERIE) ET LES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DES  
REJETS.**

**OPTION**

**Hydrogéologie**

**Par**

**SAYAD Lamine**

**DIRECTEUR DE THESE : Pr KHERICI – BOUSNOUBRA Houria (UBM Annaba)**

CO-ENCADREUR : Pr HOUHAMDI.Moussa

Univ 08 Mai 1945-Guelma

*DEVANT LE JURY :*

Président : Mr ZOUINI Derradji

Pr

Univ. Badji Mokhtar-Annaba

Examineurs :

Mr DERRADJI El Fadel

Pr

Univ. Badji Mokhtar-Annaba

Mr MAOUI Ammar

Pr

Univ. 08 Mai 1945-Guelma

Mr DJIDEL Mohamed

MCA

Univ. Kasdi Merbah-Ouargla

## ملخص

يعتبر الوسط المائي من الأوساط الطبيعية الجد حساسة للتلوث وهذا ارتباطا بالاستعمالات والخصائص الكهروديناميكية.

الملوثات وما تحمله من أخطار في الوسط المائي يمكن أن تغير جذريا التركيبية الفيزيوكيميائية للوسط الطبيعي. هذه التغييرات جد مرتبط بالنظام الهيدرولوجي ولأجل الحد من التركيز والشحنات لبعض العناصر الملوثة داخل الوسط الطبيعي عدة دراسات تم تطويرها في هذا الإطار. الدراسة التي قمنا بها تدخل في هذا السياق. والتمثلة في معاينة المياه الملوثة للصناعات الفلاحية الغذائية (ملبنة الايدوغ-عنابة) داخل الوسط الطبيعي (واد سييوس – شمال شرق الجزائر مراقبة (كل ثلاثي) من الفترة الممتدة من 2011-2012 لبعض العناصر الفيزيوكيميائية ودراسة بكتيريولوجية تمت باستعمال طريقة وزارة التنمية المستدامة والبيئة والحظائر. الكيباك-كندا 2007 لحساب الأهداف البيئية للملوثات من اجل حماية الوسط الطبيعي وهذا انطلاقا من معيار النوعية والاستعمال المتنوع للمياه. هذه الدراسة أظهرت تعدي صارخ وزيادة رهيبه لتراكيز بعض الأهداف البيئية المحسوبة مما يعتبر خطر على الصحة والوسط الطبيعي. كما تم دراسة الأوحال الصادرة عن عملية الإنتاج وتبين انه يمكن استعمالها كسماد طبيعي وهذه بعد تحليل ودراسة خاصة.

### الكلمات المفتاحية:

المياه الملوثة لمبنة الايدوغ، الأهداف البيئية للملوثات، واد سييوس، أوحال الملبنة، الجزائر

## Résumé

Les milieux aquatiques présentent des vulnérabilités très variées en fonction des usages et des conditions hydrodynamiques. L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la composition physico-chimique du milieu récepteur.

Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des cours d'eau. Afin de limiter la charge et les concentrations des contaminants dans le milieu récepteur, plusieurs méthodes ont été développées. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, qui porte sur les rejets agro-alimentaires (laiterie Edough-Annaba) dans un milieu récepteur naturel (Oued Seybouse, NE algérien). Un suivi trimestriel (2011-2012) d'analyses physico-chimiques et bactériologiques a permis d'utiliser une méthode (MDDEP ,2007) de calcul (*OER*) afin de compromettre la protection du milieu récepteur. Le calcul des objectifs environnementaux des rejets à partir de chacun des critères de qualité et usage de l'eau a montré un dépassement majeur pour quelques contaminants chimiques conventionnels provoquant un danger immédiat pour la santé et ou l'environnement. L'étude de la boue générée par la laiterie de l'Edough peut être utilisée pour des fins agricoles et sylvicoles sous forme d'engrais après traitement spécifique.

**Mots clés** : rejet de LEA, calcul des OER, Oued Seybouse, Boue de laiterie, Algérie.

## **Abstract**

Aquatic environment owns vary from depend on using and hydrodynamic conditions vulnerabilities. The contribution of Water effluent can profoundly affect the physico-chemical composition of the receiving environment. These changes are strongly related to the hydrological regime of rivers. In order to limit the burden and concentrations of contaminants in the receiving environment, several methods have been developed. Regarding to this study, it focuses on agro food waste (the Edough dairy) in a natural receiving environment (Seybouse wadi, Algeria NE). In earlier study (2011-2012), physico- chemical and organic analyses have been used by using the calculation method (EOD), (MDDEP, 2007) to undermine the protection of the receiving environment. Base on release of environmental objectives calculation of each quality criteria and water use showed major overtaking conventional chemical contaminants studied causing an immediate threat to health and or the environment. The study of the sludge generated by the Edough dairy can be used for agricultural and forestry purposes as fertilizer after specific treatment.

**Keywords:** Algeria, Edough Dairy discharge, EDO calculation, Seybouse wadi, sludge of dairy

## Dédicace

*A mes parents auxquels je dois beaucoup et je ne rendrais jamais assez.*

*A ma belle-mère **Ouannassa** qui m'a beaucoup encouragé, partie avant de voir le fruit de ce travail et d'assister à la soutenance, qu'Allah puisse lui accorder sa sainte miséricorde et l'accueillir en son vaste paradis.*

*A mon épouse Halima*

*A ma fille Taghrid et mon fils Abderahmane*

*A mes frères et sœurs*

*A ma grande famille*

## Remerciements

*Au terme de cette étude, je tiens en premier lieu à remercier **Allah qui** m'a facilité le travail en mettant dans mon chemin des gens qui m'ont énormément aidé et de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier vivement **Pr.KHERICI- BOUSNOUBRA HOURIA** qui a su m'accueillir, pour son soutien indéterminable et sa patience continuelle au cours de la réalisation pratique et théorique de cette thèse.*

***Pr HOUHAMDI Moussa** qui m'a fait découvrir le monde de la Microbiologie je lui suis très reconnaissant pour son co-encadrement et ces encouragements.*

*Je remercie également **Mr ZOUINI Derradji** qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.*

*J'adresse mes remerciements à **Mr DERRADJI El Fadel, Mr MAOUI Ammar et Mr DJIDEL Mohamed** d'avoir accepté de juger et critiquer cette thèse, et qu'ils veuillent bien trouver l'expression de ma vive gratitude et mon profond respect.*

*Je tiens à remercier vivement monsieur **KHERICI Nacer** Doyen de la faculté des sciences de la terre*

*Ma gratitude et mes respects à monsieur **BELOULOU. L** et monsieur **DJAMAI .R** pour ces amples conseils et aides dans la partie hydrologie – statistique et pédologie.*

*Je tiens à remercier vivement messieurs : **Djabri L, Hani A, Chaffai H, Benhamza. M, Mahia M, Saaidia B, Laraba. A** , **Chaab. Set Laouar R**, ainsi que tous les enseignants du département de géologie*

*Une partie cruciale de ce travail m'était facilitée grâce à l'aide de **Mr DROUCHE Nadjib** qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à **Mr Hubert J.P** et **Mr Mébarki. A** pour leurs conseils précieux dans la partie hydrologie.*

*Mes remerciements vont à l'ex PDG (**Abdelmoumene A**) et le PDG actuel (**Bouyoucef. L**) de la laiterie de l'Edough ainsi à l'ex et l'actuel responsable de la sécurité hygiène et environnement à **LEA Mr Ali Rachedi R** et **Mlle Nedjoud L** pour la collaboration et la documentation utile.*

*Je ne saurais oublier tous mes collègues, enseignants et administrateurs, de la faculté de sciences de nature et de la vie de l'université **Ibn Khaldoun- Tiaret** qui ne se sont jamais abstenus de me prodiguer conseils, encouragements et soutien.*

*Très chaleureusement, je remercie respectivement Mr Ghimouz M, Mme Bechichi L (complexe Fertial-Annaba) et Mr Medjahed. S (INSID Ksar Chellala-Tiaret) et le laboratoire de microbiologie de l'université 08 mai 1945-Guelma pour mener à bien les analyses physico chimiques, pédologiques et bactériologiques des eaux usées et boues prélevées.*

*Mes remerciements vont également à Mr Bouchebcheb A et Mr H'sen El Hadeef El okki de l'Agence nationale des ressources hydraulique (ANRH) d'Annaba et de Constantine pour la documentation utile, et l'accueil chaleureux.*

*Mes remerciements s'adressent également à mes amis (es) Mouchara N. et Khelfaoui H., Bougherira N, Louati B., Bourouga M., Bahroun S. et Allaoui S, Guechi S., Benrabah L., Attoui B., Chaoui W., Sedrati N. et tous les administrateurs du département de géologie.*

*Il est bon et adéquat d'évoquer l'appui moral trouvé auprès de toute **ma famille**. Je tiens à exprimer mes sentiments les plus respectueux et ma profonde reconnaissance à ma femme, mes **très chers parents, mes frères et sœurs**, pour les encouragements constants qu'ils ont déployé tout au long de ces années de recherche.*

**MERCI** aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

## Table des matières

Table des matières.....	vii
Liste des figures .....	xi
Liste des tableaux .....	xiv
Sigles et acronymes .....	xvii
Introduction générale.....	1
<b>1. Cadre général de la région d'étude.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Situation géographique : .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 : Unités géomorphologiques : .....</b>	<b>3</b>
<i>1.2.1. Les montagnes : .....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2. La dépression de Fetzara : .....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.3 : Le domaine des plaines : .....</i>	<i>5</i>
<b>1.3 : Le réseau Hydrographique .....</b>	<b>5</b>
<i>1.3.1 : Oued Seybouse : .....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2 : Oued Meboudja : .....</i>	<i>5</i>
<b>1.4 : Hydrodynamique des eaux souterraines.....</b>	<b>6</b>
<i>1.4.1 : La nappe du cordon dunaire .....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2 : La nappe phréatique et la nappe des graviers : .....</i>	<i>6</i>
<b>1.5 : Aperçu lithostratigraphique : .....</b>	<b>8</b>
<i>1.5.1. Le Paléozoïque : .....</i>	<i>8</i>
<i>1.5.2. Le Mésozoïque : .....</i>	<i>8</i>
<i>1.5.3. Le Cénozoïque : .....</i>	<i>8</i>
<i>1.5.4. Le Quaternaire : .....</i>	<i>9</i>
<b>1.6 : Cadre structural : .....</b>	<b>10</b>
<b>1.7 : Aperçu Socio- économique :.....</b>	<b>11</b>
<b>1.9 : Présentation de la Laiterie de l'Edough (LEA).....</b>	<b>15</b>
<i>1.9.1 : Gamme de produits fabriqués.....</i>	<i>15</i>
<i>1.9.2 : Marché de la laiterie .....</i>	<i>16</i>
<i>1.9.3 : Qualification et quantification de l'eau au niveau de LEA :.....</i>	<i>18</i>
<b>1.10 : Réglementation algérienne sur les eaux résiduaires industrielles. ....</b>	<b>23</b>
<i>1.10.1 : Nomenclature algérienne des classées pour la protection de l'environnement ICPE.....</i>	<i>23</i>
<i>1.10.2 : L'eau et les rejets réglementaires :.....</i>	<i>23</i>
<b>2. Hydroclimatologie .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1- Introduction : .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 : Les facteurs climatiques : .....</b>	<b>29</b>
<i>2.2.1 : Les précipitations : .....</i>	<i>29</i>

2.2.2. Coefficient pluviométrique : (H).....	32
2.2.3- La température :.....	33
2.2.4 : Diagramme Pluviothermique :.....	34
2.2.5 : L'humidité :.....	35
2.2.6 : Le vent .....	35
2.2.7 : Indice d'aridité de De Martonne 1926 :.....	36
<b>2.3 : Bilan d'eau :.....</b>	<b>37</b>
2.3.1 :L'évapotranspiration.....	37
2.3.2 : Formule de Thornthwaite (bilan d'eau) : .....	38
2.3.3 : Le Ruissellement (R) :.....	44
2.3.4. L'Infiltration : .....	45
<b>2.4. Conclusion : .....</b>	<b>46</b>
<b>3. Hydrologie.....</b>	<b>47</b>
3.1. Introduction .....	47
3.2. Bassin versant de la Seybouse .....	47
3.3. Le réseau hydrographique : .....	49
3.3.1. Profil en long de l'oued Seybouse.....	49
3.3.2. Les densités de drainage.....	50
3.3.3. La dénivelée Spécifique (Ds) : .....	51
3.3.4. Hiérarchisation du réseau hydrographique :.....	51
3.3.5. Rapport de confluence.....	52
3.4. Réseau hydrométrique.....	54
3.4.1. Exploitation des données hydrométriques.....	54
3.4.2. Mesure des débits.....	55
3.4.3. Evolution des débits en fonction de la pluie à la station de Mirbeck. ....	56
3.4.4. Les variations mensuelles du débit à station Mirbeck (1968-1981) .....	60
3.4.5. Coefficient moyen de débit :.....	60
3.4.6. Débits caractéristiques des oueds.....	61
3.4.7. Valeurs nulles des débits à la station hydrométrique de Mirbeck :.....	62
3.5. L'Oued Seybouse avant et après la mise en eau du barrage Hammam D'Bagh (Bouhamdane).....	64
3.6. Conclusion : .....	64
<b>4. Impact des rejets de la laiterie de l'Edough sur l'Oued Seybouse.....</b>	<b>64</b>
4.1. Introduction :.....	64
4.2. Matériels et méthodes .....	64
4.2.1. Lieu de prélèvement.....	64
4.2.2. Mode et fréquence d'échantillonnage .....	67
4.3. Analyse physico-chimique .....	67
4.3.1. Paramètres physico-chimiques .....	67

4.4 Indices de pollution .....	71
4.4.1. <i>Indice de pollution organique(IPO)</i> .....	71
4.4.2. <i>Lisec-Index (BECKERS &amp; STEEGMANS, 1979)</i> :.....	71
4.4.3. <i>L'indice de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie (I.H.E)</i> .....	72
4.4.4. <i>L'indice de pollution (Ip) Kherici, 1993</i> .....	72
4.5. Détermination du Taux de matière grasse (MG) .....	73
4.6. L'analyse bactériologique.....	73
4.6.1. <i>Introduction</i> .....	73
4.6.2. <i>Les coliformes</i> .....	73
4.6.3. <i>Coliformes fécaux</i> .....	73
4.6.4. <i>Les Streptocoques fécaux</i> .....	73
4.7. Indices de qualité bactériologique .....	74
4.7.1. <i>Indice de Qualité Microbiologique (IQM)</i> .....	74
4.7.2. <i>Indicateur de pollution fécale (ICF)</i> : .....	74
4.8. Traitement des résultats physicochimiques .....	75
4.8.1. <i>Evolution spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques</i> .....	75
4.8.2. <i>Indices de pollution organiques</i> .....	88
4.8.3. <i>Détermination des graisses et huiles MG</i> .....	90
4.8.4 <i>Résultats de l'analyse bactériologique</i> .....	90
4.8.5. <i>Identification des germes</i> .....	93
4.8.6. <i>L'indice de qualité bactériologique</i> .....	93
4.8.7. <i>Indicateur de pollution fécale (ICF)</i> : .....	94
4.9. Conclusion.....	94
4.10. Analyse en composantes principales : .....	95
4.11. Conclusion.....	100
5. Calcul et interprétation des Objectifs Environnementaux des rejets de la laiterie de l'Edough-Annaba .....	100
5.1. Introduction : .....	100
5.2 Description générale de la méthode des OER.....	100
5.3. <i>Critères de qualité d'eau de surface</i> : .....	101
5.3.1. <i>Les critères de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques (CPC [EO]) et les critères de prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPC [O])</i> .....	102
5.3.2. <i>Critères de protection de la vie aquatique chroniques (CVAC)</i> .....	102
5.3.3. <i>Les critères de protection de la faune terrestre piscivore (CFTP)</i> .....	104
5.3.4. <i>Les critères d'activités récréatives et d'esthétique (CARE)</i> : .....	104
5.4. Toxicité globale de l'effluent .....	105
5.5. Méthodologie.....	106
5.5.1. <i>Equation du bilan de charge (Approche locale) (MDDP 2007)</i> : .....	106

---

5.5.2. Débit de récurrence de l'Oued Seybouse.....	109
5.6. Interprétation des Objectifs Environnementaux de Rejet .....	113
5.7. Analyse fréquentielle des débits d'étiage .....	113
5.7.1. Distributions et méthodes d'ajustement statistique.....	114
5.8. Méthode de détermination du débit d'effluent de la laiterie Edough .....	118
5.9. Calcul des objectifs environnementaux du rejet de la laiterie de l'Edough .....	120
5.9.1. L'Analyse statistique : .....	120
5.9.2. Débit de la laiterie de l'Edough .....	124
5.10. Discussion des OER de la laiterie de l'Edough.....	129
5.10.1. Discussion des OER retenus de la première série (1968-1978) : .....	129
5.10.2. Discussion des OER retenus à partir de la deuxième série .....	131
5.11. Conclusion.....	131
6. Qualité physico-chimique de la boue rejetée par de la laiterie de l'Edough .....	133
6.1. Introduction .....	133
6.2. Lieu et fréquence d'échantillonnage.....	133
6.3. Matériels et méthodes .....	133
6.4. Résultats et Discussion .....	134
6.4.1. Granulométrie .....	134
6.4.2. Potentiel d'Hydrogène pH.....	135
6.4.3. Conductivité électrique CE .....	136
6.4.4. Calcaire CaCO <sub>3</sub> .....	136
6.4.5. Carbone organique.....	137
6.4.6. La matière organique MO.....	137
6.4.7. Azote total N méthode Kjeldahl.....	138
6.4.8. Rapport Carbone/Nitrogène C/N .....	139
6.4.9. Phosphore (Ptotal).....	140
6.4.10. Capacité d'échange cationique CEC.....	141
6.5. Valorisation de la boue de la laiterie de l'Edough.....	141
6.6. Conclusion.....	142
Conclusion générale .....	144
Références bibliographiques.....	147

---

## Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude « Image LandSat 2014».....	3
Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse ....	4
Figure 3: Situation géographique et position des nappes souterraines dans la plaine de la Seybouse .....	6
Figure 4: Coupes hydrogéologiques à travers la plaine d'Annaba.....	7
Figure 5: Carte géologique de la région d'étude .....	9
Figure 6: Esquisse structurale des plaines d'Annaba-Bouteldja .....	10
Figure 7: Classement de la population de la wilaya d'Annaba .....	11
Figure 8: Les grandes agglomérations dans la zone d'étude « Image LandSat 2014» .....	12
Figure 9: Occupation du sol dans la zone d'étude (Image LandSat 2014) .....	12
Figure 10: Les terres agricoles, couvertures végétales, sols nus et surfaces bâties dans la zone d'étude « Image LandSat 2014 » .....	13
Figure 11: Répartition des unités industrielles dans la wilaya d'Annaba .....	14
Figure 12: Situation géographique de la laiterie de l'Edough par rapport à l'Oued Seybouse (Google earth 2015).....	15
Figure 13: Diagramme de la composition chimique globale du lait (g/l) .....	16
Figure 14: La consommation par habitant par an en litres équivalent lait liquide en France et au Maghreb. Source : centre français de commerce extérieur.....	17
Figure 15: Destination de l'eau à la laiterie de l'Edough.....	18
Figure 16: Consommation mensuelle d'eau de Janvier 2011 jusqu'à Mars 2012.....	20
Figure 17: Localisation des stations pluviométrique et précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien.....	30
Figure 18: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations : Les salines, Pont bouchet, Ain berda, Kef mourad, Bouchegout et Medjez amar .....	30
Figure 19: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station les salines ...	31
Figure 20: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Pont Bouchet .....	31
Figure 21: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Ain Berda...	31
Figure 22: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Kef Mourad	32
Figure 23: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Bouchegouf	32
Figure 24: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Medjez Amar .....	32
Figure 25: Variations du coefficient pluviométrique (H) aux stations des Salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar .....	33
Figure 26: Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations : Les salines, Bouchegouf et Guelma .....	34
Figure 27: Diagrammes pluviothermiques aux différentes stations de mesure : .....	35
Figure 28: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station des Salines (1980/2013).....	41
Figure 29: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite à station Pont Bouchet (1980 /2013) .....	41
Figure 30: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station d'Ain Berda (1981 /2013).....	41
Figure 31: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Kef Mourad (1980-2007).....	42
Figure 32: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Bouchegouf (1980-2011).....	42
Figure 33: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Medjez amar (1980-2010) .....	42

Figure 34: Répartition des nombres de mois de l'année dans le bassin versant de la Seybouse .....	43
Figure 35: Déficit agricole en eau (RFU 100mm) .....	44
Figure 36: Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse .....	47
Figure 37: Ecoulement interannuels moyens d'après le modèle LOIEAU (période 1965-1995) .....	48
Figure 38: Profil en long de l'Oued Seybouse .....	50
Figure 39: Estimations graphiques des rapports moyens de confluence et longueur du bassin versant Seybouse à Mirbeck .....	52
Figure 40: Réseau hydrographique de la zone d'étude .....	53
Figure 41: Classification des réseaux hydrographiques de l'oued Seybouse et ces affluents d'après la méthode de Strahler. ....	54
Figure 42: Etapes de calcul d'un débit moyen journalier.....	55
Figure 43: Débits maximums journaliers observés à la station de Mirbeck .....	56
Figure 44: Variations des débits annuels à la station de Mirbeck (1968-1991).....	57
Figure 45: Variations des apports annuels à la station de Mirbeck (1968-1991).....	57
Figure 46: Classification des régimes des cours d'eau selon Parade 1959 modifié.....	59
Figure 47: Débits mensuels interannuels à la station de Mirbeck 1968-1981 .....	60
Figure 48: Courbe des coefficients moyens de débits (CMD) de l'oued Seybouse et ses principaux affluents. A la station Mirbeck .....	61
Figure 49: Répartition temporelle des valeurs de débits nuls à la station Mirbeck .....	62
Figure 50: Pourcentage de valeurs de débits nuls à la station Mirbeck .....	63
Figure 51: Localisation des points de prélèvement.....	66
Figure 52: Parcours du rejet de la laiterie Edough vers le milieu récepteur .....	66
Figure 53: Oxydation de l'azote ammoniacal .....	69
Figure 54: Diagramme des méthodes de traitement des données .....	75
Figure 55: Variations spatiotemporelles de la température.....	76
Figure 56: Variations du potentiel d'Hydrogène.....	76
Figure 57: Variations de la Conductivité électrique.....	77
Figure 58: Evolutions spatiotemporelles de l'Oxygène dissous .....	78
Figure 59: Evolutions du potentiel redox .....	78
Figure 60: Répartition des potentiels redox avant le lavage et le nettoyage (CIP) .....	79
Figure 61: Répartition des potentiels redox après le lavage et le nettoyage (CIP) .....	79
Figure 62: Variations spatiotemporelles de la Turbidité.....	80
Figure 63: Variations spatiotemporelles du titre Hydrotimétrique .....	80
Figure 64: Variations spatio-temporelles des chlorures.....	81
Figure 65: Variations spatiotemporelles des matières en suspension .....	81
Figure 66: Variations spatiotemporelles des nitrates .....	82
Figure 67: Variations spatiotemporelles des Nitrites .....	83
Figure 68: Principaux processus impliqués dans la transformation des formes d'azote contenus dans des effluents et déchets.....	84
Figure 69: Variation spatiotemporelles de l'azote ammoniacal.....	84
Figure 70: Variations spatiotemporelles de la demande chimiques en oxygène.....	85
Figure 71: Variations de la demande biochimiques en oxygène.....	86
Figure 72: Rapport DCO/DBO5 Avant lavage .....	86
Figure 73: Rapport DCO/DBO5 Après lavage .....	87
Figure 74: Variations spatiotemporelles des orthophosphates.....	87
Figure 75: IPO avant lavage.....	88
Figure 76: IPO après lavage.....	88
Figure 77: Lisec index avant lavage.....	88
Figure 78: Lisec index après lavage.....	89
Figure 79: Indice d'Hygiène et d'Epidémiologie avant lavage.....	89

Figure 80: Indice d'Hygiène et d'Epidémiologie après lavage.....	89
Figure 81: Evolution de la masse microbienne .....	90
Figure 82: Evolution des coliformes totaux .....	91
Figure 83: Evolution des coliformes fécaux .....	92
Figure 84: Evolution des Streptocoques fécaux où et quand .....	92
Figure 85: Variations de l'indice de qualité bactériologique avant lavage .....	94
Figure 86: Variations de l'indice de qualité bactériologique après lavage .....	94
Figure 87: Histogramme des valeurs propres avant lavage.....	96
Figure 88: Projection des variables dans l'espace des axes F1x F2.....	96
Figure 89: Projection des individus sur le plan F1xF2.....	97
Figure 90: Histogramme des valeurs propres (après lavage) .....	98
Figure 91: Projection des variables dans l'espace des axes F1x F2.....	99
Figure 92: Projection des individus sur le plan F1xF2.....	99
Figure 93: Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER (effluent de laiterie+Oued Seybouse) .....	100
Figure 94: Etape de l'approche de protection du milieu pour les rejets ponctuels .....	101
Figure 95: Dérivation des critères nationales numériques de qualité de l'eau pour la protection des organismes aquatiques et leurs usages .....	105
Figure 96: Démarche générale d'utilisation des OER.....	106
Figure 97: Schéma simplifié du bilan de masse appliqué sur l'effluent de la laiterie de l'Edough .....	108
Figure 98: Principales étapes de l'analyse fréquentielle .....	113
Figure 99: Classification des événements hydrologiques .....	114
Figure 100: Mainstream IV .....	119
Figure 101: Schéma explicatif de mesure et calcul de débit .....	119
Figure 102: Traitement des données de la sonde Mainstream IV .....	120
Figure 103: Histogramme du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs.....	122
Figure 104: Histogramme du plus faible débit moyen de trente jours consécutifs (1968-1987) .....	122
Figure 105: Histogramme du plus faible débit moyen de trente jours consécutifs (1968-1980) .....	124
Figure 106: Principaux traitements de boues et désignations des boues obtenues .....	134
Figure 107: Evolution temporelle de la granulométrie de la boue.....	135
Figure 108: Variations temporelle du pH 1/5 de la boue .....	136
Figure 109: Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux 1/5 .....	136
Figure 110: Variation temporelle de la conductivité électrique 1/5 et à patte saturée de la boue .....	136
Figure 111: Variation temporelle du calcaire actif et total de la boue .....	137
Figure 112: Variation temporelle de la matière organique de la boue .....	137
Figure 113: Dynamique temporelle du carbone organique de la boue .....	138
Figure 114: Variation temporelle de l'azote total de la boue.....	139
Figure 115: Variation du rapport C/N .....	140
Figure 116: Variation temporelle du phosphore total de la boue.....	140
Figure 117: Variation temporelle de la capacité d'échange cationique de la boue.....	141

## Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition de l'activité par secteur et population occupée .....	11
Tableau 2: répartition des projets d'investissements déclarés par secteur d'activité période 2002 -2013.....	13
Tableau 3: Budget financier par secteur (2010-2014).....	15
Tableau 4: Eau et matières sèches du lait.....	16
Tableau 5: Les laiteries dans la région de Annaba-El Tarf-Guelma .....	16
Tableau 6: Consommation par habitant par an en litres équivalent lait en Algérie .....	17
Tableau 7: Evolution des importations de la poudre de lait et MGLA (1990-2005) .....	17
Tableau 8: Période du programme long et cout du Nettoyage En Place (NEP) « CIP Cleaning In Place » C.I.P / Machine APC/ACCOS 3 DIGITAL -Laiterie Edough-Annaba	19
Tableau 9: Volumes journaliers des rejets des différents ateliers de production.....	19
Tableau 10: Consommation annuelle d'eau Laiterie de l'Edough Annaba (2003-2011).....	20
Tableau 11: Production globale du lait et produits laitiers et volume de rejets pour les 19 filiales du groupe GIPLAIT .....	21
Tableau 12: Valeurs limites des paramètres d'eaux résiduaires industrielles au milieu naturel	27
Tableau 13: Seuils minimaux de sélection pour les eaux résiduaires industrielles ERI .....	28
Tableau 14: Les coordonnées des stations météorologiques et période d'observation.....	29
Tableau 15: Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines et à la station de Bouchegouf .....	33
Tableau 16: Moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station des Salines (en %) (1984/2013) .....	35
Tableau 17: Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1974- 2013).....	35
Tableau 18: Valeurs de l'indice d'aridité annuel, stations les salines, Pont Bouchet, Ain El Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar .....	36
Tableau 19: Indice d'aridité mensuel (IM) pour les trois stations étudiées .....	36
Tableau 20: Valeurs de l'ETR par la formule de Turc.....	37
Tableau 21: Valeurs de l'ETR (mm) par les trois méthodes.....	38
Tableau 22: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station des Salines (1981-2013) ....	39
Tableau 23: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Pont Bouchet.....	39
Tableau 24: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station d'Ain Berda .....	39
Tableau 25: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Kef Mourad.....	40
Tableau 26: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Bouchegouf.....	40
Tableau 27: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Medjez Amar .....	40
Tableau 28: Le Ruissellement selon la formule Tixeront-Bercalof.....	45
Tableau 29: Valeurs de l'infiltration en mm .....	45
Tableau 30: Paramètres morphométriques du bassin de la Seybouse (carte topographique 1/50000).....	48
Tableau 31: Les caractéristiques morphométriques du bassin de la Seybouse .....	49
Tableau 32: Caractéristiques de quelques stations hydrométriques du bassin versant de la Seybouse Mirbeck. ....	49
Tableau 33: Les densités de drainage global permanent et temporaire (Ghachi, 1982) .....	50
Tableau 34: Deuxième classification d'O.R.S.T.O.M pour différents reliefs.....	51
Tableau 35: Hiérarchisation du Chevelu hydrographique pour chaque sous bassin de la Seybouse (calculé par AutoCad) .....	52
Tableau 36: Débits annuels observés à la station de Mirbeck (1968-1991).....	56
Tableau 37: Coefficient moyen des débits à la station de Mirbeck (1968-1981) .....	60

Tableau 38: Les rapports des débits extrêmes mensuels à la station Mirbeck d'après série ANRH (1968-1991).....	61
Tableau 39: Débit caractéristique d'étiage et débit caractéristique maximal.....	62
Tableau 40: Précipitations moyenne mensuelle enregistrées à l'amont de station de Mirbeck qui correspondent à la période de débits nuls.....	63
Tableau 41: Caractéristiques des stations de prélèvement.....	65
Tableau 42: Intervalle des valeurs attribuées aux quatre paramètres.....	71
Tableau 43: Classes d'altération chimique de l'IPO.....	71
Tableau 44: Intervalle des valeurs attribuées aux quatre paramètres.....	72
Tableau 45: Classes d'altération chimique de Lisec indew.....	72
Tableau 46: Intervalle des valeurs attribuées aux cinq paramètres de l'indice IHE.....	72
Tableau 47: Classes d'altération chimique de l'indice de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.....	72
Tableau 48: Intervalles des paramètres de l'IQM.....	74
Tableau 49: Classes de l'indice IQM.....	74
Tableau 50: Composition de la matière saline (en g par litre de lait).....	80
Tableau 51: Variations des concentrations Nitrates, Nitrites et Ammonium février-Décembre 1999.....	82
Tableau 52: Quelques composés chimique du lactosérum de la fromagerie de l'Edough-Annaba.....	85
Tableau 53: Composition moyenne pour les usines laitières sur le territoire français.....	87
Tableau 54: Valeurs de la matière grasse dans le rejet brut de la laiterie Edough.....	90
Tableau 55: Identification des différents germes existants dans le rejet global de la laiterie et dans l'Oued Seybouse.....	93
Tableau 56: Matrice des corrélations avant lavage.....	95
Tableau 57: Valeurs propres et pourcentage des cinq axes principaux.....	95
Tableau 58: Corrélations entre les variables et les deux axes principaux.....	96
Tableau 59: Matrice des corrélations après lavage.....	97
Tableau 60: Valeurs propres et pourcentage des cinq axes principaux.....	98
Tableau 61: Corrélations entre les variables et les deux axes principaux.....	98
Tableau 62: Usages de l'eau et critères de qualité.....	104
Tableau 63: Complémentarité des outils d'évaluation de la qualité de l'eau ou des effluents.....	104
Tableau 64: Conditions d'utilisation de l'approche locale et de l'approche globale selon les contaminants.....	108
Tableau 65: Débits d'étiage retenus pour les différents usages.....	109
Tableau 66: Usages et critères de l'eau pour calcul des OER.....	110
Tableau 67: Lois appliquées aux débits d'étiage.....	115
Tableau 68: Résumé des lois appliquées aux débits d'étiage.....	116
Tableau 69: Caractéristiques morphométriques du BV de la Seybouse à la station de Mirbeck.....	117
Tableau 70: Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978.....	121
Tableau 71: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q7J.....	121
Tableau 72: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J.....	121
Tableau 73: Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel.....	121
Tableau 74: Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs.....	122
Tableau 75: Faibles débits moyens de trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1980.....	123
Tableau 76: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J.....	123
Tableau 77: Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel.....	123
Tableau 78: Statistique descriptive du débit de retour annuel trente jours consécutifs.....	123
Tableau 79: Valeurs de débit moyen et du débit de pointe du rejet de la laiterie l'Edough ..	124

Tableau 80: Valeurs de débit moyen et du débit de pointe du rejet de la laiterie l'Edough à 50% du débit enregistré par Mainstream.....	124
Tableau 81: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant pour la protection de l'usage : CPC EO, CARE, CFTP. Série (1968-1978).....	126
Tableau 82: Les OER de la laiterie de l'Edough et les charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant pour la protection de l'usage CVAC (effet aigu et chronique) série (1968-1978).....	127
Tableau 83: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit de 50% pour la protection de l'usage CPC EO et CVAC. Série (1968-1978).....	128
Tableau 84: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit protection de l'usage CPC EO.....	129
Tableau 85: Les OER de la laiterie de l'Edough et les charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit de 50% pour la protection de l'usage CPC EO.....	129
Tableau 86: Les teneurs en oxygène dissous retenues en fonction de la température pour protéger l'usage CVAC (effet chronique).....	130
Tableau 87: Echelle granulométrique de la texture du sol.....	134
Tableau 88: Granulométrie de la boue de la laiterie.....	135
Tableau 89: Répartition des différents types de texture en fonction des classes de texture ..	135
Tableau 90: Plages du pH et nature du milieu.....	135
Tableau 91: Taux de CaCO <sub>3</sub> et qualité du sol.....	136
Tableau 92: Teneur de la matière organique et qualité du sol.....	138
Tableau 93: Type de boue et potentiel de minéralisation.....	139
Tableau 94: Classes de la capacité d'échange cationique d'après Martin et Nolin 1991.....	141

## Sigles et acronymes

- CARE** : Critère d'activités récréatives et d'esthétique
- CCME** : Conseil canadien des ministres de l'environnement
- CEAEQ** : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
- CEHQ** : Centre d'expertise hydrique du Québec
- CFTP** : Critère de protection de la faune terrestre piscivore
- CI25** : Concentration inhibitrice pour 25 % des organismes testés
- CL50** : Concentration létale pour 50 % des individus
- CPC(EO)** : Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques
- CPC(O)** : Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques
- CQ** : Critère de qualité
- CVAC** : Critère de protection de la vie aquatique chronique
- DBO5** : Demande biochimique en oxygène en 5 jours
- LEA** : Laiterie Edough Annaba
- MDDEP** : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
- MEF** : Ministère de l'Environnement et de la Faune
- MENVIQ** : Ministère de l'Environnement du Québec
- MRNF** : Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
- MSSS** : Ministère de la Santé et des Services sociaux
- OER** : Objectifs environnementaux de rejet
- TGE** : Toxicité globale de l'effluent
- UFC** : Unité formant des colonies
- U.S. EPA** : United States Environmental Protection Agency
- UTa** : Unité de toxicité aiguë
- UTc** : Unité de toxicité chronique
- VAFe** : Valeur aiguë finale à l'effluent

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## Introduction générale

Plusieurs études dans le monde sont axées sur les effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface (Jingsheng et al., 2000 ; Walling et al., 2001).

Les données disponibles sur la qualité de l'eau révèlent que la plupart des ressources en eau en Algérie sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux usées urbaines et des effluents industriels non traités. Le rapport sur l'état de l'environnement complété en 1999 indique qu'environ 200 millions de m<sup>3</sup> d'effluents industriels non traités sont rejetés chaque année (METAP 2002).

Les effluents globaux de l'industrie laitière sont principalement constitués des eaux de rinçage, inter rinçage et des opérations de nettoyage en place (NEP) (50% à 90% du volume total d'eau utilisée) ainsi que des pertes en produits laitiers (1-3% du lait transformé) (Dauffin et al., 2000).

Le mélange de tous les effluents particuliers d'une usine laitière présente les caractéristiques principales suivantes :

Les pointes, tant en débit qu'en concentration, restent importantes et la demande chimiques et biochimiques DCO, DBO sont susceptibles de varier avec la production. Les pH peuvent avoir des valeurs très variables comprises par exemple entre 3.4 et 10.

La mesure des matières en suspension est difficile du fait des possibilités de coagulation en fonction du pH. Les matières en suspension présente dans la transformation d'un litre de lait en fromage est de l'ordre 1.9g/l (Le frileux, 1991).

Les effluents en sortie des activités de l'industrie laitière sont principalement constitués des eaux de pré rinçage, inter rinçage et des opérations de nettoyage en place. Ces eaux sont estimées comme correspondant à 50 à 90% du volume total. Ces effluents contiennent aussi les pertes de matières premières, qui fluctuent entre à 1 et 3% du lait transformé (Djelal et al., 2008).

Les principaux fluides utilisés sur site et qui se retrouvent dans les effluents (Dauffin et al., 1998) sont :

- Les eaux blanches : Il s'agit grossièrement d'un mélange de lait-lactosérum dilué
- Les saumures de fromageries : Ces saumures de fromageries contiennent divers solutés provenant du fromage ; elles peuvent même être contaminées par des micro-organismes (pathogènes ou non) résistants aux concentrations élevées en sel (Pedersen, 1992); une saumure peut contenir 17 – 23 % de Chlorures de sodium (NaCl).
- Les produits chimiques dilués et les composés dégradés du lait par le Nettoyage en place : Henck (1993) décrit qu'en Allemagne le NEP est responsable d'environ 56 % du volume des effluents résiduaires industrielles, pH (<2 ou > 10) et de température (55-90°C)

L'objectif de cette étude consiste à évaluer le degré de pollution des eaux de rejet de cette industrie laitière par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée (Boeglin, 1999)

La capacité auto-épuratrice des cours d'eau ne suffit plus à décomposer les charges de pollution urbaine et industrielle qu'ils reçoivent de manière continue, Il est vrai que nombreux sont les cours d'eau qui se sont transformés en véritables égouts à ciel ouvert (cas de la Seybouse). La basse plaine de la Seybouse (Annaba Nord Est algérien) est connu par une pollution multiple (Djabri, 1995 ; Debieche, 2002 ; Hani, 2003 ; Hazourli et al., 2007), au

niveau des eaux et de l'air, due à des rejets liquides et aux dégagements de poussières à partir des unités industrielles. La Seybouse résulte de la confluence de deux oueds qui sont l'Oued Charef et l'Oued Bouhamdanne, et draine un vaste bassin de 6471 Km<sup>2</sup>, s'étend sur une distance de 160 Km.

La construction du barrage de Hammam D'Bagh (mise en eau en décembre 1987) destiné à l'agriculture et à l'alimentation en eau potable de la région de Guelma, s'est répercutée fatalement sur la qualité de l'eau et le débit de l'Oued Seybouse.

Au niveau de la base plaine de la Seybouse, les eaux de surface et souterraine sont souvent utilisées pour répondre aux besoins en eau potable et en eau d'irrigation. L'installation de plusieurs unités industrielles (cas la laiterie de l'Edough) au niveau de la plaine d'Annaba et les rejets effectués directement au niveau de l'Oued Seybouse a provoqué une dégradation de la qualité de ces eaux.

Les industries agroalimentaires en général et les laiteries en particulier sont parmi les plus exigeants en qualité et en quantité d'eaux utilisées elles sont considérées comme le plus polluantes pour le milieu récepteur car elle rejette non seulement de grands volumes d'eaux avec un pH variable mais elles en rejettent aussi une grande partie très riche en matière organique et en microorganismes vers le milieu récepteur. L'épuration peut être spécifique à la laiterie ou qu'elle soit par celle qui traite les eaux urbaines d'une agglomération

La plupart des grandes laiteries sont situées dans ou près de zones urbaines, le traitement des rejets est de ce fait généralement réalisé dans les stations d'épuration municipales (Daufin et al., 2000).

L'objectif de cette étude consiste à évaluer le degré de pollution des eaux de rejet de l'industrie laitière (Laiterie Edough–Annaba) par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée et par le calcul des objectifs environnementaux des rejets dans le milieu récepteur (OER) pour arriver à l'objectif cherché, nous avons étale notre travail sur six chapitres :

Le premier chapitre comporte le cadre général de l'étude avec une introduction, un aperçu géologique et une présentation détaillée du groupe GIPLAIT (Groupe Industriel de Production du Lait) et ses 19 filiales répertoriées sur le territoire national. Ce chapitre est clôturé par une partie qui aborde la réglementation algérienne récente en eau usée industrielle.

Le deuxième chapitre traite l'hydroclimatologie de la région d'étude ou on se sert de six stations météorologiques de référence pour étudier les facteurs climatique, déterminer le type de climat et établir un bilan complet de l'eau.

Le troisième chapitre est consacré pour l'écoulement des eaux de surface de la Seybouse et les phénomènes qui régissent cet écoulement notamment les variations du débit de l'Oued et ses caractéristiques à la station Mirbeck.

Le quatrième chapitre porte sur l'impact des rejets de la laiterie l'Edough sur l'Oued Seybouse par l'étude des variations spatiotemporelles de quinze 15 paramètres physicochimiques et une étude microbiologique du rejet et du milieu récepteur compléter par un traitement statistique qu'est l'analyse en composantes principales (ACP).

Le cinquième chapitre est basé sur le calcul et l'interprétation des objectifs environnementaux du rejet de la laiterie Edough, avec une étude hydrologique spécifiée en utilisant une analyse fréquentielle qui fait appelle à loi de Gumbel pour déterminer les débits de récurrence d'étiage.

Le sixième chapitre est consacré à l'identification de la boue générée par la laiterie et les possibilités de la valorisée dans le domaine de l'agriculture la sylviculture.

# **CHAPITRE 1 : CADRE GÉNÉRAL**

## 1. Cadre général de la région d'étude

### 1.1 Situation géographique :

Le site d'étude est situé à l'aval de l'Oued Seybouse entre le village de Dréan et la mer appelée basse Seybouse ou Seybouse maritime au nord-est de l'Algérie à 600 Km à l'Est d'Alger, et s'étend sur une superficie de 200 km<sup>2</sup>, et fait partie du grand bassin versant d'Oued Seybouse qui couvre au total une superficie de 6471 km<sup>2</sup>. Elle est limitée (fig.1) :

- Au Nord, par la mer Méditerranée
- Au Sud par la chaîne numidique orientale
- A l'Ouest le massif de Belelieta (287 m) et de Bouhamra (152 m) qui sont séparés du massif principal de l'Edough (1008 m) par la plaine de Kherraza.
- A l'Est, le prolongement oriental du système aquifère Annaba - Bouteldja.

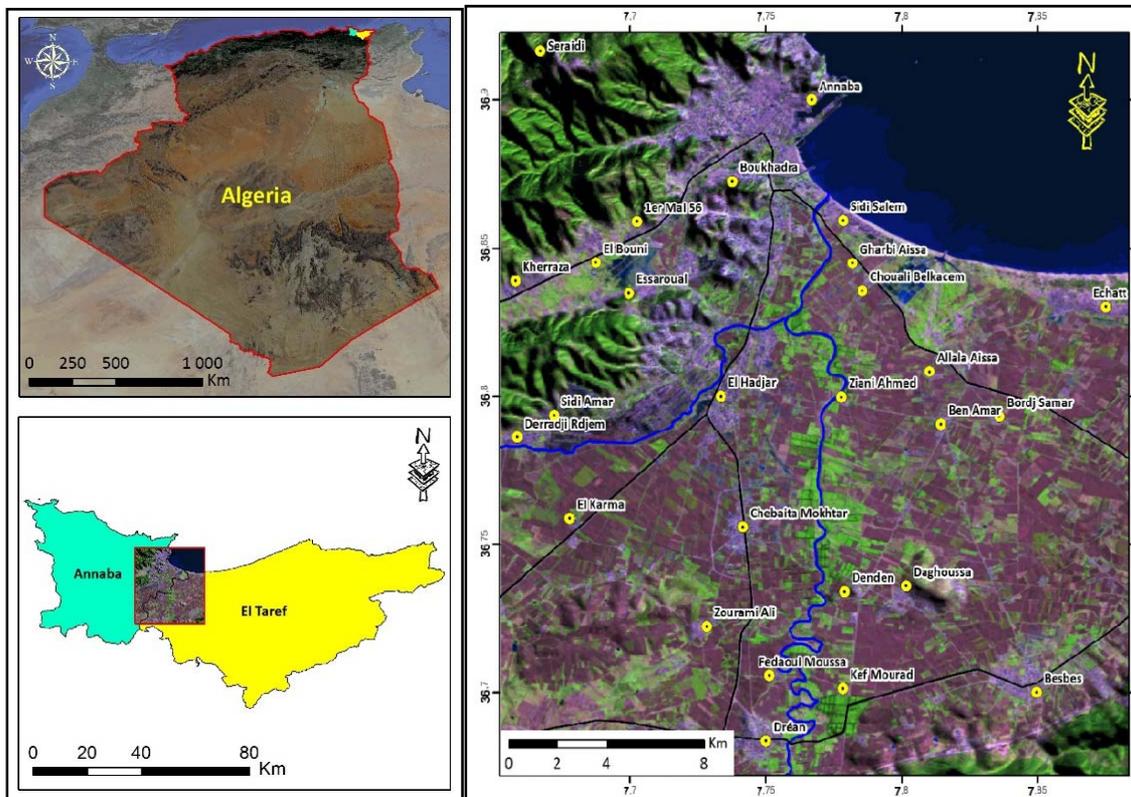


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude « Image LandSat 2014 »

### 1.2 : Unités géomorphologiques :

La géomorphologie de la zone est caractérisée par une topographie plane sur l'ensemble de la plaine, marquée par des inclinaisons importantes aux bordures de la plaine, à la partie Ouest et Sud, due à l'anticlinal du massif métamorphique de l'Edough, Belelieta et celle de la chaîne Numidienne. Trois formes morphologiques sont présentes dans la région d'étude :

- Les montagnes ;
- Les plaines ;
- La dépression de Fetzara.

### 1.2.1. Les montagnes :

#### A/ L'Edough :

C'est le massif principal qui caractérise la région d'Annaba. De plus de 1008 m, il s'élève brusquement au-dessus des autres reliefs qui l'entourent. Sa masse principale de direction Nord 55°-E, présente une ligne de crête longue de 26 m qui débute depuis le lac Fetzara au sud et s'élève progressivement jusqu'au point culminant (1008 m) à Kef Sebaa pour redescendre ensuite depuis Seraidi vers Cap de Garde au Nord. Au sud, ce massif est flanqué par le Djebel Boukantas (511 m) et Belilieta (287 m) et se prolonge vers Annaba par le petit massif de Boukhadra (156 m).

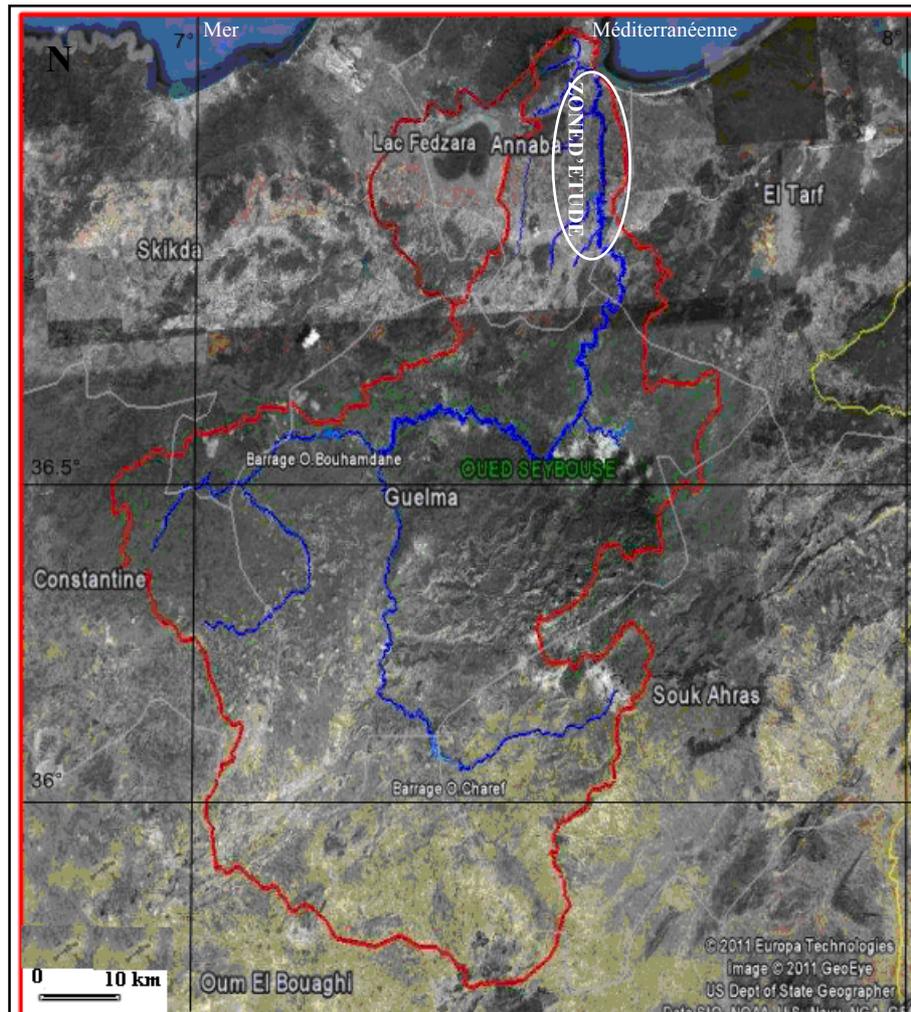


Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse (Google earth 2011)

#### B/ Le Tell Nord Guelmien :

Limitant les plaines sublittorales au sud, le Tell nord Guelmien est caractérisé par une allure dissymétrique. Le versant nord présente une altitude modeste et descend lentement vers la dépression du lac Fetzara où naissent une série de glacis quaternaire étagés et emboîtés (Marre, 1987). Tandis que le versant sud est caractérisé par de fortes pentes et une ligne de crête qui constitue une ligne de partage des eaux de part et d'autre pour les affluents de l'oued Seybouse au sud et l'oued Kébir-Ouest au nord.

### 1.2.2. La dépression de Fetzara :

La dépression de lac Fetzara est séparée de la plaine de Guerbes par les petits massifs de BouMaiza et Berrahel, tous les deux forment un arc de cercle qui sépare le massif de l'Edough

du Tell nord Guelmien. La bordure nord correspond à la retombée du massif de l'Edough et Belilieta.

Le lac est couvert de jonc et de phragmite. Son fond est formé par de limon qui reposent sur une argile compacte par l'intermédiaire d'une argile molle d'une épaisseur allant de 0 à 40 m.

### **1.2.3 : Le domaine des plaines :**

#### **1.2.3.1 : La plaine d'Annaba :**

C'est la plaine drainée par les deux oueds le Seybouse au sud et le Bounamoussa au nord, elle se situe au centre d'un synclinaurium limité par le massif de l'Edough au nord et la chaîne numidienne au sud. On y distingue trois secteurs :

- La basse plaine dans laquelle s'encaisse l'oued Seybouse, dans les bordures on peut observer les glacis et le littoral où quelques formations quaternaires sont visibles.
- Dans la partie inclinée et légèrement bombée où la Seybouse entaille son lit, on constate deux terrasses, la basse terrasse sablo-limoneuse qui constitue le niveau général de la plaine de Annaba et la très basse terrasse qui existe seulement dans la région de Dréan.
- La basse terrasse sableuse de l'oued Seybouse, dont l'altitude est de 5 à 6 m vient buter contre un cordon dunaire de sable blanc et haut d'environ 10 m qui naît derrière le port. A l'est et à l'ouest cette basse terrasse disparaît pour laisser place à des dépressions de 2 m d'altitude et aux formations argileuses noires et hydro morphes (marais de Boukhmira près de l'aéroport Annaba-les salines).

#### **1.2.3.2 : La plaine d'El Hadjar:**

Elle présente une forme inclinée vers la mer et occupe la partie est du fond de la cuvette du lac Fetzara et se prolonge par la plaine de Annaba. La liaison entre le lac et la plaine d'El Hadjar se fait par l'oued Meboudja.

### **1.3 : Le réseau Hydrographique**

La région d'étude est parcourue par deux oueds d'inégale importance :

- Oued Seybouse
- Oued Meboudja

#### **1.3.1 : Oued Seybouse :**

C'est le deuxième oued en Algérie après l'Oued Chelif, il draine un vaste bassin versant d'une superficie 6471 km<sup>2</sup> avec un débit annuel de 441 millions de m<sup>3</sup>. Depuis les hautes plaines de Sellaoua et de Heracta, l'oued Seybouse s'écoule dans une vallée de direction sud-nord. Il résulte de la confluence de l'oued Charef et l'Oued Bouhamdane dans la région de Guelma, passant par Chihani et la plaine d'Annaba où l'écoulement devient régulier et lent et recevant l'Oued Meboudja avant de se jeter finalement dans la Méditerranée. On note que l'oued Bouhamdane n'alimente plus l'oued Seybouse car il a été capté pour construire le barrage Bouhamdane. Ceci a eu pour effet la baisse des débits de l'oued et par conséquent une dégradation de la qualité des eaux due aux divers apports.

#### **1.3.2 : Oued Meboudja :**

Le dernier affluent de l'oued Seybouse, qui constitue le collecteur des eaux du lac Fetzara et draine une superficie de 203 km<sup>2</sup> avec un faible débit par rapport à celui de l'oued Seybouse. Il présente une crue quinquennale de 20 m<sup>3</sup>/s due au mauvais drainage au sud du complexe sidérurgique (Arcelor Mittal-Algérie), et il reçoit l'Oued Taieb et l'Oued Rassoul avant de rejoindre l'Oued Seybouse à environ 8 km de l'embouchure.

## 1.4 : Hydrodynamique des eaux souterraines

La basse plaine de la Seybouse renferme trois nappes souterraines avec des potentialités hydrauliques différentes : deux sont superficielles (la nappe du cordon dunaire et la nappe phréatique) et l'autre peu profonde dans la partie Sud et profonde dans la partie Nord (nappe des graviers) (fig.3)

### 1.4.1 : La nappe du cordon dunaire

Est une nappe littorale constituée par le sable dunaire. La transmissivité moyenne est de l'ordre de  $10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  et la perméabilité est de  $10^{-3}$  à  $10^{-5} \text{ m/s}$ , cette nappe est exploitée par des puits.

### 1.4.2 : La nappe phréatique et la nappe des graviers :

Deux nappes superposées qui s'étendent sur toute la zone d'étude. La nappe phréatique est constituée par des sables argileux et des limons, son épaisseur varie entre 0 et 20 m, elle est exploitée par des puits pour l'irrigation et les usages domestiques. La détermination de la perméabilité du toit de la nappe superficielle a été faite par la D.G.R.H.A. (Direction Générale des Ressources Hydriques d'Annaba, 1968), par la méthode de Porchet, fait ressortir des valeurs qui varient entre  $10^{-6}$  et  $3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ . La transmissivité des terrains varie entre  $10^{-6}$  et  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . La nappe des graviers Cette nappe est positionnée entre un substratum argileux et un toit imperméable à semipermeable qui disparaît dans la partie sud (Dréan et Chihani) constituée par des graviers, galets et sables est située en dessous de la nappe superficielle. Son épaisseur au niveau de la zone d'étude varie entre 2 et 50 m. La perméabilité de cette nappe varie de  $10^{-5}$  à  $10^{-4} \text{ m/s}$ , la transmissivité est de  $3,5 \cdot 10^{-3}$  à  $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  dans la région de Dréan, elle est de  $4,6 \cdot 10^{-3}$  à  $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  dans la partie nord. Le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de  $10^{-4}$  dans la partie captive et atteint  $10^{-2}$  dans la partie libre (inZenati, 1999). Cette nappe est fortement exploitée par des forages.

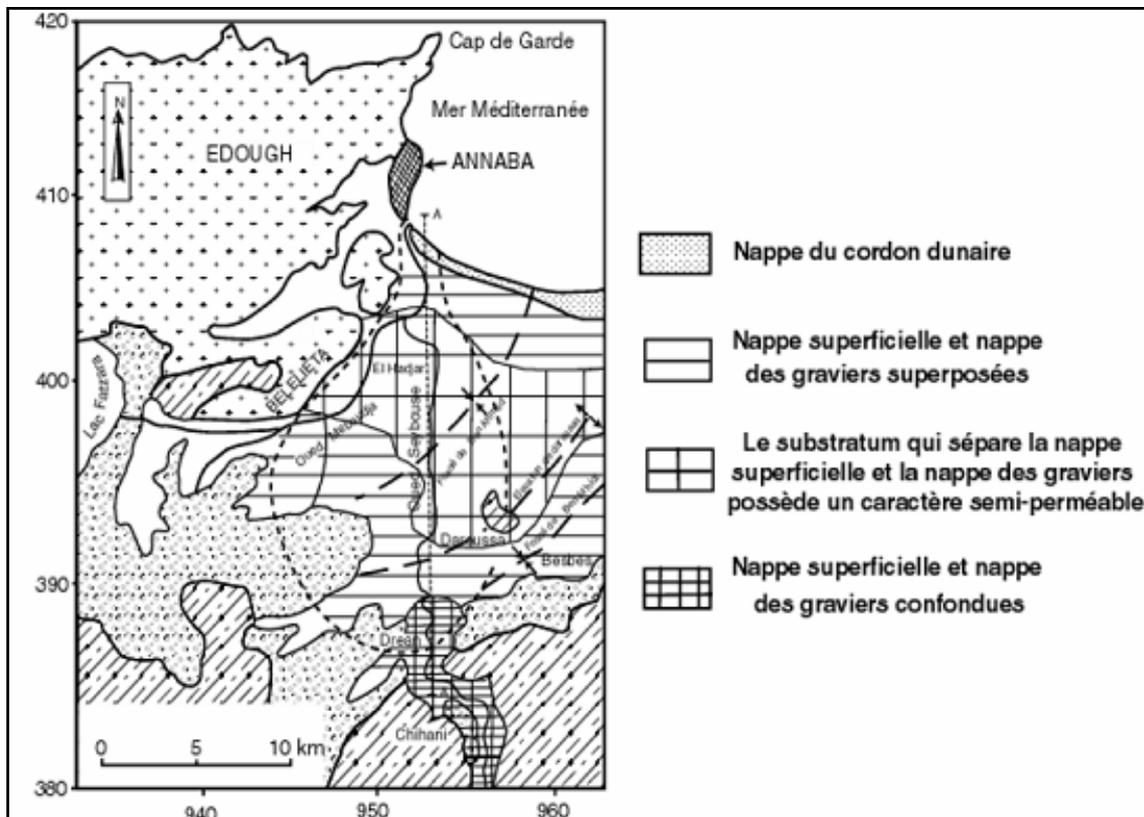


Figure 3: Situation géographique et position des nappes souterraines dans la plaine de la Seybouse

La nappe phréatique et la nappe des graviers sont confondues dans la partie Sud entre la région de Dréan et Chihani. Plus on se dirige vers le nord, plus elles sont séparées par une

couche argileuse de 10 à 140 m d'épaisseur. Cette dernière augmente du sud vers le nord et de l'ouest vers l'est. D'autres nappes locales peuvent apparaître au niveau du socle métamorphique sous l'effet de l'altération des formations rocheuses du cipolin ou des alluvions des terrasses supérieures.

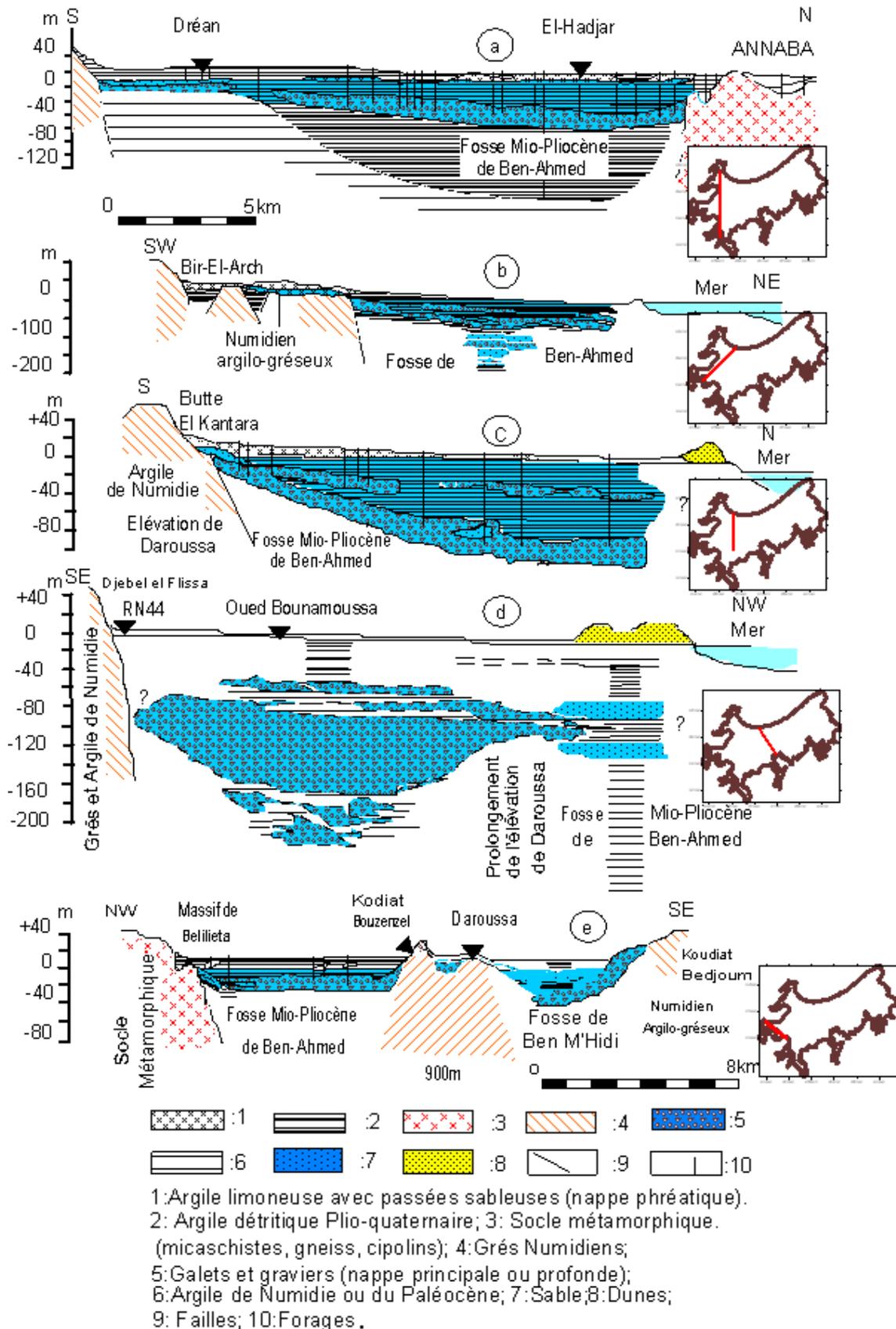


Figure 4: Coupes hydrogéologiques à travers la plaine d'Annaba (Attoui 2014 ; modifiées 2015)

## 1.5 : Aperçu lithostratigraphique :

Les travaux de géologie effectués dans la région (Joleaud, 1936 ; Hilly, 1962 ; Vila, 1980 ; Lahondère, 1987 ; Gleizes, 1988 ; Hammor, 1992) font ressortir de deux types de formations différentes : le complexe métamorphique de l'Edough et les formations sédimentaires d'âge Secondaire-Tertiaire (Fig.5) l'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Paléozoïque au Quaternaire :

### 1.5.1. Le Paléozoïque :

Il est constitué essentiellement par des gneiss ceinturés et des micaschistes (Hilly, 1962 ; Caby, 1992 ; Ahmed-Said, 1993) qui affleurent à l'ouest dans les massifs de l'Edough, de Belilieta et de Boukhadra. On peut distinguer les trois séries superposées suivantes :

- La série inférieure, représentée par des gneiss riches en biotite et sillimanite d'une épaisseur moyenne de 70 m, constituant le cœur de l'anticlinal du massif de l'Edough ;
- La série intermédiaire, caractérisée par des schistes et des micaschistes riches en biotite, muscovite et du grenat et parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'œil nu. Cette série contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme de skarns ;
- La série supérieure, constituée par un ensemble de gneiss œillés, schistes satinés, micaschistes, grenats et amphibolites.

Deux accidents tectoniques ont affecté le massif de l'Edough : le premier est de direction NW-SE et le second dirigé NE-SW.

### 1.5.2. Le Mésozoïque :

Il affleure au sud à une quarantaine de km de la zone d'étude, au niveau de la région de Guelma et de Bouchegouf. Il est constitué par :

- le Trias, représenté par une association de dolomies, calcaires dolomitiques et de gypse ;
- le Jurassique, formé par des dolomies noires et des schistes calcareux ;
- le Crétacé qui comporte des calcaires dolomitiques riches en foraminifères et des débris de rudistes. Seul le Crétacé supérieur (Sénonien) est représenté au sud de la région, il occupe presque la totalité des monts de la Chaffia. Il est caractérisé par un faciès schisteux plus au moins argileux. Parfois il s'agit aussi d'un passage de calcaire avec alternance de marnes ou de microbrèches épais de 5 à 10 cm.

### 1.5.3. Le Cénozoïque :

Il est représenté par :

- **l'Eocène inférieur** : représenté par une série transgressive formée par des calcaires massifs à faciès épinéritique ;
- **l'Oligocène** : qui comporte des niveaux d'argiles numidiennes rencontrées dans toute la partie Sud de la région d'étude (Monts de la Chaffia), au Sud-Est de Bouteldja et dans les djebels Koursi, Bourdim et Oum El-Agareb. Ce faciès argileux, de couleur verdâtre, brunâtre ou bleu sombre, comprend parfois des intercalations de lentilles gréseuses pouvant aller d'un cm à 30 cm d'épaisseur. Localement, quartziteux et renfermant parfois de petits nodules de pyrite, l'ensemble des formations peut atteindre plus de 100m d'épaisseur. Ces argiles forment la base de la série numidienne, ont été datées de l'Oligocène moyen à supérieur (Lahondère, 1987). Au-dessus de ces formations argileuses viennent se superposer les grès numidiens en position allochtone d'âge aquitain (Rouvier in Ramdani, 1996), à grain hétérométriques allant du grain grossier au grain fin. Ces grès, épais de près de 150m,

sont bien représentés au sud de la région d'étude, à l'Est dans le djebel Bourdim et au nord-est dans le djebel Koursi. Ils ceinturent les formations alluvionnaires et surtout dunaires.

- **le Mio-Pliocène** : représenté par les faciès suivants :

- ✓ Faciès marin (Plaisancien) : caractérisé par des marnes bleues avec des intercalations calcaires ;
- ✓ Faciès continental : caractérisé par des conglomérats des grès et des argiles qui sont liés aux dépôts des fosses d'effondrement et qui constituent le réservoir de la nappe captive des plaines d'Annaba–Bouteldja.
- ✓ Faciès fluviatile ; bien développé dans la plaine d'Annaba, il est formé essentiellement de galet, de sable et d'argile le long des Oueds ;

En effet, la prospection par sismique réflexion a mis en évidence l'existence de deux fosses (Sonatrach, 1969 ; Strojectport, 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.

#### 1.5.4. Le Quaternaire :

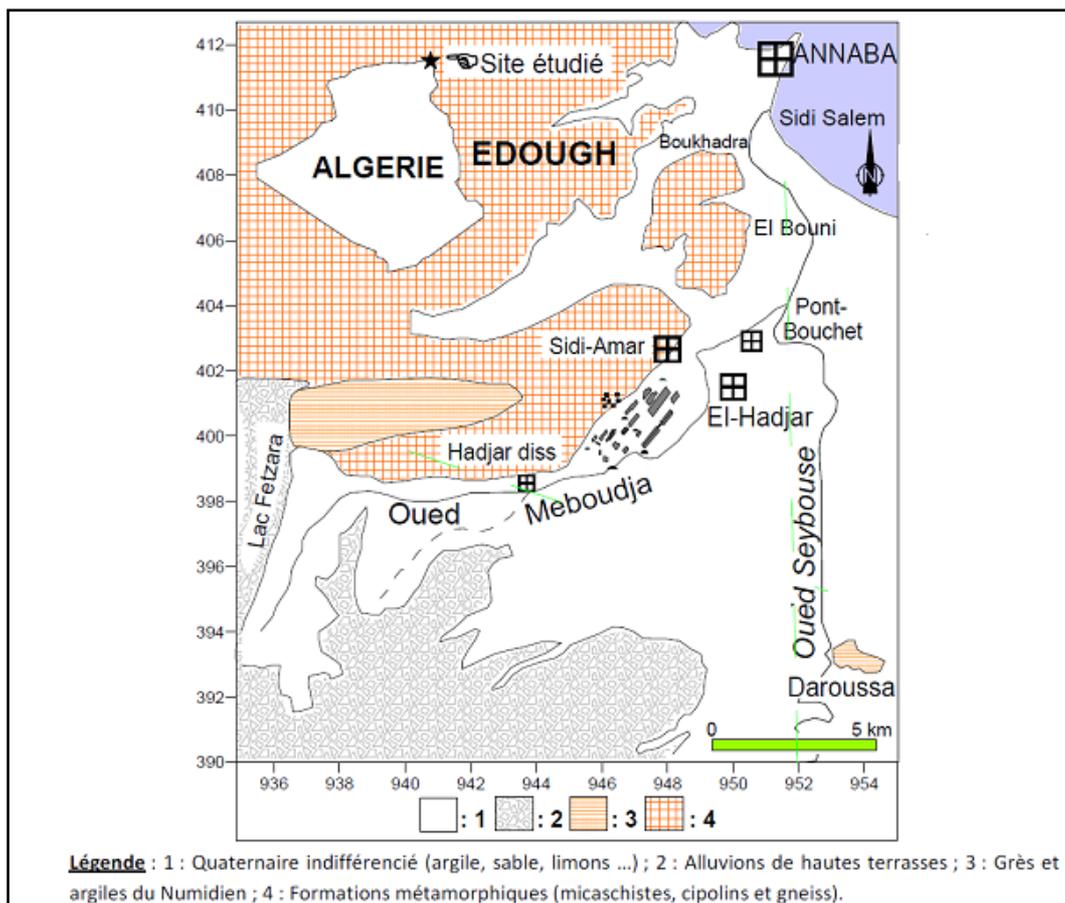


Figure 5: Esquisse géologique de la région d'étude

Les formations dunaires et alluvionnaires d'âge quaternaire constituent la roche réservoir de l'aquifère de Annaba. On y distingue :

-Les formations des hautes terrasses : correspond à la nappe superficielle dont le matériau est composé de sables, d'argiles, de graviers et de conglomérats de petite taille dominant cette formation.

- Les formations de la basse et la moyenne terrasse.

- ✓ La moyenne terrasse est représentée par des terrasses alluvionnaires des oueds de 20m, correspond aussi à la terre cultivable (terre, argile, sable).
- ✓ Basse terrasse est formée par des alluvions du niveau des eaux actuelles des oueds. Ces terrasses sont plus limoneuses que sableuses et sont parsemées de marécages.

- Les formations alluvionnaires sont représentées par des dépôts du lit actuel de l'Oued, généralement de matériaux variés, argiles, sables et des cailloux, résultant de l'érosion des formations traversées par l'Oued.

- Le cordon dunaire représenté par un massif constitué essentiellement de sable d'origine marine. Il affleure largement entre le village de Chatt et la ville d'El-Kala.

**1.6 : Cadre structural :**

La Plaine de Annaba, aux reliefs très peu marqués est constituée par des dépôts récents qui forment le comblement de deux bassins sédimentaires principaux, identifiées par lagéophysique (Sonatrach, 1966 ; Strojexport, 1975) avec un graben NS, la fosse Ben-Ahmed, sous la plaine de la Seybouse, et un graben SSW-NNE à WSW-ENE, la fosse Ben-M'hidi, sous celle de l'Oued Kébir et le massif dunaire oriental (Fig.6).

Ces deux fosses sont limitées par des failles à très forts pendages (60 à 80°) et séparées par un horst, subméridien, représenté par l'élévation de Daroussa à laquelle appartient, dans la partie méridionale, la Butte de Daroussa.

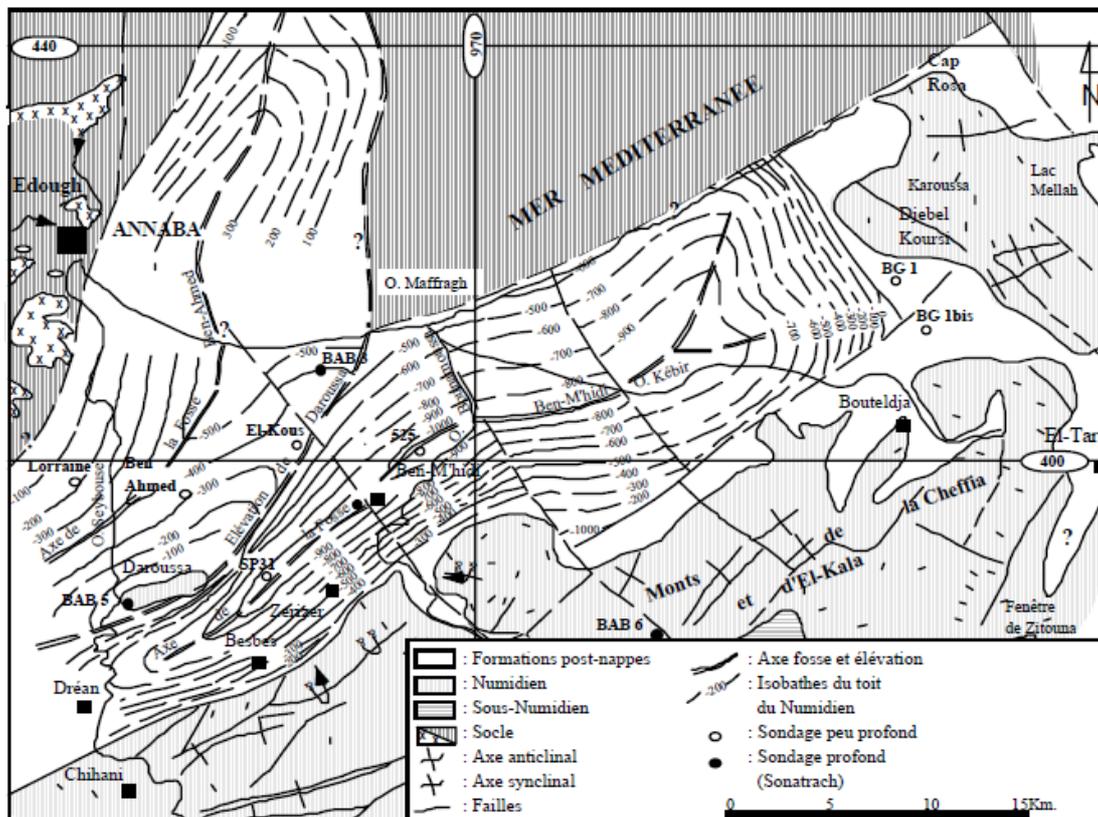


Figure 6: Esquisse structurale des plaines d'Annaba-Bouteldja (Sonatrach, 1969 in Hani, 2003, modifiée)

Dans le remplissage très hétérogène des deux fosses, (Hani, 2003) a pu mettre en évidence quatre faciès principaux avec, à la base, une couche de marnes miocènes d'une épaisseur qui dépasse 150 m surmontée par 60 à plus de 100 m d'argiles détritiques plio-quaternaires, puis par des lentilles de graviers et de galets séparées par de fines couches d'argiles. Ces dernières sont elles-mêmes recouvertes par des argiles sableuses (0 à 70 m). Dans le secteur NE de la région, une épaisse couche de sable dunaire se superpose aux formations antérieures.

L'ensemble de ce dispositif est affecté par deux familles de failles à forts pendages, de directions respectives NE-SW et NW-SE qui apparaissent tardives vis-à-vis des sous-bassins constitués et de leurs remplissages.

### 1.7 : Aperçu Socio- économique :

La région est connue par sa grande vocation agricole et activité industrielle intense. La population qui se trouve est estimée à 640 050 habitants (RNP, 2008) soit une densité de : 429 hab./km<sup>2</sup>, avec un taux de croissance de la population : 1.24 %, elle est concentrée surtout dans les grandes agglomérations : Annaba ville, El Hadjar, Sidi Amar, El Bouni et Hadjr Eddis, Berrahel, ...etc. La Population active : 279 762 hab. et la Population occupée : 251250 hab. (ANDI, 2013).

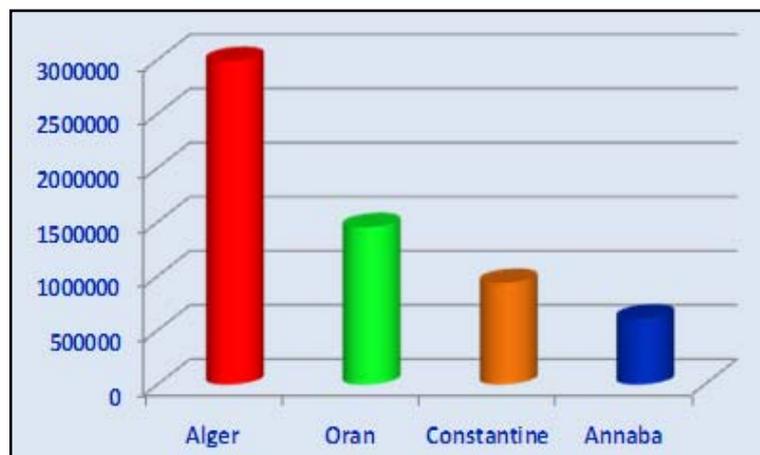


Figure 7: Classement de la population de la wilaya d'Annaba (ANDI 2013)

Tableau 1: Répartition de l'activité par secteur et population occupée

N°	Secteur d'activité	Population occupée	%
1	Institutions et administration	35 302	14
2	Industrie	88252	35
3	BTPH	17 650	07
4	Agriculture, Pêche, Forêt	80688	32
5	Services	15129	06
6	Tourisme et artisanat	10086	04
7	Transport	5043	02

L'industrie est importante dans la région et absorbe une masse considérable de la main d'œuvre, Trois secteurs d'industries sont observés :

- Industries Sidérurgique avec Arcelor Mittal-Algérie
- Industrie des engrais phosphatés et azotés (Fertial) ;
- L'industrie agro-alimentaire représentée par de petites entreprises telles que la Laiterie de l'Edough.
- Et enfin près de 260 PME/PMI dans les domaines de la sous-traitance et de l'agro-industrie.

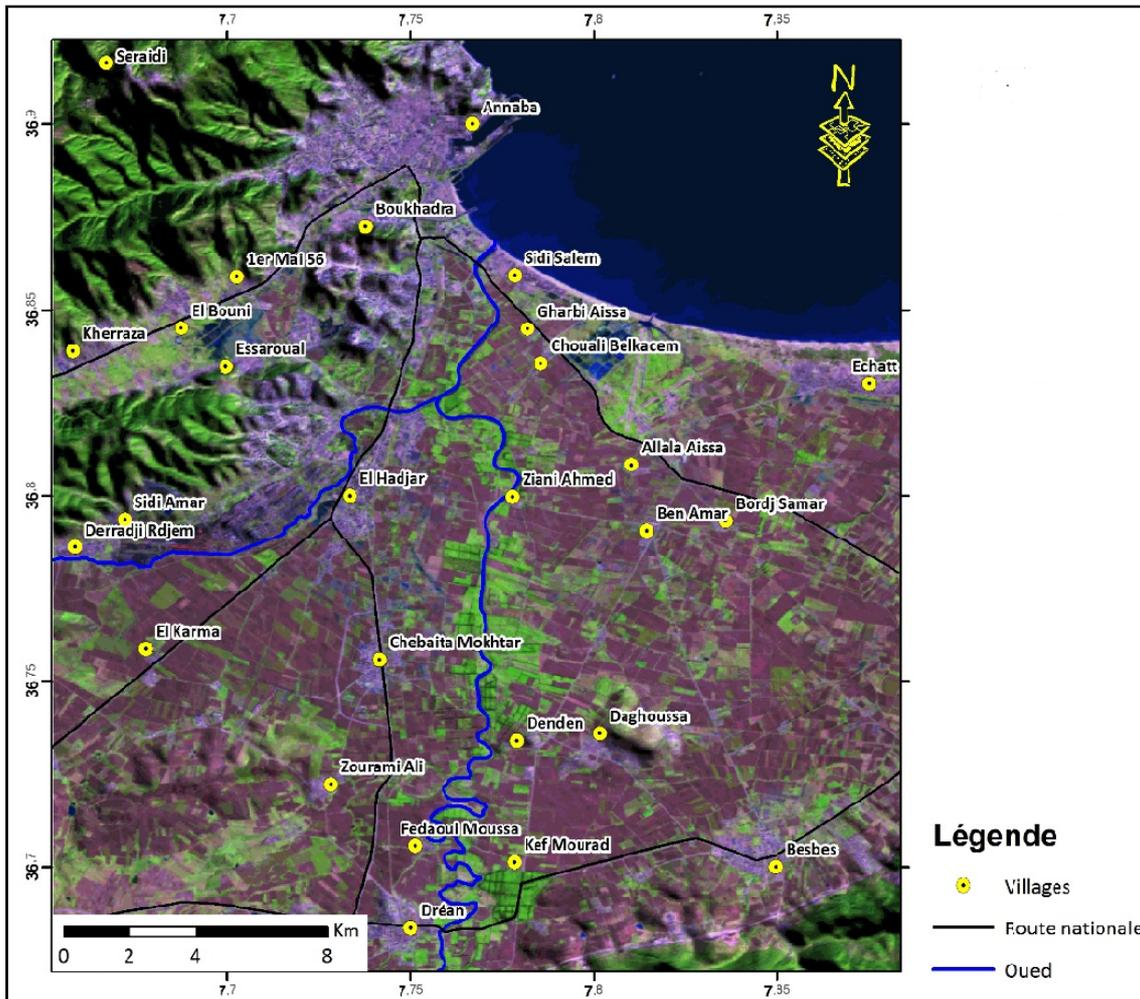


Figure 8: Les grandes agglomérations dans la zone d'étude « Image LandSat 2014»

1.4.1.2- L'Agriculture :

La région d'étude par sa vocation agricole, le potentiel agro-pédologique représente près de 58 600 ha, notamment localisé dans les plaines d'Annaba, El Hadjar et du lac Fetzara..., avec une très grande variété de cultures, céréalières, maraîchères et arboricoles. Les forêts se prêtent à une activité sylvestre, surtout pour le liège et le bois d'eucalyptus. Elles couvrent près de 75 500 ha dont 15 000 ha de chêne-liège.

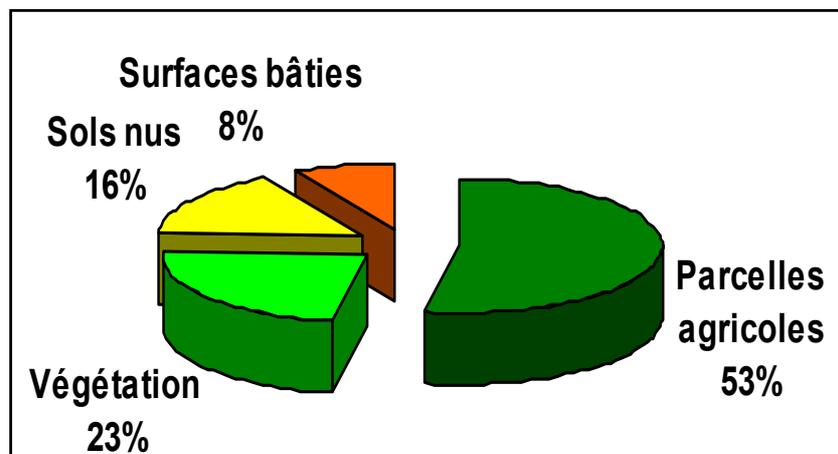


Figure 9: Occupation du sol dans la zone d'étude (Image LandSat 2014)

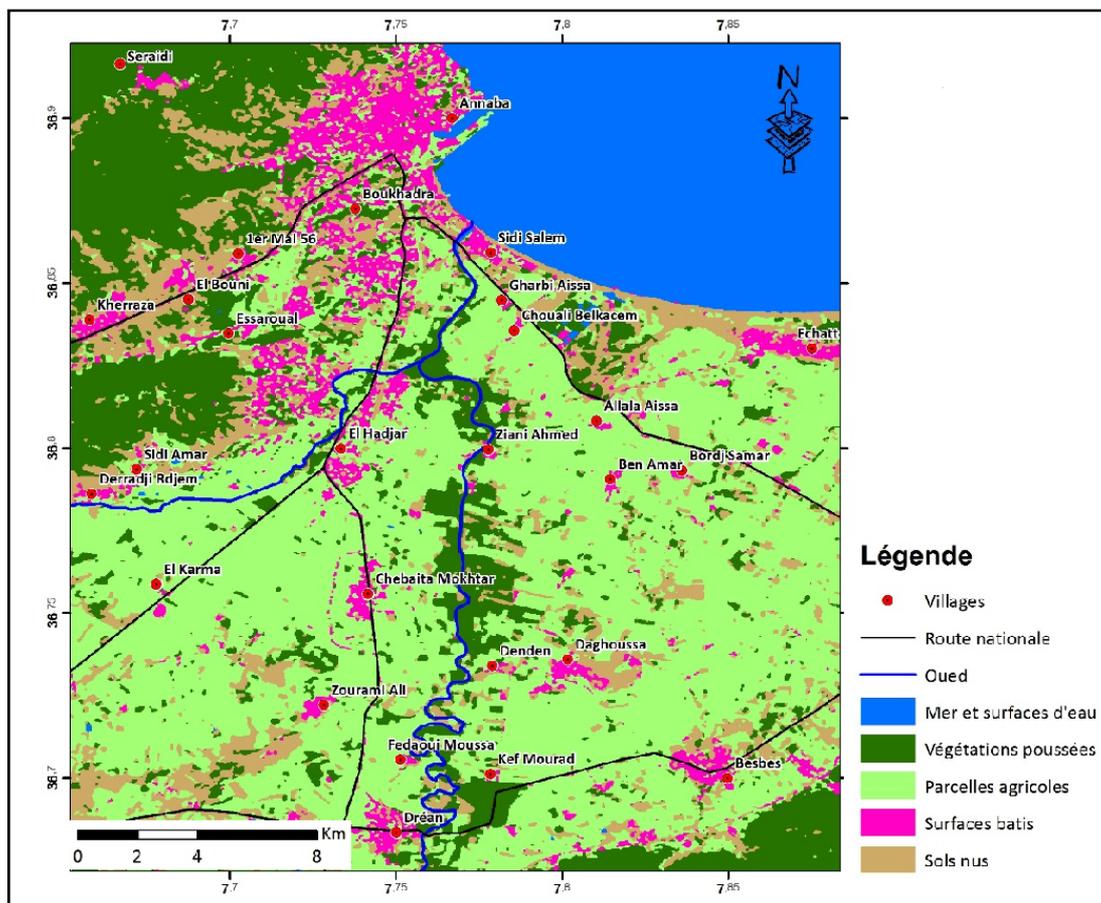


Figure 10: Les terres agricoles, couvertures végétales, sols nus et surfaces bâties dans la zone d'étude « Image LandSat 2014 »

Tableau 2: répartition des projets d'investissements déclarés par secteur d'activité période 2002 -2013 (ANDI 2013)

Secteur d'activité	Nombre de projet	Montant (million DA)	Nombre d'emploi
Transport	580	16669	3554
Bâtiment	198	14382	5011
Industries	189	66295	19704
Services	144	11977	2374
Agriculture	52	2921	611
Santé	40	3629	678
Tourisme	19	18335	1308

Le tableau N°2 donne un aperçu sur le nombre de projets d'investissement déclarés dans cette wilaya qui est de l'ordre de **1 222** projets dont le coût global est de **134209** millions de dinars avec **33 240** postes d'emplois prévus.

### Réseau électrique

Un réseau d'énergie des plus développés dans la région. Certaines infrastructures sont d'impact régional – (centrale thermique d'une capacité de production de 175 MWH, plus extension de 2×40 MWH).le taux d'électrification : 94% et le taux de couverture en gaz de ville : 72%.

### AEP et assainissement

Alimentation en eau potable : La longueur du réseau d'alimentation en eau potable (AEP)est estimée 1.205 Km. Alors que le réseau assainissement est de 1.033 Km

## Réseau portuaire

Le réseau portuaire se compose de trois (03) ports :

Un port commercial localisé à Annaba comprenant un plan d'eau de 108 ha et d'un tirant d'eau supérieur à 10 mètres pouvant accueillir des navires de gros tonnage.

S'étendant sur un linéaire de quai de 3.785 m, le port offre 20 postes à quai et un terminal à containers d'une capacité de stockage de 1.717 unités. Par ailleurs, il dispose d'une gare maritime pour voyageurs d'une superficie de 4.000 m<sup>2</sup> et d'un (01) silo à grains d'une capacité de 16.000 tonnes.

## Réseau aéroportuaire

Le réseau se compose d'un (01) aéroport disposant d'une piste principale de 3.000 m x 45 et d'une piste secondaire de 2.290 m x 45. L'aéroport est, en outre, distant de 10 km du chef-lieu de Wilaya.

## Ressources maritimes :

Un potentiel halieutique et touristique très important s'étale sur le littoral (80 Km de côtes), la zone de pêche couvre une étendue de 44% par rapport à la surface nationale. Les ressources halieutiques sont estimées à 30.000 t de poissons toutes espèces confondues représentant :

- Transformation et conditionnement des produits de pêche
- Fabrication de matériel de pêche.
- Construction et rénovation des chalutiers.
- Aquaculture.
- Pisciculture.

## Tourisme :

La position géographique de la wilaya sur le littoral, son relief montagneux, sa corniche et sa côte offrent les meilleures opportunités au tourisme balnéaire, la wilaya dispose de 03 zones d'expansion touristique (corniche d'Annaba 375 ha, Djenane El-Bey, Oued Bograt Seraidi 137 ha et baie Ouest Chetaibi 382 ha) avec une superficie totale de 2.078 ha

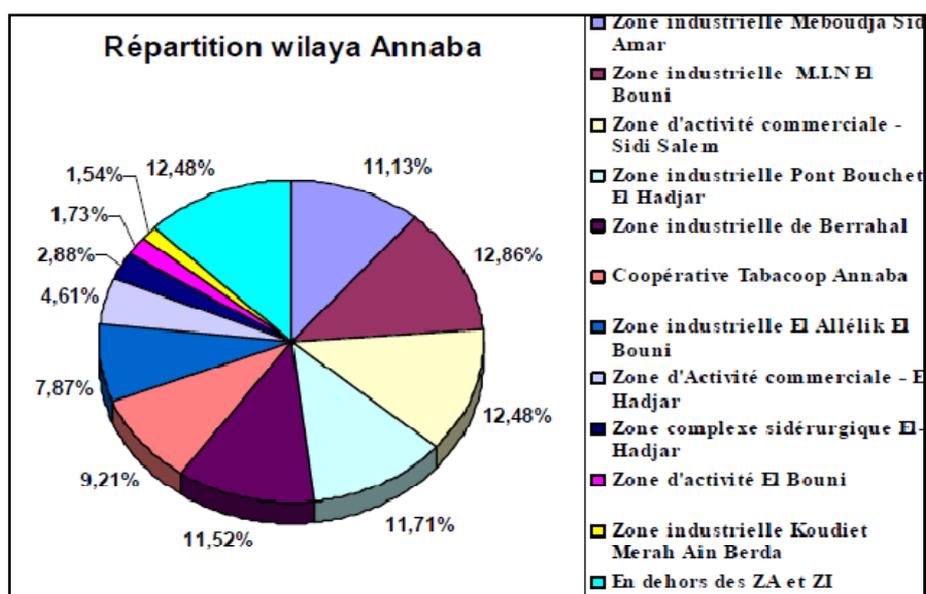


Figure 11: Répartition des unités industrielles dans la wilaya d'Annaba (MATE 2011)

Dans la perspective de la poursuite des efforts d'investissements déjà entrepris au titre des plans précédents, il a été notifié à la wilaya d'Annaba un programme quinquennal d'un montant de **229 Milliards DA** pour tous les secteurs.

Tableau 3: Budget financier par secteur (2010-2014)

	Habitat	Hydraulique	Agriculture et développement rural	Travaux publics	Santé
Budget (Milliards de DA)	67,755	16	5,688	26,512	10,515

### 1.9 : Présentation de la Laiterie de l'Edough (LEA)

La laiterie de l'Edough est une société publique par action dont le capital est détenu par Groupe GIPLAIT (comporte 19 unités à travers le territoire national) de production de lait et des produits laitiers créée après restructuration de l'ORELAIT par acte notarié en date de 05/10/1997 auprès de maître Boukharouba.K –Alger son siège social ainsi l'usine de production se trouve à EL Bouni à 5km de la ville de Annaba. LEA fait partie de la zone d'activité d'El Allelik avec un effectif de 212 agents (11 cadres supérieurs, 33 cadres moyens et 168 agents d'exécution). La laiterie est implantée sur un terrain de 06 ha dont 1.692 ha surface bâtie et 3.308 ha surface non bâtie. La capacité totale de la chambre froide est 972 m<sup>2</sup> Elle est limitée : (Fig.12)

Au Nord par la route nationale 16 (RN 16) ;

Au Sud par la voie ferrée (SNTF) et le centre pénitencier d'El Allelik ;

A l'Est l'entreprise FERROVIAL ;

A l'Ouest la société SNVI.

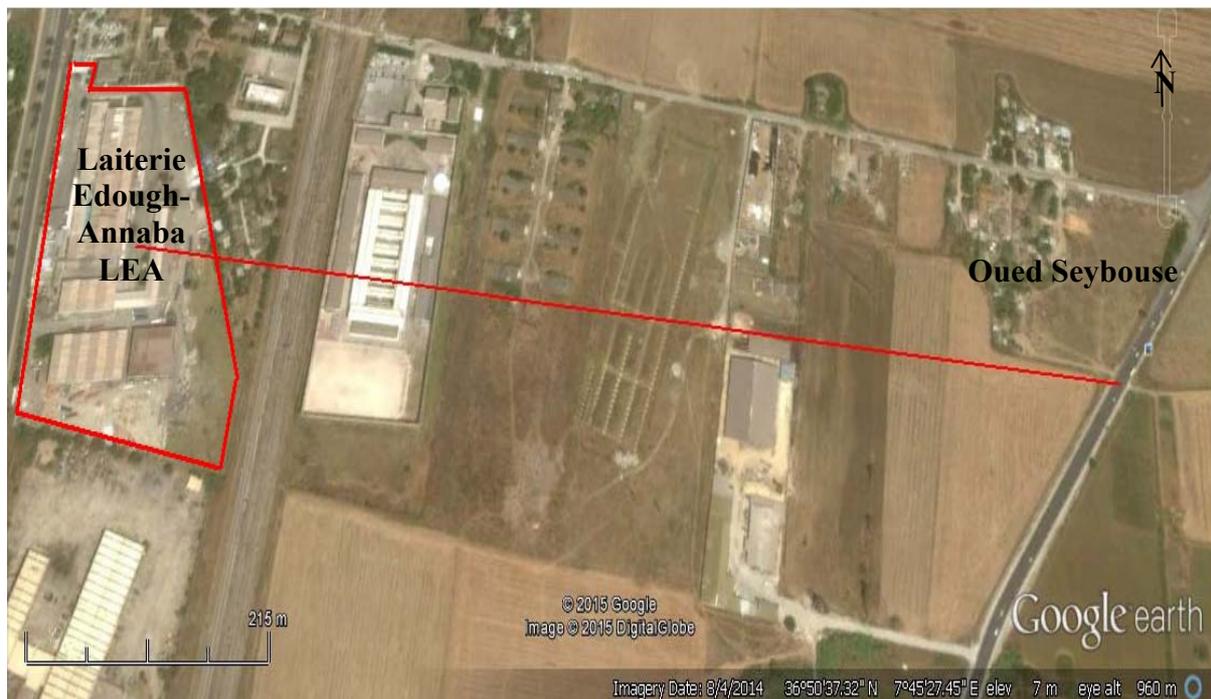


Figure 12: Situation géographique de la laiterie de l'Edough par rapport à l'Oued Seybouse (Google earth 2015)

#### 1.9.1 : Gamme de produits fabriqués

Les produits fabriqués sont :

Le lait pasteurisé en sachets de polyéthylène d'une capacité de 1 litre

Le lait fermenté (L'BEN) en sachets de polyéthylène d'une capacité de 1 litre

Le fromage Camembert nommée « Saint Augustin ».

### Composition physico chimique du lait

La composition chimique du lait est très en eau avec 902 g/l, tandis que la matière sèche ne représente que 130 g. /l.

Le lait contient aussi des gaz dissous (5 % en volume), essentiellement du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du diazote (N<sub>2</sub>) et du dioxygène (O<sub>2</sub>).

Tableau 4: Eau et matières sèches du lait

Composé	Eau	Matière sèche			
		Glucides	Matière grasse	Matière azotée	Matière saline
Concentration g/l	902	49	39	33	9

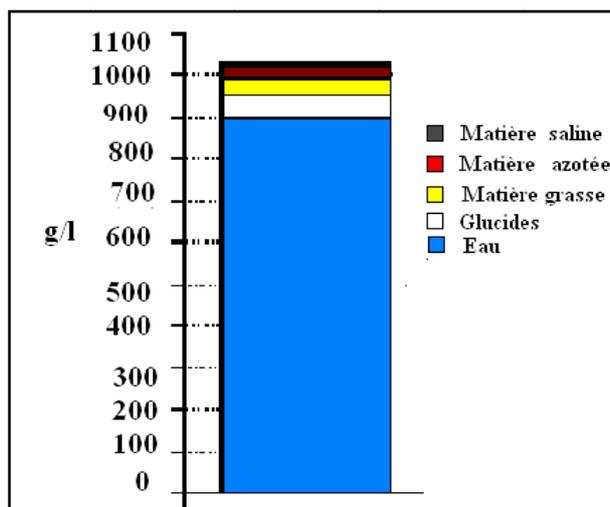


Figure 13: Diagramme de la composition chimique globale du lait (g/l) (Alias, 1984)

#### 1.9.2 : Marché de la laiterie

- Lait et l'ben : Annaba, El Tarf, Guelma, Souk Ahras et une partie de Tébessa
- Camembert de marque Saint Augustin : à l'échelle nationale.

Tableau 5: Les laiteries dans la région de Annaba-El Tarf-Guelma

N°	Laiterie	Lieu d'implantation	Activité
01	Edough	Zone industrielle El Allelik ElBouni 850 m <sup>3</sup> /j	Production de lait et dérivés
02	El Maida	Zone industrielle de Berrahal	Production de lait et dérivés 50000l/j
03	Beni foughal	Zone industrielle El Fedjouj	Production de lait et dérivés 60000l/j
04	Sarl Scil	Zone industrielle de Berrahal.	Production de fromage 120 000 l/j
05	Sarl Kafek(Safia)	EL Fedjouj	Production de lait et dérivés

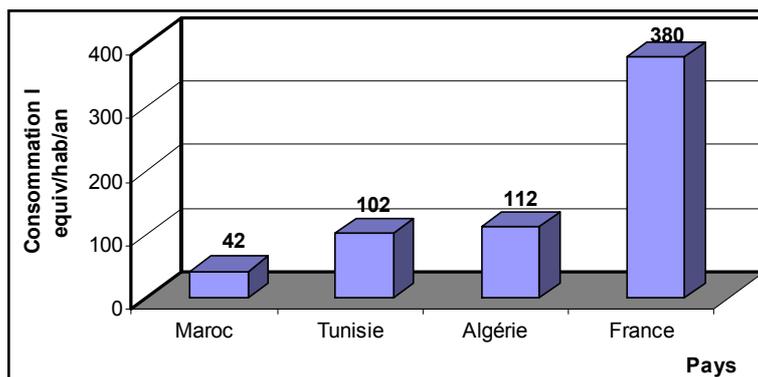
La ration type de la consommation varie entre 80Kg /an/hab. et 220Kg/an/hab. En Algérie, la consommation du lait et produit laitier se rapproche plus de la borne supérieure que de la borne inférieure de cette fourchette.

La consommation du lait et dérivés a connu une forte augmentation. Celle-ci est passée de 34 litre / an /hab. en 1970 à 95 L / an / hab. en 1995, la consommation a atteint 117l en 2005.

**Tableau 6: Consommation par habitant par an en litres équivalent lait en Algérie (Source : MADR-DRDPA, 2006)**

Année	1970	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Litre/ Habitant/ an	34	95	112	115	100	113	103	102	110	117

Comme le montre le graphique qui suit, la consommation du lait et dérivés en Algérie est plus importante que celle du Maroc (42 l) et de la Tunisie (102 l), mais elle reste très loin de celle des pays développés (380 l en France). Pour ce qui est de la consommation des fromages et des yaourts, celle-ci s'élève à 5 ou 6 Kg par an et par habitant, alors qu'elle était de moins de 1 Kg en 1988. Toutefois, elle restefaisable en la comparant à celle des marocains et tunisiens qui s'élèvent à 10 Kg / an / hab.

**Figure 14: La consommation par habitant par an en litres équivalent lait liquide en France et au Maghreb. Source : centre français de commerce extérieur (CFCE), 2002.)**

La transformation de la poudre du lait assurée par le groupe GIPLAIT (composé de 19 filiales : d'une capacité de 1,4 milliard de litres/an), le secteur privé (220 PME/PMI dotées d'une capacité de transformation avoisinant les 200 millions de litres/an). (MADR, 2004.)

La restructuration a conduit à une organisation des entreprises en filiales dont le regroupement a donné naissance à GIPLAIT avec une capacité de 1,5 milliard de litres/an assurant ainsi la plus grande part d'approvisionnement du marché national particulièrement en lait pasteurisé. GIPLAIT assure 60% des besoins de consommation en grande partie par des importations (poudre de lait et matière grasse de lait anhydre « MGLA »). La production industrielle des laits et dérivés par le groupe GIPLAIT a connu une progression jusqu'à l'année 1993 (1.4 milliard de litres), pour régresser à 721 millions de litres pour l'année 2003.

L'industrie laitière (GIPLAIT) se caractérise par le fait qu'il s'agit d'un groupe d'entreprises dont le propriétaire est l'Etat. Elles occupent une position dominante, notamment en relation avec le segment du lait pasteurisé. Parallèlement, le marché des produits dérivés est fortement concurrentiel.

**Tableau 7: Evolution des importations de la poudre de lait et MGLA (1990-2005) Source : Options méditerranéennes (N°32), Douane CNIS. (In Souki .H 2009)**

Année	Poudre de lait (T)	MGLA(T)	Valeur (1000 dollars)
1990	113 500	26 196	234 376
1991	91 394	20 250	183 574
1992	119 421	31 172	273 822
1993	60 500	11 830	136 214
1994	36 452	5 500	71 420
1995	54 500	2 500	129 032
1996	101 778	13 224	252 956
1997	76 000	4 500	154 781
1998	100 882	5 500	187 262
1999	77 300	6 500	128 586

2000	188079	-	373599
2001	219067	-	460718
2002	235089	9886	448783
2003	210145	11498	468122
2004	249403	10736	928016
2005	235600	6070	675662

### 1.9.3 : Qualification et quantification de l'eau au niveau de LEA :

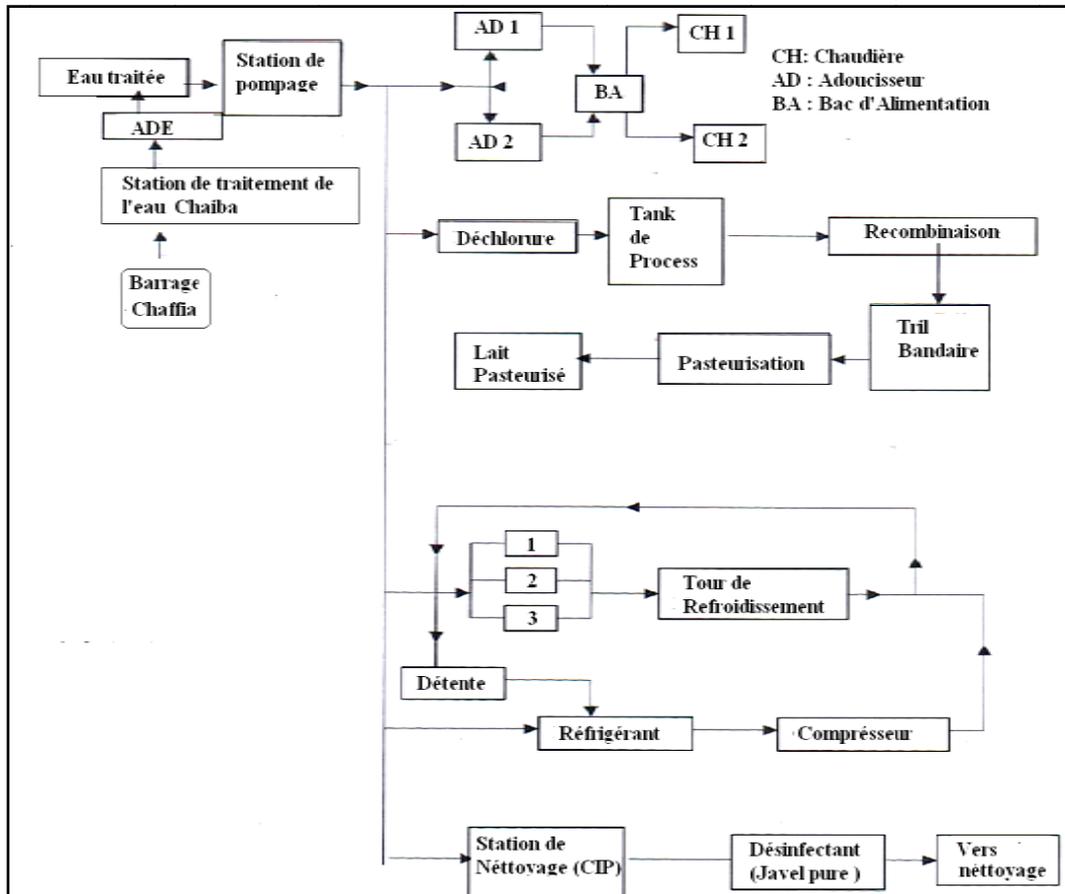


Figure 15: Destination de l'eau à la laiterie de l'Edough

Les eaux résiduaires industrielles se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau dans l'usine, en différentes catégories (Boeglin J.C. 1998 ; Roubaty J. L. et Boeglin J.C. 2007). La laiterie de l'Edough destine l'eau pour différentes fonctions qui peuvent être résumées comme suit :

- Eaux destinée à la recombinaison (de fabrication) : doit être sans chlore (éviter la corrosion des équipements). la présence d'un oxydant tel que le charbon actif dans la filière de production limite la teneur du chlore.
- Eaux destinée aux aérorifrégerants : Dèsque l'eau qui alimente les aérorifrégerants (température 17 à 20 °C) pénètre dans le circuit, le compresseur comprimé l'ammoniac qui passe dans le condenseur et circule dans les tubes serpentins (en chicane) sous forme d'hydroxyde d'ammonium  $\text{NH}_4\text{OH}$ , on obtient une eau froide (3 à 5°C) destinée à d'autres fins.
- Eaux destinée pour les chaudières : Au niveau de la laiterie de l'Edough, la vapeur d'eau produite est destinée au chauffage du lait recombinaison (pasteurisation).
- Eaux destinée aux NEP (CIP) : c'est une eau qui sert à nettoyer, rincer et laver les différents équipements : Tanks, conduites, tuyauteries, parterre, ... (voir Tableau 8)

- Eaux sanitaires : c'est l'eau destinée au service publique.

**Tableau 8: Période du programme long et cout du Nettoyage En Place (NEP) « CIP Cleaning In Place » C.I.P / Machine APC/ACCOS 3 DIGITAL -Laiterie Edough-Annaba**

	Programme Long Période (min)	Programme court Période (min)
Eau froide	03	03
Eau chaude	07	06
La soude	15 mn (5000 l - 2%-100kg)	10mn (5000 l - 2%-100kg)
Eau chaude	05	05
L'acide	10mn (5000l - 1%- 50kg)	06mn (5000l - 1%- 50kg)
Eau froide	05	05
Désinfectant (stérilisant)	05	05
Eau froide	10	10
Temps complet	<b>60</b>	<b>50</b>

Le nettoyage en place (NEP) comprend les étapes suivantes :

- **Rinçage et lavage**: un rinçage préliminaire est nécessaire pour enlever les souillures non adhérentes. Pour cela on utilise une eau froide pendant trois 3 mn et de l'eau chaude pendant sept 7 mn (programme long et idem pour le programme court sauf que la période en eau chaude et de six 6 mn

- **Nettoyage à la soude** : un nettoyage à la soude (NaOH) à 2% est effectué pour enlever les souillures organiques, la solution est ensuite récupérée pour être réutilisée. Pour effectuer le programme long il faut 15 mn cependant le programme court demande 10 mn, avec 0.8 % de soude recyclée.

- **Inter-rinçage** : ce premier rinçage vise à éliminer les résidus de détergent alcalin, les eaux récupérées dans un bac tampon sont cheminées via une tuyauterie appropriée vers le réseau d'assainissement.

- **Nettoyage à l'acide** : un lavage avec une solution d'acide ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ou  $\text{HCl}$ ) à 2% sert à enlever les souillures minérales et afin d'éliminer et de neutraliser toute trace de soude. La solution est ensuite récupérée pour être réutilisée. Ce lavage en période long demande 10mn alors que pour le court programme est de 6mn. Avec 0.5 % d'acide recyclé.

- **Inter-rinçage** : le deuxième rinçage à l'eau froide vise à éliminer les traces du détergent acide. Les eaux de la fin de ce rinçage sont récupérées pour être réutilisées pour le rinçage préliminaire du prochain équipement à laver.

- **Stérilisation** : Se fait peu de temps avant les opérations de production, le produit chimique utilisé est l'hypochlorite (eau de javel) pour une durée de 5mn pour les deux programmes.

Dans toute activité industrielle, l'eau entre en contact avec des gaz, des solides et des liquides, qu'elle dissout ou entraîne sous forme de matières en suspension plus ou moins finement dispersées. En réalité, la plupart des procédés génèrent des rejets polluants soit continus soit discontinus, qui renferment tous les sous-produits et les pertes de matières premières qui n'ont pu être récupérées, ni recyclées.

**Tableau 9: Volumes journaliers des rejets des différents ateliers de production**

Atelier	Production journalière moyenne (l/j) (source LEA, 2003)	Volume journalier moyen du rejet (l/j)
Laiterie	175 000	630 000
Elben+Fromagerie	25 000	90 000
Total	200 000	720 000

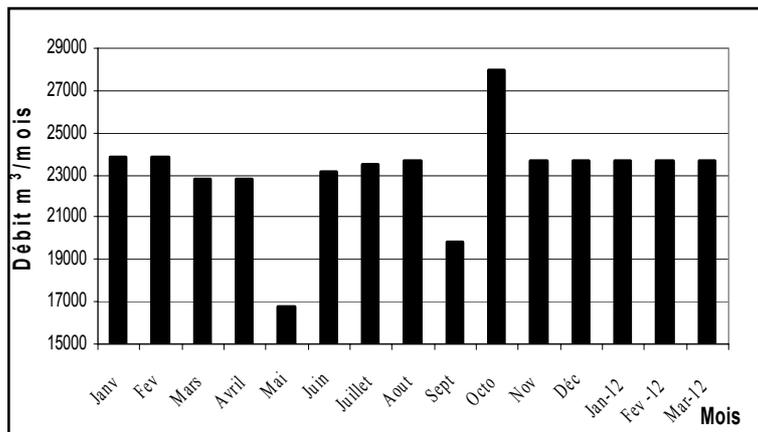
L'industrie laitière génère pour chaque litre de lait transformée en moyenne 3.6 litre (Sachon, 1980a) d'eau usée contenant 1.5mg/l de matières en suspension sur ce fondement on peut faire l'estimation suivante :

**Tableau 10: Consommation annuelle d'eau Laiterie de l'Edough Annaba (2003-2011) (Source ADE El Hadjar-Annaba.2012)**

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 (janv-Fev-Mars)
Consommation d'eau m <sup>3</sup> /an	258203	242840	278780	190056	216344	264834	249204	264398	275452	70946

Le rejet laitier provient essentiellement des ateliers de production de lait et de fromagerie et du nettoyage des appareils de production.

Les effluents laitiers ont une composition très variable. Le traitement par voie biologique est souvent préconisé



**Figure 16: Consommation mensuelle d'eau de Janvier 2011 jusqu'à Mars 2012 (ADE El Hadjar-Annaba .2012)**

Le rejet de l'usine est canalisé dans des buses de 1.2 m de diamètre vers le système naturel l'Oued Seybouse sur une distance de 1500 m.

Les rejets de l'usine sont composés de :

- Matière grasse laitière
- Acide nitrique dilué à 0.5% (ou / acide phosphorique)
- Acide caustique dilué à 0.2 %
- Désinfectants colorés à 0.5%

On note l'existence d'un contrat de performance environnemental établi Ministère de L'Aménagement du Territoire de l'Environnement et du Tourisme (MATET) et la Laiterie Edough EPE /SPA Annaba mis en vigueur le 25 Juillet 2007 pour une durée de cinq ans. Ce contrat renouvelable par tacite de reconduction, l'article 2 oblige à ce que l'effluent final des de la laiterie doit être conforme à la réglementation algérienne en vigueur (décret exécutif N°06/141 du 19/04/2006) et la réalisation d'une station d'épuration des eaux et de récupérer les boues générées (Valorisation) fin 2012.

**Tableau 11: Production globale du lait et produits laitiers et volume de rejets pour les 19 filiales du groupe GIPLAIT (source agrégats techno-financiers exercice 2003-GIPLAIT-Algérie)**

N°	Ville	Dénomination	lait de consommation (Millions de litres)	produits laitiers Millions (litre équivalents)	Production globale	Volume du rejet MI	lieu de rejet
1	Annaba	Laiterie de l'Edough	65,7	0.14	65.84	237.024	Oued Seybouse
2	Bejaia	Laiterie de Draa Ben Khedda	66.8	5	71.8	258.48	Oued Sebaou
3	Constantine	Laiterie Numidia	59,3	0.07	59.37	213.732	Oued Rhumel
4	Alger	Complexe laitier d'Alger "Colaital "	122	3.9	125.9	453.24	Oued El Harrach
5	Blida	Laiterie de Beni Tamou	52	9.5	61.5	221.4	Oued Mazafran
6	Boumerdes	Boudouaou	74	13	87	313.2	Oued Sebaou
7	Batna	Laiterie Aurès	43.8	9.4	53.2	191.52	Oued El ma
8	Setif	Laiterie Tell	34.3	0.12	34.42	123.912	Oued Bouslam
9	Ain Defla	Arribs	35.7	2.6	38.3	137.88	Oued Chellif
10	Bejaia	Laiterie d'Amizour	8.6	0	8.6	30.96	Oued Soummam
11	Tlemcen	Laiterie Mansoura	22.3	0.6	22.9	82.44	Oued Horra
12	Oran	Clo	18.1	0.1	18.2	65.52	Oued ---
13	Tiaret	Laiterie Sidi khaled	11	0.76	11.76	42.336	Oued Ouassel
14	Sidi Bel Abbes	Tessala	18.9	4.6	23.5	84.6	Oued Sarno
15	Mostaganem	Le littoral	15.2	-	-	-	Oued Kramis
16	Mascara	El Amir	19.2	0.67	-	-	Oued El Hammam
17	Saida	La source	9.6	-	-	-	Oued ---
18	Bechar	Igli	5.6	-	-	-	Oued Saoura
19	Relizane	Cx laitier	10.37	10.06	20.43	73.548	Oued ---

**Historique de quelques études de pollutions industrielles sur l'Oued Seybouse :**

Nappes superposées en région côtière : Hydrodynamique et hydrochimie de l'aquifère de Annaba, Nord Est Algérien. (Nafa,1985).

Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole Annaba-la Mafragh Nord-Est algérien. (Kherici,1993)

La vulnérabilité à la pollution des eaux de la plaine d'Annaba la Mafragh (Nord-est algérien). (Khierici et al., 1996)

Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologique industrielle, agricole et urbaine. (Djabri, 1996).

Pollution des eaux et sols. Cas de la région de Annaba, étude des interférences et dosage Al, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Sn, V et Hg par spectrométrie d'émission Plasma-ARC (DCPAES), absorption atomique (SAA) et spectrophotométrie UV/VIS(Louhi, 1996).

Etude d'impact des activités urbaines et industrielle sur les activités agricoles dans le cadre du projet périmètre d'irrigation de Guelma-Boucheougouf (Lafri, 1999).

Approche à l'étude des mécanismes de la pollution d'une nappe alluviale côtière (Annaba) en site industriel urbanisé. Traitement statistique des données Hydrochimique. (Hannouche, 1999).

Apport de l'analyse en composantes principales dans l'explication des mécanismeshydrochimiques des oueds Seybouse, Kébir Est et Kébir Ouest (Est Algérien). (Benchaar, 1999)

Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline agricole et industrielle. (Debieche, 2002)

Analyse méthodologiques de la structure et des processus anthropiques application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen. (Hani,2003).

Caractérisation d'une pollution organique et inorganique des eaux superficielles d'OuedMeboudja situé au Nord-Est de l'Algérie (Bendjama et al.,2004)

Aptitude des eaux de la vallée de Seybouse à l'irrigation (Derradji, 2004) ;

Réserves hydriques de la Wilaya d'Annaba .Inventaire, Evaluation et besoins Futurs en ressources en eau. Hydrogéologie n°4.P31(Chaffai et al., 2005)

Plan d'Action National pour la réduction de la pollution marine due à des activitésmenées à terre (MATET, 2005);

Diagnostic pour une éventuelle réhabilitation des eaux de la Seybouse -la basse plaine – Annaba (Zerrouki, 2007.)

Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux superficielles et souterraines de la régionde Boucheougouf (Chaoui, 2007).

Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-HadjarAnnaba (Hazourli et al., 2007);

Caractérisation de la pollution des eaux en milieux industriels et urbain cas de la plaine d'El-Hadjar. (Hamzaoui, 2007).

Impact des rejets industriels du complexe sidérurgique Arcelor Mittal-Annaba sur les eaux superficielles et souterraines dans la plaine de Meboudja (Bougherira, 2008).

Remobilisation des métaux dans les eaux de l'oued Meboudja et ses affluents, (Remita, 2008)

Instruments alternatifs pour améliorer la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen d'Oued Seybouse (INECO ABH CSM, 2008)

Atelier sur la protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution (INECO ABHCEM, 2008)

Caractérisation d'une pollution organique et inorganique des eaux superficielles oued Meboudja Située au nord-est de l'Algérie (Bendjama, A et al 2010)

Dépollution industrielle du bassin versant de l'oued Seybouse : Etude pour le prétraitement des effluents liquides des unités les plus polluantes Rapport d'étape : Mesures et bilans industriels. (MATE, 2013)

Etat de la vulnérabilité à la pollution des eaux des grands réservoirs d'eaux souterraines de la région d'Annaba- El-Tarf et identification des sites d'enfouissement de déchets (Attoui, 2014).

## **1.10 : Réglementation algérienne sur les eaux résiduaires industrielles (Mate 2011).**

### ***1.10.1 : Nomenclature algérienne des classées pour la protection de l'environnement ICPE***

Après l'utilisation de la Nomenclature Algérienne des Produits (NAP80), l'état algérien en 2000 s'est doté d'une nouvelle nomenclature : la NAP2000. Elle est destinée à favoriser des classements plus fins et à permettre une meilleure analyse statistique des spécificités nationales en s'alignant sur les nomenclatures internationales et les exigences de l'organisation mondiale de commerce (OMC), pratiquées par les nations unies et l'Europe.

En 2007, le rapport présenté par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), inscrit dans le prolongement de la Loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable (DD), fit l'objet du décret exécutif n° 07-144 du 2 Jomada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

La Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) est destinée au classement des risques eut égard aux substances utilisées et aux activités effectuées. *Laiterie Edough est classée sous le code n°22 27* (MATE, 2011).

### ***1.10.2 : L'eau et les rejets réglementaires :***

Différentes loi algériennes réglementent l'usage de l'eau et la protection du milieu naturels'inscrivant dans une politique de développement durable.

#### **a/Protection de la ressources en eau**

**- Loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005** relative à l'eau. Les principaux extraits en relation directe avec le contenu de l'étude, sont reportés ci-après :

Art. 43.— Conformément aux dispositions des articles 48 à 51 de la loi n° 03-10 du 19 Jomada El-Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, les milieux hydriques et les écosystèmes aquatiques doivent être protégés contre toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages.

Art. 44. — Les rejets d'effluents, les déversements ou les dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique sont soumis à une autorisation dont les conditions et les modalités d'octroi sont fixées par voie réglementaire.

Art. 45. — L'autorisation prévue à l'article 44 ci-dessus est refusée notamment lorsque les effluents ou matières sont de nature à nuire :

- à la capacité de régénération naturelle des eaux ;
- aux exigences de l'utilisation des eaux ;
- à la santé et la salubrité publiques ;
- à la protection des écosystèmes aquatiques ;
- à l'écoulement normal des eaux ;
- aux activités de loisirs nautiques.

Art. 46. — Sont interdits :

- tout déversement ou rejet d'eaux usées de toute nature dans les puits, forages, galeries decaptage, fontaines et abreuvoirs publics, oueds à sec et canaux ;
- tout dépôt ou enfouissement de matières insalubres susceptibles de polluer les eaux souterraines par infiltration naturelle ou par recharge artificielle ;
- l'introduction de toutes matières insalubres dans les ouvrages et installations hydrauliques destinés à l'alimentation en eau ;
- le dépôt et/ou l'enfouissement de cadavres d'animaux dans les oueds, lacs, étangs et à proximité des puits, forages, galeries de captage, fontaines et abreuvoirs publics.

Art. 47. — Tout établissement classé, au sens des dispositions de l'article 18 de **la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, et notamment toute unité industrielle dont les rejets sont reconnus polluants doit impérativement :

- prévoir des installations d'épuration appropriées ;
- mettre en conformité leurs installations ou les procédés de traitement de leurs eaux résiduaires par rapport aux normes de rejet telles que fixées par voie réglementaire.

Art. 48. — Lorsque la pollution des eaux met en péril la salubrité publique, l'administration chargée des ressources en eau doit prendre toutes mesures exécutoires en vue de faire cesser les déversements d'effluents ou les dépôts de matières nuisibles. Elle doit également décider de l'arrêt du fonctionnement de l'établissement qui en est responsable, jusqu'à la disparition de la pollution.

Art. 49. — Les retenues d'eau superficielle ainsi que les lacs et les étangs menacés d'eutrophisation par suite de déversements d'effluents polluants font l'objet de plans de restauration et de protection de la qualité des eaux.

Ce plan comporte des mesures et des actions ayant pour objectif :

- la suppression des sources de pollution chronique, notamment à travers la réalisation de systèmes d'épuration des eaux usées urbaines et industrielles ;
- la prévention des risques de pollution accidentelle et la mise en place de dispositifs de lutte appropriés ;
- la mise en œuvre de toutes opérations techniques permettant de restaurer la qualité des eaux ;
- l'installation de dispositifs d'observation et de suivi des paramètres significatifs de la qualité des eaux et d'un système d'alerte anti-pollution. Les conditions et modalités d'élaboration, d'approbation et de mise en œuvre des plans de restauration et de protection de la qualité des eaux sont fixées par voie réglementaire.

Art. 50. — Les objectifs de qualité auxquels doivent répondre les eaux souterraines ainsi que les écoulements et les retenues d'eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau des populations sont fixés par voie réglementaire.

Art. 51. — L'inventaire périodique du degré de pollution des eaux souterraines et superficielles ainsi que les contrôles des caractéristiques des eaux de déversement ou de rejet sont effectués conformément aux dispositions des articles 49 et 50 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, et aux textes réglementaires subséquents.

Art. 52. — Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilités d'utilisation des eaux épurées, et aux risques de contamination et de pollution.

### **b/ l'eau, l'assainissement et les services publics**

Les dispositions spécifiques à l'assainissement

Art. 118. — En zone agglomérée est obligatoire le branchement au réseau public d'assainissement de toute habitation ou établissement.

Art. 119. — Tout déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration d'eaux usées autres que domestiques est soumis à l'autorisation préalable de l'administration chargée des ressources en eau.

Ce déversement peut être subordonné à une obligation de prétraitement dans le cas où, à l'état brut, ces eaux usées peuvent affecter le bon fonctionnement du réseau public d'assainissement ou de la station d'épuration.

Art. 120. — Il est interdit d'introduire dans les ouvrages et installations d'assainissement toute matière solide, liquide ou gazeuse susceptible d'affecter la santé du personnel d'exploitation ou d'entraîner une dégradation ou une gêne de fonctionnement des ouvrages de collecte, d'évacuation et d'épuration des eaux usées.

Art. 121. — Dans les zones à habitat dispersé ou dans les centres ne disposant pas d'un système d'assainissement collectif, l'évacuation des eaux usées doit se faire au moyen d'installations autonomes agréées et contrôlées par l'administration chargée des ressources en eau.

Art. 122. — Tout système autonome d'assainissement doit être mis hors d'état de servir dès la mise en place d'un réseau public d'assainissement.

Art. 123. — Tout propriétaire d'immeuble doit établir les toits de ses constructions de manière que les eaux pluviales s'écoulent sur son terrain ou sur la voie publique ; il ne peut les faire verser sur le fonds de son voisin.

Art. 124. — Les eaux usées provenant des habitations peuvent être amenées vers les ouvrages de collecte dans les mêmes conditions et sous les mêmes réserves que celles prévues à l'article 94 de la présente loi.

Des servitudes liées aux régimes de l'autorisation et de la concession d'utilisation des ressources en eau

Art. 94. — Toute personne physique ou morale, de droit public ou privé, titulaire d'une autorisation ou d'une concession d'utilisation des ressources en eau, bénéficie d'un droit de passage des eaux, y compris les eaux de drainage des terres, par conduite souterraine dans les fonds intermédiaires, à l'exclusion des cours, jardins et enclos attenants aux habitations. Ce passage doit s'effectuer dans les conditions les plus rationnelles et les moins dommageables à l'exploitation des fonds traversés, à charge d'une juste et préalable indemnité. Les contestations résultant de l'établissement de la servitude et de l'indemnisation relèvent des tribunaux.

### **c/ Effluents industriels au milieu naturel**

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

En ce qui concerne l'Oued Seybouse, ce paragraphe concerne deux types d'installations rejetant des effluents liquides industriels traités, au milieu naturel :

- Les stations d'épuration de type boues activées en aération prolongée destinées aux traitements de zones industrielles complètes et même de sous bassins versants.
- Les stations d'épuration par lagunage aéré, lagunage naturel, ou autres procédés extensifs destinés au traitement des effluents de sites industriels isolés dans la campagne, considérés individuellement ou par petits groupes, et disposant à proximité d'un emplacement suffisant pour permettre un traitement de qualité, sans doute moins élaboré, mais suffisant pour protéger le milieu récepteur, du fait de la dilution produites par les autres unités dont les rejets rejoindront l'Oued Seybouse. Ce décret s'appuie sur les prescriptions de la Loi sur l'eau du 4 août 2005.

Pour des autorisations accordées avant la parution du décret 09-209 du 11 juin 2009 il est possible que les normes de rejet au milieu naturel stipulées dans le décret de 2006 aient été appliquées à certains industriels alors qu'ils rejettent leurs effluents dans un réseau d'assainissement. Ces normes correspondant à un rejet de station d'épuration peuvent paraître contraignantes pour des effluents qui subiront malgré tout un traitement ultérieur dans une station d'épuration située à l'extrémité du réseau. Il est vrai qu'en l'absence de STEP il s'agirait d'un rejet au milieu naturel.

#### **d/-Contrôle des rejets d'effluents liquides industriels (CRELI)**

**Art. 6.** Au titre de l'autocontrôle et de l'auto-surveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

**Art. 7.** Les résultats des analyses doivent être mis à la disposition des services de contrôle habilités.

**Art. 8.** Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixées en annexe du présent décret.

**Art. 9.** Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

**Art. 10.** L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

**Art. 11.** Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet. Le procès-verbal comporte :

- les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle,
- la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité,
- la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place,

- les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement, le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.

**Art. 12.** Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.

Les annexes du décret définissent les normes de rejet en général et celles accordées par dérogation à certaines industries plus polluantes.

Tableau 12: Valeurs limites des paramètres d'eaux résiduaires industrielles au milieu naturel (Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 (JORAD 2006))

NA	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	*	30	40
5	Phosphore total	*	10	15
6	DCO	*	120	130
7	DBO5	*	35	40
8	Aluminium	*	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	*	0,005	0,01
10	Cyanures	*	0,1	0,15
11	Fluor et composés	*	15	20
12	Indice de phénols	*	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	*	10	15
14	Huiles et graisses	*	20	30
15	Cadmium	*	0,2	0,25
16	Cuivre total	*	0,5	1
17	Mercuré total	*	0,01	0,05
18	Plomb total	*	0,5	0,75
19	Chrome Total	*	0,5	0,75
20	Etain total	*	2	2,5
21	Manganèse	*	1	1,5
22	Nickel total	*	0,5	0,75
23	Zinc total	*	3	5
24	Fer	*	3	5
25	Composés organiques chlorés	*	5	7

#### e/Raccordement à une station d'épuration collective

**Art. 34.** - Le raccordement à une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle, n'est envisageable que dans le cas où l'infrastructure collective d'assainissement (réseau et

station d'épuration) est apte à acheminer et traiter l'effluent industriel dans de bonnes conditions.

L'étude d'impact comporte un volet spécifique relatif au raccordement. Ce volet atteste de l'aptitude précitée, détermine les caractéristiques des effluents qui peuvent être admis sur le réseau et précise la nature ainsi que le dimensionnement des ouvrages de prétraitement prévus, le cas échéant, pour réduire la pollution à la source et minimiser les flux de pollution et les débits raccordés. Les incidences du raccordement sur le fonctionnement de la station, la qualité des boues, et, s'il y a lieu, leur valorisation, sont en particulier étudiées au regard de la présence éventuelle de micropolluants minéraux ou organiques dans les effluents.

Lorsque le flux maximal apporté par l'effluent est susceptible de dépasser 15 kg/j de MEST (160 EH) ou 15 kg/j de DBO<sub>5</sub> (250 EH) ou 45 kg/j de DCO (330 EH), (soit  $\approx$  20 à 25 m<sup>3</sup>/j) les valeurs limites de concentration imposées à l'effluent à la sortie de l'installation avant raccordement à une station d'épuration urbaine ne dépassent pas :

- Matières en suspensions totales MEST : 600 mg/l ;
- Demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> : 800 mg/l ;
- Demande chimique en oxygène DCO : 2 000 mg/l ;
- Azote total (exprimé en N) : 150 mg/l ;
- Phosphore total (exprimé en P) : 50 mg/l.
- Graisses (non réglementée par l'arrêté. Vu au cas par cas)  $\approx$  250 mg/l (150 à 300 mg/l)

**Tableau 13: Seuils minimaux de sélection pour les eaux résiduaires industrielles**

PARAMETRES	DECRET EXECUTIF N° 09-209 DU 11 JUNI 2009 (ALGERIE)	SEUILS DE SELECTION	
		"PEU POLLUANTS" (ERI INF)	"TRES POLLUANTS" (ERI SUP)
Débit journalier		< 10 m <sup>3</sup> /j	≥ 10 m <sup>3</sup> /j
DCO	1000 mg/l	< 10 kg/j	≥ 10 kg/j
DBO <sub>5</sub>	500 mg/l	< 5 kg/j	≥ 5 kg/j
MES	600 mg/l	< 6 kg/j	≥ 6 kg/j
NTK	150 mg/l	< 1,5 kg/j	≥ 1,5 kg/j
P	50 mg/l	< 0,5 kg/j	≥ 0,5 kg/j
MEH (estimé)	$\approx$ 250 mg/l	< 2,5 kg/j	≥ 2,5 kg/j
Hydrocarbures totaux	10 mg/l	< 0,1 kg/j	≥ 0,1 kg/j

## **CHAPITRE 2 :HYDROCLIMATOLOGIE**

## 2. Hydroclimatologie

### 2.1- Introduction :

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel (Fustec et Lefeuvre, 2000), il nous permet de déterminer les composants et les caractéristiques de ce dernier.

L'étude des données climatologiques est une opération indispensable dans toute étude hydrogéologique, car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface d'une région donnée, il est nécessaire d'établir un bilan hydrique. L'évaluation de ce bilan exige la connaissance des paramètres suivants :

Les températures, Les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

Lors de l'élaboration de cette étude hydro climatique, on s'est basé sur les données climatiques de six stations réparties sur le long de l'Oued Seybouse : les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda (W Annaba), Kef Mourad (W El Tarf), Bouchegouf et Medjez Amar (W Guelma) couvrant une période d'observation qui varie de 22 ans à 32ans

**Tableau 14: Les coordonnées des stations météorologiques et période d'observation**

Station météorologique	Code Station	Coordonnées Lambert		Z (m)	Période d'Observation
		X (km)	Y (km)		
Les Salines	60360	955.80	403.8	3	1980 -2013
Ain Berda	140606	937,60	387,75	73	1980 -2013
Pont Bouchet	140631	950.25	402.80	6	1980 -2013
Kef Mourad	140611	935.298	389.544	10	1980 -2007
Bouchegouf	140505	949.150	362.200	172	1980 -2011
Medjez Amar	140301	913,054	359,067	270	1980 -2010

### 2.2 : Les facteurs climatiques :

#### 2.2.1 : Les précipitations :

Constituant un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, les précipitations jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau,

La zone d'étude fait partie des régions les plus tempérées et les plus arrosées de l'Algérie, elle est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec, dont le régime dépend principalement de la précipitation et de la température.

##### 2.2.1.1 Les précipitations mensuelles :

L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles établi sur une période d'observation de 33ans pour les stations (les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda), et 31 ans à la station de Bouchegouf et Medjez Amar. Pour la station de Kef mourad (23 ans) les observations sont incomplètes, ce qui nous amène à procéder à un comblement des lacunes, on a fait appel à deux méthodes l'une est la moyenne arithmétique qui consiste à calculer la moyenne arithmétique des valeurs obtenues aux stations étudiées, s'applique uniquement si les stations sont bien réparties et si le relief du bassin est homogène (l'utilisation a été limitée à une valeur ou deux seulement). Cette méthode est souvent peu recommandée car peu représentative l'autre rapide décrite par Laborde JP 2000) en utilisant le logiciel HYDROLAB, et qui permet de rattraper ces lacunes à l'aide des observations disponibles.

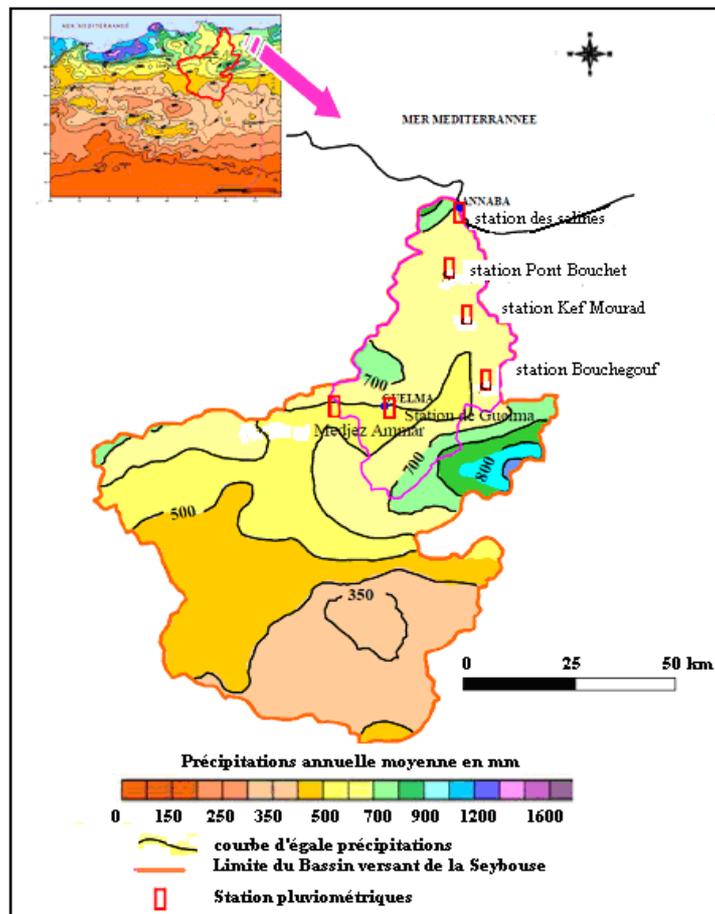


Figure 17: Localisation des stations pluviométrique et précipitations annuelles moyennes de l’Est algérien (D’après étude ANRH GTZ, 2003 données moyennes de 60 ans, période 01/09/1921 au 31/08/1960 et du 01/09/1968 au 31/08/1989 modifié 2015)

Les résultats des précipitations mensuelles montrent que le mois le plus pluvieux est Décembre aux six stations.les hauteurs sont de l’ordre de 111.94 mm pour les salines,107.14mm pour Pont Bouchet,106.29 mm pour Ain Berda, 105.80 pour Kef mourad, 90.86 à Bouchegouf et 94 mm à Medjez amar par contre le mois de Juillet est le mois le moins pluvieux ou on enregistre des précipitations très faibles qui varie de 3.38 mm pour les salines,2.17 mm pour Pont Bouchet,2.16 mm pour Ain Berda, 1.07 mm pour Kef mourad, 3.26 à Bouchegouf et 5.05 mm à Medjez amar (Fig.18).

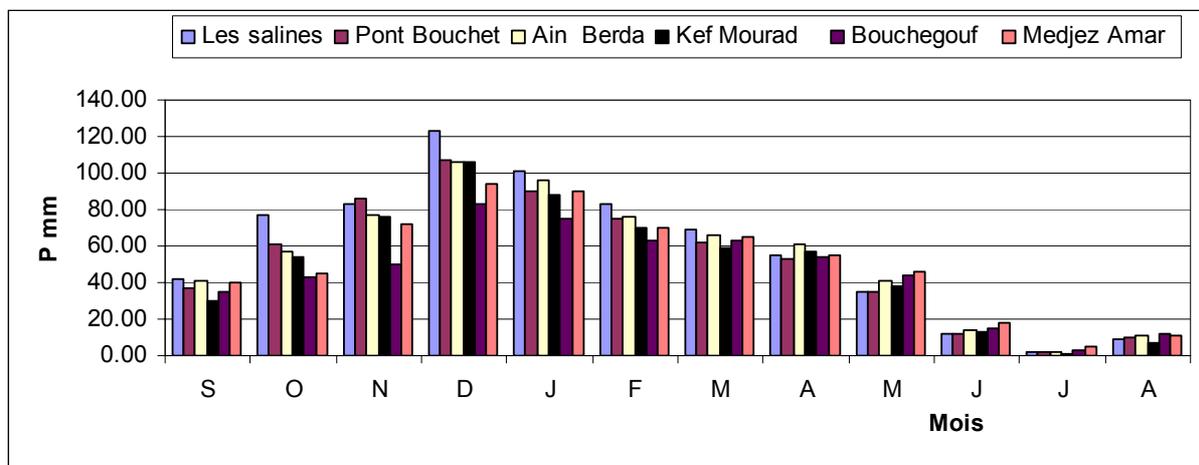


Figure 18: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations : Les salines, Pont bouchet, Ain berda, Kef mourad, Bouchegout et Medjez amar

2.2.1.2-Les précipitations annuelles

Les valeurs des précipitations annuelles moyennes dans les six stations sont de l'ordre de 691.21.3 mm pour la station des salines,630.02 mm pour celle de Pont Bouchet,649.96 mm pour Ain Berda,598.86 mm à Kef mourad,571.49.mm à Bouchegoufet 624.28 mm à Medjez amar (Fig 19) Selon (Seltzer.P 1946) la répartition des pluies en Algérie obéit aux trois lois suivantes :

- La hauteur de précipitation augmente avec l'altitude mais est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous le vent.
- Elle augmente de l'Ouest à l'Est.
- Elle diminue à mesure que l'on s'éloigne du littoral.

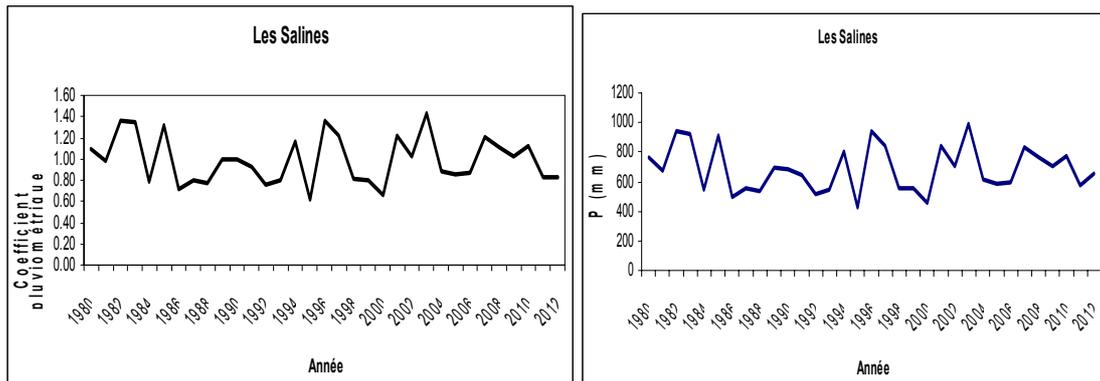


Figure 19: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station les salines

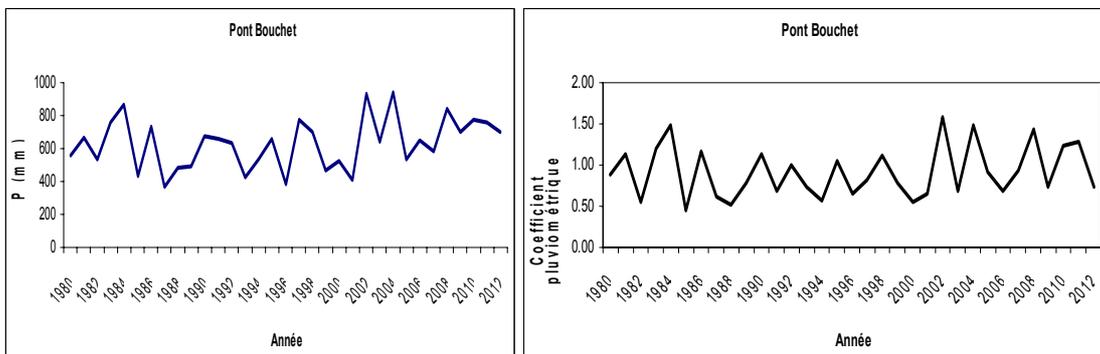


Figure 20: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Pont Bouchet

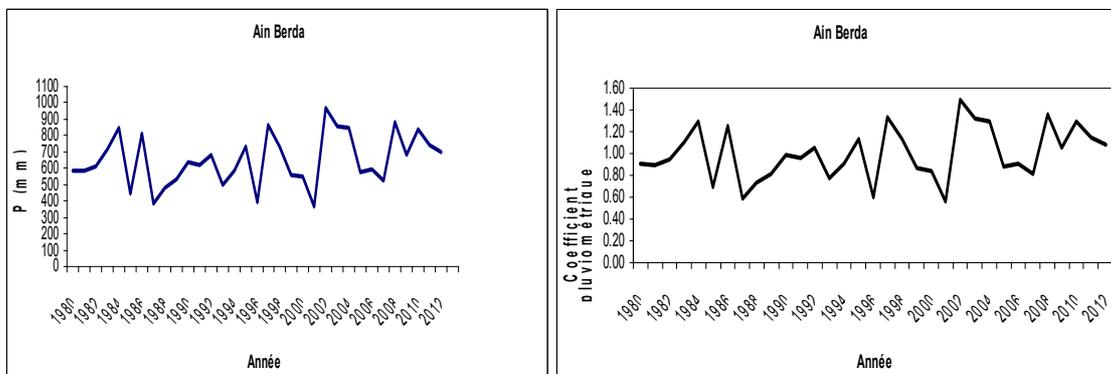


Figure 21: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Ain Berda

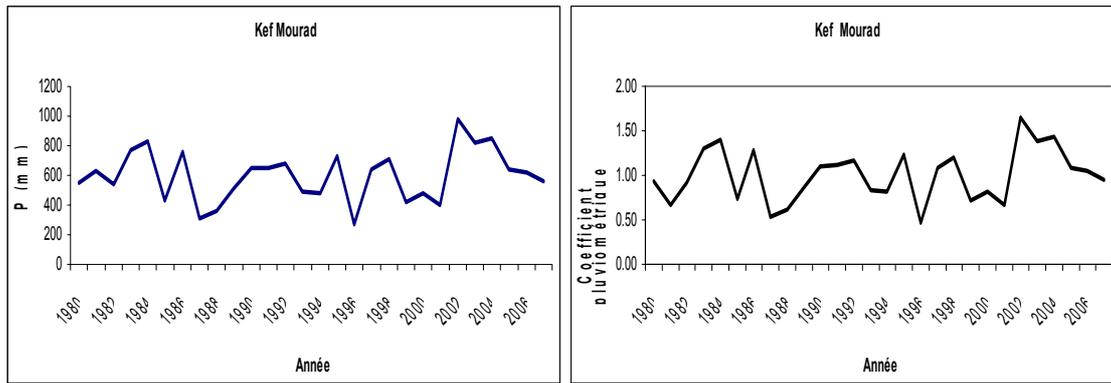


Figure 22: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Kef Mourad

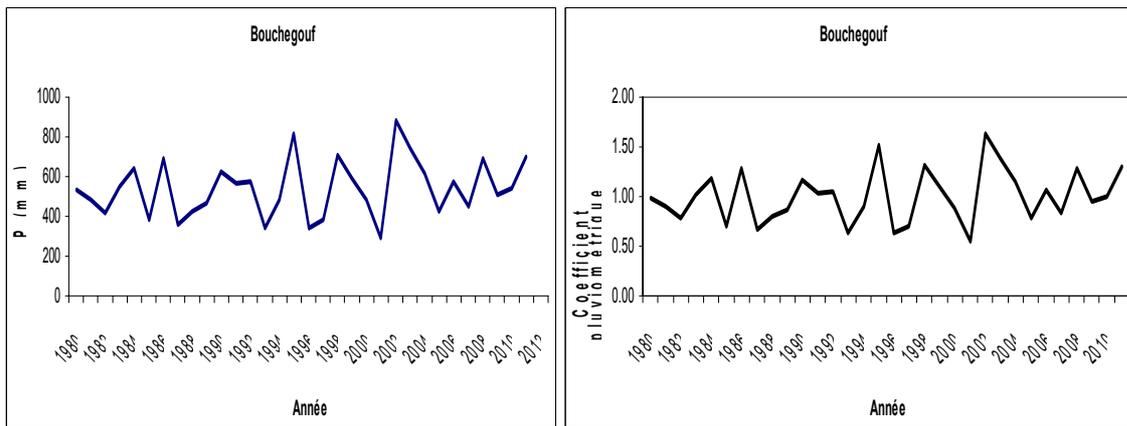


Figure 23: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Bouchegouf

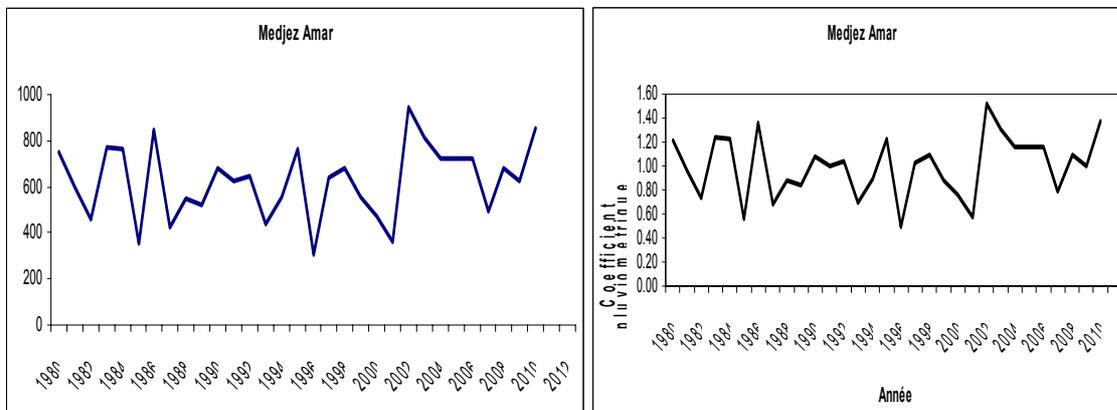


Figure 24: Précipitations annuelle et coefficient pluviométrique dans la station Medjez Amar

2.2.2. Coefficient pluviométrique : (H)

Le coefficient pluviométrique permet de déterminer les années excédentaires et les années déficitaires.

$H > 1$  : Année excédentaire

$H < 1$  : Année déficitaire

Le coefficient pluviométrique est donné par la formule suivante :

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

Avec :

**H** : coefficient pluviométrique

**P<sub>i</sub>** : pluviométrie d'une année donnée en mm

**P** : pluviométrie moyenne pour une période de N années en mm

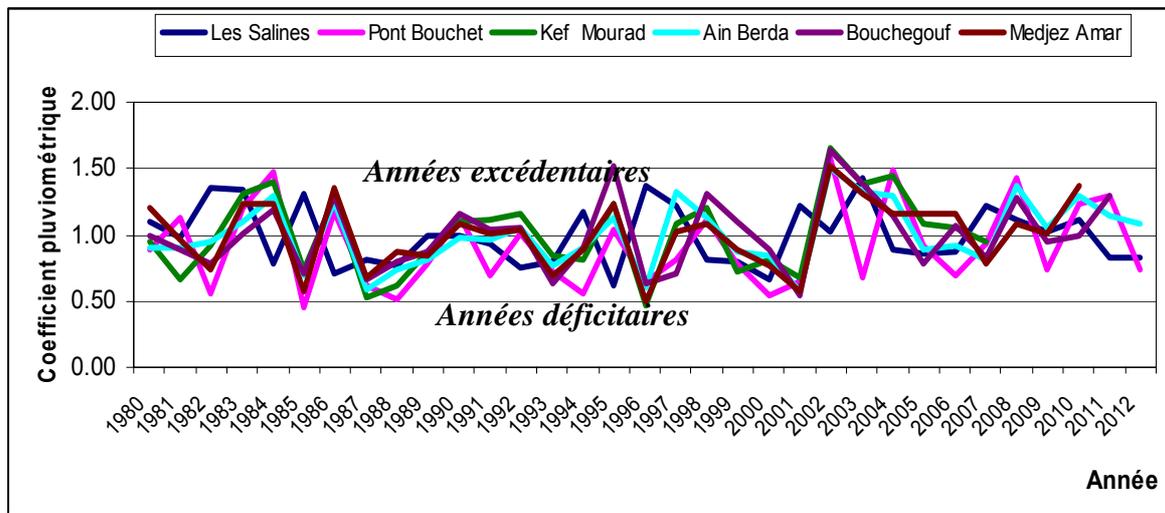


Figure 25: Variations du coefficient pluviométrique (H) aux stations des Salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar

L'étude de l'évolution interannuelle des précipitations des quatre stations pour la période indiquées, a mis en évidence 16 années déficitaires à la station des salines, 18 années à Pont Bouchet, 13 années déficitaires à Ain Berda, 16, 15, 14 années respectivement à Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar.

**2.2.3- La température :**

Les températures constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat d'une région.

Elles permettent d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement et interviennent dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilitent l'établissement du bilan hydrique. Elle constitue un facteur essentiel et déterminant dans l'étude de l'évaporation et l'évapotranspiration. Les observations des températures extrêmes dont on dispose, sont prises au niveau de la station des Salines et Bouchegouf seulement (Tableau 15).

Tableau 15: Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines et à la station de Bouchegouf

Station/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy/an
Les salines (1980-2012)	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.4	17.76
Bouchegouf (1980-2011)	24.31	20.63	15.04	11.36	10.04	10.71	12.71	15.13	19.04	23.94	26.95	27.73	18.13
Guelma (1986-2010)	23.7	19.8	14	10.9	9.6	10.1	12.3	14.7	19.1	23.6	26.9	27.7	17.70

Les données récoltées aux trois stations de mesures, nous donnent un schème opposé à celui des précipitations. La variation de l'allure de l'histogramme prend cependant la forme d'un (U) ou les minimum sont enregistrées pendant les mois de Février pour les salines 11,68°C et le mois de Janvier pour Bouchegouf (10.04°C) et Guelma (9.6°C) et les maximum sont alors notes pendant les mois d'août 25.40°C, 27.73°C et 27.70 respectivement aux salines, Bouchegouf et Medjez amar.

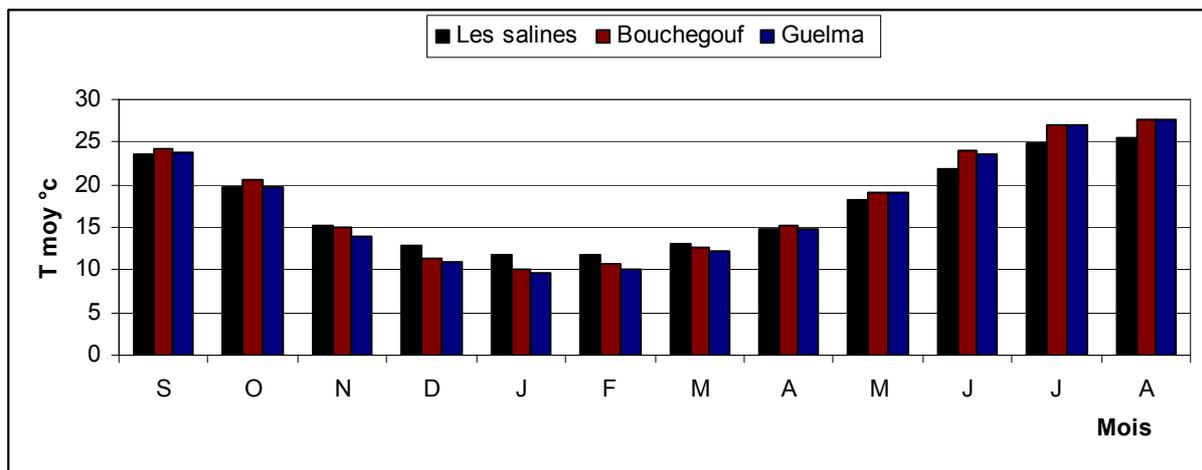


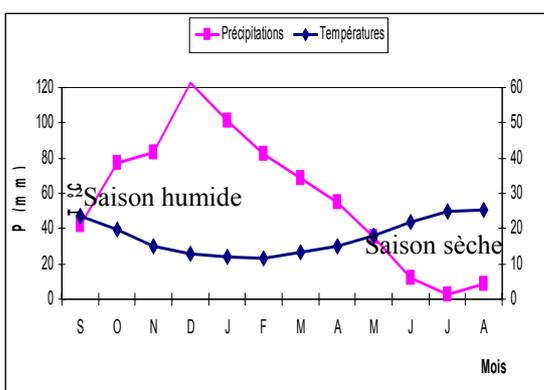
Figure 26: Histogramme des températures moyennes mensuelles aux stations : Les salines, Bouchegouf et Guelma

2.2.4 :Diagramme Pluviothermique :

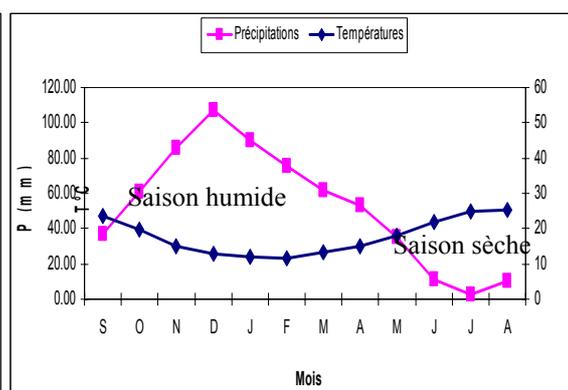
Selon **Bagnouls** et **Gaussen**, (1953, 1957) un mois est dit sec si, "Le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degrés centigrades"; cette formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes pluviothermiques traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

D'après les diagrammes on peut déduire deux saisons bien distinctes :

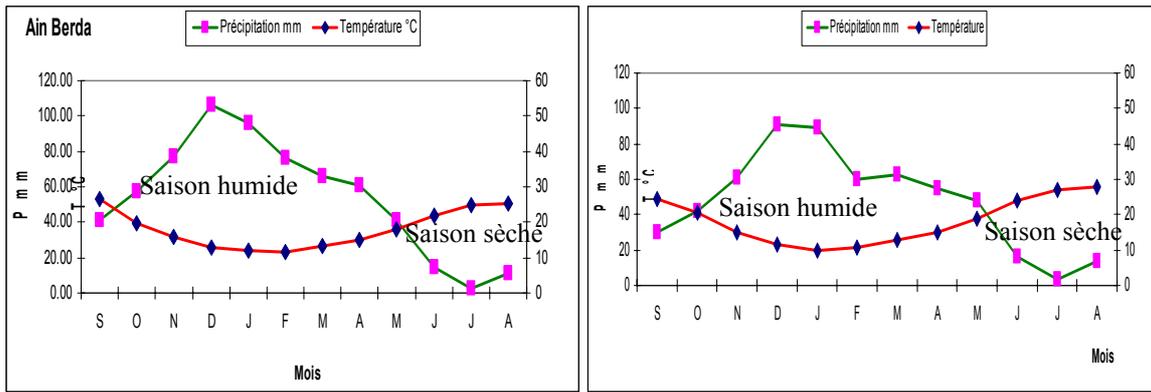
- Une saison humide, caractérisée par des précipitations relativement élevées 111.91, 107.14, 106.25, 105.80 et 90.86 mm et qui s'étale du début de mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril pour les stations respectivement les salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar débute à la fin du mois de Septembre jusqu'au début de mois de Mai pour les mêmes stations citées.
- Une saison sèche et chaude qui s'étend fin Avril jusqu'au mois d'Octobre pour les Salines avec une température maximale de 25.4°C, pour la station de Bouchegouf la saison sèche s'étend du début du mois de Mai jusqu'au début du mois d'Octobre avec une température maximale de l'ordre 27.73 au mois d'Aout.



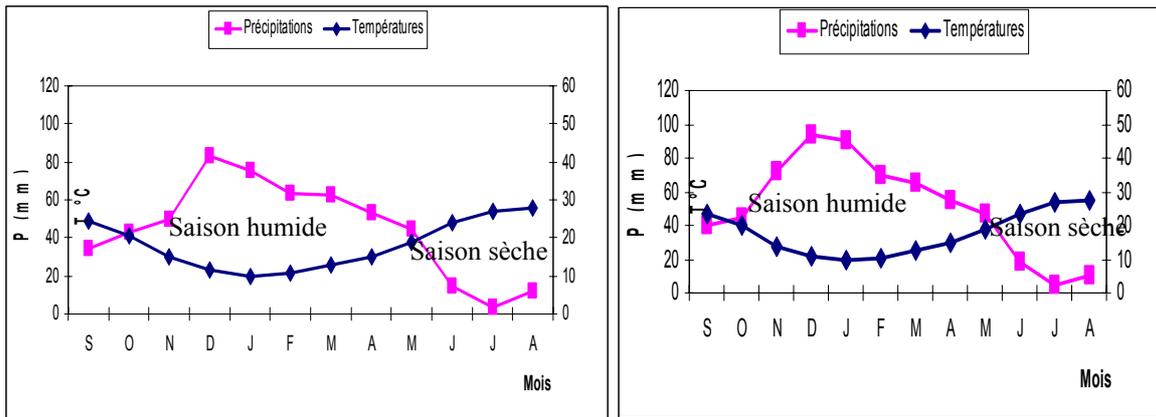
(A)



(B)



(C)(D)



(E)

(F)

Figure 27: Diagrammes pluviothermiques aux différentes stations de mesure :

(A) Les salines (1981-2013), (B) Pont Bouchet (1981-2013), (C) Ain Berda (1981-2013), (D) Kef Mourad (1981-20007), (E) Bouchegouf (1985-2007), (F) Medjez amar (1980-2010).

2.2.5 : L'humidité :

Ce paramètre est remarquablement particulier pour la région. Les formations marécageuses et la proximité de la mer et la présence d'une couverture forestière intense entretiennent une humidité considérable. L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de vapeur saturante à la même température. La moyenne mensuelle de l'humidité relative varie de 72,0% en été (juillet) à 79, 57% en hiver (janvier) avec une moyenne annuelle étant de 74, 84% (Tableau 16).

Tableau 16: Moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station des Salines (en %) (1984/2013)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moyenne	72.39	75,78	76.68	70,91	79.57	76.87	75,76	75,32	76,34	74.28	72,0	72.25

2.2.6 : Le vent

Les vents dominant du Nord-Ouest .avec une vitesse moyenne de 3.35 m/s, véhiculent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique, a l'oppose les vents Sud-est (le Sirocco) assèchent l'atmosphère et favorise avec les températures élevées les incendies de forêts. La région d'étude est prédominée par des vents de direction NW-SE (Tableau 17).

Tableau 17: Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1974-2013)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moyenne	3.68	2.74	2.58	3.23	3.34	3.56	3.51	3.51	3.26	3.06	3.45	3.40

### 2.2.7 : Indice d'aridité de De Martonne 1926 :

En 1926, Emmanuel De Martonne élabore un système de classification des climats en utilisant une méthode statistique. Il utilise un indice regroupant des données hydrométriques et thermiques. Cette méthode statistique est caractérisée par la formule suivante :

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

Avec :

$I_A$  : indice d'aridité annuelle.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),

T : Températures moyennes annuelles (°C).

Pour  $20 < I_A < 30$  : climat tempéré.

$10 < I_A < 20$  : climat semi-aride.

$7.5 < I_A < 10$  : climat steppique.

$05 < I_A < 7.5$  : climat désertique.

$I_A < 5$  : climat hyperaride.

L'application de cette formule, donne les résultats récapitulés dans le tableau N°18

**Tableau 18: Valeurs de l'indice d'aridité annuel, stations les salines, Pont Bouchet, Ain El Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez amar**

Station	P (mm)	T (°C)	$I_M$
Les Salines	691.21	17.80	24.90
Pont Bouchet	630.02	17.80	22.70
Ain El Berda	649.96	17.80	23.41
Kef Mourad	598.86	18.13	21.29
Bouchegouf	539.911	18.13	19.19
Medjez amar	624.28	17.70	22.54

Selon les valeurs obtenues, nous pouvons affirmer que le climat de la région d'étude est de type tempéré

Pour mieux préciser l'indice d'aridité avec la répartition saisonnière, nous avons calculé l'indice mensuel d'aridité :

$$I = \frac{12.P}{T^{\circ} + 10}$$

Avec :

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm.

$T^{\circ}$  : Températures moyennes mensuelles en °C.

$I_M$  Indice d'aridité mensuelle.

**Tableau 19: Indice d'aridité mensuel (IM) pour les trois stations étudiées**

Station\ Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Les Salines	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91
Pont Bouchet	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16
Ain el Berda	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
Kef Mourad	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64	10.64
Bouchegouf	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07
Medjez amar	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19	14.19

### 2.3 : Bilan d'eau :

La connaissance du bilan hydrique dans une zone humide est la condition première pour évaluer ses capacités réelles de régulation des flux d'azote (Fustec et Le feuvre, 2000). L'établissement du bilan hydrique d'un écosystème lacustre nécessite l'évaluation de trois composantes : les évapotranspirations, les ruissellements et les infiltrations.

#### 2.3.1 : L'évapotranspiration

Le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Baudry et Jouin, 2003).

Dans le bilan hydrique, l'évapotranspiration est le terme le plus important après les précipitations. Elle est aussi difficile à évaluer à cause de sa pluri dépendance avec les facteurs tant biologiques que physiques (Jacob et al, 2002 ; Olioso et al, 2002 ; Wassenaar, 2002). L'évapotranspiration peut être réelle (ETR) (Hallaire, 1959, Scheoller, 1962) dite aussi "évapotranspiration réduite" ou effective (Lambert, 1996) ou potentielle (ETP) en fonction du pouvoir évaporateur de l'atmosphère (Coutagne, 1935 ; Serra, 1954, Scheoller, 1962). Cependant, il est important de faire la distinction entre la notion l'évapotranspiration réelle (ETR) définit la quantité d'eau réellement évaporée et transpirée (Bouchet, 1963 ; Eric, 2004) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui est la quantité d'eau théoriquement évaporable par une surface d'eau libre.

#### 2.3.1.1-Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

##### a/ Formule de L.Turc 1954 :

La formule de Turc consiste à évaluer directement l'évapotranspiration réelle à partir de la hauteur moyenne de la pluie et de la température moyenne annuelle et qui s'écrit de la manière suivante :

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

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm

P : précipitation moyenne annuelle en mm

L : Pouvoir évaporant de l'atmosphère

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

t : température moyenne annuelle en °C

**Tableau 20: Valeurs de l'ETR par la formule de Turc**

Station	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)
Les salines	691.21	17.8	1026.99	543.78
Pont Bouchet	630.02	17.8	1026.99	515.33
Ain Berda	649.96	17.8	1026.99	524.97
Kef mourad	598.86	18.13	1051.21	541.20
Bouchegouf	539.91	18.13	1051.34	500.49
Medjez amar	624.28	17.70	1019.76	552.93

##### b/Formule de M Coutagne :

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

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T}$$

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm

P : Précipitation moyenne annuelle en m.

T : température moyenne annuelle en °C

Cette formule n'est valable que si la quantité des précipitations répond à la condition suivante

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

Tab .21 : Valeurs de l'ETR par la méthode de Coutagne.

La comparaison permet de choisir la méthode appropriée et spécifique pour la région d'étude. Les formules de Turc et de Coutagne présentent des résultats assez proches. Cependant la formule de Thornthwaite apparaît la plus convenable, et a été souvent utilisée avec succès dans ces régions, en plus elle prend en considération le coefficient de correction.

**Tableau 21: Valeurs de l'ETR (mm) par les trois méthodes**

Station/ Méthode	Les salines	Pont Bouchet	Ain Berda	Kef Mourad	Bouchegouf	Medjez amar
Turc	543.78	515.33	524.97	541.20	500.49	552.93
Coutagne	547.88	510.49	523.23	494.36	455.37	507.37
Thornthwaite (RFU 100 mm)	483.76	464.12	474.71	422.11	430.46	436.75

### 2.3.2 : Formule de Thornthwaite (bilan d'eau) :

Cette méthode est basée sur la notion de **RFU** (réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes). Nous avons choisi le type de réserve facilement utilisable (RFU =100mm comme valeur maximale), la plus généralisée en Algérie (Halimi, 1980).

Outre que les données pluviométriques et la température, cette méthode introduit le coefficient thermique **K** et l'indice de température mensuel **i** pour l'estimation de l'ETP selon la relation suivante :

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

$$I = \sum i$$

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.5}$$

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

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

t : Température moyenne annuelle ° C

i : Indice thermique mensuel

I : Somme des indices mensuels

ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

K : coefficient d'ajustement, représentant la durée moyenne possible d'insolation exprimée en unités correspondant à un mois de 30 jours de 12heures chacun.

a : Coefficient (D'après Sera.L 1954)

Les résultats du bilan hydrique calculé par la méthode de Thornthwaite pour les six stations sont illustrés dans les tableaux suivants :

**Tableau 22: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station des Salines (1981-2013)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
I <sub>T</sub>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
P	41.82	76.72	83.31	122.63	101.09	82.57	68.73	55.13	35.46	12.38	2.39	8.97	691.21
BH	-69.33	1.60	42.53	94.66	75.08	57.71	31.12	4.74	-44.31	-100.98	-144.02	-133.65	-184.85
CH	-0.62	0.02	1.04	3.38	2.89	2.32	0.83	0.09	-0.56	-0.89	-0.98	-0.94	
VR	0.00	1.60	42.53	55.86	0.00	0.00	0.00	0.00	-44.31	-55.69	0.00	0.00	
RFU	0.00	1.60	44.14	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	55.69	0.00	0.00	0.00	
ETR	41.82	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	68.08	2.39	8.97	483.76
DA	69.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.29	144.02	133.65	392.30
EXC	0.00	0.00	0.00	38.79	75.08	57.71	31.12	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	207.44

**Tableau 23: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Pont Bouchet**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
I <sub>T</sub>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
P	36.93	60.86	85.76	107.14	90.41	75.43	61.57	53.21	34.79	11.52	2.17	10.22	630.02
BH	-74.23	-14.26	44.98	79.16	64.40	50.57	23.96	2.81	-44.98	-101.84	-144.24	-132.40	-246.04
CH	-0.67	-0.19	1.10	2.83	2.48	2.03	0.64	0.06	-0.56	-0.90	-0.99	-0.93	
VR	0.00	0.00	44.98	55.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-44.98	-55.02	0.00	0.00	
RFU	0.00	0.00	44.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	55.02	0.00	0.00	0.00	
ETR	36.93	60.86	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	66.55	2.17	10.22	464.12
DA	74.23	14.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.82	144.24	132.40	411.94
EXC	0.00	0.00	0.00	24.15	64.40	50.57	23.96	2.81	0.00	0.00	0.00	0.00	165.90

**Tableau 24: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station d'Ain Berda**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	23.67	19.78	15.17	12.78	11.82	11.68	13.17	14.89	18.13	21.83	24.85	25.40	17.76
I <sub>T</sub>	10.53	8.02	5.37	4.14	3.68	3.61	4.33	5.22	7.03	9.31	11.33	11.71	84.29
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	111.16	75.12	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	113.37	146.41	142.62	876.06
P	41.20	57.31	77.13	106.29	95.78	76.35	66.06	61.25	41.29	14.25	2.16	10.89	649.96
BH	-69.96	-17.81	36.36	78.31	69.77	51.50	28.46	10.86	-38.48	-99.12	-144.25	-131.73	-226.10
CH	-0.63	-0.24	0.89	2.80	2.68	2.07	0.76	0.22	-0.48	-0.87	-0.99	-0.92	
VR	0.00	0.00	36.36	63.64	0.00	0.00	0.00	0.00	-38.48	-61.52	0.00	0.00	
RFU	0.00	0.00	36.36	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	61.52	0.00	0.00	0.00	
ETR	41.20	57.31	40.78	27.98	26.01	24.86	37.61	50.39	79.77	75.77	2.16	10.89	474.71
DA	69.96	17.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.59	144.25	131.73	401.35
EXC	0.00	0.00	0.00	14.67	69.77	51.50	28.46	10.86	0.00	0.00	0.00	0.00	175.25

Tableau 25: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Kef Mourad

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	24.31	20.63	15.04	11.36	10.04	10.71	12.71	15.13	19.04	23.94	26.95	27.73	18.13
I <sub>T</sub>	10.96	8.55	5.30	3.46	2.87	3.17	4.11	5.35	7.57	10.71	12.81	13.38	88.24
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	114.39	78.71	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	131.58	167.72	165.70	921.46
P	30.43	53.87	75.70	105.80	87.86	70.32	58.79	57.40	38.12	12.96	1.07	6.54	598.86
BH	-83.97	-24.84	37.56	84.79	70.04	50.62	25.68	8.06	-46.11	-118.62	-166.65	-159.15	-322.59
CH	-0.73	-0.32	0.98	4.04	3.93	2.57	0.78	0.16	-0.55	-0.90	-0.99	-0.96	
VR	0.00	0.00	37.56	62.44	0.00	0.00	0.00	0.00	-46.11	-53.89	0.00	0.00	
RFU	0.00	0.00	37.56	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	53.89	0.00	0.00	0.00	
ETR	30.43	53.87	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	66.84	1.07	6.54	422.11
DA	83.97	24.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.74	166.65	159.15	499.34
EXC	0.00	0.00	0.00	22.36	70.04	50.62	25.68	8.06	0.00	0.00	0.00	0.00	176.75

Tableau 26: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Bouchegouf

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	24.31	20.63	15.04	11.36	10.04	10.71	12.71	15.13	19.04	23.94	26.95	27.73	18.13
I <sub>T</sub>	10.96	8.55	5.30	3.46	2.87	3.17	4.11	5.35	7.57	10.71	12.81	13.38	88.24
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	114.39	78.71	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	131.58	167.72	165.70	921.46
P	34.51	42.92	49.93	83.46	75.49	63.17	62.96	53.55	44.25	14.79	3.13	11.74	539.91
BH	-79.88	-35.79	11.79	62.45	57.68	43.47	29.85	4.21	-39.98	-116.79	-164.59	-153.95	-381.54
CH	-0.70	-0.45	0.31	2.97	3.24	2.21	0.90	0.09	-0.47	-0.89	-0.98	-0.93	
VR	0.00	0.00	11.79	62.45	25.76	0.00	0.00	0.00	-39.98	-60.02	0.00	0.00	
RFU	0.00	0.00	11.79	74.24	100.00	100.00	100.00	100.00	60.02	0.00	0.00	0.00	
ETR	34.51	42.92	38.14	21.01	17.82	19.70	33.11	49.34	84.23	74.81	3.13	11.74	430.46
DA	79.88	35.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.77	164.59	153.95	490.99
EXC	0.00	0.00	0.00	0.00	31.91	43.47	29.85	4.21	0.00	0.00	0.00	0.00	109.45

Tableau 27: Bilan de l'eau selon C.W Thornthwaite, à la station de Medjez Amar

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
T	23.70	19.80	14.00	10.90	9.60	10.10	12.30	14.70	19.10	23.60	26.90	27.70	17.70
I <sub>T</sub>	10.55	8.03	4.75	3.25	2.68	2.90	3.91	5.12	7.61	10.48	12.78	13.36	85.42
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	110.73	74.55	34.61	20.43	17.31	18.59	32.55	48.49	86.95	130.13	168.86	166.85	910.06
P	39.85	44.86	71.54	94.00	90.45	69.68	65.45	54.99	46.37	18.12	5.05	10.52	610.89
BH	-70.88	-29.69	36.93	73.57	73.14	51.08	32.90	6.51	-40.59	-112.01	-163.81	-156.33	-299.17
CH	-0.64	-0.40	1.07	3.60	4.22	2.75	1.01	0.13	-0.47	-0.86	-0.97	-0.94	
VR	0.00	0.00	36.93	63.07	0.00	0.00	0.00	0.00	-40.59	-59.41	0.00	0.00	
RFU	0.00	0.00	36.93	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	59.41	0.00	0.00	0.00	
ETR	39.85	44.86	34.61	20.43	17.31	18.59	32.55	48.49	86.95	77.53	5.05	10.52	436.75
DA	70.88	29.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.60	163.81	156.33	473.31
EXC	0.00	0.00	0.00	10.51	73.14	51.08	32.90	6.51	0.00	0.00	0.00	0.00	174.14

2.3.2.2 : Représentation graphique du bilan hydrique :

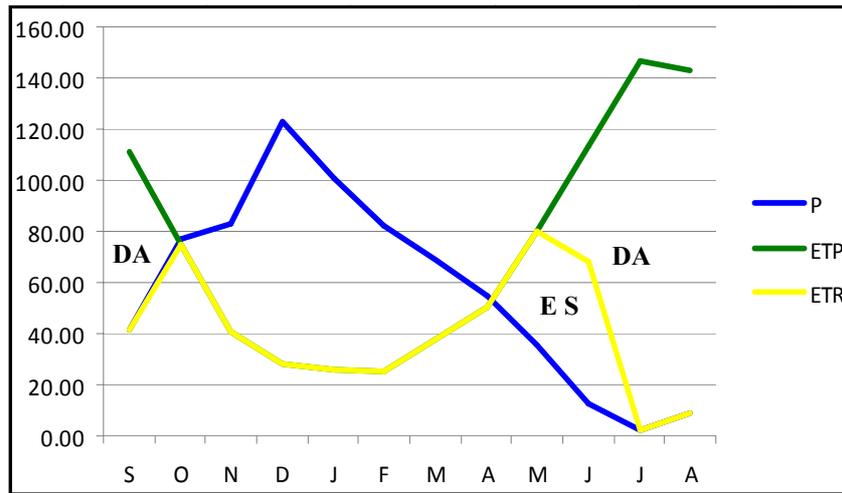


Figure 28: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station des Salines (1980/2013)

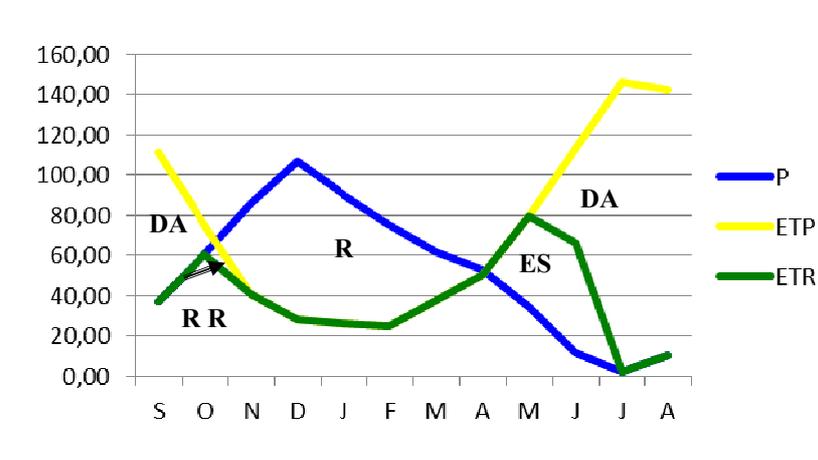


Figure 29: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite à station Pont Bouchet (1980 /2013)

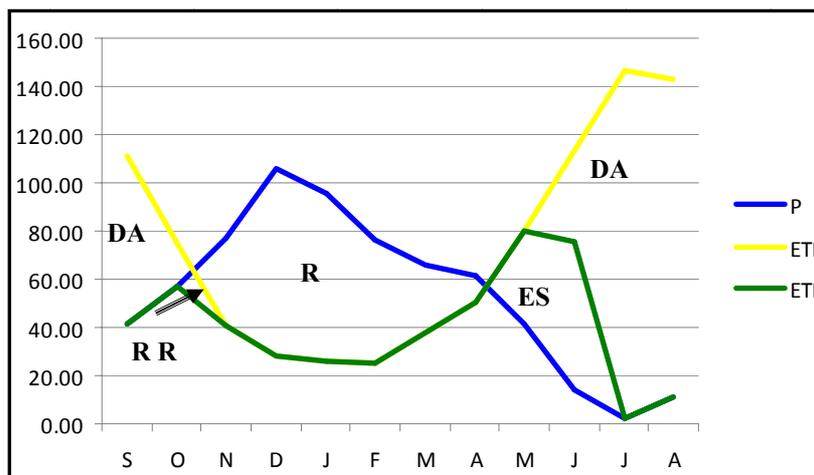


Figure 30: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station d'Ain Berda (1981 /2013)

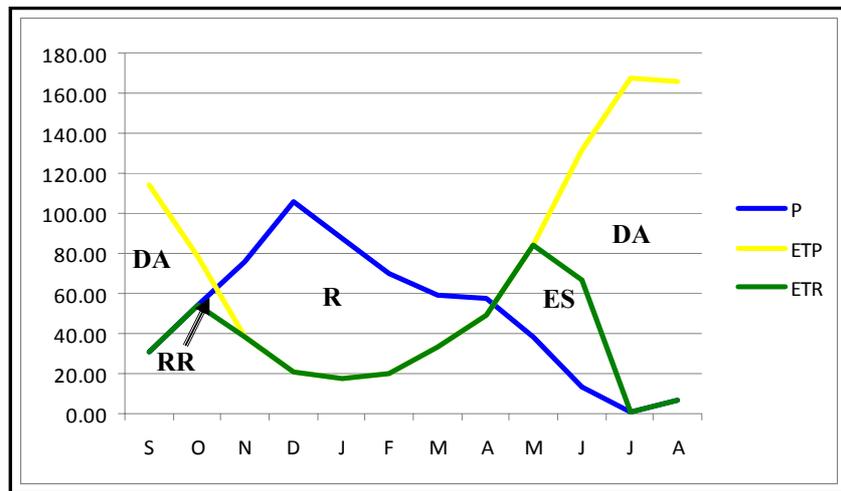


Figure 31: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Kef Mourad (1980-2007)

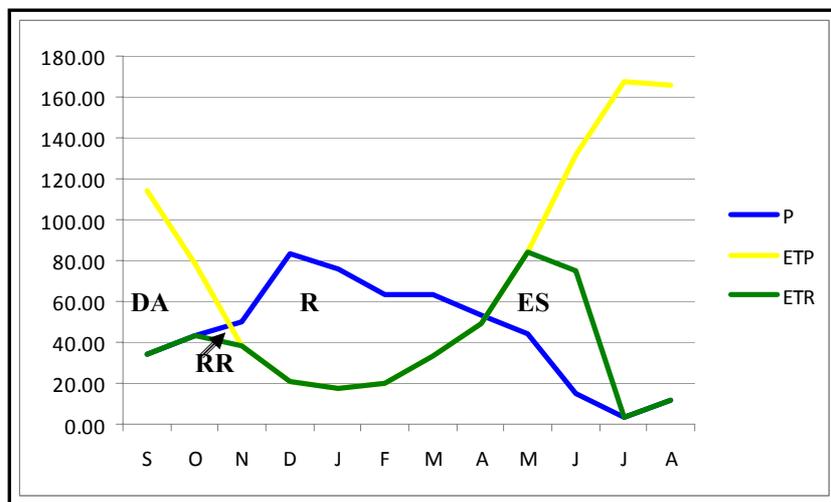
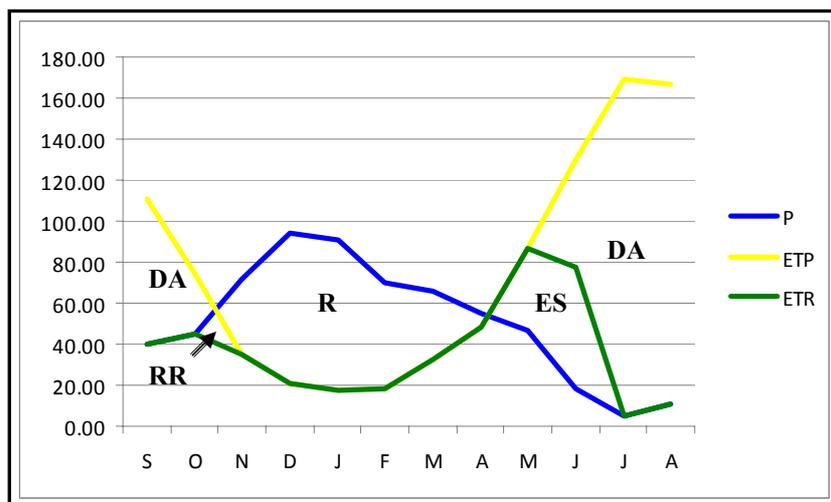


Figure 32: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Bouchegouf (1980-2011)



DA : Déficit agricole                      RR : Reconstitution de la recharge  
 R : Recharge                                      ES : Epuisement du stock

Figure 33: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite, station de Medjez amar (1980-2010)

### 2.3.2.3 : Interprétation du bilan hydrique :

Le bilan hydrique de la zone d'étude établi par la méthode de (Thornthwaite, 1948) permet de ressortir les traits suivants :

► L'ETP mensuelle atteint son maximum au mois de Juillet à la station des Salines, Pont Bouchet et Ain Berda (146.41 mm), à Kef Mourad et Bouchegouf est d'ordre 167.27 mm et (168.86 mm à Medjez amar. Elle se minimise au mois de février pour toute les stations (24.86 mm et 19.70 mm) sauf à Medjez amar au mois de Janvier avec 17.31mm.

► L'évapotranspiration réelle (ETR) mensuelle :sa valeur estimée par Thornthwaite est inférieure par celle calculée par Turc ou Coutagne.Elle atteint son maximum au mois de mai avec 79.77 mm pour les Salines, Pont Bouchet et Ain Berda, 84.23 mm à Kef Mourad et Bouchegouf et 86.95 mm pour Medjez Amar les valeurs minimales de ce facteur climatique se minimisent au mois de Juillet avec 2.39 mm pour Salines ,Pont Bouchet et Ain Berda, affiche 1.07 mm à Kef Mourad et Bouchegouf et 5.05 mm à Medjez amar.

L'ETR calculée à partir du bilan est la plus appropriée car elle fait intervenir le coefficient d'ajustement (K) qu'intègre la durée d'insolation

► La réserve facilement utilisable (RFU) commence à se reconstituer à partir du mois de d'octobre pour les salines et mois de Novembre pour les autres stations pour atteindre son maximum (100 mm) au mois de Décembre jusqu' au mois d'Avril. La RFU décroît à partir du mois de Mai jusqu'à l'épuisement totale du stock au mois de Juin d'où l'apparition du déficit agricole (DA) qui s'étale jusqu'à la fin du mois d'Octobre. Pour les toutes les stations

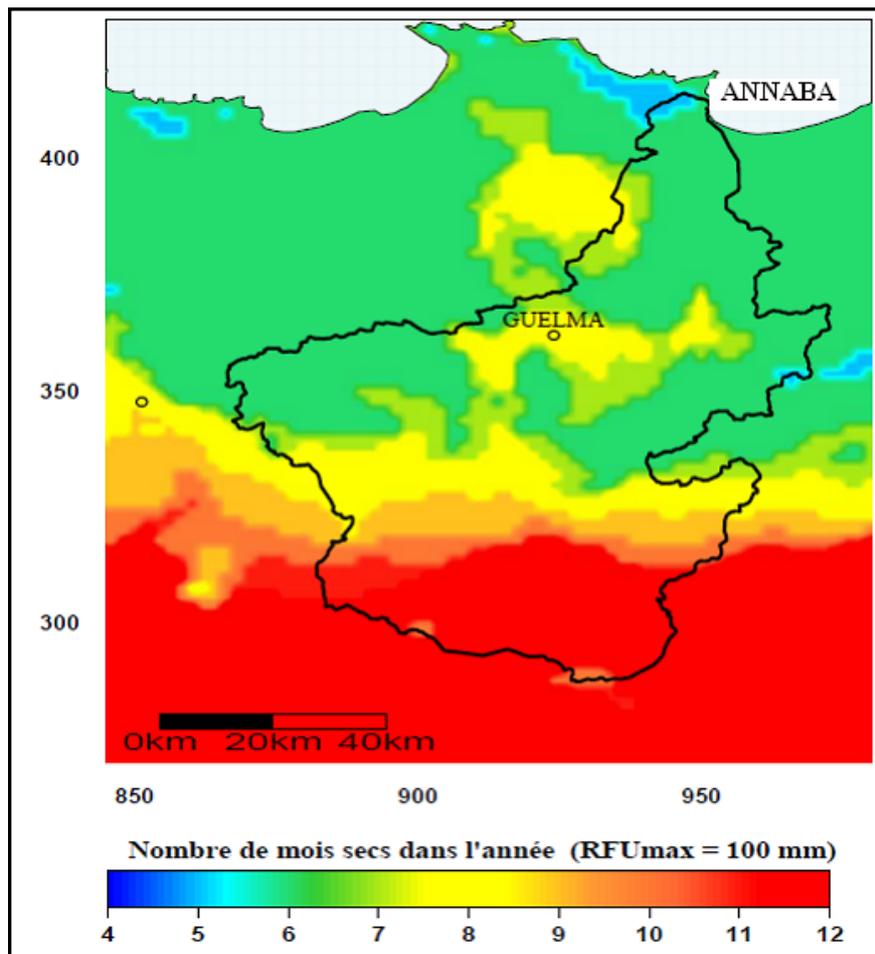


Figure 34: Répartition des nombres de mois de l'année dans le bassin versant de la Seybouse (Mebarki et Laborde 2012)

La réserve en eau, RFU, commence à se reconstituer à partir du mois de novembre, pour atteindre son maximum de 100 mm à partir de décembre jusqu'à avril, période pendant laquelle apparaît un excédent (ECX)max de l'ordre de 75.08, 64.40,69.77, 70.04,43.47 et 73.17 mm respectivement pour la station des Salines, Pont Bouchet, Ain Berda, Kef Mourad, Bouchegouf et Medjez Amar. A partir du mois de mai, la RFU s'épuise et devient nulle jusqu'au mois de Novembre, une période qui traduit un déficit agricole qui nécessite une irrigation par drainage.

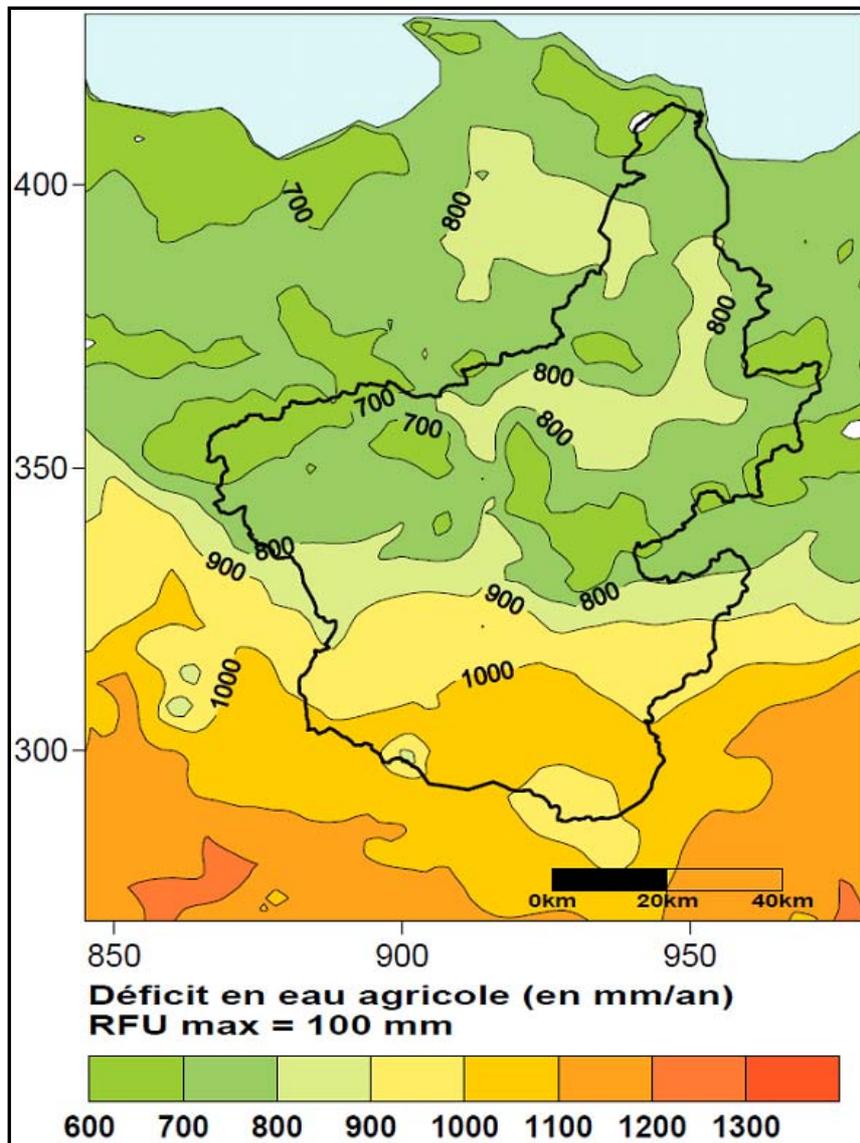


Figure 35: Déficit agricole en eau (RFU 100mm) (Mebarki et Laborde 2012)

### 2.3.3 : Le Ruissellement (R) :

Il est nécessaire d'évaluer le ruissellement dans le but d'apprécier l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface de la terre » (Leclerc, 1992). La part des précipitations qui va ruisseler dépend de l'intensité de la pluie, de la pente du terrain et de l'humidité initiale du sol ainsi que de la couverture végétale. Le ruissellement peut être déterminé avec précision à partir de la formule de Tixeront-Bercalof :

$$\text{Si : } P < 600 \text{ mm : } \quad R = P^3 / 3 (ETP)^2$$

$$P > 600 \text{ mm : } \quad R = P^3 / 3$$

Avec :

R : ruissellement en mm.

P : précipitation moyenne mensuelle en mm.

ETP : évapotranspiration potentielle.

Les résultats de ruissellement calculé à partir de cette formule sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 28: Le Ruissellement selon la formule Tixeront-Bercalof**

Paramètre Station	P (mm/an)	ETP (mm/an)	R (mm/an)	(%)
Les Salines	691.21		110.07	15.92
Pont Bouchet	630.02		83.35	13.23
Ain Berda	649.96		91.52	14.08
Kef mourad	598.86	921.5	65.97	11.02
Bouchegouf	539.91	921.5	48.34	8.95
Medjez amar	624.28		81.1	12.99

#### 2.3.4. L'Infiltration :

C'est la quantité d'eau qui parvient à la nappe. En effet au cours de son trajet, entre la surface du sol et la surface de la nappe. L'eau d'infiltration subit des pertes par l'évapotranspiration. Elle dépend de plusieurs facteurs, les plus importants sont :

- La nature du sol.
- La perméabilité et la porosité du terrain
- La couverture végétale.
- L'intensité de la pluie
- Topographie du terrain

Elle peut être calculée par la formule du bilan globale :

$$P = ETR + R + I_e$$

$$I_e = P - ETR - R$$

Avec

R : Ruissellement en mm.

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

I : Infiltration en mm.

Si  $I > 0$  : Les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  : Les entrées sont inférieures aux sorties.

Les résultats de l'infiltration sont notés dans le tableau suivant :

**Tableau 29: Valeurs de l'infiltration en mm**

Paramètre Station	P (mm/an)	ETR (mm/an)	R (mm/an)	I (mm/an)	(%)
Les Salines	691.21	483.76	110.07	97.38	14.09
Pont Bouchet	630.02	464.12	83.35	82.55	13.10
Ain Berda	649.96	474.71	91.52	83.73	12.88
Kef mourad	598.86	422.11	65.97	110.78	18.50
Bouchegouf	539.91	430.46	48.34	61.11	11.32
Medjez amar	624.28	436.75	81.1	106.43	17.05

#### 2.4. Conclusion :

La région d'étude compte parmi les régions les plus arrosées de l'Algérie. Elle est soumise à un climat méditerranéen, doux et humide en hiver et chaud en été. La répartition spatiale des précipitations est irrégulière et montre un accroissement de la lame d'eau précipitée de l'amont à l'aval du bassin versant. Elle est liée aux conditions physico-géographiques.

La taille de la surface réceptrice du bassin versant semble jouer un rôle non négligeable dans cette irrégularité.

L'analyse des données climatiques a permis de distinguer que 70 % des précipitations s'évaporent pour les six stations étudiées, le ruissellement et l'infiltration ne dépassent guère les 20% de ce qui se précipitent.

La représentation graphique du bilan hydrique, fait ressortir que la recharge des nappes débute du mois de Novembre jusqu'au mois de fin du mois d'Avril à partir du mois de mai, la RFU s'épuise et devient nulle jusqu'au mois de Novembre, une période qui traduit un déficit agricole qui nécessite une irrigation par drainage.

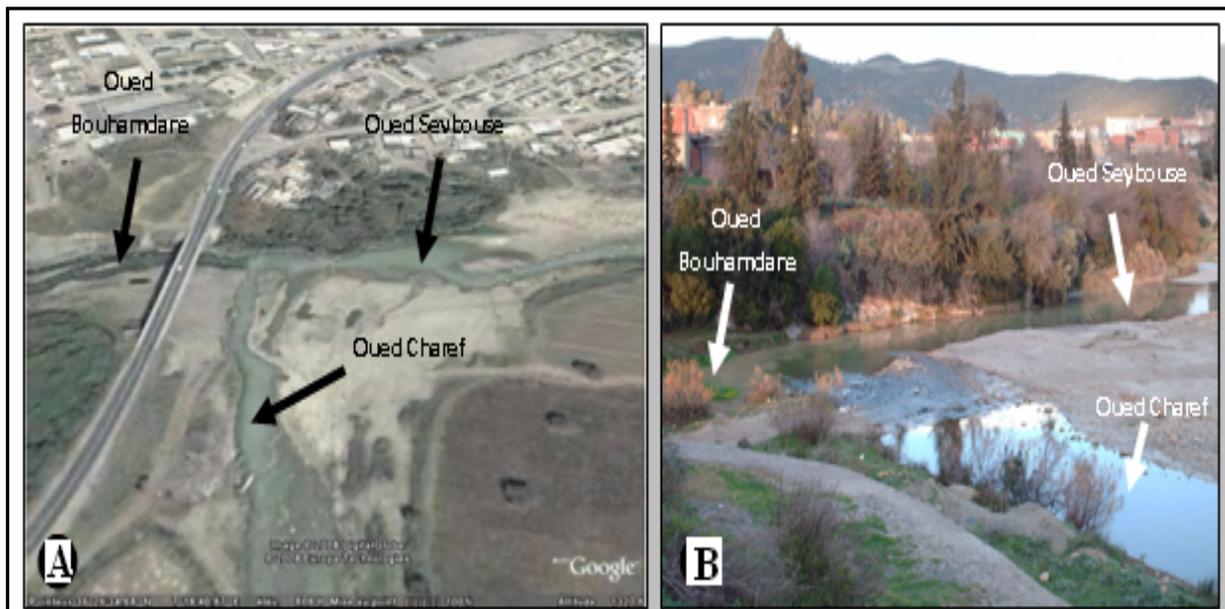
## CHAPITRE 3 :HYDROLOGIE

## 3. Hydrologie

### 3.1. Introduction

L'étude hydrologique, qui constitue un complément de l'étude climatique, est nécessaire pour comprendre l'évolution chimique des eaux de l'oued. Elle renseigne sur les écoulements au niveau des Oueds et de leur intensité. , la disponibilité potentielle de l'eau et étroitement liée au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial. Plusieurs études se sont penchées sur l'hydrologie de l'Oued Seybouse (Ghachi A.1982, Mebarki A.2005. Amarachi H. 2006, Khenchoul K. 2007, Louami A. 2013).

L'Oued Seybouse résulte de la confluence de l'oued Charef et l'oued Bouhamdane, On a constaté que par la mise en eau du Barrage Hammam Debagh, seules les eaux de l'Oued Charef alimente la Seybouse. La construction de cet ouvrage a entraîné une diminution nette des apports à la Seybouse, ce qui explique l'absence de jaugeages au niveau des Oueds. Pour pallier à cette lacune nous avons axés notre étude sur le traitement des données hydrométriques anciennes, de ce fait il importe donc d'examiner les débits de chaque station de jaugeage répartie sur la région d'étude ainsi que le bilan hydrologique à l'issue de chaque bassin partiel.



**Figure 36: Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse**  
(A- Vue satellitaire Google Earth 2009, B- Photos numérique Mouchara, 2009).

### 3.2. Bassin versant de la Seybouse

Le bassin versant de la Seybouse est réparti sur sept (07) wilayas : Annaba, El-Taraf, Guelma, Souk Ahras, Constantine, Skikda, Oum-El-Bouaghi. Cinq barrages ont été construits dans le bassin versant de l'Oued Seybouse

- ✓ Barrage Hammam Debagh sur oued Bouhamdane avec un volume de 220 hm<sup>3</sup>
- ✓ Barrage Foum El Khanga sur Oued Charef avec un volume de 157 hm<sup>3</sup>.
- ✓ Barrage : Tiffech (5,8 hm<sup>3</sup>),
- ✓ Barrage El Haria (1, 8 hm<sup>3</sup>)
- ✓ et barrage Medjz el Bgar (2,86 hm<sup>3</sup>).

Avant l'embouchure dans la Mer Méditerranée, l'Oued Seybouse reçoit les eaux de :

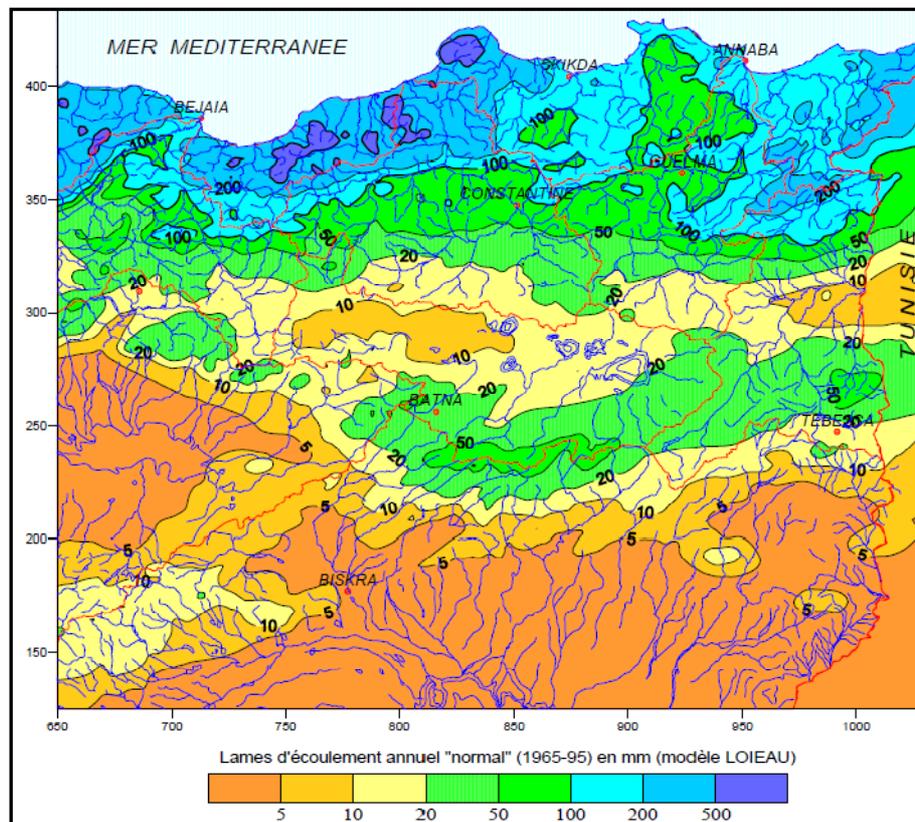
- son affluent principal : l'Oued Mellah à Bouchegouf dans la wilaya de Guelma
- l'Oued Djefeli et l'Oued Lala Moura dans la wilaya d'El Taraf.
- l'Oued Rassoul à Ain Berda qui rejoint l'Oued Meboudja et l'Oued Boudjemia dans la wilaya d'Annaba.
- l'Oued Djema

Cependant, on note que l'Oued Seybouse est alimenté en partie par les eaux du Lac Fetzara par l'intermédiaire de canaux (un sur l'Oued Boudjemia et l'autre sur l'Oued Meboudja).

Les paramètres morphométriques de l'oued Seybouse sont représentés dans le tableau N°30

**Tableau 30: Paramètres morphométriques du bassin de la Seybouse (carte topographique 1/50000)**

Paramètre / Station	Charef à M. Rochefort	Bouhamdane à Medjez. Amar	Mellah à Bouchegouf	Ain Berda à Rassoul	Seybouse à Mirbeck
Altitude max. (m)	1543	1325	1390	939	1635
Attitude min. (m)	740	295	96	58	10
Altitude moyenne (m)	904	787	619	314	716
Longueur du rectangle équivalent (Km)	182	17	70	83	107
Largeur moyenne (Km)	33	5.9	8	13	16
Longueur du thelweg principal (Km)	341	25	65	100	64
Coefficient de compacité	1.67	1.64	1.85	1.25	1.2
Coefficient de torrentialité (s.d)	10	21.5	18.5	11	6
Dénivelée spécifique (m)	132	233	303	322	416
Temps de concentration (h)	25	15	10	5.50	40
Densité de drainage (km/km <sup>2</sup> )	1.8	2.6	3.2	3.41	0.72



**Figure 37: Ecoulement interannuels moyens d'après le modèle LOIEAU (période 1965-1995 in Mébarki 2005)**

Tableau 31: Les caractéristiques morphométriques du bassin de la Seybouse

Périmètre P (Km)	Coefficient de Gravelus C	Altitude Moyenne (m)	Indice de pente	Indice de pente global (m/km)	Dénivelée spécifique (m)	Superficie (km <sup>2</sup> )
960	3.34	955.8	0.071	4.18	335.69	6471

### 3.3. Le réseau hydrographique :

Il est constitué principalement du cours d'eau principal l'Oued Seybouse et ses majeurs affluents dont l'écoulement général est d'Ouest en Est pour l'oued Bouhamdane et du Sud vers le Nord pour l'oued Cherf, l'oued Maiz, l'oued Zimba, l'oued Boussora, l'oued H'lia et l'oued Mellah.

L'Oued Bouhamdane et l'Oued Charef drainent respectivement des sous bassins de 1105km<sup>2</sup> et 1710 km<sup>2</sup> à la station de Medjez Amar, point de confluence et naissance de l'Oued Seybouse. Le réseau hydrographique emprunte surtout les axes des principaux plissements dans les couches marneuses facilement érodables. D'autres affluents suivent le sens des failles affectant les formations mio-pliocènes.

Tableau 32: Caractéristiques de quelques stations hydrométriques du bassin versant de la Seybouse Mirbeck. (ANRH)

Bassin versant	Station	Oued	Code	Date de mise en fonction	Coordonnées			S km <sup>2</sup>	L Km
					X	Y	Z		
Seybouse	Mirbeck	Seybouse	14-06-01	1968	952.8	394.2	10	5955	433
	Ain Berda	Rassoul	14-06-02	1968	938.2	387	55	103	46
	Bouhegouf	Mellah	14-05-01	1948	949.6	362.1	95	550	155.5
	Medjez Amar	Bouhamdane	14-03-01	1968	912.3	358.75	270	1105	195
	Moulin Rochefort	Charef	14-02-02	1971	922.35	319.8	710	1710	285

#### 3.3.1. Profil en long de l'oued Seybouse

Les différents changements de pente observés sur le profil en long de la Seybouse peuvent être assimilés à divers niveaux de base anciens. Le profil en long, montre des ruptures de pente que l'on peut expliquer autrement que par des captures ou par des écaillures rocheuses particulièrement résistantes à l'érosion (gorges amont de Medjez Amar). Le matériel très résistant est profondément entaillé par la Seybouse (la partie terminale de l'Oued Charef en travers des grès).

L'Oued Bouhamdane présente un profil en long assez régulier, interrompu par quelques légères ruptures de pente, il annonce déjà les cours d'eau de hautes plaines semi-arides. En résumé, la haute Seybouse présente des pentes faibles inférieures à 7.5%.

La moyenne Seybouse et ses affluents descendants de l'Atlas tellien donnent des gorges profondes qui renforcent la vitesse des eaux. Ces dernières sont à l'origine des crues parfois catastrophiques dans le bassin de Guelma et la plaine d'Annaba.

A la sortie des gorges de Nador, la pente redevient très faible en pénétrant dans la plaine de Annaba, sa valeur tombe à 3% ; à l'approche de la mer, elle est réduite à 0.5%.

Ainsi, le profil en long de la Seybouse offre un tracé très régulier entre Medjez Amar et l'embouchure. A la sortie de la station hydrométrique de Mirbeck, à 12 Km de l'embouchure, le lit de la Seybouse n'est qu'à 10m d'altitude.

A l'ancienne station hydrométrique de Boudaroua, 60 Km du littoral, le chenal d'écoulement est à 73 m d'altitude, au pont de Guelma le lit est à 191m, à la confluence de Medjez Amar la Seybouse est à 270m, l'oued Charef au Moulin Rochefort est à 750m d'altitude, ces différents points d'altitude montrent que le régime de la Seybouse et ces affluents est encore fortement torrentiel.

Ce caractère fougueux des oueds dévalant l'Atlas tellien est observé surtout dans le bassin moyen de la Seybouse et peut être mieux perçu encore par la densité de drainage. (L. Djabri, 1996).

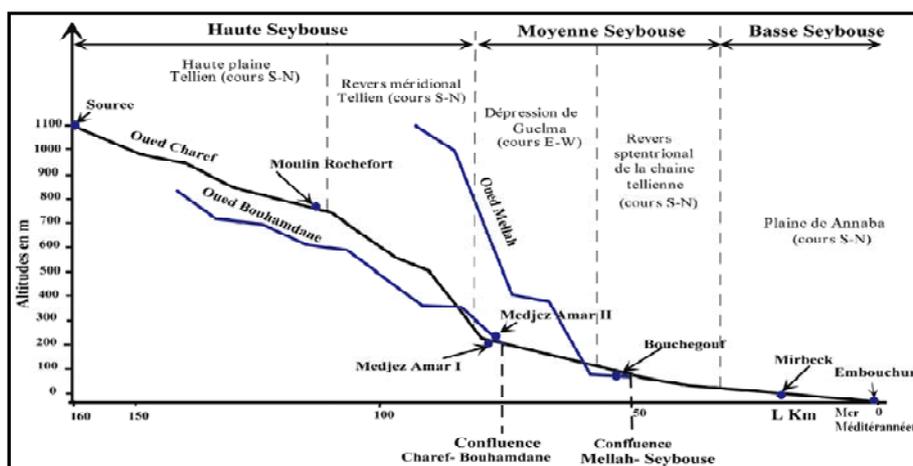


Figure 38: Profil en long de l'Oued Seybouse (Ghachi, 1982)

Les profils hydrologiques offrent l'avantage de visualiser les variations, de la source à l'embouchure, de l'apport des grands cours d'eau principaux s'étalant, en général, sur des domaines morpho-structuraux et climatiques bien tranchés (Mebarki, 2005). L'année 1984/85, en raison des crues exceptionnelles de décembre 1984-janvier 1985 et celles de mars 1985, marque nettement la variabilité du cycle hydrologique de ces trois dernières décennies. L'année 2002/03, non comprise dans les séries étudiées, a également connue une pluviosité exceptionnelle (en particulier les mois de novembre, décembre et janvier), du même ordre que celle de 1984/85. Ses effets apparaissent sur l'abondante alimentation en eau des barrages

### 3.3.2. Les densités de drainage

La densité de drainage ou densité de Talwegs, est définie pour un bassin donné de superficie (A), commela longueur totale (L) des cours d'eau de tous ordres sur la surface drainée, soit :

$$D_d = L/A$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour la densité de drainage globale permanent et temporaire, d'une part au niveau de chaque bassin partiel et d'autre part à l'échelle de deux grands ensembles :

- La moitié Sud du bassin présentant une densité de drainage généralement faible.
- La moitié Nord, dotée d'une densité relativement dense.

Toutefois, il faut signaler que ces valeurs de densité de drainage du chevelu hydrographique sont approximatives vu l'échelle de la carte au 1/20.000 (Ghachi, 1982).

Tableau 33: Les densités de drainage global permanent et temporaire (Ghachi, 1982)

Bassin	$D_d$	$D_{dp}$	$D_{dp}/D_d$ (%)	$D_{dt}$	$D_{dt}/D_d$ (%)
Charef amont à moulin Rochefort	0.48	0.22	46	0.26	54
Cherf aval à Medjez Amar I	0.80	0.43	53	0.56	47
L'ensemble des bassins amont : (réseau hydrographique faible)	0.56	0.25	44	0.32	56
Mellah à Bouchegouf	0.72	0.63	87	0.13	18
Seybouse à Mirbeck	0.72	0.41	56	0.32	44
L'ensemble des bassins aval (réseau hydrographique dense)	0.84	0.48	57	0.36	43
Ensemble du bassin de la Seybouse	0.72	0.41	56	0.32	44

Avec :

- $D_d$  = densité de drainage,
- $D_{dp}$  = densité de drainage permanente,
- $D_{dt}$  = densité de drainage temporaire.

La densité de drainage temporaire est élevée dans le bassin du haut Charef. Elle est de 0.26 au moulin Rochefort et passe à 0.56 sur Charef aval à Medjez Amar I.

Pour l'ensemble de ces deux bassins la densité de drainage permanent est de 0.25, alors que la densité de drainage temporaire est de 0.32. Cette situation est inversée pour l'ensemble des bassins aval, les valeurs sont respectivement de 0.36 et 0.32 les plus petites valeurs correspondent aux plus grands sous bassins. Ces résultats indiquent que nos sous bassins versants sont en général assez bien drainés (Bouanani, 2008). Ainsi le bassin de la Seybouse appartient bien à deux grands domaines hydroclimatiques différents, à un écoulement faible et temporaire, lié à une lithologie perméable et à une pluviométrie faible, s'oppose le drainage permanent, élevé dans la partie Nord du bassin traduisant l'abondance pluviométrique et une perméabilité généralement faible (Ghachi, 1982).

### 3.3.3. La dénivelée Spécifique ( $D_s$ ) :

Le dénivelé spécifique  $D_s$  donne une idée sur le degré de développement du réseau hydrographique. c'est dérivée de la pente globale  $I_g$  en la corrigeant l'effet de surface admise étant inversement proportionnel à racine de  $S$  :

$$D_{sp} = I_g \times \sqrt{S} \quad I_g = \frac{H_{0,95} - H_{0,05}}{L} = \frac{D}{L} \quad L = \frac{Cx\sqrt{S}}{1,128} (1 + 1 - \sqrt{1 - (1,128/C)})$$

$S$  : la superficie du bassin ( $km^2$ )

$D$  : dénivelée (m),

$L$  : longueur du rectangle équivalent (km)

$C$  : indice de compacité,  $P$  : périmètre du bassin (km)

$H_{0,95}$  et  $H_{0,05}$ : altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin, sur la courbe hypsométrique tracée, nous prenons les points tels que la surface supérieure ou égale à 5% et inférieures ou égale à 95%. Suivant la deuxième classification de O.R.S.T.O.M, indépendante des surfaces des bassins (Laborde, 2000).

Tableau 34: Deuxième classification d'O.R.S.T.O.M pour différents reliefs

Classe	Nature du relief	Dénivelée spécifique (m)
R1	Relief très faible	$D_s < 10$
R2	Relief faible	$10 < D_s < 25$
R3	Relief assez faible	$25 < D_s < 50$
R4	Relief modéré	$50 < D_s < 100$
R5	Relief assez fort	$100 < D_s < 250$
R6	Relief fort	$250 < D_s < 500$
R7	Relief très fort	$D_s > 500$

La deuxième classification de l'ORSTOM, la dénivelée spécifique du bassin de la Seybouse dans un relief fort  $D_s = 327,35$  (m/km) (**R6** :  $250m < D_s < 500m$ ) (Djabri, 1996).

### 3.3.4. Hiérarchisation du réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est constitué de l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surfaces vers l'exutoire du bassin versant.

Afin de hiérarchiser le chevelu hydrographique nous nous servons de la classification de Strahler 1970 ; chaque cours d'eau reçoit un numéro en fonction de son importance. Cette numérotation appelée ordre du cours d'eau Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage d'un bassin de l'amont vers l'aval. Cette

méthode consiste à classer les cours d'eau et d'affecter un ordre à chacun d'entre eux suivant la règle : "Est considéré d'ordre (x+1) tout cours d'eau formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre (x) ; tout cours d'eau sans affluent étant d'ordre 1". Il est à noter que la reproduction du chevelu hydrographique est d'autant plus fidèle et représentative que l'échelle de la carte topographique est grande.

L'étude de chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux La Seybouse présente un chevelu hydrographique de 4714 Km. Le tableau présente la totalité de réseau hydrographique pour chaque sous bassin.

**Tableau 35: Hiérarchisation du Chevelu hydrographique pour chaque sous bassin de la Seybouse (calculé par AutoCad)**

	S/bassin Charef amont	S/bassin Charef aval	S/bassin oued Bouhamdane	S/bassin Seybouse moyenne	S/bassin Mellah	S/bassin de la basse Seybouse
Chevelu hydrographique (Km)	890	981	1040	415	440	950
Longueur totale du chevelu hydrographique de la Seybouse (Km)	4716					

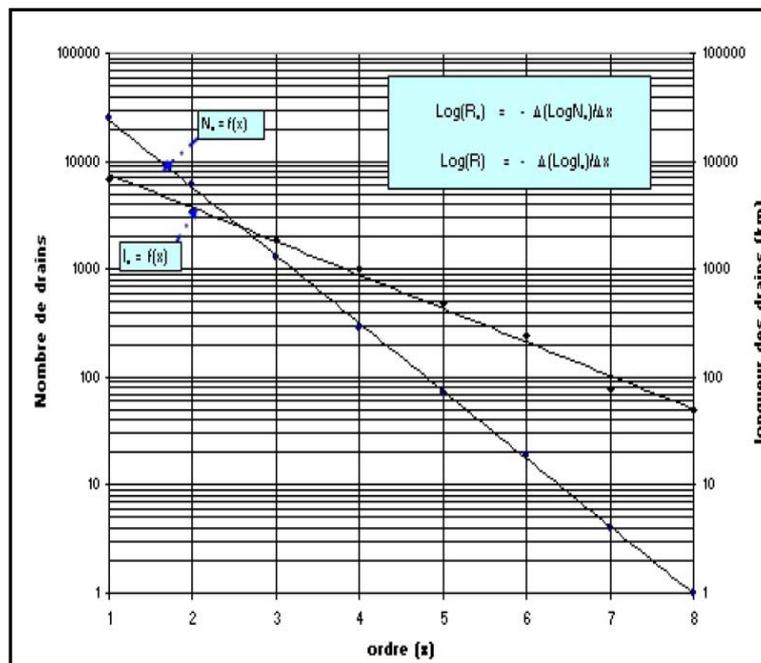
**3.3.5. Rapport de confluence**

Ce rapport donne une idée sur le degré de développement du réseau du drainage, l'érosion par ravinement et l'hétérogénéité lithologique du bassin versant. La progression géométrique des rapports de confluence partiels  $R_c$  s'obtient en divisant le nombre des thalwegs d'ordre (x) par celui d'ordre (x+1), soit :

$$R_c = \frac{N_x}{N_{x+1}}$$

$N_x$  le nombre des thalwegs d'ordre x

$N_{x+1}$  le nombre des thalwegs d'ordre x + 1 constituants le bassin. Les rapports de confluence au sein d'un même bassin versant tendent vers un même ordre de grandeur, ces rapports de confluence varient entre 2 et 4 avec une moyenne de 3,5.



**Figure 39: Estimations graphiques des rapports moyens de confluence et longueur du bassin versant Seybouse à Mirbeck (Beloulou, 2011)**

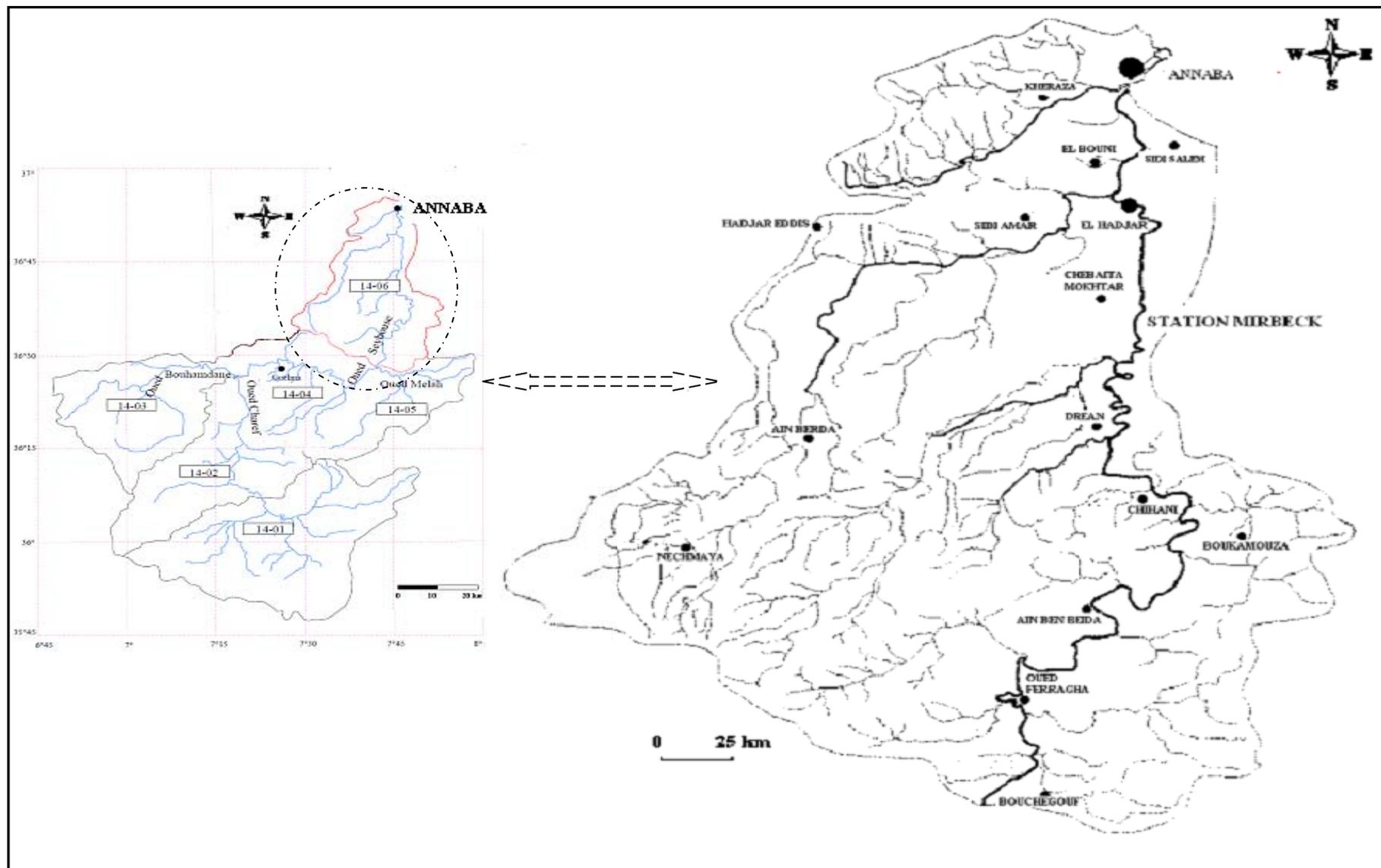


Figure 40: Réseau hydrographique de la zone d'étude

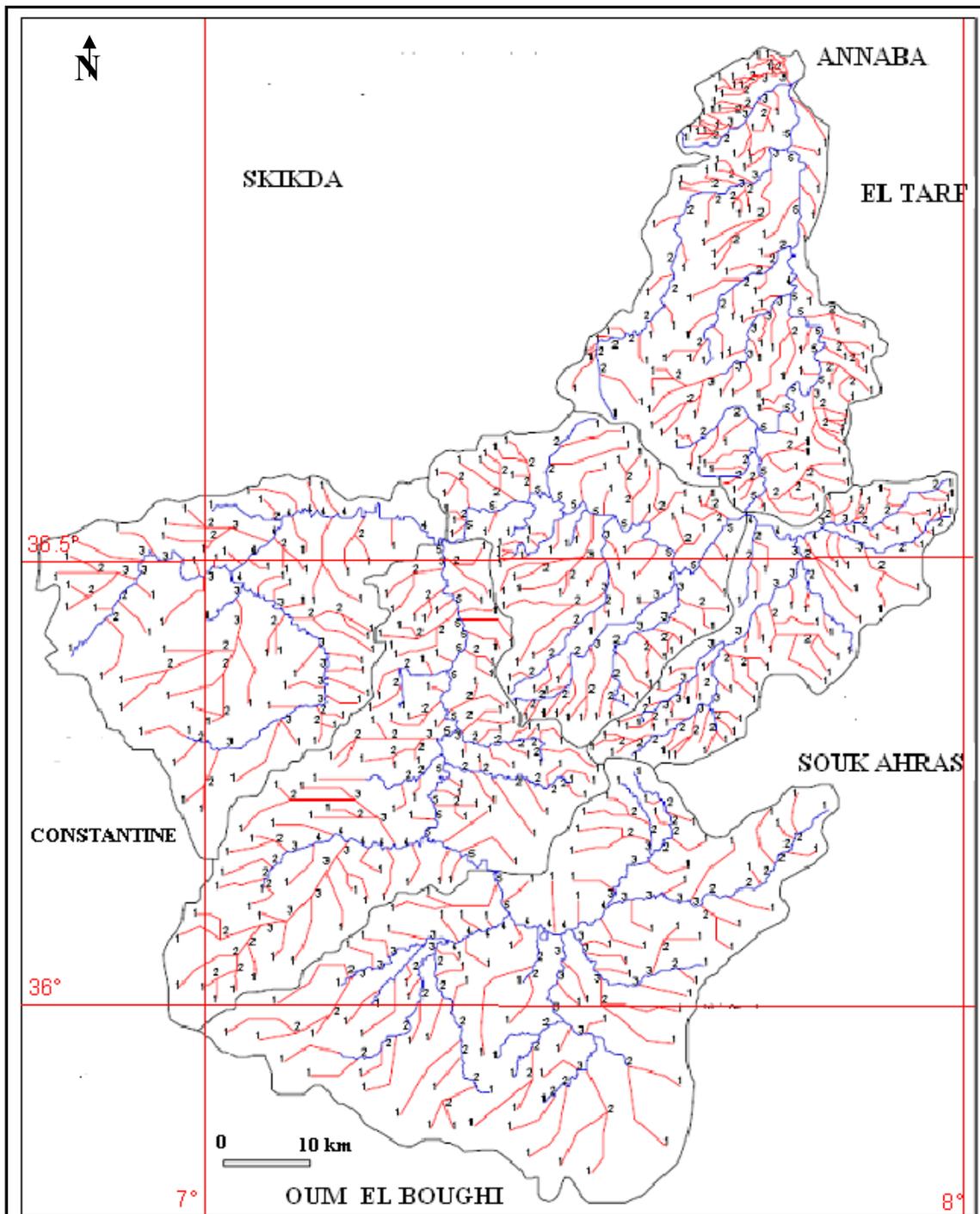


Figure 41: Classification des réseaux hydrographiques de l'oued Seybouse et ces affluents d'après la méthode de Strahler. (Belah, 2009, modifié 2015)

### 3.4. Réseau hydrométrique

#### 3.4.1. Exploitation des données hydrométriques

Les étapes de calcul des débits moyens journaliers en une station hydrométrique sont illustrées par la figure 33. Grâce à la traduction de la courbe de tarage  $Q_f(H)$  en barème d'étalonnage d'une part, et le dépouillement des limnigrammes  $H_f(t)$  (côtes d'eau de l'oued enregistrées en continu sur des bandes limnigraphiques) d'autre part, il devient possible de déduire, dans une dernière étape, les débits moyens journaliers  $Q_{jf}(t)$ .

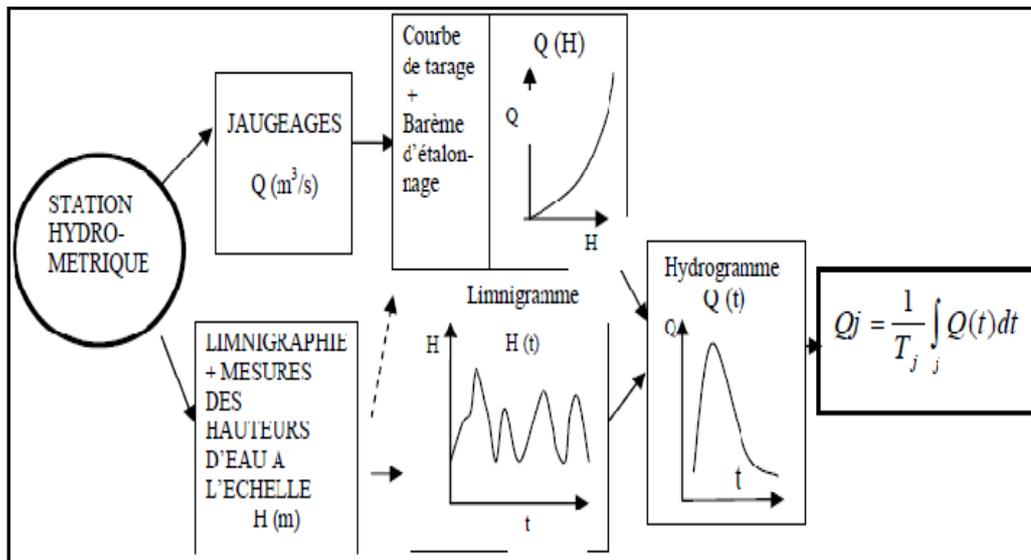


Figure 42: Etapes de calcul d'un débit moyen journalier. (in Mebarki, 2005)

Tracée à l'aide d'une série de jaugeages périodiques, la courbe de tarage  $Q(H)$  représente les débits instantanés en fonction des hauteurs d'eau correspondantes. Il est bien souvent nécessaire d'établir différentes courbes suivant les périodes de l'année « On obtient donc un faisceau de courbes de tarage auxquelles sont attachées différentes périodes de validité » (Laborde, 2000a).

Les courbes de tarage ne sont pas stables. En basses eaux, la relation hauteur-débit est perturbée en raison des modifications subies par le lit de l'oued et de l'influence de la végétation. En hautes eaux, malgré les précautions prises, les courbes de tarage sont considérées comme approximatives pour le calcul des débits de crue.

### 3.4.2. Mesure des débits

Les observations hydrométriques expriment le comportement hydrologique du bassin versant en un point donné et en un temps déterminé. En chaque station, en plus de l'enregistrement en continu des hauteurs d'eau à l'aide du limnigraphe (comparé aux relevés de hauteur à l'échelle limnimétrique), sont entrepris des jaugeages périodiques au moulinet (vélocimétrie à élément rotatif pour mesurer la vitesse de l'eau ou méthode d'exploration du champ des vitesses) (Audinet, 1995). Le moulinet est fixé à un support maintenu (perches et microperches) ou suspendu (saumon). Les jaugeages de crue sont entrepris, lorsque les conditions d'équipement s'y prêtent (station équipée de trille téléphérique ou à partir d'un pont par le biais d'une cycloptence), à l'aide du moulinet monté sur saumon ou lest profilé.

En étiage, les jaugeages sont établis au déversoir lorsque l'emploi du moulinet devient impossible, le réseau hydrométrique algérien connaît, depuis peu de temps, un début de modernisation avec l'installation progressive de stations dites « automatiques » (enregistreurs électroniques), remplaçant le mode d'enregistrement graphique sur papier (le limnigraphe classique). Le transfert des données sur ordinateur est facilité grâce à la capacité de mémoire dont est muni l'appareil d'enregistrement électronique.

La station hydrométrique Mirbeck va nous servir comme référence pour le développement détaillé de cette partie pour les raisons suivantes :

- Dernière station avant l'exutoire (vers la mer méditerranéenne)
- Reçoit la quasi-totalité des affluents de la Seybouse.
- Draine une surface importante 5955 km<sup>2</sup>
- Sa localisation géographique dans la zone d'étude

- Sert aux calculs des objectifs environnementaux des rejets OER

Le suivi des débits enregistrés à la station Mirbeck fait par les services de l'ANRH, s'étend sur 23 ans d'observation (1968-1991). Nous avons décortiqué cette période en deux ;

- L'une de 1968-1980 pour le suivi journaliers des débits mensuels, s'est une série sans lacune et aucun comblement de données n'a été pratiqué (cette série va nous servir comme base pour le calcul des Objectifs environnementaux des rejets OER) et porté sur un fichier électronique sous format Excel.
- l'autre de 1981- 1991 qui comporte des lacunes et plusieurs valeurs nulles de débits journaliers (parfois deux mois sans observation), relevés à partir des annuaires hydrologiques de l'ANRH. On signale que l'acquisition des données hydrométriques au niveau de l'ANRH est devenue une tâche fastidieuse et laborieuse.

### 3.4.3. Evolution des débits en fonction de la pluie à la station de Mirbeck.

En hydrologie la connaissance des précipitations est essentielle car celles-ci conditionnent le fonctionnement du cycle de l'eau. Leur impact est notamment déterminant sur la disponibilité des ressources en eau : écoulements de surface. Pour montrer ce phénomène, on a étudié les variations du débit de l'oued Seybouse au niveau de la station de Mirbeck en fonction de la hauteur mensuelle de précipitations au niveau de deux stations : l'une à l'aval de l'oued Seybouse (station dessalines) et l'autre à l'amont de l'oued (station de Kef Mourad).

Le débit de l'Oued Seybouse varie de 0 m<sup>3</sup>/s (période d'étiage) à 100 m<sup>3</sup>/s, mais pendant les périodes de fortes averses, il atteint des valeurs de l'ordre de 1216.73 m<sup>3</sup>/s (observées le 28/03/1973, ANRH-Constantine).

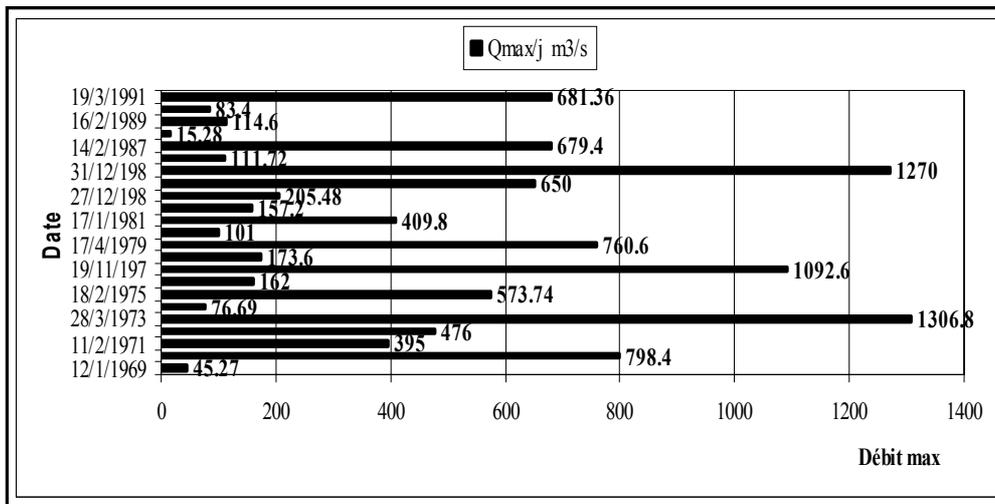


Figure 43: Débits maximums journaliers observés à la station de Mirbeck

La variation de débit montre que le régime d'écoulement de l'oued Seybouse est lié aux apports de l'ensemble du bassin versant, à la hauteur de précipitations, à la durée et à la répartition spatiale des précipitations. Pour montrer les années déficitaires et excédentaires au niveau de l'Oued Seybouse, nous avons étudié les variations annuelles des débits de ce dernier, avec la représentation graphique de ces variations annuelles des débits (fig.44).

Tableau 36: Débits annuels observés à la station de Mirbeck (1968-1991)

Précipitations annuelle mm				Débits Annuel m <sup>3</sup> /s	Année
Medjez amar	Bouhegouf	Kef mourad	Les salines		
	-	-	-	44.66	1968/69
		-	-	225.02	1969/70
		693.6	-	170.69	1970/71
		786	561.00	204.05	1971/72
		534.6	709,2	403.32	1972/73

		469.5	458,0	58.11	1973/74
574.2	545.9	540.3	459,6	78.45	1974/75
670.35	639.1	738.7	496,0	92.15	1975/76
409.15	445.7	505.9	759,0	139.28	1976/77
649.3	534.5	603	544,0	83.54	1977/78
464.8	450.3	444.4	654.1	92.42	1978/79
753.3	535.6	553.9	552.6	14.30	1979/80
596.3	482.1	627	642.9	112.14	1980/81
459.3	420.6	540.3	741.6	<b>m.n</b>	1981/82
772.63	548	770.9	623.4	67.77	1982/83
766.2	641.3	825.4	934.2	<b>m.n</b>	1983/84
353.1	381.4	433.3	961.2	350.95	1984/85
845.7	694.6	756.1	534,2	47.00	1985/86
426.9	357.8	309.9	921,7	306.29	1986/87
548.3	428.9	363	409	19.84	1987/88
522	467.7	510	553.8	24.67	1988/89
677.8	626.6	646.2	534.8	<b>m.n</b>	1989/90
574.2	545.9	653.9	686.3	17.30	1990/91

m.n : manque de données

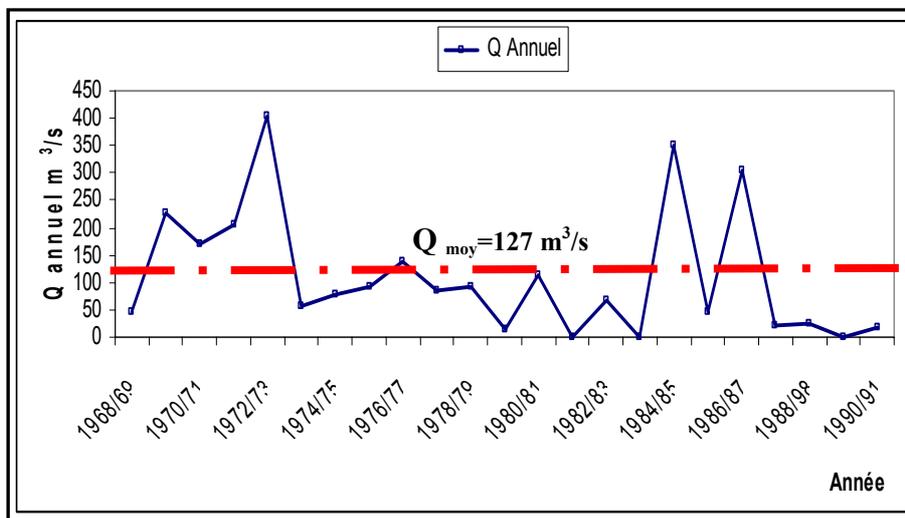


Figure 44: Variations des débits annuels à la station de Mirbeck (1968-1991)

A la basse Seybouse les histogrammes montrent une alternance de périodes humides et des périodes sèches. L'apport annuel moyen évolue du Sud vers le Nord : 20 hm<sup>3</sup> dans la haute Seybouse, 7.9 à 9.9 hm<sup>3</sup> dans la moyenne Seybouse (Mouchara, 2009), dans la basse Seybouse l'apport est important, il est estimé à 350 hm<sup>3</sup>.

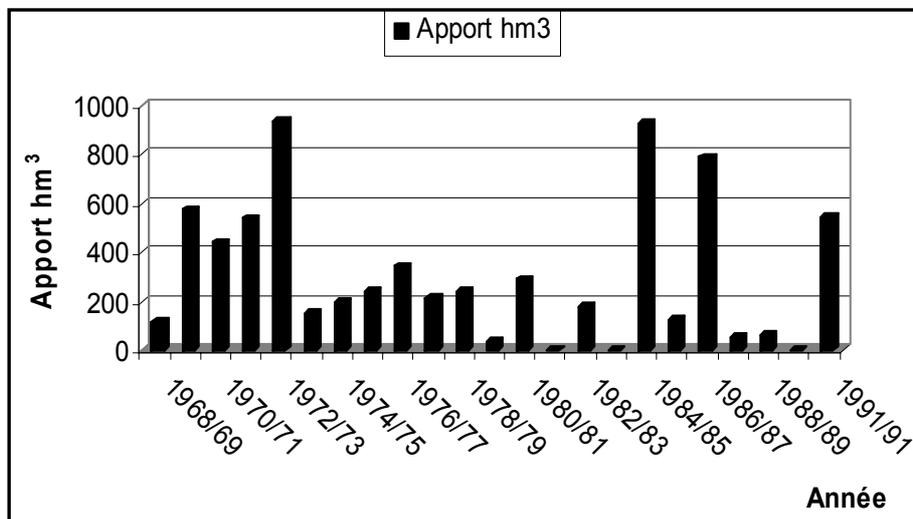
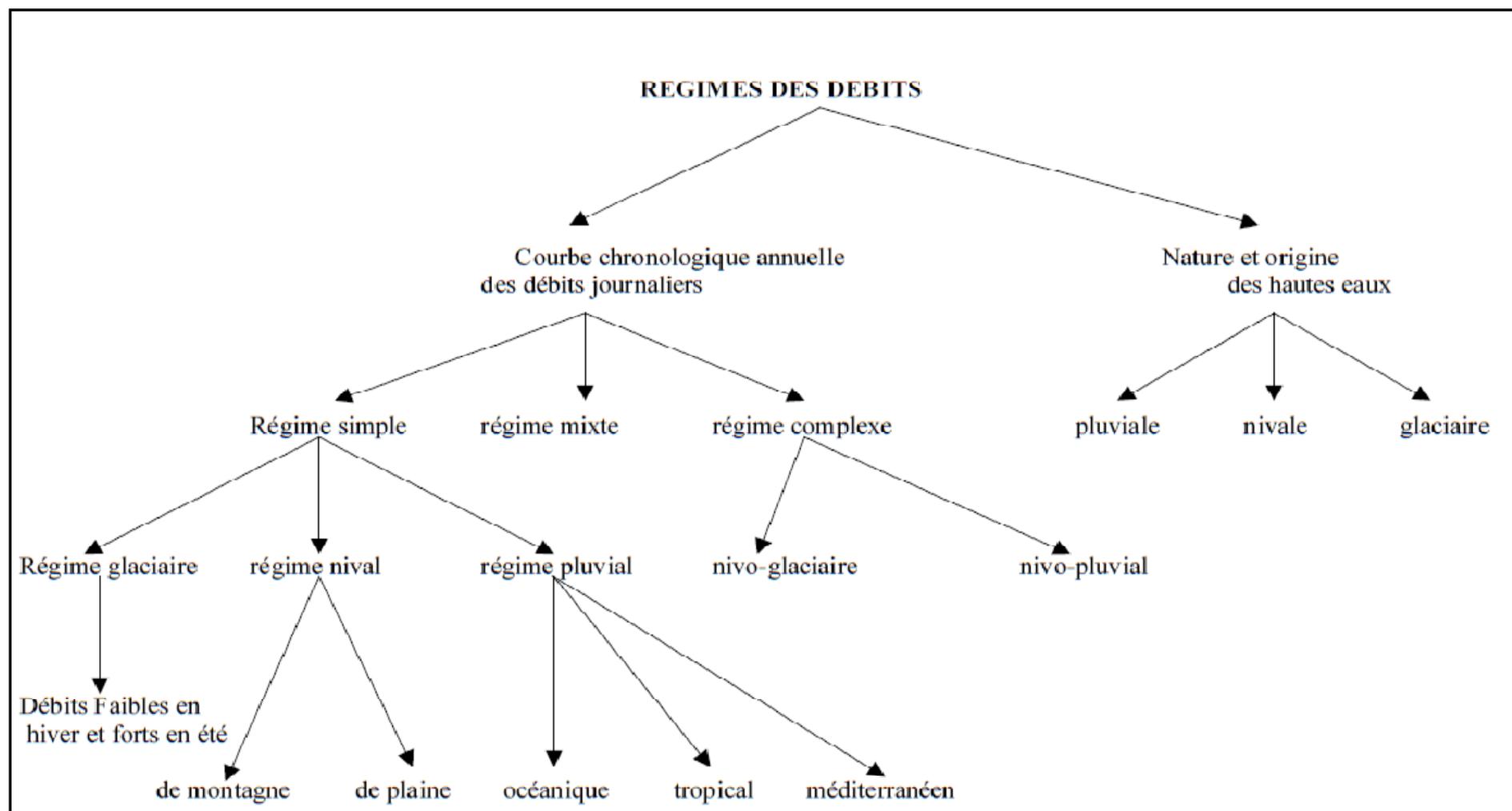


Figure 45: Variations des apports annuels à la station de Mirbeck (1968-1991)



**Figure 46: Classification des régimes des cours d'eau selon Parade 1959 modifié (Bouanani, 2008)**

### 3.4.4. Les variations mensuelles du débit à station Mirbeck (1968-1981)

Le suivi mensuel a été étalé sur 13 ans (1968-1981) (fig 47) seulement, car il semble préférable et adéquat de baser notre analyse sur des données réellement observées et non théoriquement extrapolées et comblées. Le caractère typiquement méditerranéen caractérise la Seybouse, les débits observés pendant la période des hautes eaux (décembre - avril) sont importantes variables (15 à 30 m<sup>3</sup>/s) et qui produit une dilution des eaux de l'Oued. Par contre pendant la période des basses eaux (Juin - novembre) le débit est faible (0 à 6 m<sup>3</sup>/s), ce qui sous l'effet des rejets et de l'évaporation va jouer sur l'augmentation des concentrations des différents éléments chimiques.

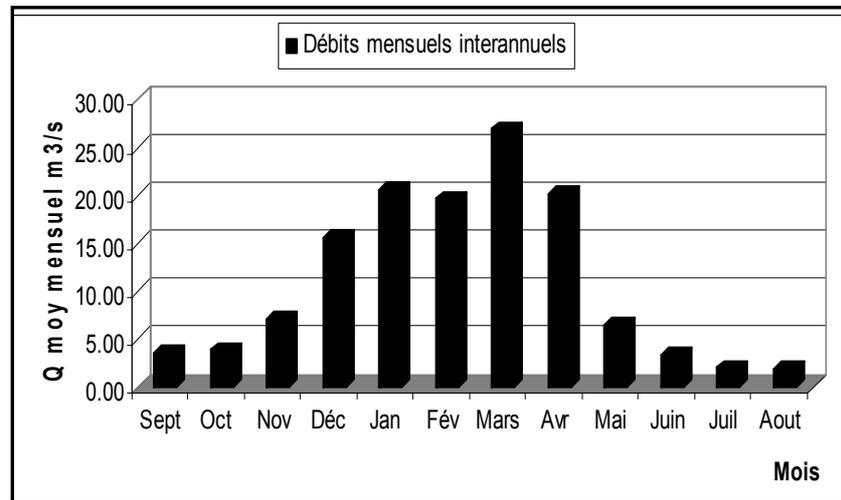


Figure 47: Débits mensuels interannuels à la station de Mirbeck 1968-1981

### 3.4.5. Coefficient moyen de débit :

Le régime d'un cours d'eau est défini par le coefficient moyen des débits correspondant aux rapports débits mensuels au module de la période considérée. Il s'exprime mathématiquement par :

$$CMD = Q_i / Q$$

Avec :

$Q_i$  : Débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

$Q$  : La moyenne. Des débits

En effet, le coefficient moyen des débits (CMD) est, soit supérieur à la valeur 1 qui est le module, dans ce cas, il correspond à la période des hautes eaux. Et si le CMD est inférieur à 1, donc c'est la période des basses eaux. Les valeurs de coefficient moyen des débits calculés à partir des données d'oued Seybouse sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 37: Coefficient moyen des débits à la station de Mirbeck (1968-1981)

Mois	Débits moyens mensuels m <sup>3</sup> /s	Coefficient moyen de débit	Nature de la période
Sept	3.56	0.33	Basses eaux
Oct	3.89	0.35	Basses eaux
Nov	7.06	0.64	Basses eaux
Déc	15.66	1.43	Hautes eaux
Jan	20.67	1.89	Hautes eaux
Fév	19.66	1.79	Hautes eaux
Mars	26.94	2.46	Hautes eaux
Avr	20.24	1.85	Hautes eaux
Mai	6.55	0.6	Basses eaux
Juin	3.34	0.3	Basses eaux
Juil	2.04	0.19	Basses eaux
Aout	1.89	0.17	Basses eaux

Le coefficient moyen des débits (CMD) est, soit supérieur à la valeur 1 qui est le module, dans ce cas, il correspond à la période des hautes eaux. Et si le CMD est inférieur à 1, donc c'est la période de basses eaux.

La représentation graphique des Coefficients Mensuels de Débits (CMD), établie pour la station de Mirbeck, permet de visualiser le régime de la Seybouse et de ses principaux affluents (Fig.48). En effet, le régime, à l'alimentation essentiellement pluviale de tous les oueds, souligné par une courbe en cloche dont le maximum se situe le plus souvent en février, comporte des hautes eaux de décembre à avril et des basses eaux de mai à novembre. Les données relatives aux débits mensuels enregistrés aux différentes stations du bassin versant de l'oued Seybouse mettent en valeur les fortes disponibilités en eau en hautes eaux. (Khanchoul, 2000).

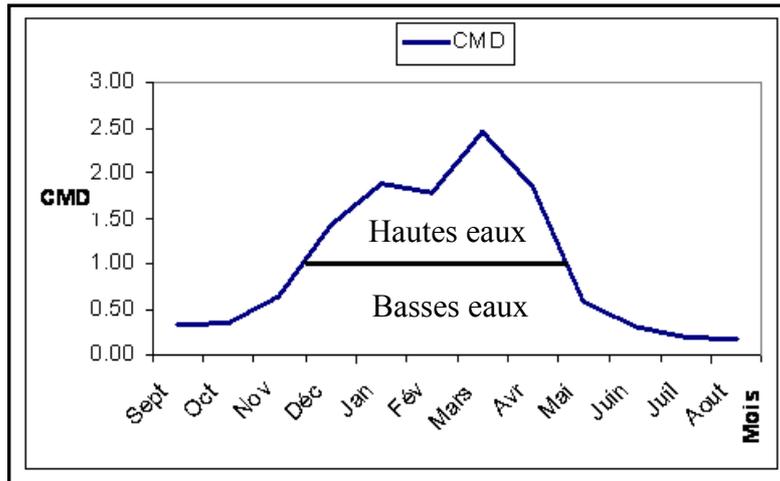


Figure 48: Courbe des coefficients moyens de débits (CMD) de l'oued Seybouse et ses principaux affluents. A la station Mirbeck

Ces variations peuvent être étudiées en calculant les rapports des débits extrêmes ( $R = Q_{\max}/Q_{\min}$ ) relatifs aux 12 mois de l'année pendant la période de 23 ans (1968-1991). Ces rapports permettent de connaître le degré de la variation interannuelle des débits moyens mensuels.

Le tableau 38 montre que les rapports d'irrégularité sont plus importants à l'échelle mensuelle qu'à l'échelle annuelle et ils changent d'un mois à un autre. Ces valeurs atteignent le maximum pendant l'été et au début de l'automne et diminuent avec l'arrivée de la saison humide. Pendant les hautes eaux, l'écoulement devient relativement régulier ; il est irrégulier lors des basses eaux. Ce constat a été déjà fait lors de l'étude des précipitations. L'irrégularité de l'écoulement pendant la saison sèche peut être expliquée par le fait que le ruissellement superficiel est alimenté par les eaux de précipitations qui sont irrégulières au cours de cette saison.

Tableau 38: Les rapports des débits extrêmes mensuels à la station Mirbeck d'après série ANRH (1968-1991)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q <sub>max</sub>	27.80	41.06	85.83	183.77	181.22	119.23	199.72	138.65	22.74	9.24	7.57	3.90
Q <sub>min</sub>	0.74	0.68	0.99	1.44	1.98	2.50	4.06	3.33	2.49	1.58	1.01	1.05
R	37.79	60.70	86.79	127.56	91.71	47.77	49.21	41.65	9.14	5.85	7.49	3.70

### 3.4.6. Débits caractéristiques des oueds

L'analyse des débits journaliers permet d'apprécier le régime du cours d'eau et leurs variations mensuelles et annuelles. Pour mieux comprendre ce régime, l'analyse a porté sur 23 années reflétant le comportement hydrologique des bassins Tableau N°39.

Tableau 39: Débit caractéristique d'étiage et débit caractéristique maximal

Bassin versant	Oued	Station	Année	Débit Caractéristique d'Etiage DCE m <sup>3</sup> /s	Débit Caractéristique Maximal (DCM) m <sup>3</sup> /s
Seybouse	Seybouse	Mirbeck	1968-1969	0.32	12.58
			1969-1970	0.27	88.79
			1970-1971	0.25	57.26
			1971-1972	0.89	127.34
			1972-1973	1.61	150.12
			1973-1974	0.99	19.13
			1974-1975	1.2	19.34
			1975-1976	0.43	39.1
			1976-1977	1.27	48
			1977-1978	0.43	47.58
			1978/1979	0	20.69
			1979/1980	0	5.98
			1980-1981	0	60.81
			1981-1982	0	51.26
			1982-1983	0	47.89
			1983-1984	0	183.9
			1984-1985	0	140.78
			1985-1986	0.4	17.92
			1986-1987	1.2	132.72
			1987-1988	0.01	5.64
1988-1989	0	10.03			
1989-1990	0	14.49			
1990-1991	0	119.71			

Les valeurs du débit caractéristiques maximal (DCM), ou débit dépasse 10 jours par an, varient de façon importante selon les années. Quant au débit caractéristique d'étiage (DCE), défini par le débit dépassé 355 jours par an, il est relativement insignifiant pour tous les oueds en année humide. En année déficitaire, il est presque toujours nul, sinon très faible. (Khanchoul et al, 2007)

### 3.4.7. Valeurs nulles des débits à la station hydrométrique de Mirbeck :

Pendant neuf années discontinues, des valeurs nulles de débits en été enregistrés à la station Hydrométrique d'étude, le pourcentage de ces valeurs nulles varie d'une année à l'autre et passe de 8.17% à 24.23%. Ces valeurs sont en réalité liées aux phénomènes de remblaiement ou affouillement au niveau de l'oued Seybouse. Un oued affouillable est stable ou en équilibre hydromorphologique lorsque les affouillements sont approximativement compensés en tous points du lit par les dépôts. Un oued instable est au contraire celle qui est à la recherche de son équilibre, soit en creusant son lit par affouillement, soit en l'exhaussant par alluvionnement (Roche, 1963).

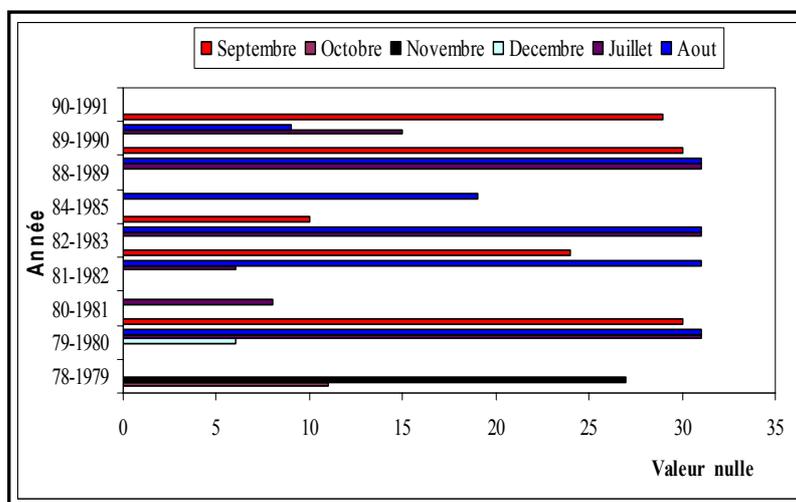


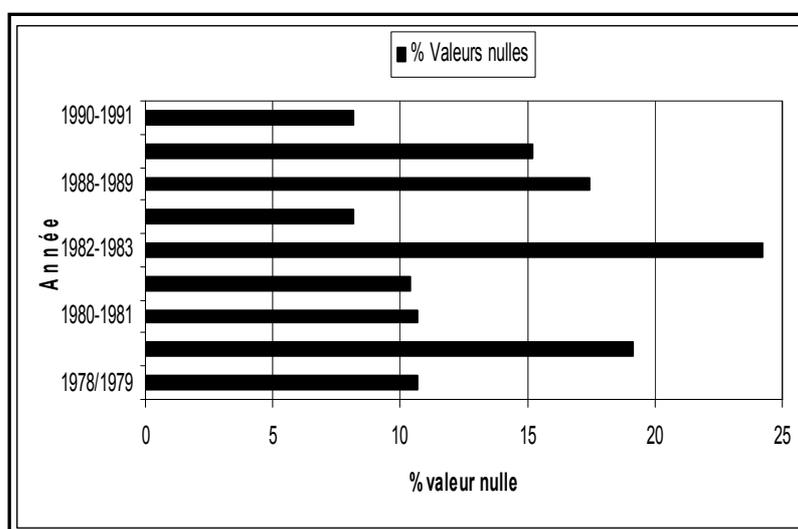
Figure 49: Répartition temporelle des débits nuls à la station Mirbeck

Ce constat a été prouvé par les précipitations mensuelles considérées enregistrées à l'amont de la station hydrométrique de Mirbeck (Tab.40) correspondantes aux jours du mois où le débit observé a été mentionné nuls. Pour remédier à ce cas, la station hydrométrique doit être ré-étalonnée en fonction de l'évolution de son fond mobile et des diverses conditions et donc le réajustement des courbes d'étalonnage s'impose continuellement.

**Tableau 40: Précipitations moyenne mensuelle enregistrées à l'amont de station de Mirbeck qui correspondent à la période de débits nuls**

Année-Station / Mois	S	O	N	D	J	J	A	Annuel
78/79	Bouchegouf	1.6	59	34.7				543.5
	Ain Berda	6.2	94	75.8				650
	Medjez amar	97.6	30	56.1				649.3
79/80	Bouchegouf			113.9	5	2.4	0	450.3
	Ain Berda			107	10.6	0.7	0	463.6
	Medjez amar			22.2	89.8	27.6	51.6	464.8
80/81	Bouchegouf	44.3			27.4	0	6.2	535.6
	Ain Berda	20.1			31	0	6.2	543
	Medjez amar	50.5			25	3.8	10	753.3
81/82	Bouchegouf				1.7	0.6	0.9	483.1
	Ain Berda				4	0	5.3	585.1
	Medjez amar				0	0	0	596.3
82/83	Bouchegouf		15.6		7.8	1.6	9.2	420.6
	Ain Berda		19.5		10.1	1.7	1	567.1
	Medjez amar		34		9.1	0.9	0	459.3
84/85	Bouchegouf	40			0.6	0	0	641.3
	Ain Berda	52			0	0	0	833.4
	Medjez amar	25.6			0	0	5.4	766.2
88/89	Bouchegouf				19.1	0.6	54	428.9
	Ain Berda				21	6	13.5	408.1
	Medjez amar				33.6	19.4	48.5	548.3
89/90	Bouchegouf	17.8			22.2	0.2	51.6	467.3
	Ain Berda	14.5			15.5	0	15	530.9
	Medjez amar	24.5			20.7	21.2	0	522
90/91	Bouchegouf	2.4						626.6
	Ain Berda	11						685.3
	Medjez amar	8.3						677.8

Le pourcentage des valeurs des débits nuls observé à la station de Mirbeck varie d'une année à l'autre, parfois il atteint 24% (cas de l'année 1982/1983) des valeurs journaliers enregistrées pendant une année. (Fig.50).



**Figure 50: Pourcentage des débits nuls à la station Mirbeck**

### 3.5. L'Oued Seybouse avant et après la mise en eau du barrage Hammam D'Bagh (Bouhamdane)

La Seybouse dispose d'une aire de réception de l'ordre de 6471 Km<sup>2</sup>, La station de Mirbeck donne le débit de la Seybouse avant son arrivée à la mer. En réalité les débits mesurés montrent un accroissement progressif de l'amont vers l'aval. La Seybouse à Mirbeck débite 13.2 m<sup>3</sup>/s. les Oueds Charef et Bouhamdane, transitent respectivement un débit de 2.27 m<sup>3</sup>/s (17% du débit total) pour un bassin partiel de 1104 Km<sup>2</sup> et 3.79 m<sup>3</sup>/s, soit 28.6% pour une surface drainée de 1194 Km<sup>2</sup>. L'oued Mellah à Bouchegouf a des caractères nettement différents du Charef et du Bouhamdane, c'est un petit bassin de montagne (542 Km<sup>2</sup>), il affiche un débit de 3.41 m<sup>3</sup>/s, soit 25.7% du débit globale. L'apport moyen annuel de l'Oued Mellah est le plus important après celui de l'oued Charef. Mais ce dernier a une surface de drainage deux fois plus grande que celle de l'Oued Mellah.

La construction du barrage entraîne automatiquement une perte d'eau conséquente pour l'Oued. A titre indicatif, les eaux de l'Oued Bouhamdane n'alimentent plus la Seybouse. Par ailleurs, la baisse des précipitations remarquées ces dernières années sur la région d'étude entraîne une perte conséquente des débits de l'Oued ce qui a favorisé la dégradation de la qualité des eaux des cours d'eaux. En réalité l'Oued reçoit également des eaux usées des villes et villages limitrophes (Guelma, Bouchegouf, Drean, El Hadjar...) et les rejets industriels. Les eaux polluées étant plus importantes en quantité font que les phénomènes de dilution ne se produisent pas et se traduisant par une dégradation de la qualité des eaux. (Djabri et al, 2004).

La Seybouse écoule 6.44 m<sup>3</sup>/s pour une superficie de drainage, résultat de la somme des deux bassins d'affluent (Charef et Bouhamdane), elle est estimée à 4049 km<sup>2</sup>, alors que oued Mellah débite 49% du module de la Seybouse à Medjez Ammar. La Seybouse prend naissance à cette confluence moyennant un débit de 9.47 m<sup>3</sup>/s sur une aire de 5955 km<sup>2</sup>, Arrivé à Mirbeck, la Seybouse génère 11.4 m<sup>3</sup>/s. On n'a malheureusement pas pu continuer la procédure (jaugeage). De ce fait la différence de 1.93 m<sup>3</sup>/s accusant la dernière augmentation a été attribuée aux nombreux petits chenaux et affluent, infestant le long de la rive gauche et droite (Meboudja...etc.) issus pour la plus part du côté septentrional de l'Atlas Tellien bénéficiant largement des influences du Nord-Ouest.

### 3.6. Conclusion :

L'étude hydrologique a été abordée par la quantification des débits au niveau de la station de Mirbeck. L'interprétation statistique et graphique des données nous a permis de saisir les variations spatiales de l'écoulement superficiel en liaison avec les données climatiques et physiographiques des sous bassins. Le régime d'écoulement de l'Oued Seybouse présente des particularités à système pluvial méditerranéen dans son ensemble, il est tributaire du régime pluvial dont les débits sont étroitement liés aux saisons (humide ou sèche) avec de forte variabilité temporelle, annuelle et surtout saisonnières et journalières. Les débits sont régis par des modes d'alimentation, et des conditions de rétention, restitution qui sont à l'origine des écarts entre les impulsions de débits et les hauteurs de pluies. On note également au niveau du bassin versant de la Seybouse un accroissement de la lame d'eau écoulee d'amont en aval.

**CHAPITRE 4 : IMPACT DES REJETS DE LA  
LAITERIE DE L'EDOUGH – ANNABA SUR L'OUED  
SEYBOUSE**

## 4. Impact des rejets de la laiterie de l'Edough sur l'Oued Seybouse

### 4.1. Introduction :

La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines. Le choix des points de prélèvement d'analyse et de mesure de la pollution est particulièrement délicat, du fait même du caractère multiple de la pollution des eaux résiduaires industrielles (Roubaty J. L. *et al.* 2007).

Généralement les problèmes environnementaux de l'industrie laitière se situent au niveau de l'eau car elle rejette de gros volumes d'eaux résiduaires à pH variable et très riches en matière organique et bactériologique [Hamdani.A 2004].

Les effluents rejetés par une laiterie avant traitement ont un pH élevé ainsi qu'une forte demande biochimique en oxygène (DBO), à cause des détergents et du lait (Moir *et al.*, 2005).

Ces effluents constituent un risque de pollution majeure, quand ils sont déversés sans traitement convenable. En effet, ils contiennent aussi de l'azote et du phosphore en concentration supérieure aux normes. Ces produits polluent les nappes et les cours d'eau et provoquent souvent un développement d'algues et de bactéries qui consomment l'oxygène de l'eau et finissent par asphyxier les rivières. Quand ces rejets percolent dans les nappes phréatiques, ils altèrent la qualité des eaux

### 4.2. Matériels et méthodes

#### 4.2.1. Lieu de prélèvement

Pour suivre le comportement de la pollution des eaux de l'oued Seybouse, nous avons choisi ou sélectionné huit (08) stations de prélèvement des échantillons (07) stations d'eau usée à et une (01) station d'eau souterraine (puits). (Figure N° 51)

A-Rejet Brut (collecteur des deux unités : Lait et Camembert)

RB : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

RB' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage à la fin du cycle de production)

B-Rejet Global : le dernier regard du canal d'évacuation d'eau usée (collecteur principal)

RG : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

RG' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

C- Dans la Conduite d'évacuation des rejets de la laiterie

CE : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

CE' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

D-Amont de la Seybouse-AMS

AMS : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AMS' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

E-Amont point de rejet au lieu-dit Segman Amar –AMR

AMR : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AMR' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

F-Zone de contact (rejet- Oued Seybouse) –ZC

ZC : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

ZC' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

G-Aval de l'Oued Seybouse (pont de Sidi Salem) -AVS

AVS : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AVS' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

H-Puits dans un champ agricole (parallèle au point C)

PT : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

PT' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

**Tableau 41: Caractéristiques des stations de prélèvement**

N°	Point de prélèvement	X	Y	Z	Distance par rapport au rejet brut de la laiterie (m) (Google earth 2015)	Observations
01	Rejet brut (RB)	36°50'36.94"N	7°45'7.38"E	11	/	Dans la laiterie de l'Edough
02	Rejet global (RG)	36°50'33.59"N	7°45'10.68"E	10	140	
03	Conduite d'évacuation en béton (CE)	36°50'24.31"N	7°45'46.56"E	8	960	Conduite d'évacuation du rejet de la laiterie vers l'Oued Seybouse
04	Zone de mélange (rejet laiterie-Oued Seybouse) (ZC)	36°50'21.90"N	7°45'59.42"E	5	1265	Dans l'Oued Seybouse
05	Amont Seybouse (Segman amar (AMS))	36°44'33.9256"	7°46'19.2786"	11	11067	
06	Amont zone de contact AMR	36°50'17.67"N	7°45'55.69"E	5	1327	
07	Aval de l'Oued Seybouse (Pont Sidi Salem (AVS))	36°51'45.65"N	7°46'3.80"E	2	2856	
08	Puits	36°50'28.13"N	7°45'47.88"E	8	/	Terre agricole

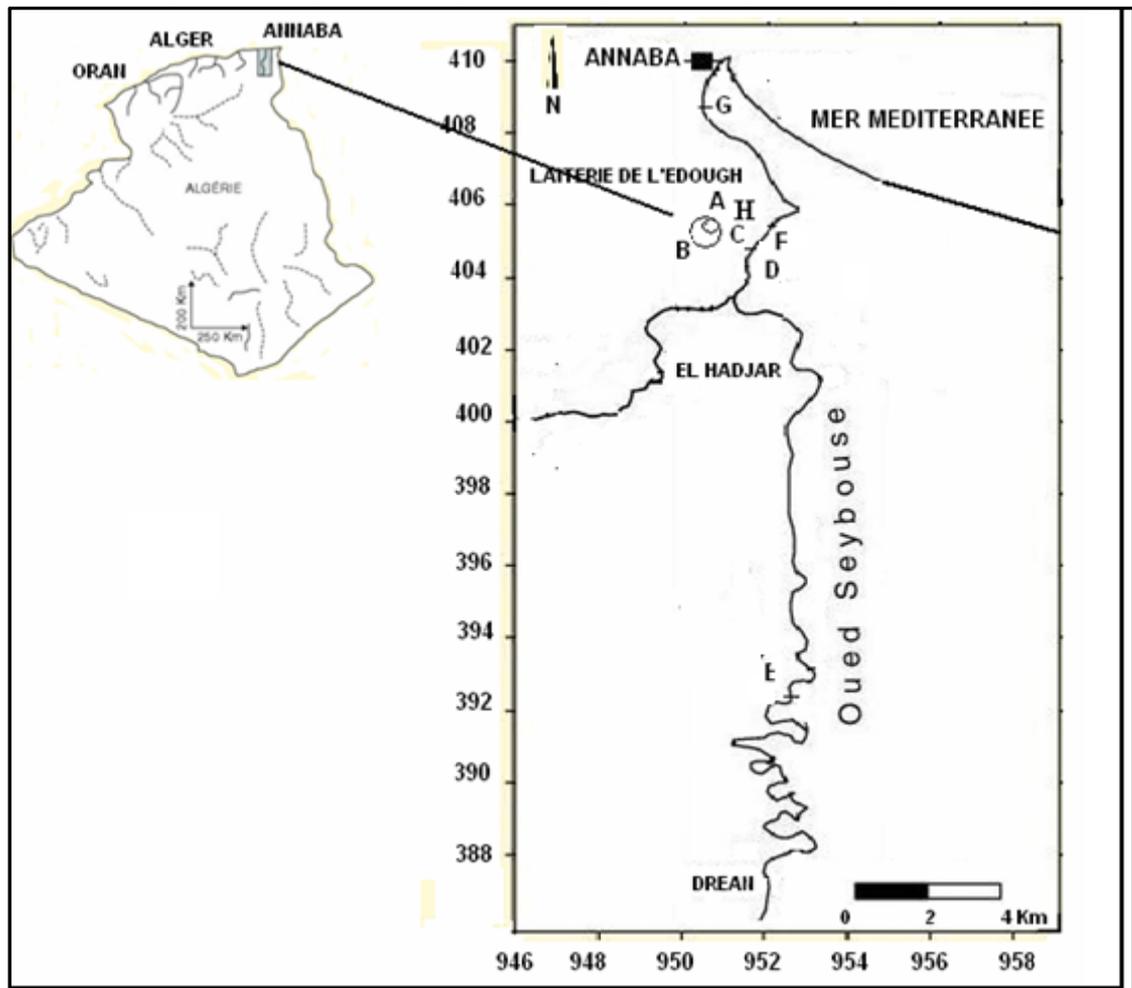


Figure 51: Localisation des points de prélèvement

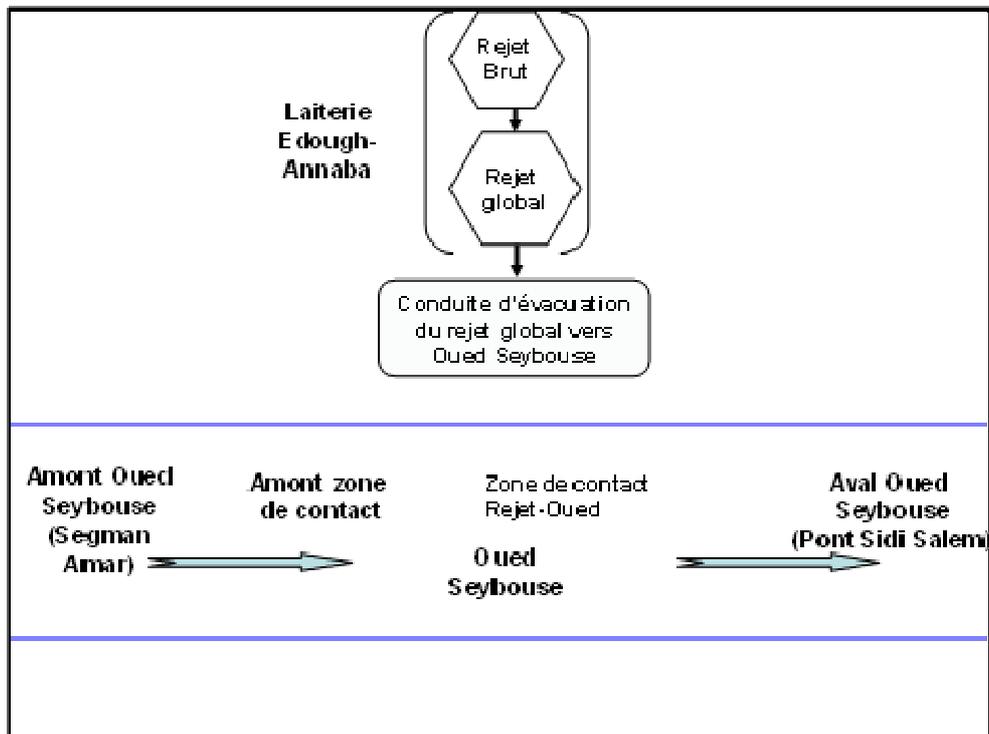


Figure 52: Parcours du rejet de la laiterie Edough vers le milieu récepteur(Oued Seybouse)

### 4.2.2. Mode et fréquence d'échantillonnage

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif du milieu d'analyse.

Quatre campagnes d'échantillonnage ont été effectuées durant une année allant du mois de mars 2011 au mois de février 2012, soit un cycle, à raison de deux prélèvements par jour: le matin vers 07 h et après la fin du cycle de production (après 8h de production et avec l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage à la fin du cycle). Les prélèvements ont été faits à l'aide d'un échantillonneur manuel avec perche (en PVC) d'une longueur de 3m; la profondeur de prise d'essai étant d'environ 20cm.

Pour l'analyse bactériologique l'échantillonnage a été fait dans des flacons stérilisés de 100 ml, et transportés à basse température (4°C) du terrain jusqu'au laboratoire (**Mémento Technique de l'Eau, 2005**).

## 4.3. Analyse physico-chimique

### 4.3.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres que nous avons sélectionnés sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux de la laiterie à savoir leur action potentielle sur le milieu aquatique du récepteur l'oued Seybouse et son environnement. Soit la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, le potentiel redox, le titre hydrotimétrique (TH), la Turbidité, les chlorures, l'azote ammoniacal, les nitrates, les nitrites, les matières en suspension MES, la demande chimique en oxygène DCO (non décantée), la demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub>, et les phosphates PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (Boeglin, 1999). Les paramètres enregistrés *in situ*, sont : le pH (potentiel d'hydrogène), la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, le potentiel redox. L'appareil de mesure est un multi-paramètres 340I- /SET WTW (Wissenschaftlich –Technische-Werkstätten GmbH & Co.KG) dont le serial Number est 03240020. -Il est doté d'une sonde de Sen Tix 41-mesure de pH et de température, d'une sonde à Oxygène dissous Cellox 325, d'une cellule de conductivité standard Tetra Con 325.

La turbidité est mesurée par un Turbidimètre portatif HI93703 t conforme aux directives de la norme CE EN-50081-1 et EN 50082-1

#### 4.3.1.1 : La température de l'eau :

Une variation de température entraîne une modification des constantes d'équilibres des éléments en suspension. Pour établir de nouveaux équilibres à la nouvelle température ambiante. La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. Ainsi, la température est à mesurer sur le terrain avec la température de l'air au même endroit et au même moment (Rodier, 2009), elle s'exprime en °C avec une précision de ± 1%.

#### 4.3.1.2 : Le potentiel d'Hydrogène pH

Il s'exprime de 0 à 14. L'eau est acide en dessous de 5 et alcaline au-dessus de 9. Un pH compris entre 6 et 8 correspond à la majorité des eaux naturelles de surface et des eaux souterraines. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples

#### 4.3.1.3 : La conductivité électrique CE

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique, sa mesure s'effectue sur le terrain le plus possible. Les résultats sont exprimés en µS/cm avec une précision ± 1%

#### 4.3.1.4 : L'Oxygène dissous O<sub>2</sub>

L'oxygène, toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre. La cause des variations de la teneur en oxygène pouvant être fonction de la présence des végétaux, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergents, etc.). Dans les milieux à faible taux de renouvellement (milieux fermés), la teneur en oxygène dissous a tendance à diminuer avec la profondeur. Quand la température s'élève, la valeur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité et à cause de la consommation par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient. Ceci favorise la réduction des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures. D'un point de vue industriel, les eaux de chaudière haute pression ne doivent pas en contenir plus de 0.3 mg/l (Rodier, 1996). L'OMS recommande que les niveaux d'oxygène dissous soient maintenus aussi près que possible de la saturation. Il s'exprime en mg/l ou en % de saturation.

#### 4.3.1.5 : Potentiel d'oxydoréduction Eh

Le potentiel d'oxydoréduction (Eh) est la mesure de la concentration des électrons en solution. Sa mesure permet de renseigner l'état d'oxydation ou de réduction d'un milieu à savoir sur l'intensité de l'activité biologique, sur l'état d'oxydation de certains éléments (Fe, Mn... etc.) et sur l'évolution de la matière organique. Ainsi la valeur positive indique un milieu oxydant en contact avec l'air (milieu aérien, aquatique superficiel ou agité), négatif, le milieu est réducteur à l'abri de l'air (milieu aquatique calme, eaux stratifiées). L'unité de mesure est le millivolt.

#### 4.3.1.6 : La Turbidité

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle contribue à réduire la photosynthèse et à abaisser la teneur en oxygène. Elle est due à la présence de matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. (Rodier, 2009). La turbidité s'exprime en unité néphélogrammétrique (NTU, Nephelometric Turbidity Unit).

Les paramètres mesurés au laboratoire avec un spectrophotomètre (HI83200) à des longueurs d'ondes spécifiques.

Les échantillons pris sur terrain sont transportés dans des glacières, et gardés parfois au réfrigérateur au laboratoire pour être analysés le jour même où le suivant après conservation spécifique (Rodier 2009).

#### 4.3.1.7 La Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques. La présence du CO<sub>2</sub> favorise cette dissolution. Elle peut se présenter sous plusieurs formes :

- La dureté totale =  $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$
- La dureté totale = dureté calcique + dureté magnésienne
- La dureté calcique  $TCa = [Ca^{2+}]$
- La dureté magnésienne  $TMg = [Mg^{2+}]$

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français) ; 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau.

#### 4.3.1.8 : Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. La méthode de dosage appliquée est titrimétrie par argentimétrie Norme NFT 90-014.

#### 4.3.1.9 : Les matières en suspensions MES :

Les matières en suspension sont déterminées en centrifugeant l'eau usée à 3000 t/20min, le culot est recueilli et séché à 105 °C (Redjeck,2002).

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets. Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène. Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies. D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.

#### 4.3.1.10 : Les Nitrates et les Nitrites

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobactéries ou aérobactéries) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas. Les nitrates et les nitrites proviennent généralement : des engrais, de l'industrie chimique, de l'industrie agroalimentaire.

La teneur en nitrates dans l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution d'origine organique

#### 4.3.1.11 : L'azote ammoniacal : (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation de la matière organique, l'azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation.

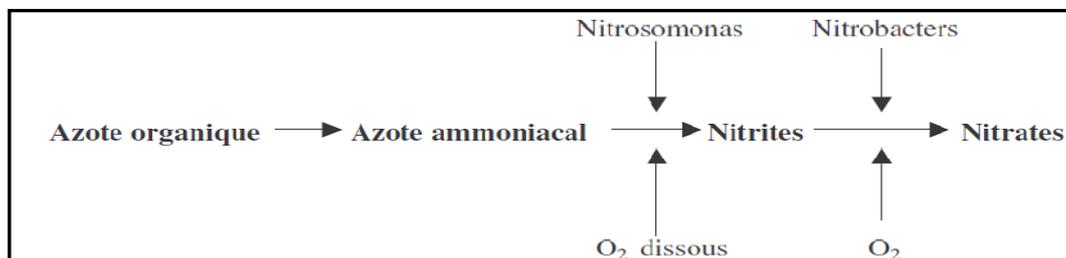


Figure 53: Oxydation de l'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine :

- la matière végétale des cours d'eau ; - la matière organique animale ou humaine ; les rejets industriels ; les engrais.

L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones aérobies dans certaines parties des réseaux de distribution, provoquant la corrosion des conduites. L'ammoniaque présente l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de

la désinfection. En ce qui concerne la toxicité de l'azote pour la faune piscicole d'eau douce, il est reconnu que ce n'est pas  $\text{NH}_4$ , mais  $\text{NH}_3$  qui est toxique et la dose toxique dépend de la température et du pH. Elle peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ \times 1 / (1 + 10^{(\text{pH} - 9.25)}) \quad ; \quad t = \text{température}$$

L'Azote ammoniacal a été déterminé par spectrophotométrie ( $\lambda = 630\text{nm}$ ) (Parsons et al 1989)

#### 4.3.1.12 : Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène exprime la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder en présence de permanganate, les substances contenues dans l'eau notamment les éléments chimiques. On a toujours un  $\text{DCO} > \text{DBO}$  car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables. La DCO est une mesure de toutes les matières organiques contenues dans l'eau naturelle ou usée, qu'elles soient ou non biodégradables. Le but recherché est de déterminer la quantité de matières oxydables (par l'oxygène) renfermée par un effluent. Ces matières oxydables peuvent être organiques (sucres, détergents, sang, matières fécales,...), ou minérales (réducteurs minéraux tels que sulfures ...).

#### 4.3.1.13 : Demande Biologique en Oxygène ( $\text{DBO}_5$ )

La demande biologique en oxygène sur cinq jours ( $\text{DBO}_5$ ) est un test qui vise à déterminer la quantité de matières organiques biodégradables (Rodier, 2009) par la mesure de la quantité d'oxygène consommé par les divers microorganismes responsables de la métabolisation des substances organiques présentes dans cet effluent. Malgré ses limites, la mesure de la  $\text{DBO}_5$  reste la technique analytique simulant de façon la plus fidèle la métabolisation des pollutions organiques dans les cours d'eau et en conséquence la technique donnant la meilleure information sur les moyens de les réduire.

On peut déterminer quatre phénomènes pouvant interférer sur la demande biochimique en oxygène :

- la présence de substances (minérales ou organiques) fortement réductrices, constituant ainsi une demande immédiate en oxygène importante dans les 10 premières heures (sulfures, sulfites, etc.) ;
- l'activité photochimique qui conduit à la production d'oxygène au sein même de l'échantillon. Cette activité parasite peut être volontairement inhibée par incubation des échantillons à l'obscurité ;
- l'action des bactéries du cycle de l'azote (nitrification) qui peut modifier dans des proportions très larges la balance en oxygène du milieu ;
- la présence de toxiques minéraux ou organiques qui peuvent inhiber totalement ou pendant une période déterminée les réactions métaboliques des enzymes intracellulaires.

La  $\text{DBO}_5$  est exprimée comme la DCO, sous la forme d'une concentration en ppm ou  $\text{mg/l}$ . En réalité, c'est surtout le rapport  $\text{DCO} / \text{DBO}_5$  qui évalue la biodégradabilité de l'effluent. Plus ce rapport est faible, moins l'effluent sera biodégradable.

La demande biochimique en oxygène en cinq jours  $\text{DBO}_5$  a été déterminée par  $\text{DBO}$ -meter Oxi Top/Box 115.

La  $\text{DBO}$  peut être caractérisée par les besoins des bactéries épuratrices. Cette valeur est d'autant plus intéressante que beaucoup de stations d'épuration épurent par voie biologique. L'évolution de la  $\text{DBO}$  permet donc en principe de suivre l'efficacité du traitement. Il a été retenu conventionnellement d'exprimer la  $\text{DBO}$  en  $\text{mg}$  d'oxygène ( $\text{O}_2$ ) consommé pendant 5 jours à  $20^\circ\text{C}$  ( $\text{DBO}_5$ ). Les facteurs influant sur la valeur de la  $\text{DBO}$  sont :

1. Un pH hors de l'intervalle 6,5-8,5 ; la DBO mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la DBO réelle. La variation de température affecte tous les processus biologiques.
2. Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.
3. Un milieu pauvre en sels nutritifs (dérivés azotés et phosphatés) entraîne une baisse de la DBO.

#### 4.3.1.14 : Les Ortho-phosphates $PO_4^{3-}$

Correspond à la fraction de phosphore qui se trouve sous forme minérale dissoute. La majorité des apports de phosphore provient de sources ponctuelles : rejets urbains ou industriels, des déjections animales provenant d'élevages industriels.

Cet élément se retrouve dans les eaux de surface et dans les sédiments sous plusieurs formes, organiques (phospholipides, phosphoprotéines, ...) et ou minérales (phosphate et poly phosphate) plus ou moins complexées.

Dans les eaux souterraines la variation de la teneur reste faible. Le dosage des phosphates (les ortho-phosphates) sont déterminés par la méthode colorimétrique en milieu acide. (Rodier, 2009).

## 4.4 Indices de pollution

### 4.4.1. Indice de pollution organique (IPO)

Afin d'évaluer le degré d'altération de la qualité des eaux de l'oued Seybouse par pollution organique, causée par les rejets, nous utilisons l'indice de pollution organique (IPO) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes (Tableau 42), puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne. On peut alors calculer la moyenne des numéros de classe. Parfois les données ne sont pas toutes disponibles. Moins de trois éléments l'indice ne peut être déterminé.

Tableau 42: Intervalle des valeurs attribuées aux quatre paramètres

N° Classes	NH4 (mg N/L)	NO2 ( $\mu$ g N/L)	DBO5 (mg O2/L)	PO4 ( $\mu$ g P/L)
5	< 0,1	5	> 2	15
4	0,1 – 0,9	6 – 10	2 – 5	16 – 75
3	0,91 – 2,4	11 – 50	5,1 – 10	76 – 250
2	2,5 – 6	51 – 150	10,1 – 15	251 – 900
1	> 6	> 150	> 15	> 900

$$I.P.O = [DBO_5 + NH_4 + NO_2 + PO_4] / 4$$

Tableau 43: Classes d'altération chimique de l'IPO

<b>Pollution Nulle</b>	5,0 < I.P.O < 4,6	Pollution organique nulle
<b>Pollution Faible</b>	,5 < I.P.O < 4,0	Pollution organique faible
<b>Pollution Modérée</b>	3,9 < I.P.O < 3,0	Pollution organique modérée
<b>Pollution Forte</b>	2,9 < I.P.O < 2,0	Pollution organique forte
<b>Pollution Très Forte</b>	1,9 < I.P.O < 1,0	Pollution organique très forte

### 4.4.2. Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979) :

Cette indice comporte 5 classes et fait intervenir l'oxygène dissous en place des nitrites. Le principe est de calculer la somme des valeurs de classe et non la moyenne (l'IPO c'est la moyenne). Les classes sont numérotées en sens inverse de celles de l'IPO : ainsi, un indice élevé correspondra à une pollution importante (Tableau 44).

Tableau 44: Intervalle des valeurs attribuées aux quatre paramètres

N° Classes	O <sub>2</sub> dis % de saturation	NH <sub>4</sub> (mg N/L)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	P <sub>total</sub> (µg P/L)
1	91 – 110	< 0,5	3	50
2	71 – 90	0,5 – 1,0	3,1 – 6,0	51 – 249
3	51 – 70	1,1 – 2,0	6,1 – 9,0	250 – 899
4	31 – 50	2,1 – 5,0	9,1 – 15,0	900 – 1499
5	≤ 30	> 5	> 15	≥ 1500

$$\text{Lisec-Index} = \Sigma \text{ des numéros de class}$$

Tableau 45: Classes d'altération chimique de Lisec index

Pollution Nulle	4 < Lisec-Index < 6	Qualité très bonne
Pollution Faible	6 < Lisec-Index < 10	Qualité Bonne
Pollution Modérée	10 < Lisec-Index < 14	Qualité moyenne
Pollution Forte	14 < Lisec-Index < 18	Mauvaise qualité
Pollution Très Forte	18 < Lisec-Index < 20	Qualité très mauvaise

**Remarque** : Calculées sur 3 paramètres au lieu de 4, les valeurs de l'indice de Lisec- Index sont multipliées par 1,33 pour ramener les valeurs à un maximum de 20.

#### 4.4.3. L'indice de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie (I.H.E)

Cet indice comporte cinq classes indiquant cinq niveaux de pollution. et fait intervenir six paramètres physico-chimiques. Les classes sont numérotées en sens de celles de l'IPO : ainsi, un indice élevé correspondra à une pollution importante (Tableau 46).

Tableau 46: Intervalle des valeurs attribuées aux cinq paramètres de l'indice IHE

N° Classes	Oxygène dis%	DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	NH <sub>4</sub> (mg N/L)	PO <sub>4</sub> (µg P/L)	P <sub>total</sub> (µg P/L)
5	91 – 110	≤ 5,0	≤ 1,0	≤ 0,05	≤ 50	≤ 50
4	70 – 89	5,1 – 10,0	1,1 – 3,0	0,06 – 0,50	51 – 100	51 – 100
3	50 – 69	10,1 – 20,0	3,1 – 5,0	0,51 – 1,00	101 – 200	101 – 200
2	30 – 49	20,1 – 50,0	5,1 – 10,0	1,01 – 2,00	201 – 400	201 – 400
1	≤ 30	> 50,0	> 10	> 2,0	> 400	> 400

$$IHE = [O_2 + DCO + DBO_5 + NH_4 + PO_4 + P] / 6$$

Tableau 47: Classes d'altération chimique de l'indice de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie

Pollution Nulle	5,0 < I.H.E < 4,6	Pollution organique nulle ;
Pollution Faible	4,5 < I.H.E < 4,0	Pollution organique faible ;
Pollution Modérée	3,9 < I.H.E < 3,0	Pollution organique modérée ;
Pollution Forte	2,9 < I.H.E < 2,0	Pollution organique forte ;
Pollution Très Forte	1,9 < I.H.E < 1,0	Pollution organique très forte.

#### 4.4.4. L'indice de pollution (Ip) Kherici, 1993

L'indice de pollution tient en considération la concentration des éléments indicateurs de pollution qui sont : Cl, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub> et O<sub>2</sub> dissous.

$$I_p = \frac{Cl + NO_3 + NO_2 + NH_4 + PO_4 + O_2}{6}$$

Trois classes existent :

- I > 15 : pollution excessive
- 10 < I < 15 : pollution moyenne
- I < 15 : pas de pollution

#### 4.5. Détermination du Taux de matière grasse (MG)

La détermination de la matière grasse a touché seulement le rejet brut de la laiterie de l'Edough, le dosage de cette matière a été fait au niveau du laboratoire de l'observatoire national de l'environnement et du développement durable (ONEDD)-Annaba. La teneur en matière grasse est exprimée en (g/l) est obtenu par la lecture de la graduation sur le butyromètre.

#### 4.6. L'analyse bactériologique

##### 4.6.1. Introduction

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes :

- ❖ Origine purement aquatique
- ❖ Origine terrestre
- ❖ Origine animale ou humaine : Ce sont des germes de contamination : le plus souvent fécale ; parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est alentours de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique.

##### 4.6.2. Les coliformes

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, oxydase, aérobies ou anaérobies capable de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose, avec une production d'acide et de gaz en 48h à une température de 35-37 °C.

##### 4.6.3. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des bactéries utilisées comme indicateur de la pollution microbiologique d'une eau. Ces bactéries proviennent des matières fécales produites par les humains et les animaux à sang chaud :

- Coliformes d'origine fécale rencontrés habituellement dans les matières fécales des humains ou animales, les eaux usées, les eaux de surface polluées telles que : *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*
- Coliformes à des espèces nouvelles qui proviennent uniquement des eaux d'alimentation (potable) et des sols incultes (*Enterobacter amnigenus* ; *Serratia fonticola*)

##### 4.6.4. Les Streptocoques fécaux

Ayant la particularité de se multiplier dans des conditions hostiles de croissance (Température ; pH) on distingue deux genres

- *Streptococcus*
- *Enterococcus*

Pour contribuer à l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la laiterie et les eaux de l'Oued Seybouse, l'analyse bactériologique comporte quatre dénombrements effectués par culture bactériologique, il s'agit des germes totaux GT, des coliformes totaux CT, des coliformes fécaux CF et des streptocoques fécaux SF. La totalité des analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie département de Biologie de l'université du 08 mai 1945 de Guelma. Quatre (04) stations de prélèvement des échantillons d'eau usée analysés ont été sélectionnées comme suit :

1. Rejet global (Dernière regard du canal d'évacuation d'eau usée (Collecteur principal)
2. Zone de contact effluent de la laiterie- Oued Seybouse.

3. A l'Amont du point de rejet (Zone de contact effluent laitier-Oued Seybouse)
4. A l'Aval de l'Oued Seybouse (Pont de Sidi Salem).

Le mode et la fréquence d'échantillonnage est similaire à ceux appliqués aux paramètres physico-chimiques

La méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation des tubes en milieu liquide a été utilisée pour la recherche des germes (Joly et Raynaud, 2003).

Les GT, sont recherchés par la méthode des tubes multiples, en milieu liquide (bouillon nutritif) selon le protocole mis par l'institut de Pasteur (1981). Le dénombrement est effectué selon le NPP ces analyses ont été réalisées au laboratoire de microbiologie du département de biologie à l'université de Guelma.

Les SF et les CF sont recherchés respectivement en milieu liquide de Rothe et en bouillon lactose BCPL. Le dénombrement est effectué à l'aide de la table de Mac-Crady qui permet le calcul du nombre le plus probable (NPP). Les techniques d'analyses sont décrites dans le manuel « standard methods of examination of water and wastewater 1966 ». La recherche des Staphylocoques a été faite sur le milieu de Chapman gélosé.

#### 4.7. Indices de qualité bactériologique

##### 4.7.1. Indice de Qualité Microbiologique (IQM)

L'indice de Qualité Microbiologique est calculé en se basant sur les concentrations de trois germes (Tableau 48):

- Les Germes Totaux /ml
- Les Coliformes fécaux /ml
- Les Streptocoques fécaux /ml

La moyenne des classes fait ressortir l'indice de qualité microbiologique

$$I.Q.M = (\text{Germes totaux} + \text{Coliformes fécaux} + \text{Streptocoques fécaux})/3$$

Tableau 48: Intervalles des paramètres de l'IQM

Classe	Germes Totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux
05	<2000	<100	<5
04	2000 - 9000	100 - 500	5 - 10
03	9000 - 45000	500 - 2500	10 - 50
02	45000 - 360000	2500 - 20000	50 - 500
01	>360000	>20000	>500

Tableau 49: Classes de l'indice IQM

Classe	Indice de Qualité Microbiologique	Contamination fécale
05	4.3 - 5	Nulle
04	3.5 - 4.2	Faible
03	3.7 - 3.4	Modéré
02	1.9 - 2.6	Forte
01	1.0 - 1.8	Très forte

##### 4.7.2. Indicateur de pollution fécale (ICF) :

Pour déterminer l'indicateur de pollution fécale (ICF) on calcule le rapport Coliformes fécaux/streptocoques fécaux CF/SF qui permet de qualifier la nature de la pollution fécale :

\*Origine humaine

\*Origine animale (Bornert,1998)

- Si ce rapport est supérieur à 1 la pollution fécale est de nature humaine
- Si ce rapport est inférieur à 1 la pollution fécale est de nature animale.

#### 4.8. Traitement des résultats physicochimiques

Pour arriver à voir l'impact des eaux usées de la laiterie de l'Edough sur l'oued Seybouse, nous avons essayé d'utiliser plusieurs méthodes de traitement des données (voir diagramme)

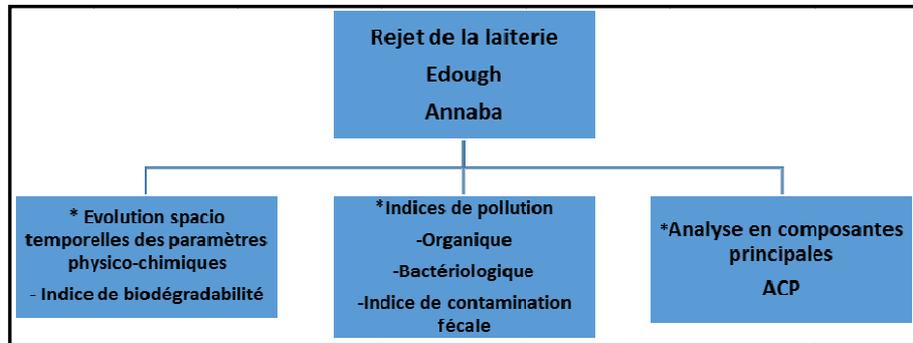


Figure 54: Diagramme des méthodes de traitement des données

##### 4.8.1. Evolution spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques

###### 4.8.1.1 Température

Le suivi de la mesure de la température de rejets de la laiterie, à raison de deux mesures par jour, a permis de dresser un histogramme de variation dans l'espace et dans le temps (Fig.55) ; on remarque que l'effluent brut de la laiterie (RB, RB') présente les valeurs élevées de température variant entre 32°C- 35°C. Elles sont dues aux eaux chaudes de rinçage des deux ateliers de production, la réglementation algérienne fixe la norme à  $\leq 30$ , Cette température accélère le processus d'acidification par fermentation du lactose en acide lactique et favorise la formation d'une biomasse bactérienne importante. La température élevée freine aussi la vie aquatique des organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique dont leurs activités vitales ralenties (Meinck et al., 1977). Par contre on note une baisse considérable de la température au niveau du collecteur principal.

Au niveau de l'oued, durant la première campagne (mars 2011) la température de l'Oued Seybouse, on note une variation en fonction de la période de prélèvement (régime climatique) augmentation remarquable de la température atteignant parfois les 30°C (Août 2010). D'après la grille d'appréciation de la qualité des eaux de rivières (Monod, 1989) la qualité d'eau requise est médiocre à mauvaise. L'évolution de la température d'un cours d'eau reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie la durée de l'ensoleillement le débit et la profondeur (Mc Neely et al, 1980). On définit un gradient décroissant de la température lors de l'arrivée des eaux chaudes de lavage entre le rejet brut et global et les autres stations. Cependant la température de l'eau au niveau du puits varie selon le régime climatique, elle peut atteindre 27 °C au mois de Juillet avec un minimale 15 °C en décembre.

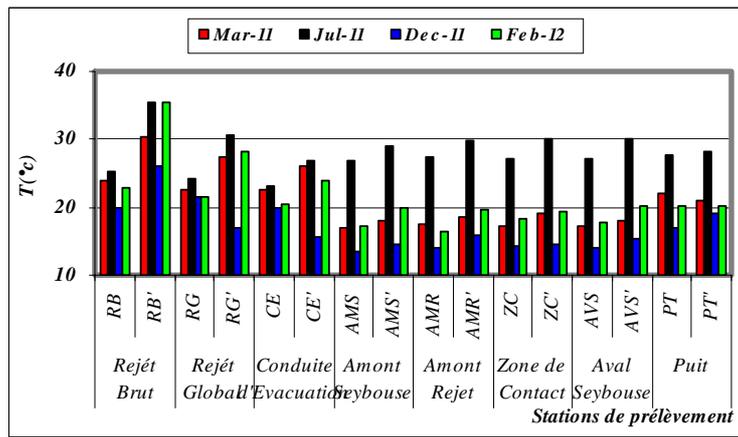


Figure 55: Variations spatiotemporelles de la température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (Chapman et al., 1996).

#### 4.8.1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Dans les eaux naturelles les valeurs du potentiel d'hydrogène varient entre 6 et 8,5 (Chapman et al. 1996). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'été, lorsque l'évaporation est importante (Meybeck et al, 1996).

L'abaissement du pH résulte de l'activité bactérienne qui décompose la matière organique (Ansa-Asare et al, 1999 ; Neal et al.,2000 a).

L'effluent brut occasionne un minimum de pH de 3 et un maximum 10 (Fig.56) . Ces variations seraient liées au surdosage en produits de nettoyage acido-basique (Merin et al, 2002), la réglementation algérienne en eau usée tolère des valeurs de pH de 6.5 à 8.5. (J.O, 2006) et la teneur élevée en lactose (Yahi, 2008). Le pH du rejet global tend vers la neutralité d'où l'existence d'un gradient croissant

Une telle amplitude de pH est préjudiciable à l'environnement et au réseau en béton Elle aura aussi une conséquence néfaste pour la faune et la flore aquatique dont le pH de croissance se situe entre 6 et 7,2 (Meinck et al, 1977)

Le pH est indissociable des valeurs de la température, de la salinité et du taux du CO<sub>2</sub> (Nisbet et Verneau, 1970), ainsi il a été démontré que la minéralisation de la matière organique provoque une chute du pH (Goterman, 1995). L'Oued Seybouse présente des pH normaux variant de 6 à 8 traduisant un milieu neutre. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9.

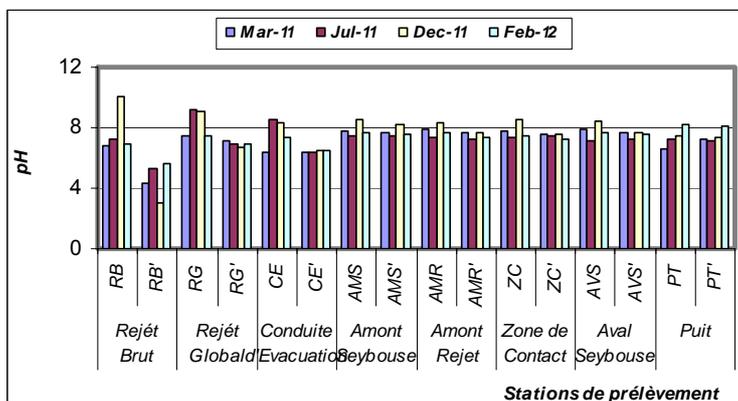


Figure 56: Variations du potentiel d'Hydrogène

#### 4.8.1.3. La conductivité électrique (CE)

D'après la grille d'appréciation de la qualité des eaux de rivières (Monod, 1989) les eaux de l'Oued Seybouse ont tendance d'être passable à médiocre par contre on observe une baisse de la conductivité électrique avant l'arrivée des de lavage et de rinçage pour l'effluent brut de la laiterie de 662  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 787  $\mu\text{S}/\text{cm}$  on note des valeurs élevées de 1826  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 2020  $\mu\text{S}/\text{cm}$  probablement dû à l'arrivée des eaux chaudes de lavage (Fig.57). Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Bremond et Perrodon, 1979). D'autre part, Debièche, 2002, a enregistré au niveau de l'Oued Seybouse quela conductivité moyenne de 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  par contre les valeurs extrêmes sont de 880 à 3800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dues aux apports pluvieux qui diluent les concentrations, et à l'effet de la dissolution des évaporites à l'amont de l'Oued.

L'augmentation de la minéralisation en période estivale serait favorisée par la diminution du débit de l'eau en faveur de la prédominance des rejets fortement minéralisés et à l'accélération du processus bactérien de la minéralisation de la matière organique (Silva et Sacomani, 2001).

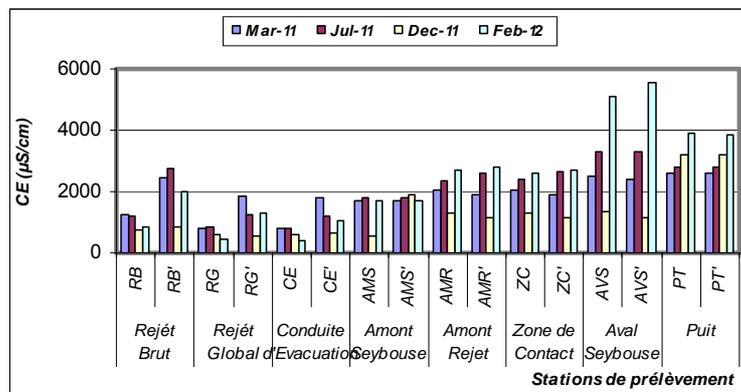


Figure 57: Variations de la Conductivité électrique

#### 4.8.1.4. L'Oxygène dissous :

L'effet principal d'un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel est la consommation progressive de l'oxygène qui en résulte. L'oxygène est un élément fondamental du maintien et du développement de la flore et de la faune présentes dans le milieu naturel, la détermination de la  $\text{DBO}_5$  a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'estimer les effets (Rejeck, 2002). L'oxygène constitue un excellent indicateur du fonctionnement du plan d'eau l'Oued Seybouse présente des teneurs faibles en oxygène dissous inférieur à 4  $\text{mg}/\text{l}$  (Fig.58).

Plus le l'Oued occasionne des températures élevées, plus sa concentration d'oxygène dissous aura tendance à diminuer une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude (Hébert et Légaré, 2000). Une eau appauvrie en  $\text{O}_2$  peut à ce titre être considérée comme polluée. Cependant le rejet de la laiterie présente des concentrations qui varient de 0.29 à 0.34  $\text{mg}/\text{l}$  Cependant on assiste à une augmentation de l'Oxygène dissous au niveau l'effluent brute de la laiterie 7.51  $\text{mg}/\text{l}$  liée à l'arrivée des eaux de lavage et de rinçage des deux ateliers de production, caractérisant une arrivée d'eau usée riche en oxygène dissous et en matières organiques dissoutes. Dans tous les cas, les teneurs en oxygène obtenues peuvent encore diminuer dès que la dégradation de la matière organique et la multiplication des micro-organismes aérobies s'amorcent. Si les teneurs en concentration d'au moins 4  $\text{mg}/\text{l}$ .

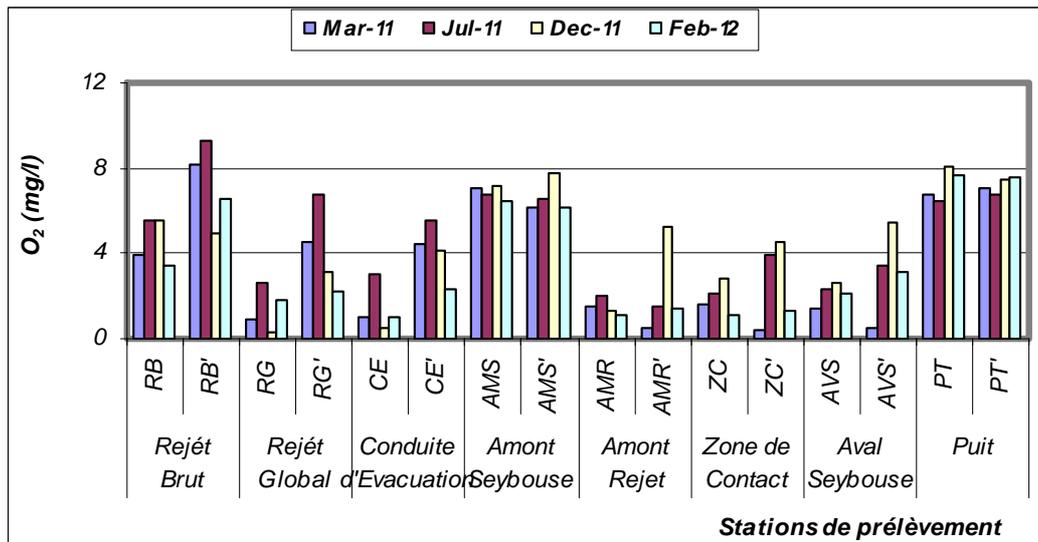


Figure 58: Evolutions spatiotemporelles de l'Oxygène dissous

4.8.1.5. Le potentiel redox :

Le potentiel redox affiche deux tendance, une vers le réducteur (milieu anaérobie) dans la période d'avant lavage ou il atteint des valeurs de -135mV à -110 mV pour le rejet brut et la conduite médiane dans l'oued Seybouse. Ce potentiel est toujours négatif avec -50 Mv. Cependant le milieu dans le puits est constamment oxydant durant le processus de nettoyage NEP le milieu est riche en oxygène avec l'arrivée des eaux de lavage les valeurs du potentiel redox s'oscillent entre 10mV à 125mV (Fig.59).

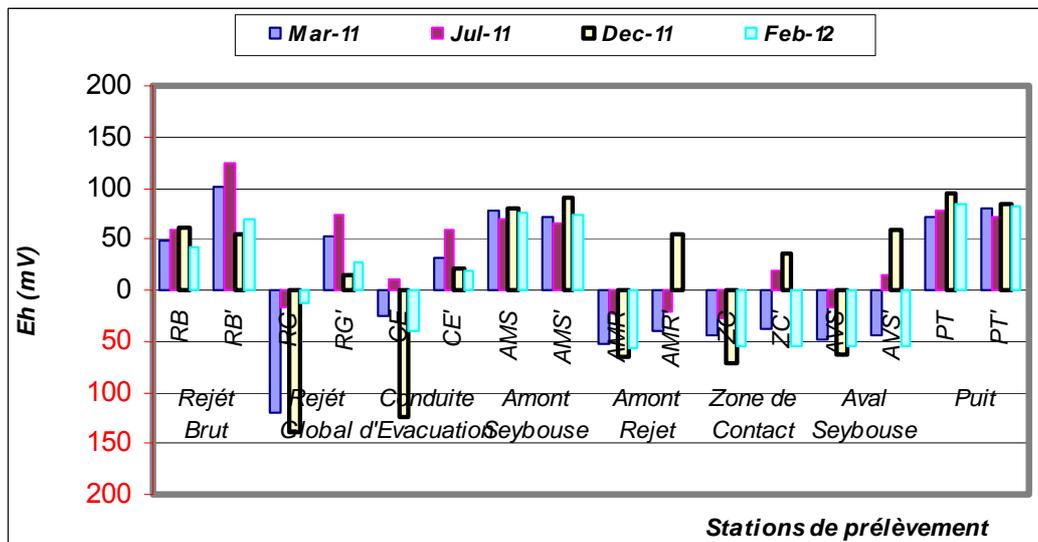


Figure 59: Evolutions du potentiel redox

Relation entre le potentiel redox et potentiel d'Hydrogène :

Pour mieux apprécier la relation entre le potentiel d'hydrogène et le potentiel redox nous avons fusionné les quatre campagnes en deux grandes campagnes l'une avant lavage et l'autre après lavage ce qui nous a permis de bien illustrer cette relation et définir le milieu oxydant et le milieu réducteur en fonction du potentiel d'hydrogène qui soit acide, neutre ou alcalin (fig. .60).

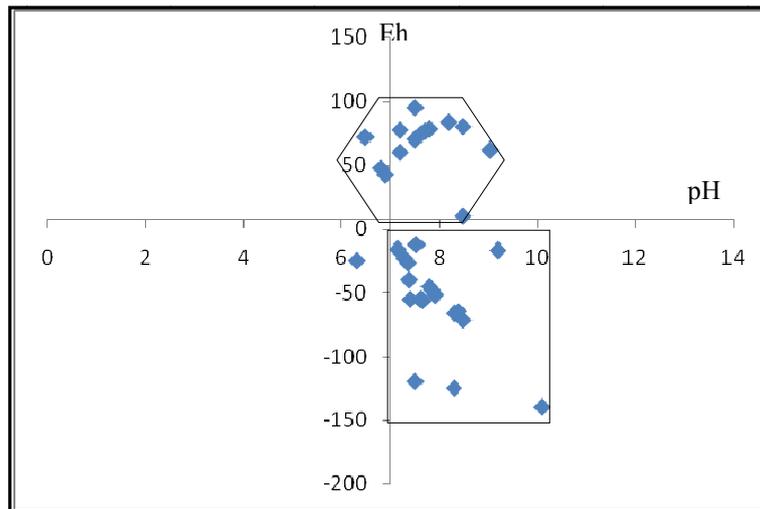


Figure 60: Répartition des potentiels redox avant le lavage et le nettoyage (CIP)

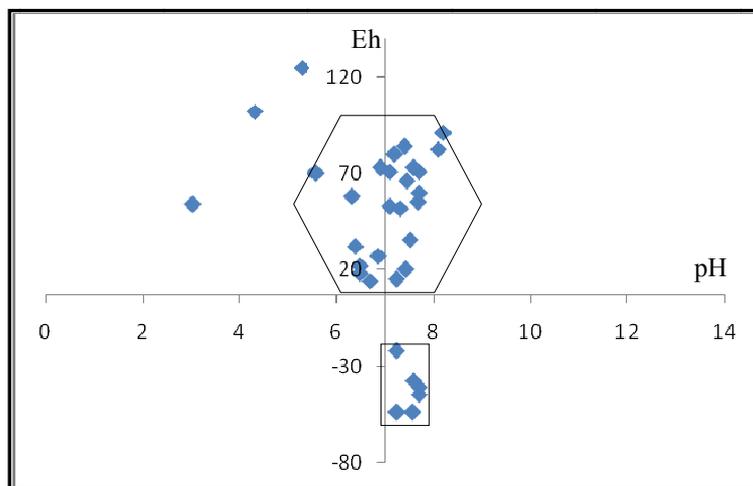


Figure 61: Répartition des potentiels redox après le lavage et le nettoyage (CIP)

On constate que durant la phase lavage et rinçage (fig.61) la concentration du nuage de points se trouve dans la partie positive des deux axes avec un pH neutre à légèrement basique et des valeurs d'oxydoréduction positives (milieu oxydant). Cette situation est due probablement à l'arrivée des eaux de lavage riche en oxygène. La phase avant lavage est caractérisée par deux ensembles de nuages l'un similaire à celui rencontré à la phase lavage et rinçage (milieu riche en oxygène), l'autre caractérisé par des Eh négatives (milieu réducteur).

#### 4.8.1.6. La Turbidité :

On note des pics de turbidité au niveau le rejet brut qui peuvent atteindre 1450 NTU le rejet global occasionne des turbidités moyennement élevées de l'ordre de 1000 NTU lors opérations de lavage, la turbidité dans la conduite médiane et la zone de mélange est appréciable est peut atteindre entre 1000 à 1100 NTU cette tendance est à la baisse dans les autres stations et s'affaiblit dans le puits domestique. On note qu'une eau turbide est une eau riche en matières en suspension.

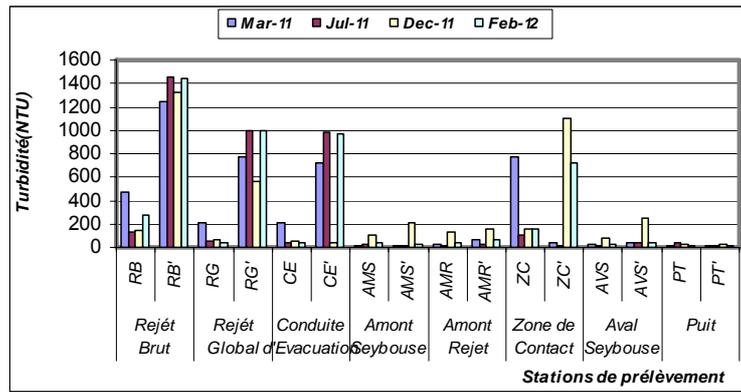


Figure 62: Variations spatiotemporelles de la Turbidité

4.8.1.7. Le titre hydrotimétrique TH

Le rejet de la laiterie de l'Edough (brut et global) occasionne respectivement des duretés élevées qui peuvent atteindre 270 °F à 152 °F (période de lavage) due à la composition chimique du lait et dérivés (Lait fermenté et le Camembert) riche en Calcium et magnésium (Fig.63) .Dans l'oued Seybouse cette dureté est considérable on signale 80°F dans la zone de contact et de 70 °F l'aval de l'oued. (Pont Sidi Salem). Le graphe fait ressortir une courbe en forme « U » Toute fois le puits affiche des duretés qui semblent élevées qui résulte du contact des eaux souterraines avec les structures rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dissout par les roches carbonatés ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés

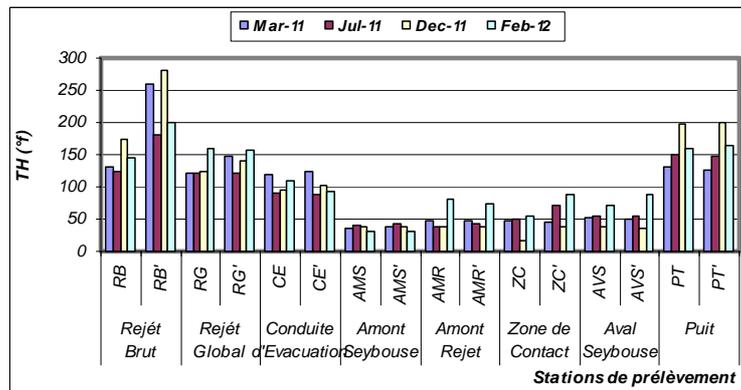


Figure 63: Variations spatiotemporelles du titre Hydrotimétrique

4.8.1.8. Les Chlorures

Le rejet brut est très riche en chlorures ou on enregistre des concentrations remarquables (4000 mg/l) cela est dû aux rejets saumures de l'atelier de fromagerie notamment au lactosérum (NaCl 2.5 à 7.5 g/l (Sottiez, 1990) et aux produits de stérilisation (eau javellisée) (Fig.64) Le lait contient des sels à l'état dissous, sous forme notamment de phosphates, de citrates et de chlorures de calcium, magnésium, potassium et sodium.

Les saumures de fromageries contiennent divers solutés provenant du fromage ; elles peuvent même être contaminées par des micro-organismes (pathogènes ou non) résistants aux concentrations élevées en sel (Pedersen, 1992) ; une saumure peut contenir 17–23% de Chlorures de sodium (NaCl).

Tableau 50: Composition de la matière saline (en g par litre de lait)

Paramètre	Mg	Na	Ca	K	S	P	Cl
Concentration g/l	0,12	0,58	1,23	1,41	0,30	0,95	1,19

Cette concentrations diminue dans le rejet global a causé da la dilution pour et l'arrivée des eaux de lavage. Le milieu récepteur (l'Oued Seybouse) présente des valeurs qui dépassent la norme française (100 mg/l Rejeck 2002) cela est dû à l'existence des formations bicarbonatées à l'amont (Djabri, 1996) et à la pollution anthropique.

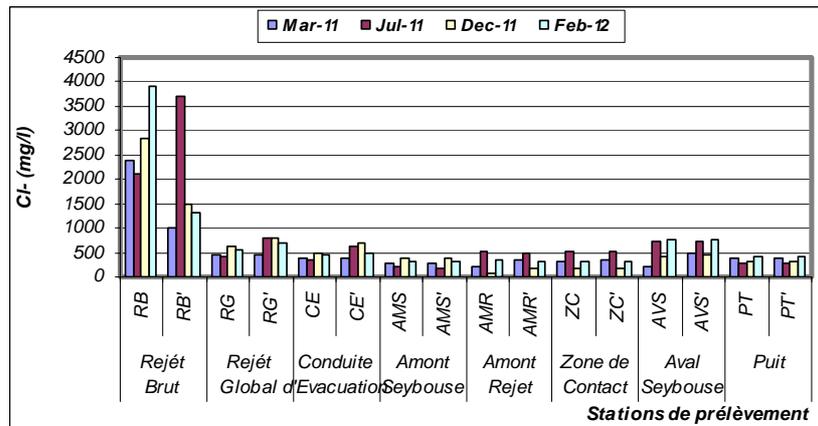


Figure 64: Variations spatio-temporelles des chlorures

4.8.1.9. Les matières en suspension :

La figure 65 montre que l'effluent brut de la laiterie est caractérisé par des teneurs qui varient de 46 à 433 mg/l en matières en suspension et qui dépassent largement la norme algérienne requise (40 mg/l).

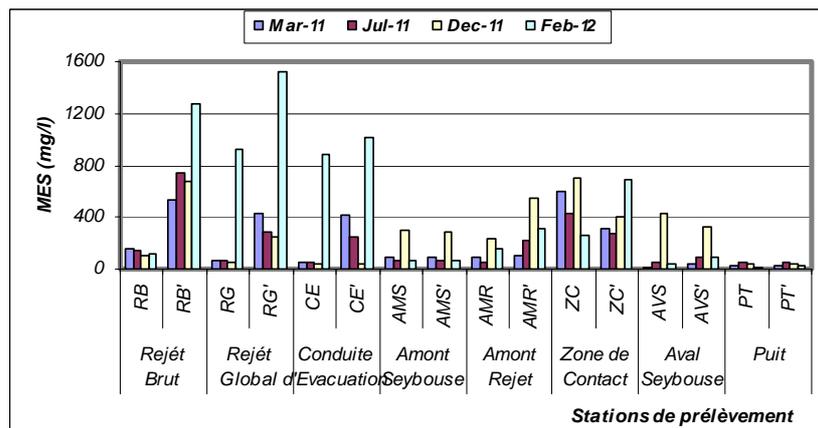


Figure 65: Variations spatio-temporelles des matières en suspension

On note une croissance de ces dernières lors de l'arrivée des eaux de lavage riche en matières en suspension. Le milieu naturel (L'Oued Seybouse) dans la zone de mélange accuse des valeurs très élevées (600 mg/l à 700 mg/l) lors de la campagne de mars 2011 et février 2012. Ces teneurs élevées peuvent être le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en MES peut être attribuée à une intense érosion du bassin versant de la Seybouse, suite à des pluies orageuses brutales qui occasionnent une augmentation des matières en suspension.

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légare, 2000). (Hazourli et al., 2007) indique une valeur de 598 mg/l pour le rejet de la laiterie. La présence de ces MES dans les différents rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d'égouts (Badia Gondard, 1996). D'autre part, elle peut causer des nuisances telles que les dépôts de boue et le colmatage des fonds aquatiques récepteurs, ces boues décantées sont néfastes au maintien des édifices biologiques naturels (Meinck et

al.,1977;Sachon, 1980b). Une hausse de MES est généralement accompagnée par une hausse de la turbidité. La matière en suspension présente dans la transformation d'un litre de lait en fromage est de l'ordre 1,9g/l (Lefrileux, 1991) sur la base de cette donnée on peut estimer les MES régénérés par la laiterie à 60.11T/an.

**4.8.1.10. Les Nitrates :**

Les concentrations de l'eau souterraine présentées par le puits avoisinant présente une composition chimique riche en nitrates (60 mg/l) et qui dépassent largement la norme algérienne requise, une telle concentration est due aux engrais chimiques (NPK).Cependant le rejet brut et le rejet global indique des concentrations entre 20 à 30 mg/l.la teneur en nitrates pour conduite d'évacuation, amont Seybouse, amont point de rejet et zone de contact varie de 5 mg/l à 20 mg/l. cette concentration est très faible à l'aval du Seybouse. Debièche (2002) indique des valeurs similaires à celles observées.

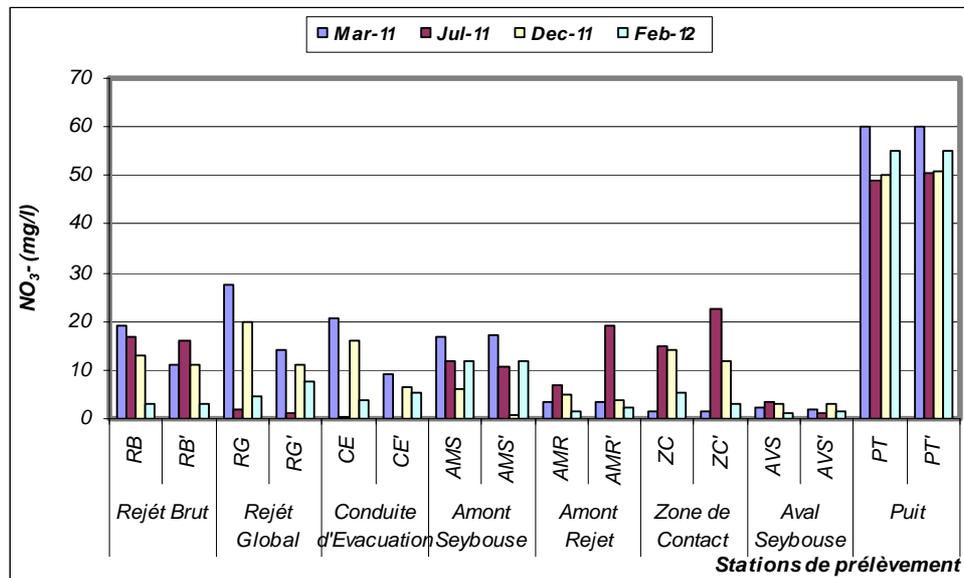
**Tableau 51: Variations des concentrations Nitrates, Nitrites et Ammonium février-Décembre 1999 (Debieche, 2002)**

Paramètres		Eaux de surface						Nappe superficielle			Nappe des graviers		
		Oued Seybouse			Oued Meboudja			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>						
Paramètres statistiques	Max (mg.l <sup>-1</sup> )	75	3	14	75	3	178	550	1,3	0,9	82	1,8	3,3
	Moy (mg.l <sup>-1</sup> )	5	0,5	2	5	0,9	40	54	0,16	0,15	9,6	0,13	0,4
	Min (mg.l <sup>-1</sup> )	0	0,1	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0
	Ecart type	13	0,6	4	4,3	0,8	42	94	0,1	0,3	16	0,2	0,7
Teneures naturelles	Intervalle	0 - 4	0 - 0,4	0 - 0,4	0 - 6	0 - 0,3	0 - 20	0 - 40	0 - 0,13	0,1	0 - 15	0 - 0,2	0 - 0,2
	Valeur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normes		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 50 ; NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 0,1 ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0,5 (1)						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 100 ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0,25 (3)					
Appareillage		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0 - 30 ; NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 0 - 0,35 ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0 - 3 (A)						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +/- 0,1 ; NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +/- 0,01 ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +/- 0,01 (B)					

Les concentrations des NO<sub>3</sub> les plus élevées sont conséquences des activités humaines diverses (rejets domestiques et industriel, emploi des fertilisants,élevage intensif) qui sont responsables de l'augmentation des concentrations des nitrates.

Meybeck et Pourriot (1995)proposent une teneur naturelle médiane dans les eaux naturelles de 0.1mg/l de NO<sub>3</sub> et ce en l'absence de toute activité humaine.

L'activité nitrifiante ne pourra se développer que lorsque la concentration en demande biochimique en Oxygène DBO5 est inférieure à 50mg/l (Grosclaude, 1999).



**Figure 66: Variations spatiotemporelles des nitrates**

**4.8.1.11. Les Nitrites :**

A l'exception du rejet brut qui annonce des concentrations en nitrites très faibles par rapport aux autres stations 0.08 mg/l pendant production et après lavage. Cette teneur peut atteindre 1.19 mg/l à 0.6 mg/l, une concentration au-delà de 0.1 mg/l indique un milieu pollué.

Nisbet et Verneaux (1970) indiquent des valeurs plus sévères, l'intervalle de la tolérance est très limitée avec teneurs en nitrites proposées :

- ▶ 0.03 mg/l NO<sub>2</sub> : la pollution est sensible
- ▶ ≥ 0.3 mg/l de NO<sub>2</sub> : la pollution est critique

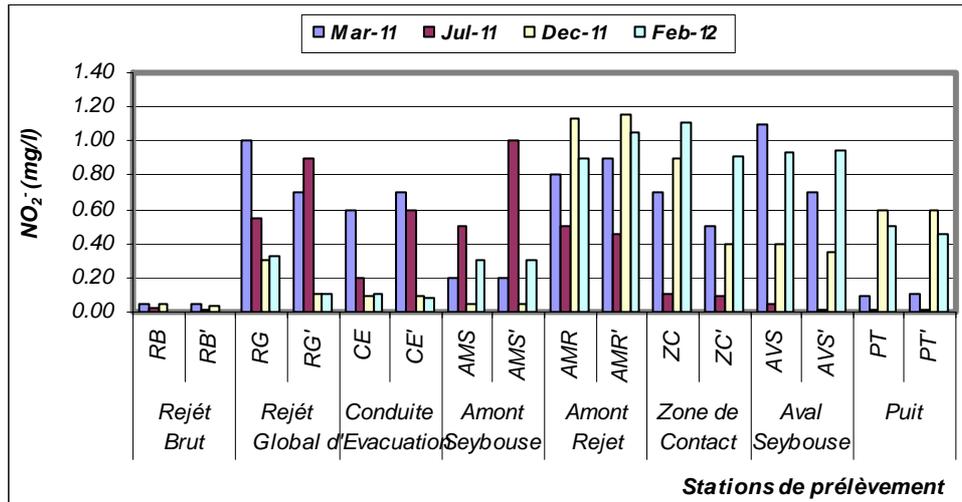


Figure 67: Variations spatiotemporelles des Nitrites

**4.8.1.12. L'Azote ammoniacal :**

Pourriot et Meybek (1995), considère que les eaux naturelles ont une teneur de l'ordre de 0.015mg/l en NH<sub>4</sub>. En générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammonium. Malgré des décennies d'efforts pour diminuer les rejets de polluants dans l'environnement, le sur enrichissement des milieux aquatiques par les éléments nutritifs demeure un problème important (Chambers *et al.*, 2001).

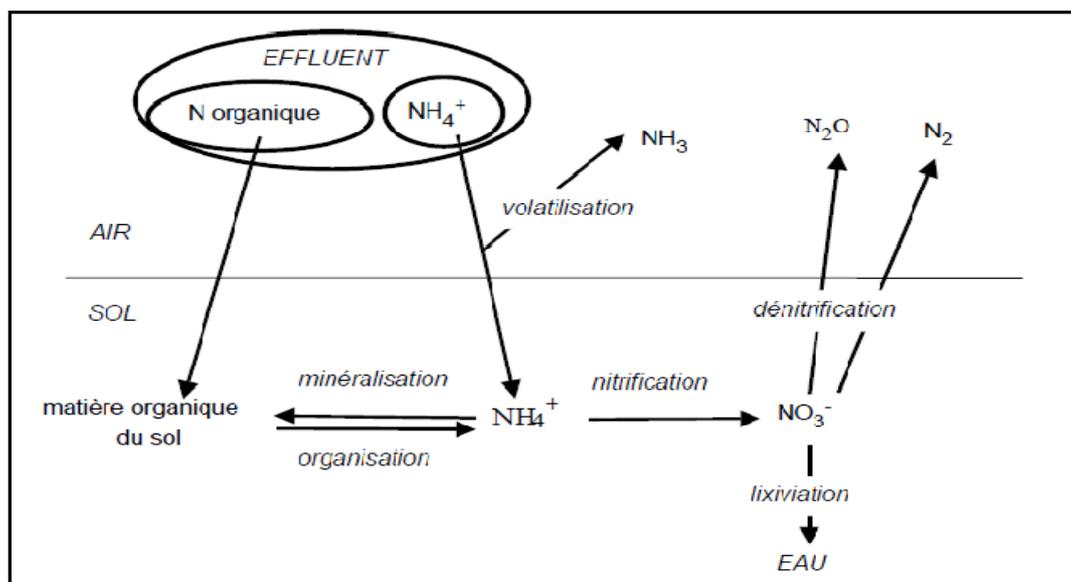


Figure 68: Principaux processus impliqués dans la transformation des formes d'azote contenus dans des effluents et déchets

L'Azote ammoniacal est la forme organique soluble présente de l'azote dans un effluent de laiterie. Sa teneur est relativement faible par rapport à la concentration en matière organique et le rapport DBO/Azote ammoniacal est souvent proche de 100/5 (Moletta et Torrijos, 1990b). On distingue deux groupes de matières azotées dans le lait : les protéines et les matières azotées non protéiques. Les protéines (32,7 g/L), parmi lesquelles la caséine (80%), le rejet brut de l'après lavage occasionnent d'importante concentration en ammonium qui dépassent les 60 mg/l. Cela est dû aux eaux de nettoyage et rinçage des deux ateliers de production de lait et fromage. Cette tendance semble conservée au niveau du point de rejet global de la laiterie. L'amont et l'aval de la Seybouse font apparaître des concentrations moyennes de 20 à 40 mg/l. Debieche (2002) indique un max de 14 mg/l dans l'oued de la Seybouse. Les sites pollués par la matière organique sont aussi pollués par l'ammonium dont les teneurs augmentent avec l'augmentation de la température et avec la diminution de l'oxygène dissous (Martin, 1979).

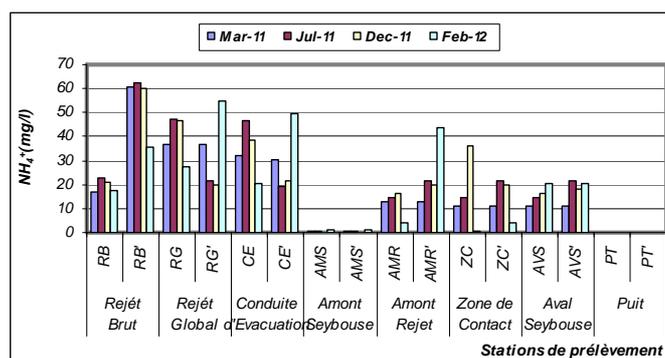


Figure 69: Variation spatiotemporelle de l'azote ammoniacal

#### 4.8.1.13. Demande chimique en oxygène DCO

Les teneurs en DCO pour l'effluent de la laiterie dépassent la norme algérienne requise (120 mg/l) elles sont de l'ordre de 1 g/l à 2.25 g/l. On souligne que lors de l'arrivée des eaux de lavages des ateliers de production riche en matière organique la DCO augmente pour atteindre des valeurs allant de 1041 mg/l à 2048 mg/l. Khouidir et al, 1997 indique une valeur de l'ordre de 6000 mg/l. de pour le complexe laitier d'Alger "Colaital". On sait qu'un litre de lait transformé induit 60 g de DCO dont 50 g issus du lactosérum et seulement 10 g des eaux blanches.

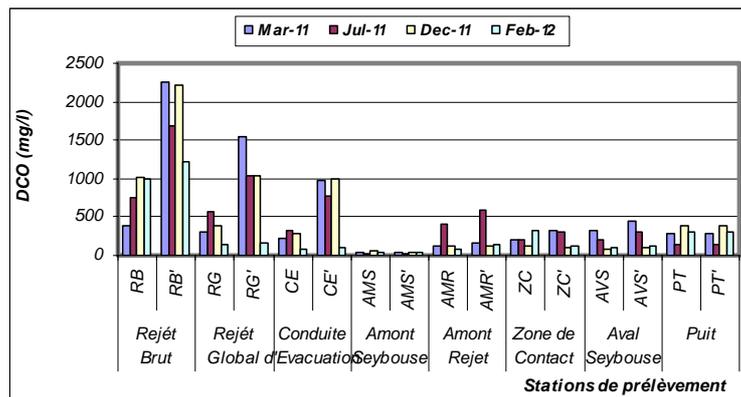
Le lactosérum est un résidu des processus de transformation du lait en fromage, compte tenu de sa concentration en DCO (7 g /l) il représente la majeure partie de la charge polluante émise (80 à 85 %), le lactosérum constitue un excellent milieu de culture pour les microorganismes ce qui fait de lui un facteur de pollution redoutable (Agnes, 1986) il affecte les structures physiques et chimiques du sol, la vie aquatique en captant l'oxygène dissous (Penesar et al.,2007)

**Tableau 52: Quelques composés chimique du lactosérum de la fromagerie de l'Edough-Annaba (Belaska, 2005)**

Composé	Concentration (g/l)
Calcium	0.36
Magnesium	0.94
Sodium	0.43
Potassium	1.96
Chlorures	1.95
Phosphates	0.072
Matières grasses	3.5

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est de l'ordre de plusieurs tonnes / an pour un même site et favorisent la prolifération des algues, ce qui épuise l'oxygène dissous et entraîne des dégâts au niveau de l'habitat naturel des poissons (Carta-Escobar et al., 2004).

L'attitude de la DCO dans l'oued Seybouse tend à la baisse mais en conservant toujours des concentrations qui dépassent la norme et indiquent une qualité d'eau polluée.



**Figure 70: Variations spatiotemporelles de la demande chimiques en oxygène**

#### 4.8.1.14. Demande biochimique en oxygène

L'effet principal d'un rejet de matière organiques biodégradables dans le milieu naturel est la consommation progressive de l'oxygène qui en résulte .l'oxygène est un élément fondamental du maintien et du développement de la flore et de la faune présentes dans le milieu naturel, la détermination de la DBO<sub>5</sub> a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'estimer les effets (Rejsek, 2002)

La DBO<sub>5</sub> exprime la quantité d'oxygène dissous nécessaire à la dégradation biologique de la matière organique d'une eau. Elle est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes. L'effluent laitier brut révèle des teneurs importantes en DBO<sub>5</sub> (780 .77mg/l à1288 mg/l) qui dépassent toute norme requise, on note une élévation importante de DBO<sub>5</sub> la lors de l'arrivée des eaux de lavage riche en matière organique, un litre de lactosérum peut contenir de 35 à 60 g/l en DBO (Goursaud, 1985). Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> du rejet laitier sont significatives d'une charge organique importante. Il est à noter que ces valeurs moyennes sont élevées par rapport aux eaux usées domestiques des zones industrielles (CNERU, 1980).

Le système naturel affiche gradient décroissant des concentrations qui se développe de l'amont du point de rejet vers l'aval de l'oued créant une sorte d'autoépuration dans l'oued. D'après Chapman et al. (1996), la DBO<sub>5</sub> des eaux naturelles est inférieure à 2 mg/l. Les eaux recevant des rejets domestiques présentent des concentrations supérieures à 10 mg/l. qu'une forte demande biochimique en oxygène (DBO), à cause des détergents et du lait (Moir et al, 2005).

On note que la DBO<sub>5</sub> moyenne des eaux usées domestiques est de 300 mg/l, d'après (Degrémont, 2005), il apparaît que les effluents laitiers sont environ 8 fois plus concentrés.

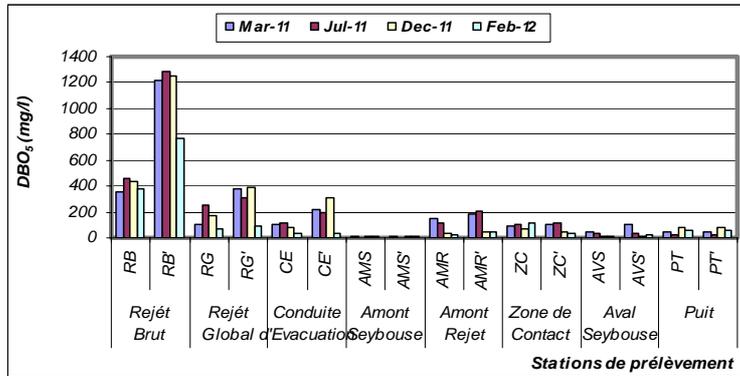


Figure 71: Variations de la demande biochimiques en oxygène

### Rapport de biodégradabilité

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne une première évaluation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; on adopte généralement des limites suivantes :

- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> < 2 : l'effluent est facilement biodégradable ;
- ✓ 2 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 : l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées ;
- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> > 3 : l'effluent n'est pas biodégradable.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> mesuré, varie de 1.38 à 2.48 ce qui indique que les eaux usées rejetées par la laiterie sont caractérisées par une pollution organique biodégradable avec des souches sélectionnées.

Ce rapport dans l'oued dépasse 3 est atteint parfois 7.44 ce qui indique et affirme une pollution inorganique (minérale). Selon (ABHCSM 2008) 4,5 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées sont rejetés annuellement dans l'oued Seybouse, sur lesquels 03 millions de m<sup>3</sup> sont des huiles usagées.

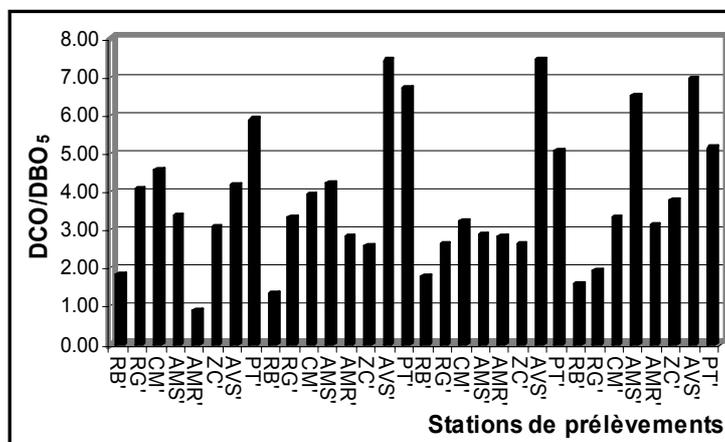


Figure 72: Rapport DCO/DBO5 Avant lavage

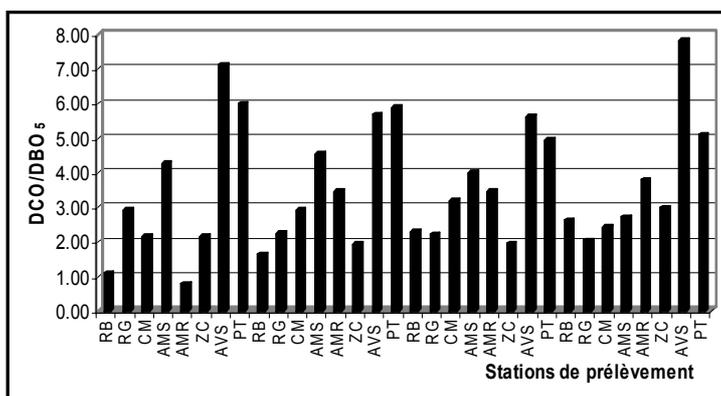


Figure 73: Rapport DCO/DBO5 Après lavage

Tableau 53: Composition moyenne pour les usines laitières sur le territoire français (Corthondo et Trépos, 2004)

	pH	DBO5	DCO	DCO/DBO5	MES	Phosphore total	Azote Kjeldhal	Matière grasse
mg/d'effluents	5 à 11	360-3200	950-5000	Proche de 2	90-1040	4-20	40-90	110-800

4.8.1.15. Les Ortho-phosphates

Les valeurs des phosphates PO<sub>4</sub> occasionnées à la Seybouse (2.50 à 0,08 mg/l) indiquant une eau polluée selon à la norme ABHCSM 2002. L'enrichissement en ortho phosphates, pourrait être expliqué par l'effet des rejets d'eau usée (Neal et al., 2000a; Jonnlagadda et Mhere, 2001; Vega et al., 1998; Silva et Sacomani, 2001).

Les variations saisonnières importantes en ortho phosphates observées en hiver, serait due d'une part aux sources agricoles et domestiques (Neal et al., 2000b; Jonnlagadda et Mhere, 2001; Petry et al., 2002) et d'autres part à la libération du phosphore stocké dans les sédiments suite aux interactions entre l'eau et les sédiments (Neal et al., 2000a; Bowes et House, 2001).

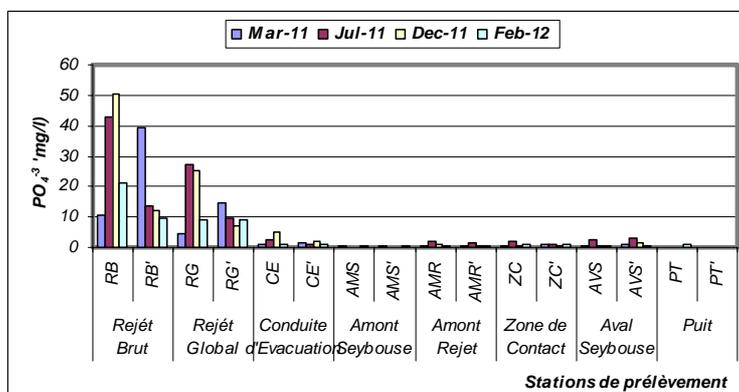


Figure 74: Variations spatiotemporelles des orthophosphates

L'effluent brut et global de la laiterie présente des valeurs excessives en phosphates (51 à 10mg/l) cela est dû à l'existence de cet élément dans la composition du lait et dérivés la composition moyenne (g/l) du lactosérum "doux" et "acide" en phosphates est 1g/l (Daufin, 1998) et aussi les produits chimiques de nettoyage (acide phosphorique H<sub>3</sub> PO<sub>4</sub>).

L'accroissement des flux de phosphore dans les eaux de surface résulte de l'intensification de la pression démographique et des activités agricoles dans les bassins versants (Pilleboue et Dorioz 1986). La pression démographique est à l'origine des sources ponctuelles alors que l'activité agricole crée les sources diffuses.

La présence des phosphates dans les eaux de surface entraîne un développement massif d'algues qui caractérise le phénomène d'eutrophisation. (Debieche 2002) indique une

concentration maximale en phosphate atteignant les 2,5 mg/l dans l'oued Seybouse. Les valeurs de PO<sub>4</sub> occasionnées dépassent les 0.5 mg/l indiquent une eau polluée selon la grille de l'agence nationale des ressources hydriques , ANRH 2001. La présence des phosphates dans les eaux de surface entraîne un développement massif d'algues qui caractérise le phénomène d'eutrophisation.

4.8.2. Indices de pollution organiques

4.8.2.1 Indice de Pollution Organique Avant et après lavage

La variation temporelle de l'indice IPO (0.9-2.8) avant lavage et après lavage et rinçage indique l'existence d'une pollution organique forte à très forte.

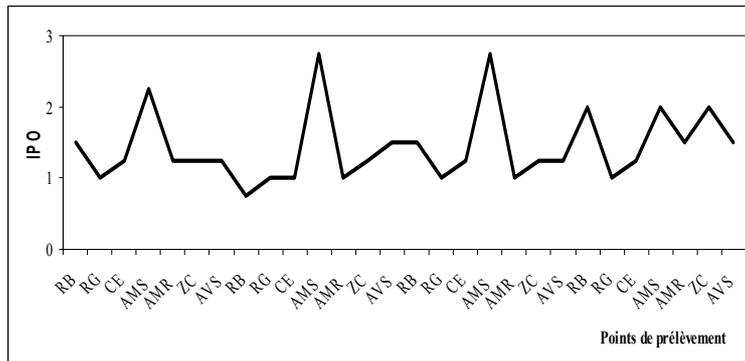


Figure 75: IPO avant lavage

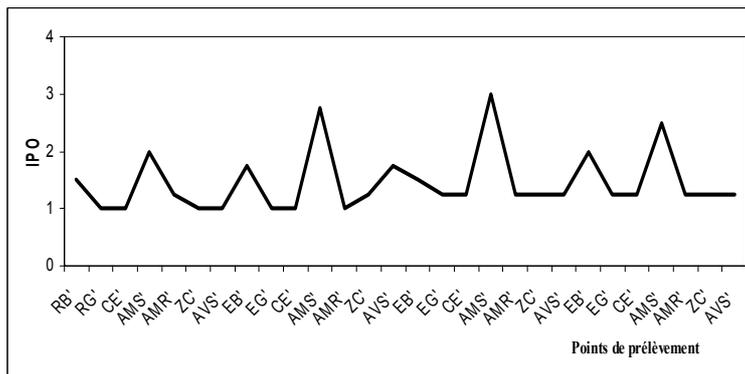


Figure 76: IPO après lavage

4.8.2.2 Lisec index :

Les deux figures dévoilent le même constat que celui de l'IPO et nous conservons toujours un milieu pollué avec un de Lisec index qui varie de 10-20 pour les deux périodes.

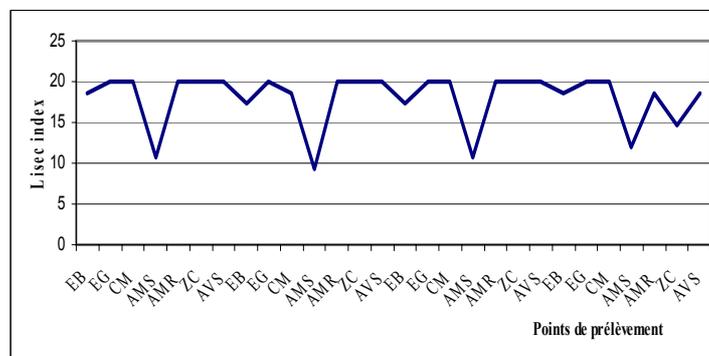


Figure 77: Lisec index avant lavage

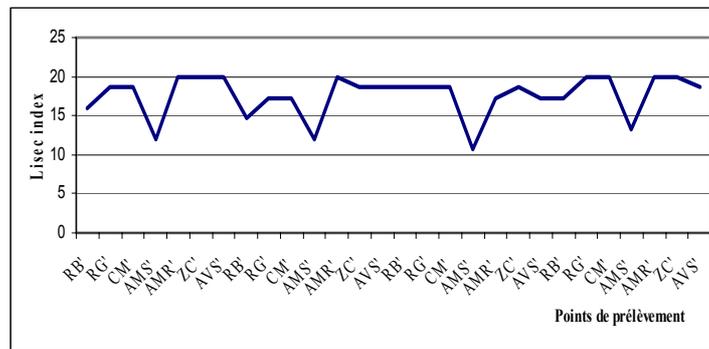


Figure 78: Lisee index après lavage

#### 4.8.2.3 Indice de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie (I.H.E)

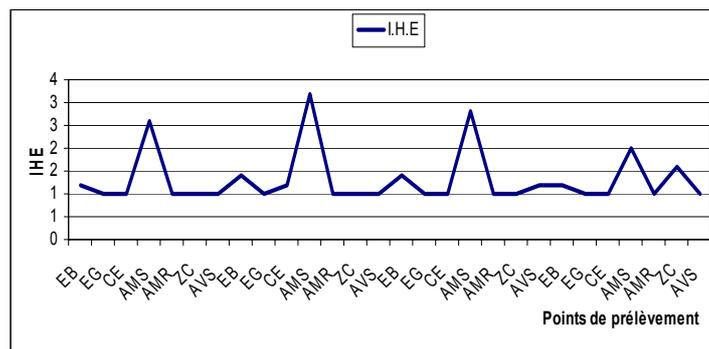


Figure 79: Indice d'Hygiène et d'Epidémiologie avant lavage

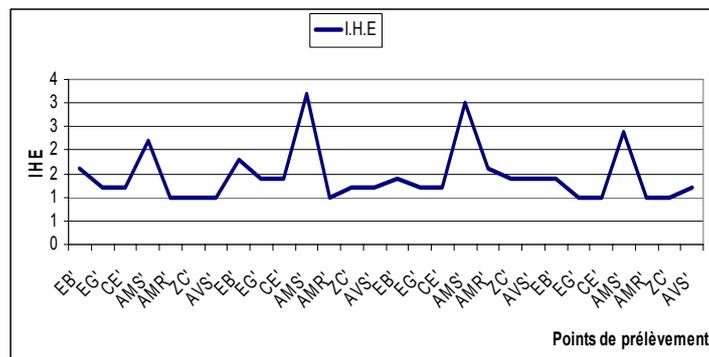


Figure 80: Indice d'Hygiène et d'Epidémiologie après lavage

#### Interprétations des graphes des trois indices de pollution organique

Les trois indices calculés affichés quasiment les mêmes allures de graphes pour les deux périodes d'étude ('avant et après lavage) le degré de pollution des eaux rejetées par la laiterie de l'Edough est alarmant allant de modéré, fort à très fort.

#### 4.8.2.4 Indice de pollution (Ip) :

D'après les résultats des calculs effectués pour déterminer cet indice, le milieu étudié a tendance à être excessivement pollué, soit pour le rejet (brut et global) soit pour le milieu récepteur (Oued Seybouse). Cet indice dépasse 15 largement et atteint parfois 600.

95% des échantillons ont affichés une pollution excessive la concentration élevée de certains paramètres notamment les chlorures au rejet brut (4000 mg/l) et le rejet global (700 mg/l) sont responsable de cette situation alarmante au niveau de l'effluent de LEA, dans l'Oued Seybouse on conserve le même constat et confirme les propos des travaux faites antérieures (Debieche 2002 ABH 2008 Mate 2013).

### 4.8.3. Détermination des graisses et huiles MG

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras, de 1 à 8  $\mu\text{m}$  de diamètre, émulsionnés dans la phase aqueuse. Le taux en est variable (environ 10 milliards de globules par millilitre de lait). Les analyses chimiques faites sur l'effluent de la laiterie ont relevé l'existence des huiles et graisses avec des concentrations élevées et supérieures à la norme algérienne décrite dans le journal officiel 2006 ( $\leq 20 \text{ mg/l}$ ) on sait qu'un litre de lait contient 26% de matière grasse le lactosérum contient 3.5 g/l de matières grasses.

Tableau 54: Valeurs de la matière grasse dans le rejet brut de la laiterie Edough ONEDD 2012

	Mars 2011	Juillet 2011	Décembre 2011	Février 2012	Norme
Matières Grasses mg/l	12.25	32,50	60.2	90.4	20

### 4.8.4 Résultats de l'analyse bactériologique

#### 4.8.4.1 Germes totaux (GT) $10^6/\text{ml}$

L'analyse bactériologique a relevé l'existence d'une contamination microbiologique importante d'origine humaine et/ou animale pourrait provoquer des effets néfastes sur la vie et la santé de la faune et de la flore (Koukal et al, 2004).

L'effluent global présente d'importantes concentrations en germes totaux qui varie entre  $1,2 \cdot 10^5$  à  $1,3 \cdot 10^6$  /ml (Figure 81). L'Oued Seybouse révèle une pollution microbienne importante qui varie de  $8 \cdot 10^4$  à  $8,5 \cdot 10^5$  lors de la troisième campagne le nombre des germes tend vers l'augmentation. Cependant, en comparant les concentrations des germes totaux durant la période de prélèvement, en relation avec le débit de l'Oued Seybouse, il apparaît une nette influence de ce dernier sur l'enrichissement du milieu récepteur en GT, En constatant après les fortes précipitations (120 mm) durant le mois de Décembre 2011 les eaux de ruissellement par lessivage des terrains adjacents déplacent une masse importante de germes venant s'ajouter à la population bactérienne existant. Les variations du régime hydrologique peuvent avoir un impact sur l'habitat aquatique. En effet, Poff et al. (1997) ont démontré que le cycle de vie des plantes et des animaux aquatiques est étroitement synchronisé aux variations du régime hydrologique (Benyahya et al., 2009).

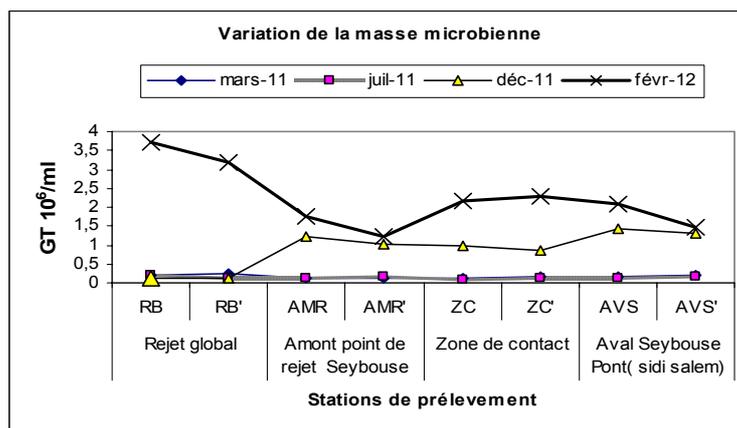


Figure 81: Evolution de la masse microbienne

#### 4.8.4.2 Colifomes totaux (CT) $10^5/\text{ml}$

Sont les genres : *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (Rodier et al, 1996 ; Joly et Reynaud, 2003). La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux) est d'un intérêt pour détecter une contamination d'origine fécale (Rodier et al, 1996). Concernant le taux des coliformes fécaux l'ordre de grandeur est de  $1,1 \cdot 10^4$  à  $7,3 \cdot 10^5$  (Figure 82), il existe une nette relation entre les fluctuations du débit et les concentrations des CF ou on remarque une croissance de

ces derniers pareil à celle observer pour les GT La présence des germes d'origine fécale (coliformes totaux et fécaux dans l'effluent global s'explique par les rejets des eaux vannes de laiterie (Payment et Hartmann, 1998).

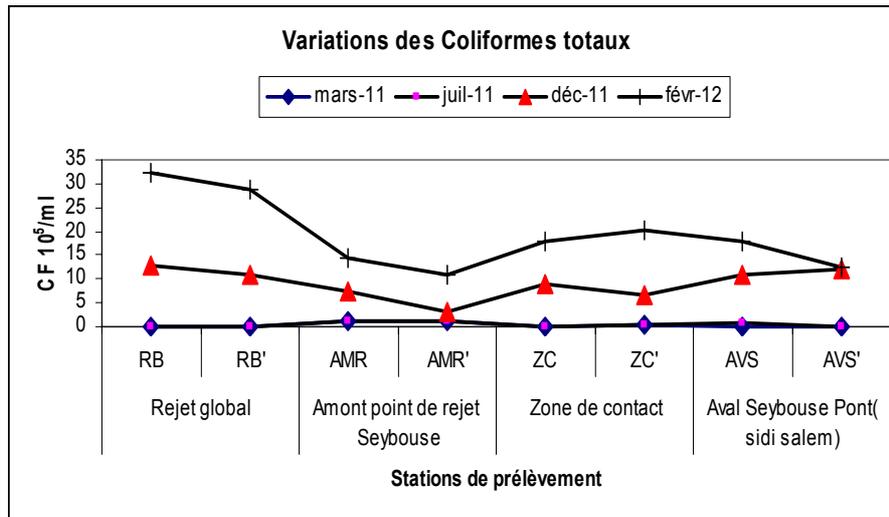


Figure 82: Evolution des coliformes totaux

#### 4.8.4.3 Coliformes fécaux (CF) $10^5/ml$

Sont souvent désignés sous le nom d '*Eschericia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.) (Joly et Reynaud, 2003).

*E. coli* fait partie du groupe des coliformes totaux et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales, mais aussi la présence possible de bactéries, virus pathogènes.

L'évolution spatiale des coliformes fécaux suit les mêmes tendances que pour les coliformes totaux. L'existence des coliformes totaux est due à la matière fécale très abondante dans le milieu récepteur. Les concentrations varient de  $3,5 \cdot 10^3$  à  $10^6$  CF/ml l'effluent global est très chargé en CF  $10^5$  à  $10^6$  (Figure 83). On note une décroissance des CF dans la zone de mélange et dans l'oued durant la campagne de décembre 2011 les CF sont des organismes très résistants dans les milieux extérieurs.

Les coliformes totaux ne sont pas spécifiques à une source en particulier et sont présents dans des environnements à la fois fécaux et non fécaux. Les créneaux naturels des membres de ce groupe sont variables, allant de ceux qui sont spécifiques aux matières fécales, comme *E. coli*, à ceux qui sont très répandus dans l'eau, le sol et la végétation (Leclerc et coll., 2001 ; Rompré et coll., 2002).

La comparaison des coliformes totaux dans un environnement spécifique a révélé que certains membres du groupe des coliformes sont constamment présents en concentrations plus élevées dans la source en question, l'analyse de l'effectif coliforme des matières fécales a révélé la présence de *Klebsiella*, *Citrobacter* et *Enterobacter* en petites quantités comparativement à celle d'*E. Coli* (Edberg et coll., 2000).

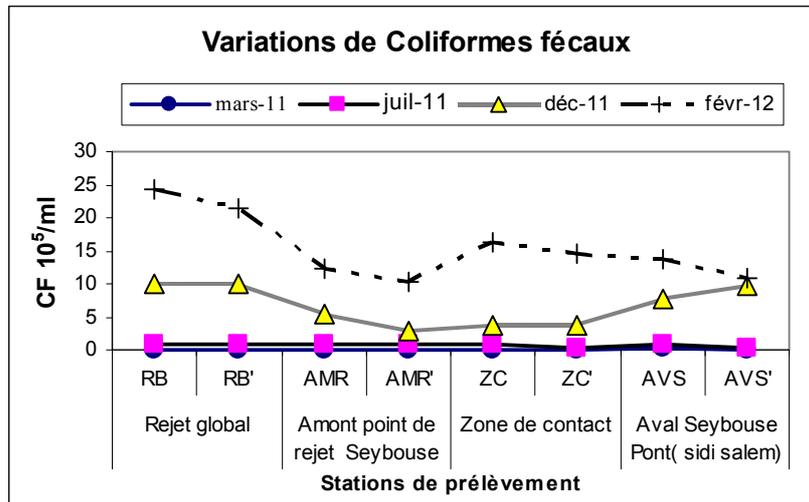


Figure 83: Evolution des coliformes fécaux

#### 4.8.4.4 Streptocoques fécaux (SF) 10<sup>3</sup>/ml

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField (SHARPE, 1979). L'espèce *Staphylococcus aureus* possède toutes ces caractéristiques, il est à noter que les staphylocoques sont omniprésents, très largement distribués dans l'environnement (Leclerc et al, 1995).

Les teneurs en streptocoques fécaux sont les plus faibles de tous les germes indicateurs de contamination fécale recherchés. D'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux (Rodier et al, 2009).

L'évolution des SF se caractérise par des valeurs élevées dans l'effluent global de 103 à 1.0<sup>8</sup>\*10<sup>4</sup> SF/ml et une faible charge de ces derniers en aval de l'oued Seybouse on note une décroissance longitudinale des SF de l'amont vers l'aval de la Seybouse par ailleurs l'action du débit est appréciable en amont (lessivage des terrains agricoles riche en engrais naturel (fumier) permettant une délation de la matière fécale(Figure 84).

Contrairement aux CF et CT qui persistent dans le milieu extérieur, les SF disparaissent plus rapidement que leur support organique (matière fécale animale)

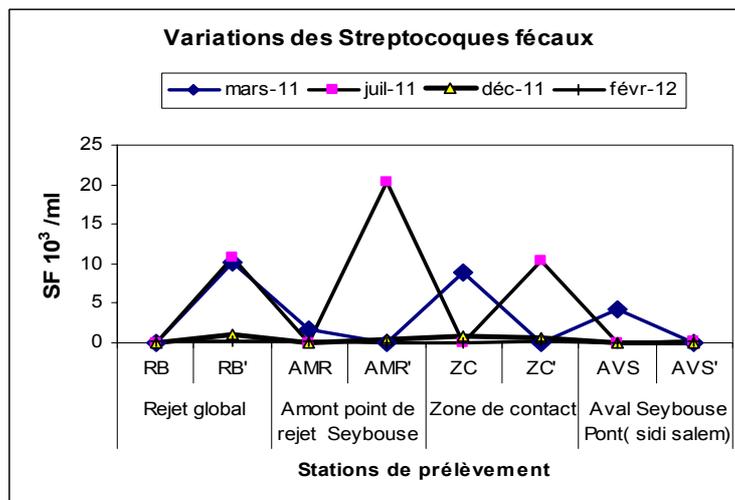


Figure 84: Evolution des Streptocoques fécaux

## 4.8.5. Identification des germes

Tableau 55: Identification des différents germes existants dans le rejet global de la laiterie et dans l'Oued Seybouse

Rejet global	Amont de point de rejet dans l'Oued Seybouse	Zone de mélange effluent –Oued Seybouse	Aval de l'Oued Seybouse
<i>E coli</i>	<i>E coli</i>	<i>E coli</i>	<i>E coli</i>
<i>Enterobacter cloacrae</i>	<i>Enterobacter cloacrae</i>	<i>Enterobacter cloacrae</i>	<i>Enterobacter cloacrae</i>
<i>Enterobacter agglomérés</i>	<i>Enterobacter agglomérés</i>	<i>Entérobacter agglomeras</i>	<i>Enterobacter agglomérés</i>
<i>Pseudomonas aerogenosa</i>	<i>Pseudomonas aerogenosa</i>	<i>Pseudomonas aérogenosa</i>	<i>Pseudomonas aerogenosa</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Staphylococcus. epidimidis</i>	<i>Staphylococcus. epidimidis</i>	<i>Staphylococcus. epidimidis</i>	<i>Staphylococcus. epidimidis</i>
<i>Providencia</i>	<i>Providencia</i>	<i>Providencia</i>	<i>Providencia</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas</i>
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	<i>Protus vulgaris</i>		<i>Protus vulgaris</i>
<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>
<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Protus mirabilis</i>	<i>Protus mirabilis</i>	
<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>	<i>Eruinia sp</i>
<i>Klebsila oxytoca</i>		<i>Klebsila oxytoca</i>	<i>Klebsila oxytoca</i>
<i>Magenella sp</i>			
	<i>Hydrogenomenas</i>		
			<i>Shigilla flexneri</i>
			<i>Salmonella typhimurium</i>
			<i>Alteromonas sp</i>
			<i>Eduardseilla sp</i>

Les espèces *Aeromonas* sont très répandues dans l'environnement, on les trouve entre autres dans les lacs, les oueds, les mers, les effluents d'eaux usées et l'eau potable (Chauret et coll., 2001). Les espèces considérées comme pathogènes à transmission hydrique sont réparties en quatre genres : *Salmonella* (bacilles de la typhoïde, des paratyphoïdes A et B et de diverses gastro-entérites), *Shigella* (bacilles dysentériques), *Escherichia* (essentiellement *E. coli* ou colibacille) parmi les Entérobactéries, et *Vibrio* (vibrion du cholera) parmi les Vibrionacées. (Eberlin, 1997). Cependant, la présence simultanée des coliformes et des entérocoques suffit à confirmer qu'il y a pollution (Brisou et Denis, 1978).

Parmi ces espèces, *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution de l'eau. Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important. À côté de ces bactéries dites majeures, il convient de citer d'autres microorganismes tels que : *Protéus*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, Entéro virus, parasites (amibes, flagellés, ciliés) qui ont un pouvoir pathogène non négligeable (Brisou et Denis, 1978).

## 4.8.6. L'indice de qualité bactériologique

L'examen des graphes de la variation temporelle de l'indice de qualité bactériologique avant et après lavage montre que cet indice varie de 1.33 à 3 pendant les deux périodes (avant et après lavage) indiquent un milieu modéré à très fortement pollué.

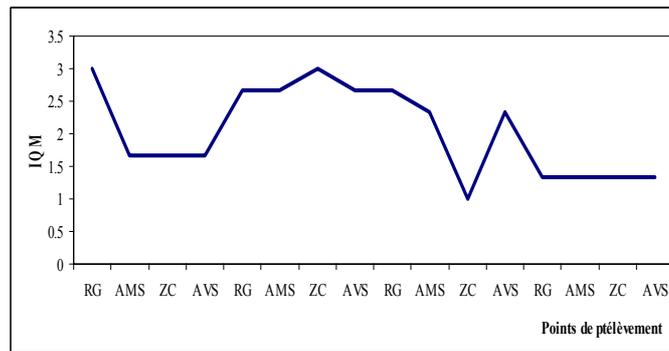


Figure 85: Variations de l'indice de qualité bactériologique avant lavage

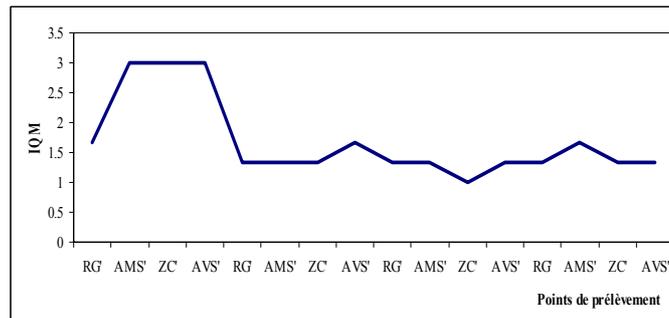


Figure 86: Variations de l'indice de qualité bactériologique après lavage

#### 4.8.7. Indicateur de pollution fécale (ICF) :

Dans notre étude le rapport ICF Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux (CF/SF) est supérieur à 1 permettant de dire que la pollution fécale existante est de nature humaine.

#### 4.9. Conclusion

Ainsi l'industrie laitière génère d'importants rejets surtout en terme de Matière Organique (MO) estimée par la Demande Chimique en Oxygène (DCO) (Carta-Escobar et al., 2004). Cette dernière est de l'ordre de plusieurs tonnes par an pour un même site. Les analyses physico-chimiques effectuées ont montré que le rejet de la laiterie (Brut et global) enregistre des températures parfois élevée (30 C), le pH varie d'un milieu très acide (3) à basique (10). La relation entre l'oxygène dissous et le potentiel redox est très intime dont on constate un milieu tantôt oxydant et riche en oxygène tantôt réducteur et pauvre en oxygène. Les concentrations de la demande chimique en oxygène (780.77 mg/l à 1288 mg/l), la demande biochimique en oxygène (1041 mg/l à 2048), les phosphates (51 à 10 mg/l), ainsi que les matières en suspension (46 à 433 mg/l) dans le rejet de la laiterie dépassent les normes requises et indiquent une nette pollution organique. L'étude microbiologique (dénombrements et recherche de coliformes, coliformes fécaux, streptocoques fécaux avec identification de la microflore existante), a révélé la présence de germes test de contamination fécale. L'effluent global présente d'importantes concentrations en germes totaux qui varient entre  $1,2 \cdot 10^5$  à  $1,3 \cdot 10^6$  /ml. L'oued Seybouse révèle une pollution microbienne importante qui varie de  $8 \cdot 10^4$  à  $8,5 \cdot 10^5$  et se caractérise ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux.

Les analyses chimiques effectuées et l'étude bactériologique réalisée ont permis d'évaluer un degré de contamination sérieux et alarmant.

En conséquence, un traitement des effluents par une station d'épuration biologique (STEP) en milieu aérobie ; la matière organique biodégradable est utilisée par les bactéries pour leur croissance et leur développement est souvent mis en place (De Campins, 2005 ; Loperena et al., 2006).

#### 4.10. Analyse en composantes principales :

L'ACP, est une méthode statistique largement utilisée dans de nombreux domaines pour mettre en évidence les corrélations entre les individus et/ou les variables (Weening et Erikson 1994). L'analyse en composantes principales a été également utilisée par de nombreux chercheurs dans le domaine hydrologique et les influences saisonnières et anthropiques (Da Silva *et al.* 2001 ; Petersen *et al.* 2001 ; Brodanjk-Voncina *et al.*, 2002). Cette technique s'est avérée être un outil tout à fait adapté au suivi de la qualité des plans d'eau et en particulier à l'étude des phénomènes d'eutrophisation (Parinet *et al.* 2004).

Après avoir évalué la pollution induite par le rejet de la laiterie Edough sur l'Oued Seybouse nous avons jugé utile de faire une étude statistique qui englobe la variation de tous les paramètres étudiés et de voir leur corrélation. Plusieurs essais d'ACP ont été effectués dont une faite sur une matrice de données constituée de 9 variables qui caractérisent la pollution organique du rejet de la laiterie de l'Edough : pH, oxygène dissous, Turbidité, les chlorures, Ammonium, chlorures, matière en suspension, demande chimique en oxygène, demande biochimique en oxygène, et les phosphates, et 32 individus répartis selon deux périodes :

- Au cours de la production (avant l'arrivée de l'eau de lavage)
- A la fin du cycle de production (avec l'arrivée des eaux de lavage, de rinçage et de nettoyage (Sayad, *et al.* 2014<sub>b</sub>).

#### ACP campagne avant lavage

Tableau 56: Matrice des corrélations avant lavage

Variable	pH	O <sub>2</sub>	Turb	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
pH	1.000								
O <sub>2</sub>	-0.108	1.000							
Turbidité	-0.154	-0.195	1.000						
Cl <sup>-</sup>	-0.144	0.107	0.313	1.000					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<b>0.430</b>	<b>-0.579</b>	0.059	0.100	1.000				
MES	0.005	-0.274	0.261	-0.111	0.094	1.000			
DCO	0.087	0.063	0.194	<b>0.817</b>	0.271	-0.266	1.000		
DBO <sub>5</sub>	0.056	0.010	0.336	<b>0.841</b>	0.326	-0.142	<b>0.889</b>	1.000	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.335	0.053	0.096	<b>0.695</b>	0.388	-0.117	<b>0.826</b>	<b>0.871</b>	1.000

L'examen du (tableau 56) avant lavage fait apparaître des corrélations très significatives, entre paramètres de la pollution organique (DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) ou ce rapport dépasse 82% ( $r > 0.82$ ). Parallèlement on note une forte corrélation positive significative entre les chlorures et les paramètres de pollutions organiques  $r_{Cl^-/DCO} = 0.82$ ,  $r_{Cl^-/DBO_5} = 0.84$  et  $r_{Cl^-/PO_4^{3-}} = 0.69$  ou on constate que même avant lavage et nettoyage ces rejets sont d'ordre organiques très salés et faiblement turbides. Cela est dû aux opérations permanentes partielles de lavage à faible ampleur des ateliers de production (Tank, parterre, conduites, ...).

Une valeur propre représente la variation des individus sur l'axe correspondant. Le premier axe principal F1 explique 41.28 % de la variation totale, F2 explique 20.71% de la variance totale à une valeur propre, le pourcentage cumulé est 62 %.

Tableau 57: Valeurs propres et pourcentage des cinq axes principaux

Numéro d'Axe	Pourcentage	Valeur propre	Pourcentage cumulé
1	41.28	3.71	41.28
2	20.72	5.58	62.00
3	16.08	7.02	78.08
4	8.79	7.81	86.88
5	6.41	8.39	93.30

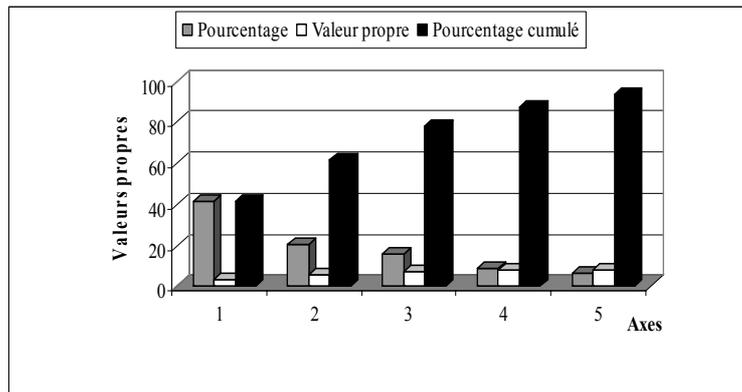


Figure 87: Histogramme des valeurs propres avant lavage

Le coefficient de corrélation entre la variable et l'axe considéré présente l'apport de la variable dans la composition de l'axe principal, autant que ce coefficient est important, autant que la variable contribue à la conception de cet axe.

Tableau 58: Corrélations entre les variables et les deux axes principaux

	pH	O <sub>2</sub>	Turbidité	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Axe1 (41.28%)	-0.164	0.019	-0.304	-0.864	-0.403	0.172	-0.939	-0.967	-0.914
Axe2 (20.72%)	0.510	-0.810	0.143	-0.261	0.781	0.471	-0.142	-0.059	0.043

**Analyse du cercle ACP (F1x F2)**

Le cercle de corrélation formé par les axes F1 et F2 (fig.88), donnant 62,00 % de l'information totale montre, que: L'axe F1 présente uniquement les variables à caractère organique, DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, appui avec la présence des Cl<sup>-</sup>, L'Oxygène dissous, se détache seul sur la partie négative de l'axe F1, en opposition aux variables de la pollution organique, montrant que l'apport en oxygène du rejet avant lavage est faible. Alors que l'axe F2 concrétise les variables à affinité azoté à pH caractéristique, pauvre en matières en suspension et faiblement turbide.

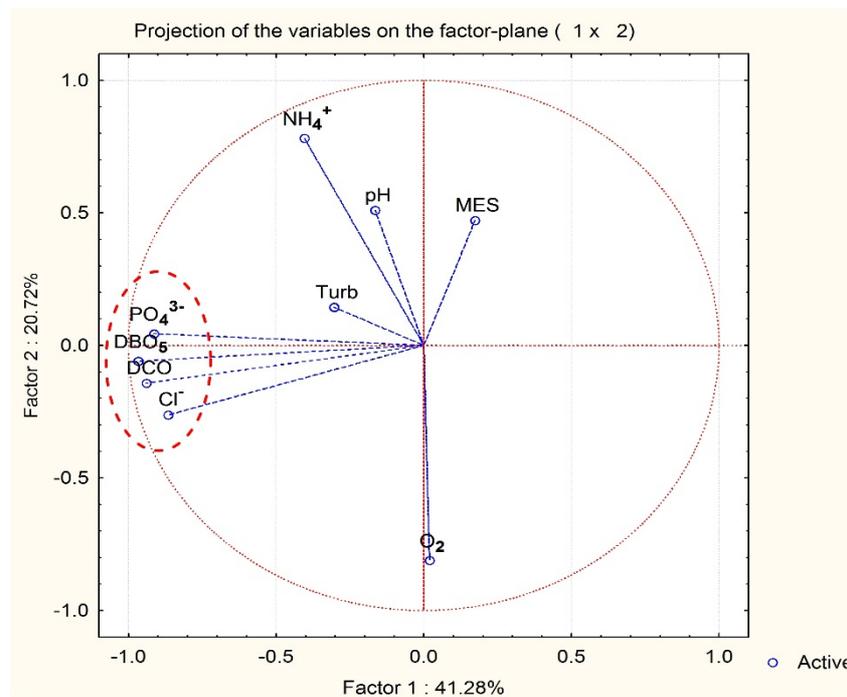


Figure 88: Projection des variables dans l'espace des axes F1x F2

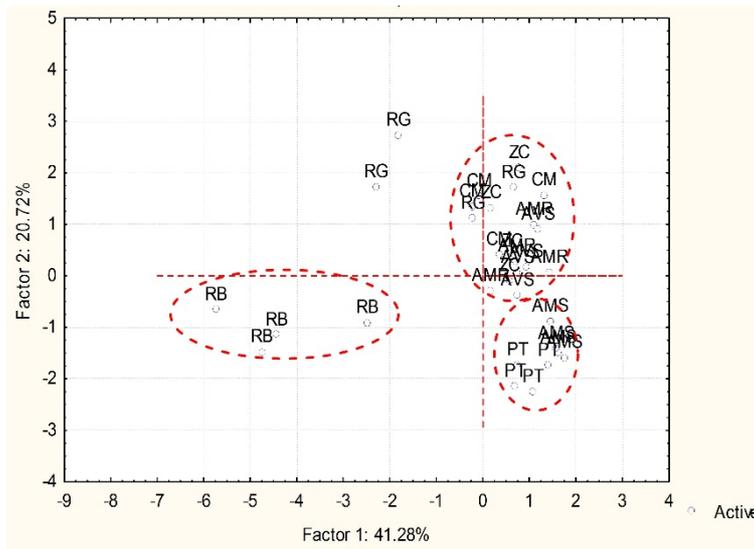


Figure 89: Projection des individus sur le plan F1xF2

La figure 89 traduit des positions adéquates des points de prélèvement à ce qui est connu de leurs environnements sur l’oued Seybouse d’eau. En effet on constate l’existence de trois sortes d’individus :

- Le rejet brut et rejet global de la laiterie avant opération de lavage de nature organique l’évolution se fait essentiellement selon la composante 1 montrant l’importance de la matière organique et en particulier des rejets de la laiterie sur l’évolution de la qualité de l’eau de ces stations.
- Un ensemble d’individus compose de conduite médiane, la zone de contact rejet-l’Oued ainsi que l’amont du rejet sur l’oued
- Un groupe semble moins affecté par la pollution forme de l’amont de la Seybouse et le puits.

**Campagne après lavage**

L’examen du tableau N°59 montre des rapports de corrélations positives très significatifs, notamment entre paramètres de la pollution organique (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>.PO<sub>4</sub> et NH<sub>4</sub>) d’où la nature du rejet de la laiterie. L’examen des coefficients d’autres couples de variables pourrait de même apporter des compléments d’information sur l’état des eaux aux différentes stations. La turbidité et les paramètres de la pollution organique est supérieur à 60% lors de l’opération du lavage les eaux rejetées ont une turbidité de 1100 NTU le coefficient de corrélation r turbidités/MES=0.74 On souligne aussi que le coefficient de corrélation r O<sub>2</sub>/ un milieu bien oxygéné. Une valeur propre représente la variation des individus sur l’axe correspondant. Le premier axe principal F1 explique seul 63.21 % de la variation totale, F2 explique 14,87 % de la variance totale à une valeur propre. Le pourcentage cumulé est très représentatifs (78.09 %).

Tableau 59: Matrice des corrélations après lavage

Variable	pH	O <sub>2</sub>	Turbidité	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
pH	1.000								
O <sub>2</sub>	-0.231	1.000							
Turbidité	-0.734	0.224	1.000						
Cl <sup>-</sup>	-0.618	0.340	0.585	1.000					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0.745	-0.047	0.728	0.612	1.000				
MES	-0.454	-0.073	0.740	0.362	0.688	1.000			
DCO	-0.861	0.292	0.667	0.627	0.659	0.270	1.000		
DBO <sub>5</sub>	-0.893	0.340	0.706	0.794	0.7096	0.381	0.922	1.000	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0.697	0.306	0.619	0.4670	0.661	0.370	0.806	0.792	1.000

Tableau 60: Valeurs propres et pourcentage des cinq axes principaux

Numéro d'Axe	Pourcentage	Valeur propre	Pourcentage cumulé
1	63.21	5.68	63.21
2	14.87	7.02	78.09
3	8.21	7.76	86.31
4	6.01	8.30	92.32
5	3.22	8.59	95.54

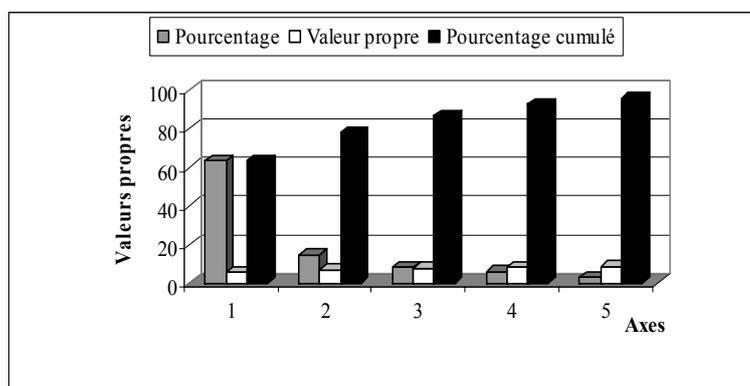


Figure 90: Histogramme des valeurs propres (après lavage)

La corrélation entre la variable et l'axe considéré présente l'apport de cette variable dans la composition de l'axe factoriel principal, autant que cette corrélation est importante, autant que la variable contribue à la conception de cet axe.

Tableau 61: Corrélations entre les variables et les deux axes principaux

	pH	O <sub>2</sub>	Turbidité	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MES	DCO	DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Axe1 (63.21%)	0.909	-0.302	-0.857	-0.767	-0.847	-0.596	-0.892	-0.946	-0.824
Axe2 (14.87%)	0.035	-0.761	0.228	-0.160	0.381	0.646	-0.232	-0.203	-0.143

### Analyse du cercle ACP (F1xF2)

Le cercle de corrélation formé par les axes F1 et F2 (figure.61) donnant ensemble 78,09 % de l'information totale, F1 (63,21 %) et F2 (14,88%) montre que l'axe F1 présente uniquement les variables à qui caractère une pollution organique DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, très salée, riche en MES et hautement turbide, auxquelles il convient de rajouter l'azote ammoniacal qui apparaissent comme un polluant organique. Les corrélations entre variables organiques et l'azote ammoniacal sont très positivement significatives avec  $r_{NH_4/DCO} = 0.66$ ,  $r_{NH_4/DBO} = 0.70$  et  $r_{NH_4/PO_4^3} = 0.62$ .

Le rejet organique de la laiterie est caractérisé par un potentiel d'hydrogène très acide ce qui argumente l'opposition de ce dernier aux paramètres de la pollution organique. Alors que l'axe F2 (14,87%) concrétise l'oxygène dissous ce qui montre que le rejet est plus ou moins oxygéné après lavage qu'avant lavage.

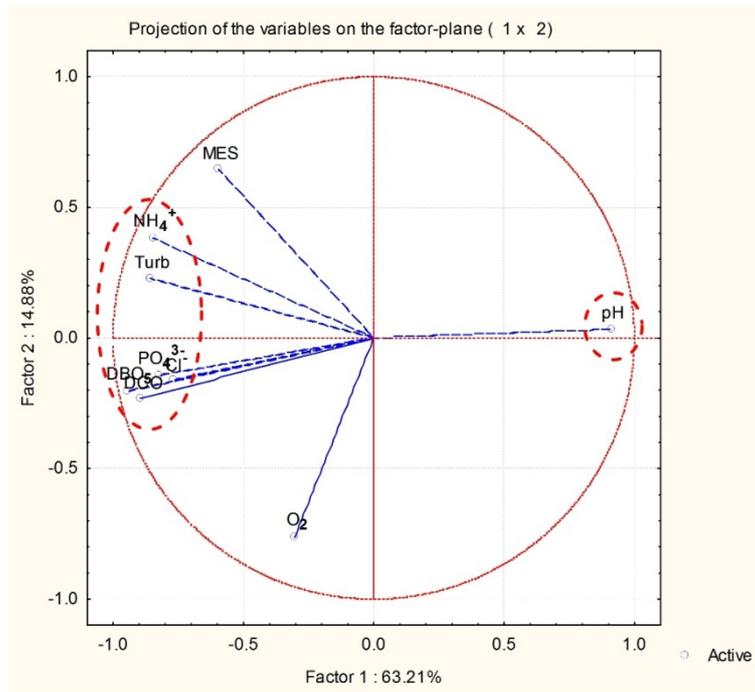


Figure 91: Projection des variables dans l'espace des axes F1x F2

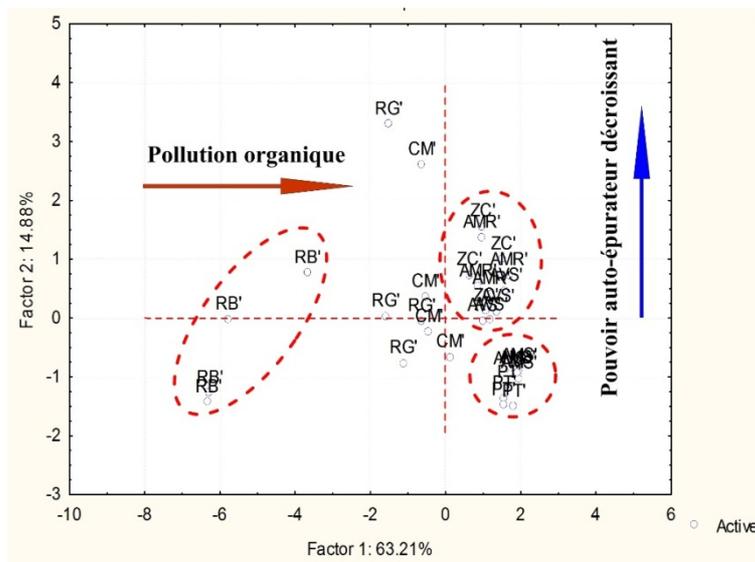


Figure 92: Projection des individus sur le plan F1xF2

La projection des individus sur le plan F1xF2, traduit des positions adéquates des points de prélèvement à ce qui est connu de leurs environnements sur l'oued Seybouse d'eau. En effet on constate l'existence de trois sortes d'individus(figure.92).

- Le rejet brut de laiterie après opération de lavage de nature organique l'évolution se fait essentiellement selon la composante 1 montrant l'importance de la matière organique et en particulier des rejets de laiterie sur l'évolution de la qualité de l'eau de ces stations.
- Un ensemble d'individus compose du rejet global la zone de contact rejet- l'Oued ainsi que l'amont du rejet sur et l'aval de l'oued
- Un groupe semble moins affecté par la pollution forme de l'amont de la Seybouse et le puits. on notera cependant un déplacement dans le sens d'une diminution du caractère organique témoignant d'une amélioration de la qualité des eaux entre ces stations dont l'environnement l'autoépuration décroît de l'amont vers l'aval de l'oued Seybouse

**4.11. Conclusion**

L'ACP présente un avantage supplémentaire de mettre en évidence et de quantifier un degré de pollution organique intense. La pollution générée par la laiterie de l'Edough –Annaba est d'ordre organique, les taux des paramètres des Chlorures, DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> est MES enregistrés sont très élevées et dépassent largement la norme algérienne requise. L'ACP met l'accent sur l'ampleur de cette pollution et fait dégager des corrélations très significatives entre les paramètres d'attitude organique. L'Oued Seybouse est fortement touché par la pollution organique causée par les rejets de la laiterie de l'Edough et d'autres unités agroalimentaires, il est alors indispensable d'installer une STEP (traitement biologique) afin d'épurer ces effluents et conserver le milieu récepteur et son environnement aquatique,

Les rejets de la laiterie engendrent une pollution organique qui affecte la flore et la faune de l'oued Seybouse. Nous essayons de poursuivre notre étude et voir l'impact de ces rejets sur la vie aquatique en soulevant les objectifs environnementaux des rejets dans l'oued Seybouse

**CHAPITRE 5 : CALCUL ET INTERPRÉTATION DES  
OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DES REJETS DE  
LA LAITERIE EDOUGH-ANNABA**

## 5. Calcul et interprétation des Objectifs Environnementaux des rejets de la laiterie de l'Edough-Annaba

### 5.1. Introduction :

L'étude de l'impact des contaminants sur le milieu récepteur a fait l'objet de plusieurs approches liées à la complexité des écosystèmes aquatiques (MDDEP 2007, Younes-Baraille et al. 2005 ; Vanden Bossche et al, 2005 ; Ndaruga et al, 2004 ; Smolders et al. 2004 ; Mathooko et al, 2001). Plusieurs études dans le monde sont axées sur les effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface (Jingsheng et al. 2000, Walling et al. 2001). Parmi ces méthodes nous avons adopté celle de MDDEP (Ministère Du Développement Durable, De L'environnement et Des Parcs du Québec 2007) inspirée de celle, l'U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA) dont les conditions aux limites d'application s'approchent du milieu ambiant de l'étude et présente un lieu idéal pour le calcul des Objectifs environnementaux des rejets (OER)

### 5.2 Description générale de la méthode des OER

Un objectif environnemental de rejet (OER) est une valeur en charge et concentration calculée pour un paramètre associé à un effluent qui se rejette à un point précis d'un plan d'eau.

Pour calculer un OER, il faut connaître :

- 1-La qualité des eaux en amont du point de rejet (concentration amant),
- 2-Le débit ou le volume d'eau considéré pour la dilution en conditions critiques(étiage),
- 3-Le débit de l'effluent,
- 4-Les critères de qualité de l'eau pour chacun des usages de l'eau
- 5-La toxicité globale de l'effluent (MDDEP 2007).

Le calcul des OER est basé sur un bilan de charges appliqué sur une portion du plan d'eau, ce bilan est établi de façon que, pour chaque contaminant, l'addition de la charge de l'effluent à la charge déjà présente en amont du rejet respecte la charge maximale tolérable à la limite d'une zone de mélange restreinte.

Cette zone est attribuée, dans la mesure où elle ne nuit pas à l'ensemble du plan d'eau. Le taux de dilution du rejet dans le milieu récepteur, devient souvent un facteur déterminant dans l'évaluation du respect de l'OER (Fig 93).

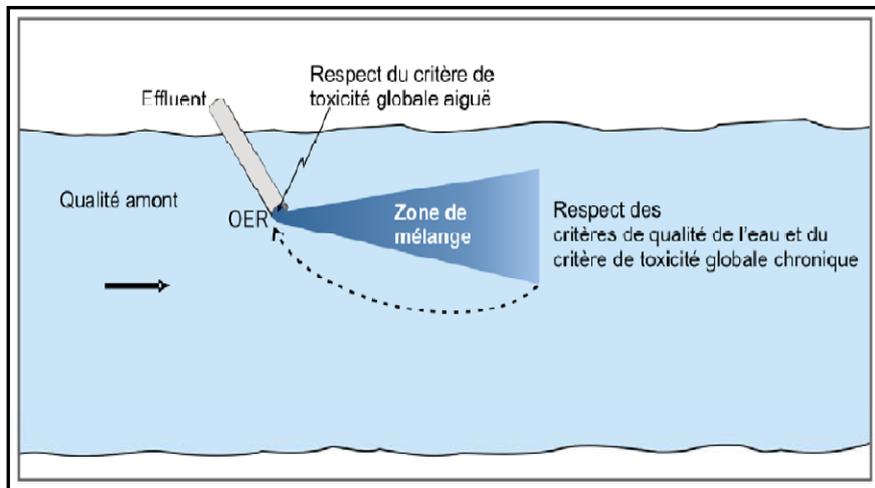


Figure 93: Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER (effluent de laiterie- Oued Seybouse)

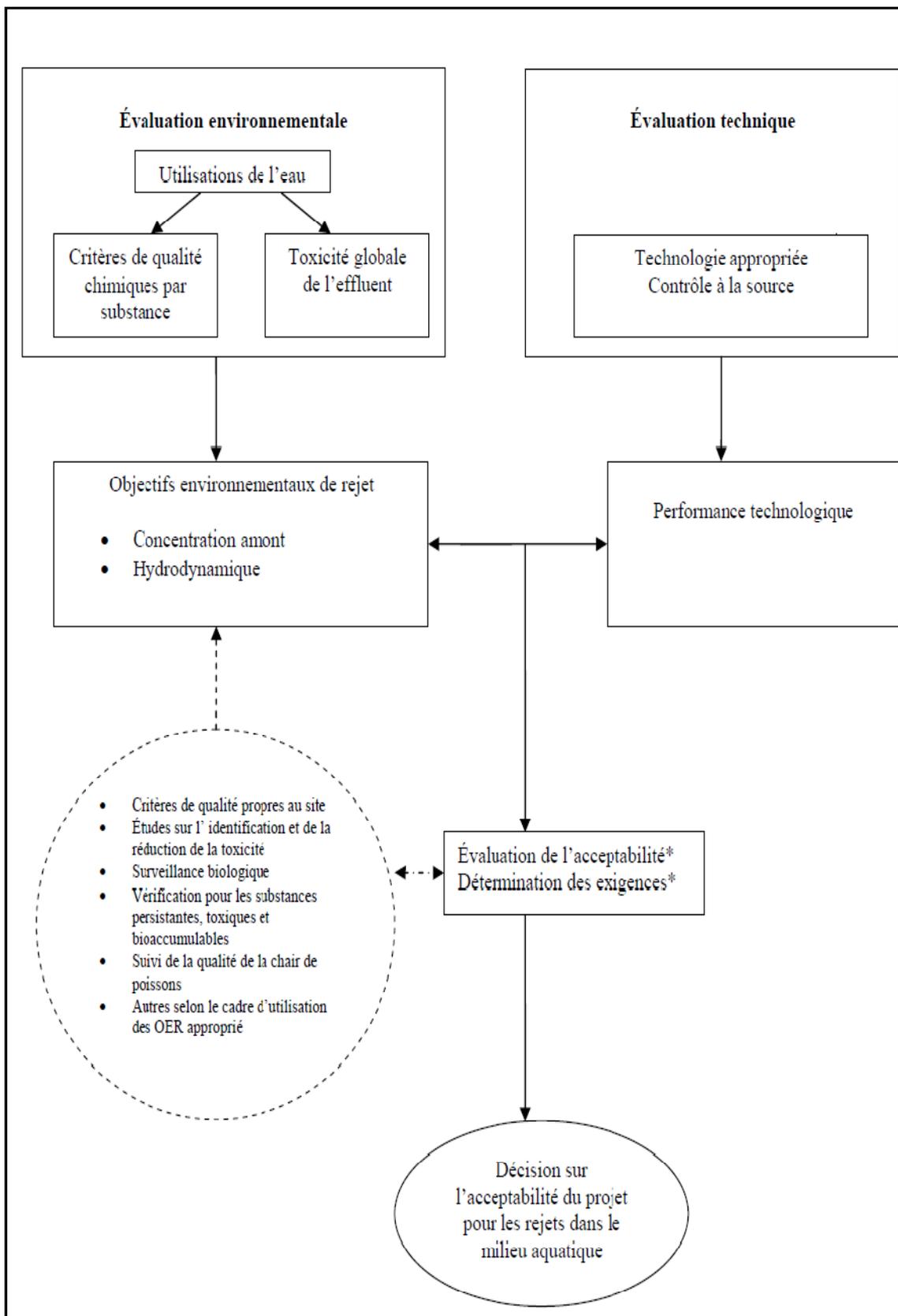


Figure 94: Etape de l'approche de protection du milieu pour les rejets ponctuels (MDDEP 2007)

### 5.3. Critères de qualité d'eau de surface :

Les critères de qualité de l'eau ont été déterminés afin de permettre de porter un jugement critique sur la qualité des surfaces d'eau et des rejets ponctuels à des fins d'évaluation ou de contrôle (MDDEP 2008sept). Ces critères de qualité de l'eau de surface sont à la base du calcul des OER. Ils servent aussi de seuil de référence pour évaluer l'état de santé du milieu.

### **5.3.1. Les critères de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques (CPC [EO]) et les critères de prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPC [O])**

Ces critères visent à protéger la population humaine exposée à long terme aux substances bioaccumulables par sa consommation d'eau et d'organismes aquatiques. Ils sont conçus pour prévenir la contamination des eaux de surface servant à la production d'eau potable, tout en prévenant celle de la chair des poissons, mollusques ou crustacés comestibles. Les CPC(O) sont définis pour prévenir la contamination de la chair des organismes aquatiques comestibles lorsque la production d'eau potable n'est pas considérée. Établis à partir des principes de base de l'analyse de risque les CPC, aide à estimer les concentrations qui minimisent ou précisent le risque potentiel d'effets délétères pour l'homme, liés à une exposition par la consommation d'eau ou d'organismes aquatiques. Ils sont basés sur l'estimation du danger de la substance et sur une exposition potentielle des individus sur toute la durée de leur vie. 'U.S.EPA (1980, 1992, 1998), (MENVIQ, 1990b, rév. 1992)

Pour les eaux de surface où une prise d'eau potable est présente, les CPC sont calculés de façon à protéger un individu qui consommerait pendant toute sa vie une eau (E) contaminée à cette concentration et des organismes aquatiques (O) qui ont bioaccumulé la substance à partir de l'eau à la concentration du CPC (EO) MDDEP Mars 2008).

Les CPC (EO) peuvent aussi être basés sur des aspects organoleptiques ou esthétiques des substances pouvant altérer le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau, ou nuire aux travaux ménagers. Ils seront basés sur ces aspects lorsque les effets organoleptiques ou esthétiques se produisent à des concentrations inférieures à celles définies sur la base de leurs effets sur la santé. L'utilisation d'une eau de mauvaise qualité esthétique peut amener le consommateur à modifier sa source d'eau pour une autre de meilleure apparence mais dont la salubrité n'est pas garantie.

En l'absence de prise d'eau potable dans une eau de surface, les CPC (O) utilisés sont déterminés pour un adulte de 70 kg consommant quotidiennement 6,5 g de poisson, mollusque ou crustacé par jour, sauf pour le mercure. Des valeurs différentes sont utilisées pour le mercure entre autre pour tenir compte de l'exposition chez la femme, puisque le mercure est reconnu pour ses effets potentiels sur les fœtus (U.S.EPA, 1995). Toutefois, comme les CPC (O) servent de base aux limites de rejet des sources polluantes qui conduisent au respect du critère généralement bien avant la présence d'une population ciblée, les CPC (O) tels qu'ils sont définis présentement sont suffisamment sécuritaires dans la très grande majorité des cas. Pour cet usage ce sont les critères retenus sont de l'U.S.EPA (1998) et ceux du *Michigan Department of Environmental Quality* (MDEQ, 1997).

Lorsque le CPC est basé sur un aspect organoleptique ou esthétique, le seuil inventorié le plus bas a été retenu. Un critère bactériologique d'eau de surface a aussi été retenu pour réduire la possibilité de retrouver d'autres types de pathogènes (ex. : virus). En protégeant la qualité esthétique et bactériologique de l'eau de surface, on évite des coûts de traitement supplémentaires nécessaires pour satisfaire les exigences des consommateurs (MDDEP Mars 2008).

### **5.3.2. Critères de protection de la vie aquatique chroniques (CVAC)**

Les effets chroniques (effets sous-létaux à moyen et long terme) sur la vie aquatique sont évalués à partir des critères de protection de la vie aquatique chroniques(CVAC) ainsi que par la mesure de la toxicité globale chronique de l'effluent. Pour la protection de la vie aquatique, des critères de qualité distincts sont déterminés pour les eaux douces et salées.

Les effets chroniques (effets sous-létaux à moyen et long terme) sur la vie aquatique sont évalués à partir des critères de protection de la vie aquatique chroniques(CVAC) ainsi que par

la mesure de la toxicité globale chronique de l'effluent. Pour la protection de la vie aquatique, des critères de qualité distincts sont déterminés pour les eaux douces et salées.

Le critère de vie aquatique chronique (CVAC) est la concentration la plus élevée d'une substance qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement pendant toute leur vie. Le critère de vie aquatique aigu (CVAA) est la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés. Deux critères numériques sont déterminés pour assurer une protection à court et à long terme de tous les organismes aquatiques : un critère de vie aquatique aigu et un critère de vie aquatique chronique.

Une troisième valeur numérique sert parfois à estimer la toxicité aiguë des effluents avant leur mélange au milieu. Il s'agit de la valeur aiguë finale (VAF), qui correspond à la concentration pouvant tuer 50 % des organismes sensibles qui y sont exposés. Elle sert seulement lorsque le critère de toxicité globale aigu ne peut être utilisé, par exemple lorsque l'on veut prédire la toxicité d'un nouvel effluent ou lorsque l'on cherche à identifier les substances à l'origine de la toxicité mesurée à l'aide des tests de toxicité sur l'effluent entier. La VAF correspond à deux fois la valeur du CVAA (MDDEP 2007).

Les critères numériques sont définis à partir des résultats de tests de laboratoire où des effets propres à chaque substance ont été mesurés. Des seuils de toxicité aiguë, telles les concentrations létales pour 50 % des organismes ( $CL_{50}$ ), et des seuils d'effets chroniques, telles les concentrations sans effet observable (CSEO) ou les concentrations minimales entraînant un effet observable (CMEO) mesurées pour plusieurs fonctions vitales comme la croissance, la reproduction, le métabolisme, sont à la base de la détermination des critères de qualité numériques.

Les procédures utilisées pour calculer les critères de vie aquatique aiguë et chronique dépendent du nombre de données aiguës ou chroniques disponibles pour la substance.

Une grande variété d'espèces doivent avoir été testées en couvrant au moins six familles d'organismes aquatiques différentes (critères), ou bien des facteurs de sécurité sont ajoutés aux données de toxicité lorsque le nombre d'espèces testées est restreint (critères provisoires). De plus, il arrive occasionnellement que, pour répondre à une demande urgente portant sur une substance sans critère, provisoire ou non, le MENV utilise une version accélérée de sa méthode de calcul de critères provisoires. Ces critères provisoires calculés pour ces demandes urgentes sont alors déterminés à partir des données de toxicité contenues dans la banque de données américaine *Aquatic Toxicity Information Retrieval Database* (AQUIRE) et de la meilleure information rapidement disponible dans d'autres banques de données telles que *Hazardous Substances Data Bank* (HSDB), *Chemical Evaluation Search and Retrieval System* (CESARS), *Integrated Risk Information System* (IRIS). Une note précisant d'utiliser ces valeurs avec prudence accompagne alors ces critères. La toxicité de plusieurs contaminants varie en fonction d'une caractéristique physicochimique du milieu (ex : Température, pH,  $O_2$  dissous, dureté TH).

Les critères de vie aquatique chronique (effet chronique) peuvent aussi provenir de seuils entraînant la détérioration du goût, de l'odeur ou de la couleur de la chair des organismes. Dans cette même section apparaîtront les critères nécessaires pour protéger les organismes aquatiques des effets indirects des polluants conventionnels (ex. : baisse en oxygène dissous, eutrophisation des cours d'eau, envasement des frayères). La valeur finale du critère de qualité est donc la concentration qui permet d'éviter tous ces effets pour la protection de la vie aquatique à long terme.

### 5.3.3. Les critères de protection de la faune terrestre piscivore (CFTP)

La faune terrestre piscivore est définie ici par les espèces non domestiques des classes taxonomiques *aves* et *mammalia* (oiseaux et mammifères). Les critères de qualité pour la faune terrestre piscivore (CFTP) correspondent à la concentration d'une substance dans l'eau qui ne causera pas, sur plusieurs générations, de réduction significative de la viabilité ou de l'utilité (au sens commercial ou récréatif) d'une population animale exposée par sa consommation d'eau ou son alimentation (U.S.EPA, 1995). Les critères de faune terrestre piscivore présents dans ce document ont été déterminés à partir de la méthode décrite dans le document intitulé *Great Lakes Water Quality Initiative Technical Support Document for Wildlife Criteria* (U.S.EPA, 1995).

### 5.3.4. Les critères d'activités récréatives et d'esthétique (CARE) :

visent à prévenir les risques pour la santé liés à des activités aquatiques de contact direct (baignade, planche à voile) ou indirect (canotage, pêche, navigation de plaisance). De plus, ce type de critères garantit la protection des qualités esthétiques du milieu aquatique. Les critères de qualité numériques retenus pour la vie aquatique s'appuient sur les recommandations du CCME (CCMRE, 1987 et mises à jour) mais aussi sur ceux de l'U.S.EPA et de certains États américains ou provinces canadiennes.

**Tableau 62: Usages de l'eau et critères de qualité**

Usage	Symbole	Critère
Sources d'approvisionnement en eau potable	CPC(EO)	Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques
Consommation de poissons, de mollusques et de crustacés	CPC(O)	Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques
Activités récréatives	CARE	Critère d'activités récréatives et d'esthétique
Vie aquatique	CVAC	Critère de protection de la vie aquatique chronique
Faune terrestre piscivore	CFTP	Critère de protection de la faune terrestre piscivore

Les critères de qualité de l'eau ne sont pas des normes, elles s'intègrent dans des procédures globales où elles servent de base à la définition de niveaux d'intervention d'assainissement ou à l'évaluation de la qualité des eaux. Les critères de qualité sont des valeurs associées à un seuil sécuritaire protégeant un usage de tout type d'effets délétères possibles : toxicité, organolepticité ou dégradation esthétique.

**Tableau 63: Complémentarité des outils d'évaluation de la qualité de l'eau ou des effluents (MDDEP 2008)**

Outils	Utilités	Limites
Critères de qualité chimiques propres à chaque substance	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Protège la vie aquatique, la santé humaine et la faune terrestre</li> <li>✓ Couvre un large éventail d'espèces et d'effets pour un même contaminant</li> <li>✓ Intègre le devenir du contaminant (bioaccumulation, sédimentation)</li> <li>✓ Cerne la source de pollution</li> <li>✓ Oriente les technologies de traitement, puisqu'une substance est identifiée</li> <li>✓ Prévient les effets néfastes</li> <li>✓ Requiert des coûts peu importants si seuls quelques contaminants sont analysés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tient compte uniquement des contaminants qui sont connus et qui ont été recherchés</li> <li>✓ Ne tient pas compte de la biodisponibilité des contaminants</li> <li>✓ Ne considère pas les interactions possibles dans le mélange</li> <li>✓ Ne mesure pas directement les effets biologiques ; la relation de cause à effet n'est pas certaine</li> <li>✓ Requiert des coûts pouvant être importants si beaucoup de contaminants sont à analyser</li> </ul>

Les normes réglementaires, quant à elles, tiennent compte de l'état actuel des limites de détection des méthodes analytiques usuelles ainsi que des technologies et des coûts de traitement (MDDEP 2008 S).

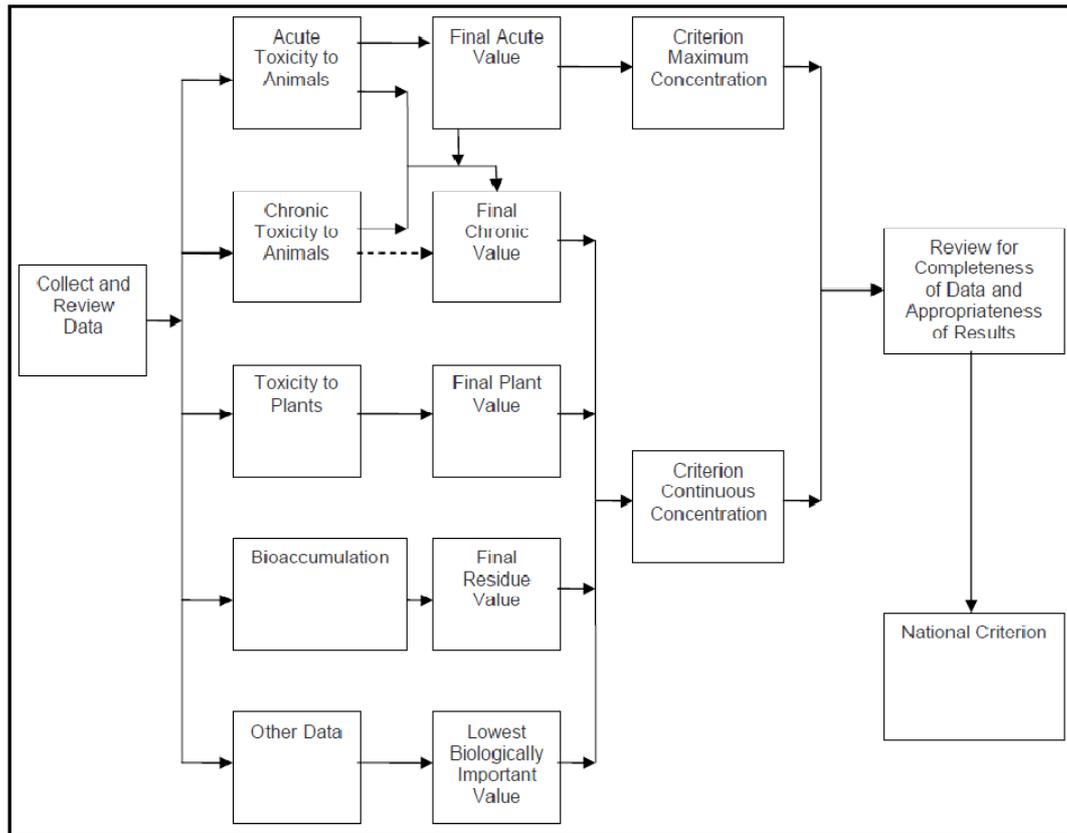


Figure 95: Dérivation des critères nationaux numériques de qualité de l'eau pour la protection des organismes aquatiques et leurs usages (US EPA 1985)

Les OER sont utilisés à la fois, pour évaluer l'acceptabilité environnementale d'un projet, et par le promoteur, pour guider sa conception. Les OER ne sont pas le seul élément considéré pour l'acceptation ou le refus d'un projet lorsque les rejets anticipés dépassent les OER.

Le dépassement d'un OER ne mène donc pas automatiquement au refus d'un projet (MDDEP 2011).

#### 5.4. Toxicité globale de l'effluent

Des OER pour la **toxicité globale de l'effluent** sont déterminés à partir d'un critère de toxicité globale aiguë qui s'applique directement à l'effluent avant dilution dans le milieu et d'un critère de toxicité globale chronique qui s'applique au bout d'une zone de mélange.

L'absence de toxicité aiguë à l'effluent est définie par un maximum de 50 % de mortalité des organismes exposés à l'effluent non dilué. Ce pourcentage de mortalité, exprimé en unités toxiques, est d'une unité de toxicité aiguë (1 UTa). En respectant la limite de 50 % de mortalité à l'effluent, on suppose qu'il n'y aura pas ou qu'il y aura peu de mortalité des organismes du milieu à l'intérieur de la zone de mélange. L'OER relatif à la toxicité globale aiguë correspond, pour tous les rejets, à ce critère de toxicité globale aiguë d'une UTa.

L'absence de toxicité chronique dans le milieu est définie par un seuil sans effet sur le développement, la croissance et la reproduction des organismes aquatiques. Ce seuil sans effet, exprimé en unités toxiques, est d'une unité toxique chronique (1 UTc) (MDDEP 2007).

5.5.Méthodologie

Les OER sont calculés afin d'assurer le respect des critères de qualité de l'eau à la limite d'une **zone de mélange** (zone de contact effluent-plan d'eau) limitée. Cette zone d'impact est tolérée dans la mesure où elle ne nuit pas à l'ensemble du milieu naturel récepteur.

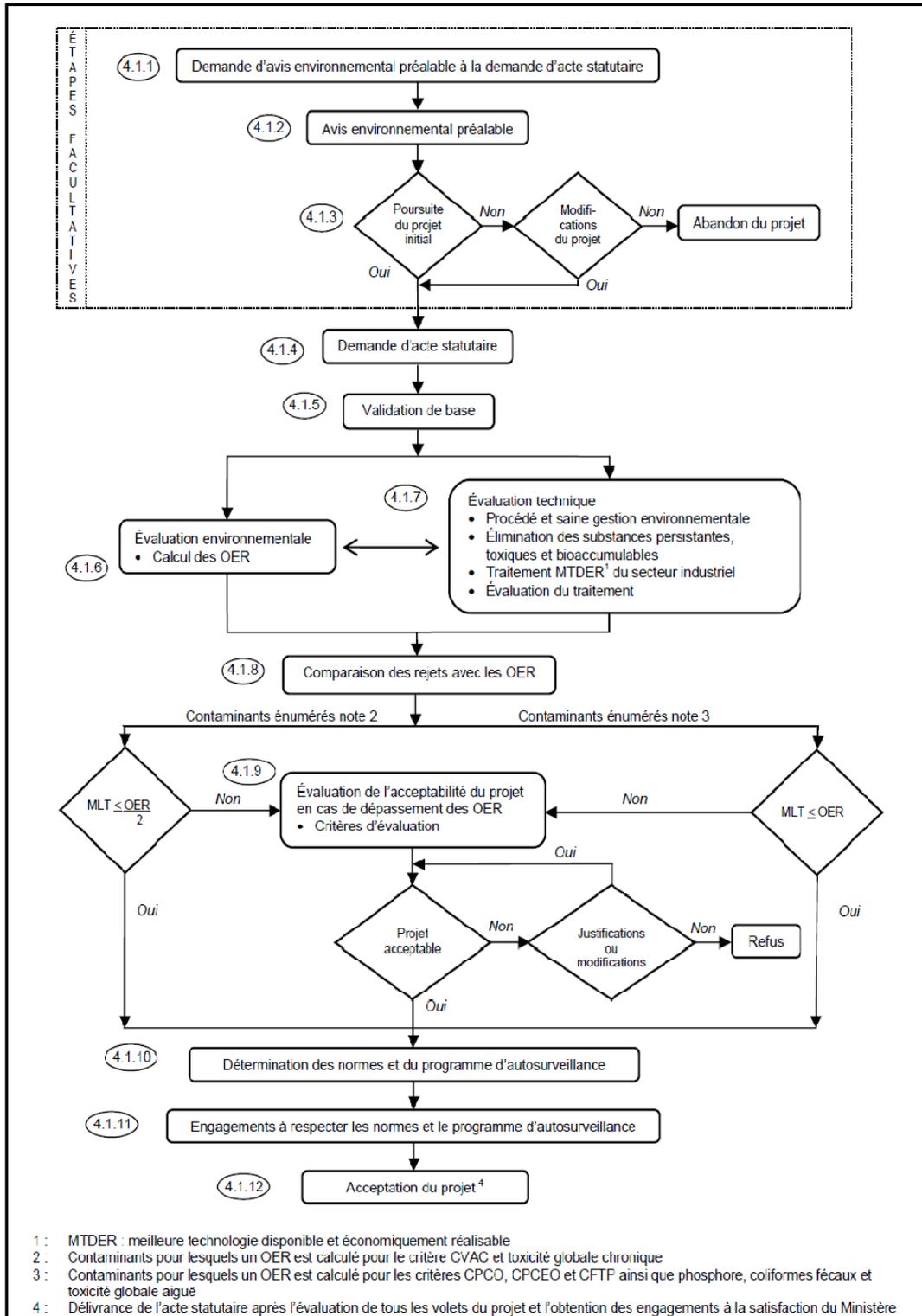


Figure 96: Démarche générale d'utilisation des OER

5.5.1. Equation du bilan de charge (Approche locale)(MDDP 2007) :

Le bilan de charge pour la majorité des paramètres chimiques, est donné par l'équation suivante :

**Charge amont + Charge allouée = Charge maximale tolérable à l'effluent à la limite de la zone de mélange dans le milieu récepteur**

$$C_{am} Q_{am} + C_e Q_e = C_c (Q_{am} + Q_e) \dots\dots\dots \text{équation (1)}$$

La charge attribuée à l'effluent ( $C_e Q_e$ ) correspond à la charge associée au respect du critère de qualité (charge maximale tolérable à la limite de la zone de mélange), de laquelle est soustraite la charge déjà présente dans le milieu (fig n°97), ces charges se définissent ainsi :

**Charge tolérable de rejet = Charge tolérable dans le milieu (basé sur le critère de qualité) - Charge présente dans le cours d'eau**

$$C_e Q_e = C_c (Q_{am} + Q_e) - C_{am} Q_{am} \dots\dots\dots \text{équation (2)}$$

$$Q_{am} = Q_r - f Q_e \dots\dots\dots \text{équation (3)}$$

$$C_e = \frac{C_c (Q_r - f Q_e + Q_e) - C_{am} (Q_r - f Q_e)}{Q_e} \dots\dots\dots \text{équation (4)}$$

D'où

$C_e$  = Concentration attribuée à l'effluent pour un contaminant donné. Elle correspond à l'OER en concentration retenu (mg/l).

$C_c$  = Concentration correspondant au critère de qualité de l'eau retenu pour un contaminant et un usage donnés (mg/l).

$C_{am}$  = Concentration médiane amont du contaminant dans le milieu récepteur (mg/l).

$Q_{am}$  = Débit amont qui correspond à la portion du débit du milieu attribuée pour le mélange de l'effluent (l/s).  $Q_{am}$  prend en considération la fraction du débit d'effluent prélevée dans le milieu récepteur en amont du point de rejet ( $f$ ) :  $Q_{am} = Q_r - f Q_e$ .

$Q_r$  = Débit du milieu récepteur alloué pour le mélange de l'effluent en l/s

$f$  = Fraction du débit de l'effluent.

Le facteur  $f = 1$  : si l'eau d'approvisionnement est entièrement tirée du cours d'eau en amont du point de rejet.

Le facteur  $f = 0$  : si l'approvisionnement en eau se fait à partir d'un autre bassin versant ou à partir d'eau souterraine.

$Q_e$  = Débit de l'effluent, correspond généralement au débit moyen de l'effluent. (Rejet d'eaux résiduaires industrielles ERI).

La charge journalière attribuée à l'effluent.  $C_j$  (kg/j) est défini comme suit :

$$C_j = C_e \times Q_e \dots\dots\dots \text{équation (5)}$$

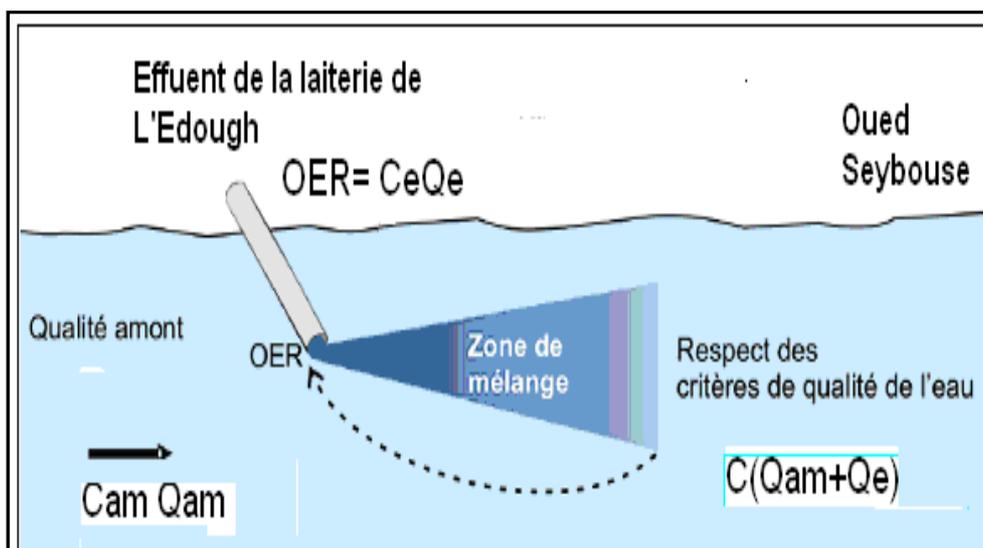


Figure 97: Schéma simplifié du bilan de masse appliqué sur l'effluent de la laiterie de l'Edough

L'OER doit être calculé en tenant compte, pour chaque contaminant, des divers usages de l'eau : Pour prévenir les risques pour la santé humaine on a le Critère de Prévention de la Contamination de l'Eau et des Organismes aquatiques **CPC(EO)**, Critère de Prévention de la Contamination des Organismes aquatiques **CPC(O)** et Critère d'Activités Récréatives et d'Esthétique(**CARE**)

Pour protéger les organismes vivants on a le Critère de Protection de la Vie Aquatique Chronique (**CVAC**) aigu et chronique, et le Critère de Protection de la Faune Terrestre Piscivore (**CFTP**).

Cette méthodologie est appliquée au rejet de la laiterie de L'Edough dans le milieu récepteur Oued Seybouse.

Tableau 64: Conditions d'utilisation de l'approche locale et de l'approche globale selon les contaminants

Contaminant	Approche locale généralement retenue	Approche globale généralement retenue	Précisions
Toxiques	√		Approche globale retenue si plusieurs rejets à l'intérieur d'un kilomètre
DBO <sub>5</sub>	√		Utilisation possible de modèles de simulation de l'O <sub>2</sub> dissous en rivière ou de mesures dans le milieu pour vérifier l'OER obtenu avec l'approche locale et approche globale retenue si plusieurs rejets à l'intérieur d'un kilomètre
Matières en suspension	√		Approche globale retenue si plusieurs rejets à l'intérieur d'un kilomètre
Phosphore		√	Approche locale aussi utilisée si zone de mélange basée sur débits d'étiage  OER retenu : le plus contraignant entre les deux approches
Coliformes fécaux		√	Approche locale aussi utilisée si usage à proximité du rejet  OER retenu : le plus contraignant entre les deux approches

### 5.5.2. Débit de récurrence de l'Oued Seybouse

L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur (Mokaya et al, 2004 ; Piyankarage et al., 2004). Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des cours d'eau (Mwashote et al. 2005 ; Shomar et al. 2005).

Les charges polluantes n'ont pas grande signification si elles ne sont pas rapportées aux flux d'eau naturels qui les diluent. Le débit maximal considéré pour la dilution dans une rivière à mélange rapide est égal à la moitié du débit d'étiage de la rivière pour les contaminants toxiques et à la totalité du débit d'étiage pour les contaminants conventionnels, sans dépasser la dilution maximale de 1 dans 100.

La durée et la probabilité de retour des débits d'étiage retenus sont fonction du type d'effet que l'on cherche à prévenir (usages de l'eau). Les débits d'étiage associés aux différents critères sont les suivants :

1. le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par dix ans ( $Q_{10,7}$ ) pour les CVAC des contaminants toxiques;
2. le plus faible débit moyen sur trente jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par cinq ans ( $Q_{5,30}$ ) pour les CPC(O), CPC(EO) et CFTP.
3. le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par deux ans ( $Q_{2,7}$ ) pour les CVAC des contaminants Conventionnels

**Tableau 65: Débits d'étiage retenus pour les différents usages**

Critère de qualité	Usage protégé ou effet	Débit d'étiage	Respect du critère
CPC(EO) <sup>1</sup>	Prévention de la contamination de l'eau et des organismes	$Q_{5,30}$ annuel	À la prise d'eau
CPC(O) <sup>1</sup>	Prévention de la contamination des organismes	$Q_{5,30}$ annuel	À la limite de la zone de mélange
CARE (coliformes fécaux)	Activités récréatives	$Q_{2,7}$ estival	Au site de l'usage
CVAC (toxiques)	Vie aquatique, chronique	$Q_{10,7}$ annuel <sup>2</sup>	À la limite de la zone de mélange
CVAC (MES, DBO <sub>5</sub> )	Vie aquatique, chronique	$Q_{2,7}$ annuel	À la limite de la zone de mélange
CVAC (phosphore)	Eutrophisation en rivière	$Q_{2,7}$ estival	En zone sensible ou par tronçon
CVAC (phosphore)	Eutrophisation en lac, en réservoir ou en baie fermée	Modèle d'apports	Dans le lac, le réservoir ou la baie fermée
		$Q_{2,7}$ annuel	À l'embouchure des tributaires du lac, du réservoir ou de la baie fermée
CFTP <sup>1</sup>	Faune terrestre piscivore	$Q_{5,30}$ annuel	À la limite de la zone de mélange

Tableau 66: Usages et critères de l'eau pour calcul des OER (MDDEP 2008-2013)

Usage /Contaminant	Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques Cc CPC(O) (mg/l) U.S.EPA, 1998 MDDEP 2013	Valeur finale aigue de l'effluent VAFe (mg/l)	Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques Cc CPC(O) (mg/l) U.S.EPA (1998 MDDEP 2008-2013	Critère d'activités récréatives et d'esthétique CARE (mg/l)	Critère de protection de la vie aquatique chronique CVAC (mg/l)		Critère de protection de la faune terrestre piscivore CFTP (mg/l)
					Effet aigu	Effet chronique	
Température	----	----	----	----	----	(SERT, 1992) Toute augmentation artificielle de la température ne doit pas : - modifier la température de l'eau sur tout un tronçon de rivière ou une portion de lac avec pour résultat le déplacement prévisible ou la modification des populations aquatiques présentes ou potentielles ; - altérer certaines zones sensibles localisées, telle une frayère ; - tuer les organismes vivants à proximité d'un rejet. De plus, le milieu ne doit pas subir de changements brusques de température occasionnés, par exemple, par un arrêt subit d'un rejet thermique en saison froide.	----
pH	6,5 à 8,5 (WHO, 1984a ; SBSC, 1987 ; CCME, 1995c ; SC, 1996) Cette	----	----	----	5,0 à 9,5 Valeurs déterminées à partir des données présentées dans le document du CCMRE (1987).	6,5 à 9,0 (U.S.EPA, 1976b ; Mc Neely et al., 1979; CCMRE, 1987; CCME, 2002; U.S.EPA, 2006)	----

	concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable.						
<b>Oxygène dissous</b>	----	----	----	----	----	(OMOE, 1984a ; OMOEE, 1994)	---
<b>Turbidité</b>					8,0 (CCME, 1999 ; B.C.WLAP, 2001) Ce critère de qualité permet une augmentation maximale de 8 NTU en 24 heures par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est inférieure ou égale à 8 NTU.	2,0 (CCME, 1999 ; B.C.WLAP, 2001) Ce critère de qualité permet une augmentation moyenne maximale de 2 uTN par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est plus petite ou égale à 8 à 80 uTN.	
<b>Chlorures mg/l</b>	250 (SBSC, 1987 ; CCME, 1995c ; SC, 1996 ; CCME, 2002)	1720 (U.S.EPA, 1988b ; U.S.EPA, 2002) Ce critère de qualité ne sera probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. En plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à un bon nombre d'espèces. (Ce critère de qualité est en révision).	----	----	860 (U.S.EPA, 1988b ; U.S.EPA, 2006)	230 (U.S.EPA, 1988b ; U.S.EPA, 2006a).ce critère de qualité est en révision.	----
<b>Nitrates mg/l</b>	10 (CCMRE, 1987 ; U.S.EPA, 1991a ; SC, 1996 ; CCME, 2002 ;	----	----	----	----	2.9 (CCME 2003).Ce critère de qualité est en révision.	----

	U.S.EPA, 2006)						
<b>Nitrites mg/l</b>	1,0 (CCMRE, 1987; SBSC, 1987; U.S.EPA, 1991a; CCME, 1995c)	----	----	----	0,06 (Nordin et Pommen(B.C.MOE), 1986 ; B.C.MOELP, 1998 ; B.C.WLAP, 2001)	0.02	----
<b>Ammonium mg/l</b>	0,5 (SAETEC, 1999 Annexe 2	(Nordin et Pommen(B.C.MOE), 1986) Voir annexe 2. (U.S.EPA, 1989b) Cette concentration s'applique aux eaux saumâtres et salées. Voir annexe 5	----	----	----	(Nordin et Pommen(B.C.MOE), (U.S.EPA, 1989b ; U.S.EPA, 2006) Annexe4	----
<b>Matières en suspension mg/l</b>	----	----	----	----	25 (CCME, 1999)	5,0 (CCME, 1999)	---
<b>Demande biochimique en oxygène en cinq jours mg/l</b>	----	----	----	----		3,0 (Inhaber, 1975) Cette valeur correspond au déficit maximal tolérable en oxygène pour la vie aquatique à une température estivale moyenne de 21 °C.	---

(----) : *Aucun critère de qualité retenu pour cet usage*

### 5.6. Interprétation des Objectifs Environnementaux de Rejet

L'établissement d'OER diffère de l'établissement de normes réglementaires, en ce sens qu'il tient compte des différences entre les milieux récepteurs. Si les normes réglementaires assurent une équité entre les rejets d'un secteur industriel sur la base d'un même niveau de traitement, l'approche des OER vise une certaine équité entre les rejets en fonction de la sensibilité du milieu. (MDDEP 2007 mars).

Le dépassement occasionnel d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y a un danger immédiat pour la santé ou l'environnement. Cela indique plutôt qu'il y a un risque d'effet ou de contamination et que ce risque s'accroît d'autant plus que l'amplitude ou la fréquence des dépassements sont grandes.

Des études complémentaires peuvent parfois être envisagées pour préciser le risque associé à certains contaminants lorsqu'il y a dépassement d'OER. Ces études peuvent mener, par exemple, à la détermination de critères propres au site pour certains métaux ou à une étude d'identification de l'origine de la toxicité lorsqu'un effluent est toxique.

Le respect des OER signifie que la qualité de l'eau est protégée pour la faune et la flore à la grande majorité du temps. Cela signifie aussi que la qualité de l'eau est adéquate pour la consommation ou la récréation, sans restrictions. Les OER sont conçus pour protéger les usages et prévenir les effets avant qu'ils surviennent. (MDDEP ,2007 sept). Cependant, un dépassement localisé lors du calcul d'un objectif environnemental de rejet implique qu'il y a un risque qui s'intensifie d'autant plus que l'amplitude du dépassement de l'OER est importante.

### 5.7. Analyse fréquentielle des débits d'étiage

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'endéfinir les probabilités d'apparition future (Bobée et Ashkar, 1991).

L'analyse fréquentielle introduit diverses techniques statistiques et constitue une série complexe qu'on doit la traitée avec beaucoup de rigueur. Le diagramme (Fig.98) illustre les étapes à suivre pour satisfaire l'analyse fréquentielle.

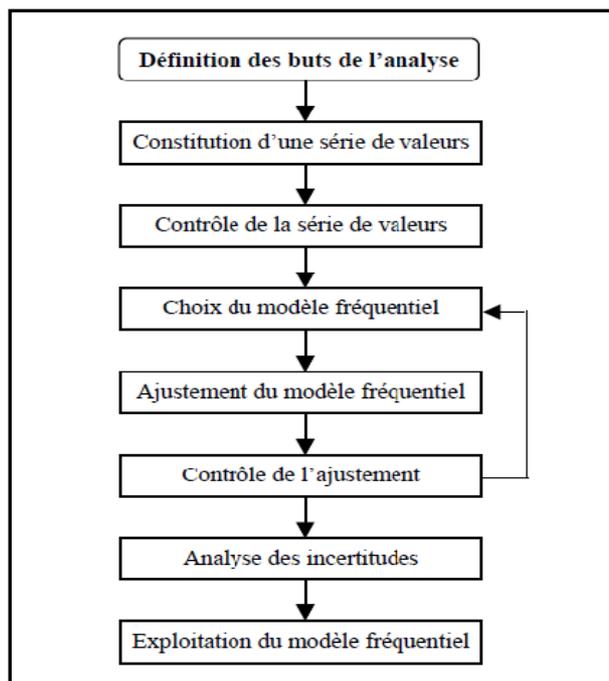


Figure 98: Principales étapes de l'analyse fréquentielle (Meylan et Musy, 1999)

La cause essentielle des étiages est une sécheresse climatique exceptionnelle et prolongée, se traduisant par une grave pénurie des précipitations et par une intense évapotranspiration en saison chaude (Frecaut, 1971).

Une série de données hydrologiques peut être résumée simplement par sa valeur centrale (moyenne arithmétique en général) et un paramètre de dispersion (écart-type).

Pour compléter sa caractérisation, un phénomène hydrologique est décrit couramment par une variable aléatoire dont les valeurs de l'échantillon possèdent une distribution de fréquence analogue à la densité de probabilité de la population  $p(x)$ .

Cette densité de probabilité est obtenue graphiquement avec en abscisses les valeurs des observations et en ordonnées les fréquences de ces observations groupées par classes de valeurs croissantes (Laborde 2000).

L'analyse fréquentielle consiste à ajuster une loi statistique à un échantillon d'observations hydrologiques, afin d'évaluer la relation entre l'estimation du débit de période de retour  $T$  et la probabilité de non-dépassement qui lui est associée. Le but est de calculer les débits d'étiage critiques  $X_T$  qui correspondent à une certaine période de retour  $T$ , définie comme étant le temps moyen entre deux occurrences d'étiages. (Ven Te Chow *et al.*, 1988) (Maidment, 1993) (Meylan *et al.*, 2008)

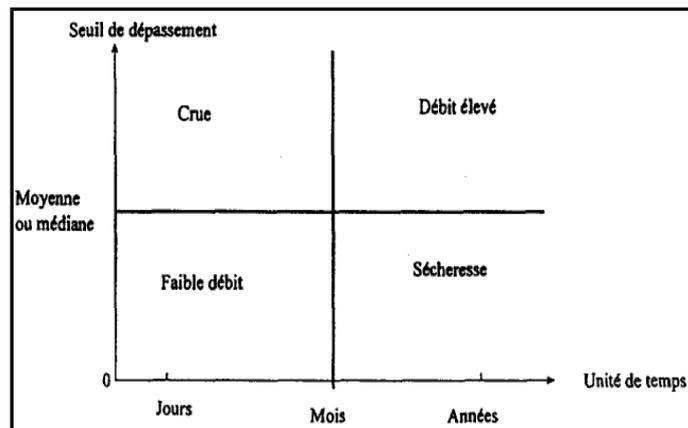


Figure 99: Classification des événements hydrologiques (Dracup et al, 1980a)

### 5.7.1. Distributions et méthodes d'ajustement statistique

La plupart des études d'analyse de fréquence ont pour objet d'assigner à des valeurs de débit  $X$  une fréquence cumulative exprimée en quantiles, soit directement par des fonctions de répartition empiriques, soit après ajustement par des distributions théoriques. Ceci permet le calcul des débits d'étiage critiques  $x_T$  correspondant à une certaine période de retour  $T$ , tel que  $P(X < x_T) = 1 - T$ .

Ces travaux ont surtout porté sur l'étude du minimum annuel du débit journalier où les données hydrologiques sont supposées indépendantes et identiquement distribuées. Il est aussi d'usage d'analyser  $Q_m$ , le minimum annuel du débit moyen sur  $m$  jours consécutifs,  $m$  prenant généralement les valeurs 7, 10, 30, 60, 90, ou 120 jours, et d'adopter comme débit critique un débit  $m$  jours ayant une période de retour de  $T$  ans.

Le débit critique le plus utilisé en Amérique du Nord est  $Q_7^{10}$  qui correspond au minimum annuel moyen sur 7 jours, ayant une période de retour de 10 ans (Abi Zied et al, 1999).

Dans le glossaire d'hydrologie (WMO, 1974), l'étiage est défini comme étant le « débit d'une rivière après une période sèche prolongée ». Parmi toutes les définitions de sécheresse, une définition objective et assez flexible ayant émergé est celle avancée par Yevjevich 1967 qui est reliée à la théorie des séquences, une branche de l'analyse statistique des séries

chronologiques. Pour caractériser l'étiage, différents indicateurs peuvent être utilisés. En général, l'indicateur d'étiage est défini par un couple (débit, durée)

Les étiages et les sécheresses hydrologiques sont souvent caractérisés par des indicateurs dont (Abi Zied et al, 1999) :

- L'indice de Palmer (PI) (Palmer, 1965) est l'indicateur de sécheresse le plus utilisé aux États-Unis. Il combine l'information sur les précipitations et sur la température et mesure la différence cumulative entre les conditions normales et les conditions observées.
- Correia et al. (1991) ont défini des indices de risque, de vulnérabilité et de résilience reliés aux sécheresses hydrologiques dans un contexte local ainsi que régional, et ce en utilisant des débits moyens annuels obtenus par génération de données synthétiques.

Cependant, en France et suite aux études réalisées par l'IRSTEA4 (Galéa et al., 1999), le débit d'étiage est le VCND qui correspond au débit moyen caractéristique sur une durée  $d$  connue, minimal dans la saison. Dans leur étude, l'IRSTEA utilise le débit journalier minimum annuel de période de retour de deux ans.

Bernier (1964) a appliqué la loi de probabilité du débit minimum annuel de Bar-sur-Seine, France, en utilisant les précipitations et la courbe de tarissement. L'expression de cette loi est formellement celle de la théorie des valeurs extrêmes de Gumbel.

Gumbel (1954) a été le premier à appliquer la théorie des valeurs extrêmes aux événements de sécheresse et en particulier au débit minimum annuel de huit rivières américaines dans les états de l'Arizona, du Kansas, de Utah, du Montana, du Massachussets, du Colorado et du Wisconsin. La loi de Weibull est à trois paramètres : un paramètre de forme  $k$ , un paramètre d'échelle  $a$ , et un paramètre de position  $u$  tel que  $x > u$ . L'estimation doit être telle que  $u$  soit inférieur au plus faible débit minimum observé. (Abi Zied et al 1999).

afin d'écarter tout ajustement peu adapté à la série d'observations, les lois les plus appropriées à l'ajustement statistique des débits minimaux annuels, ont été choisies *a priori* (Audet *et al.*, 2000). Plusieurs lois appliquées aux séries de débits moyens journaliers minimaux, annuels et saisonniers ont été développées (tab.67) :

Tableau 67: Lois appliquées aux débits d'étiage (Abi Zied et al., 1999)

Loi	Expression
Weibull	$f(x) = \frac{k}{\alpha} \left(\frac{x-u}{\alpha}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)^k\right)$
Gumbel	$f(x) = \alpha \exp[-\alpha(x-u) - \exp(-\alpha(x-u))]$
log normale à trois paramètres (LN3)	$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln(x-a) - m]^2\right\}$
Pearson type 3 (LP3)	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left(\frac{x-m}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{x-m}{a}\right)$
Pearson type 5 (LP5)	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left(\frac{x-m}{a}\right)^{-(b+1)} \exp\left(-\frac{a}{x-m}\right)$
Gamma	$f(x) = \frac{\alpha^\rho x^{\rho-1} e^{-\alpha x}}{\Gamma(\rho)}$
log normale à deux paramètres (LN2)	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln(x) - m]^2\right\}$
normale	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$
log Pearson type 3 (LP3)	$f(x) = \frac{1}{x a \Gamma(b)} \left(\frac{y-m}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{y-m}{a}\right), y = \log(x)$
Loi généralisée des valeurs extrêmes (GEV)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left\{1 - k \frac{(x-u)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}-1} \exp\left[-\left\{1 - k \frac{(x-u)}{\alpha}\right\}^{\frac{1}{k}}\right]$

k et b : paramètre de forme,  $\alpha$ , a : paramètre d'échelle, u, m : paramètre de position,  $\Gamma(b)$ : fonction gamma complète

Tableau 68: Résumé des lois appliquées aux débits d'étiage (Abi Zied et al 1999)

Loi (lieu d'application)	Variable (série annuelle)	Référence
Weibull, 8 rivières américaines (Arizona, Kansas, Utah, Montana, Massachussets, Colorado, Wisconsin)	Minimum annuel	GUMBEL, 1954
Weibull 34 rivières américaines (Massachussets, New Hampshire, Maine, Caroline du Nord, Idaho, Washington, New York, Virginie, Georgie, Tennessee, Pensylvanie)	Minimum annuel	MATALAS, 1963
Approche physique (Gumbel) Bar-sur-Seine, France	Minimum annuel	BERNIER, 1964
Gamma, Weibull, LN2 <sup>1</sup> 37 stations, bassin de la rivière Missouri	Q <sub>14</sub>	JOSEPH, 1970
Weibull 38 rivières canadiennes	Minimum annuel	CONDIE et NIX, 1975
LP3 <sup>2</sup> 103 stations québécoises	Minimum annuel	HOANG, 1978
Weibull 4 rivières pérennes et 4 intermittentes	Minimum annuel (série partielle)	LOGANATHAN <i>et al.</i> , 1986
LP3 <sup>2</sup> , Weibull 20 rivières en Virginie	Q <sub>7</sub>	TASKER, 1987
GEV <sup>3</sup> 3 rivières au nord-ouest du Mexique	Minimum annuel	RAYNAL-VILLASENOR et DOURIET, 1987
Weibull 134 stations dans le sud-est de l'Australie	Q <sub>m</sub> , m = 10,30,60,90,120	NATHAN et MCMAHON, 1990
Approche non paramétrique 12 stations en Terre-Neuve, Est du Canada	Q <sub>m</sub> , m = 3,14,21,28	ADAMCZYK, 1992

1. LN2 : Log-Normale 2 paramètres  
2. LP3 : Log-Pearson 3  
3. GEV : Loi généralisée des valeurs extrêmes (Generalized Extreme Values)

Un rapport d'analyse hydrologique de débits d'étiage type contient les éléments suivants :

1. Une description du secteur étudié ainsi qu'une carte localisant chaque site où les débits sont évalués ;
2. Une description des particularités de chaque site, le cas échéant (régime d'écoulement, présence de barrages, etc.) ;
3. La superficie du bassin versant pour chaque site étudié ;
4. La méthodologie de calcul ;
5. Les stations hydrométriques retenues ;
6. Les détails des analyses statistiques réalisées pour obtenir les différentes récurrences des débits d'étiage à chaque station hydrométrique ;
7. Les résultats ;
8. Tout autre élément jugé pertinent pour la compréhension de l'analyse et du dossier en général.

Nous avons choisi les données hydrométriques de la station de Mirbeck (station de référence) pour élaborer l'analyse fréquentielle des débits.

Tableau 69: Caractéristiques morphométriques du BV de la Seybouse à la station de Mirbeck

Paramètre / Station	S (Km <sup>2</sup> )	P (km)	H max. (m)	H min. (m)	H moy (m)	L. r. é (Km)	L moy (Km)	L. t.p (Km)	Cp	Ct (s.d)	Ds(m)	Tc (h)	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Seybouse à Mirbeck	5955	433	1635	10	716	107	16	64	1.2	6	416	40	0.72

S : Surface drainée, P : Périmètre, H : Altitude max., H : Attitude min, H : Altitude moyenne, L.r.é: Longueur du rectangle équivalent, Lmoy : Largeur moyenne, L.t.p : Longueur du thalweg principal, Cp : Coefficient de compacité, Ct : Coefficient de torrentialité Ds: Dénivelée spécifique, Tc: Temps de concentration, Dd: Densité de drainage.

### Loide Gumbel (méthode des moments)

Plusieurs lois ont été appliquées aux débits d'étiage. Dubreuil (1974) préconise, pour l'ajustement des débits extrêmes les lois de Galton, Pearson 3 et Gumbel.

Cette dernière est également appelée distribution des fréquences de valeurs extrêmes du fait qu'elle résulte de l'étude des valeurs extrêmes prises par une variable aléatoire au cours de  $n$  tirages indépendants, consiste à égaliser les moments théoriques de la distribution (qui sont fonction des paramètres) et leur estimation obtenue à partir de l'échantillon. La résolution du système permet ensuite d'obtenir les différents paramètres de la loi (Audet 2000).

C'est une distribution à queue légère. (Bernier, 1957) La fonction de répartition est la suivante :

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\exp\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

avec :  $x \in ]-\infty, \infty [$ ;  $\alpha > 0$ ;  $u > 0$ .

et la densité de probabilité :

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

Avec  $\alpha$  le paramètre d'échelle et  $u$  le paramètre de position (mode).

La méthode des moments

Les moments sont :

$$\mu_x = u + 0.5772\alpha,$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6}.$$

La période de retour T (au temps de récurrence) comme l'inverse de la fréquence au non dépassement F (ou de la fréquence au dépassement F1) (Laborde J-P., 2000a) :

$$T = 1/F$$

(T : période de retour ; F : probabilité)

$$P(X \geq X_0) = F \quad T = 1/F \quad (X \geq X_0)$$

$$T = 1/1-F$$

$$P(X \leq X_0) = F \quad T = 1/F$$

Loi de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales

$$\mu = \bar{x} + 0.577 / \sigma$$

$$\alpha = 1.282 / \sigma$$

$\bar{x}$  : La moyenne

$\sigma$  : l'écart type

Loi de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales :

$$F(x) = 1 - \exp[-e^{\alpha(x-\mu)}]$$

$$1 - F(x) = e^{-e^{\alpha(x-\mu)}}$$

$$-\ln[1 - F(x)] = e^{\alpha(x-\mu)}$$

$$\ln[-\ln(1 - F(x))] = \alpha(x - \mu)$$

$$\omega = \alpha(x - \mu) = \alpha(x - \mu)$$

$$X = \omega / \alpha + \mu$$

$X$  étant le plus faible débit moyen de récurrence

Lorsqu'un rejet se mélange rapidement dans toute la masse d'eau du milieu récepteur, aucune modélisation n'est nécessaire, car le mélange est présumé uniforme dans cette masse d'eau.

La zone de mélange est ainsi limitée par la plus contraignante des limites suivantes :

- un débit maximal pour la dilution de 100 % du débit d'étiage pour les contaminants conventionnels (demande biochimique en oxygène et matières en suspension,...),
- un débit maximal pour la dilution de 50 % du débit d'étiage ; pour les contaminants toxiques,

### 5.8. Méthode de détermination du débit d'effluent de la laiterie Edough

L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur (Mokaya et al., 2004 ; Piyancarage et al., 2004).

Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des cours d'eau (Mxashote et al. 2005 ; Shomar et al. 2005). La détermination du volume de l'eau rejetée par la laiterie est délicate vu l'irrégularité de la production des ateliers, et l'état défavorable du réseau d'assainissement ; obstruction des regards, et bouchage des conduites d'eaux usées non-conforme est conçu pour une production limitée. (Hazourli et al 2007)

Le débit de la laiterie a été déterminé en contenu par un débitmètre Doppler hauteur/vitesse (Mainstream IV) la hauteur : par mesure de pression. Utilisation d'une sonde de niveau piézorésistive et la vitesse : par effet Doppler. Utilisation d'un capteur de vitesse à effet Doppler. Un faisceau d'ultrasons est émis par une sonde immergée, suivant l'axe de la canalisation.

Ces ondes sont réfléchies par toutes les particules en suspension dans l'eau. Elles sont analysées pour déterminer la vitesse moyenne de l'eau. ( $S = f(H)$ ) et  $Q = V * S$ ). Le traitement des données a été possible sous logiciel Winfluid, Le débit a été mesuré avec une moyenne d'erreur estimée à  $\pm 1 \%$ .



Figure 100: Mainstream IV

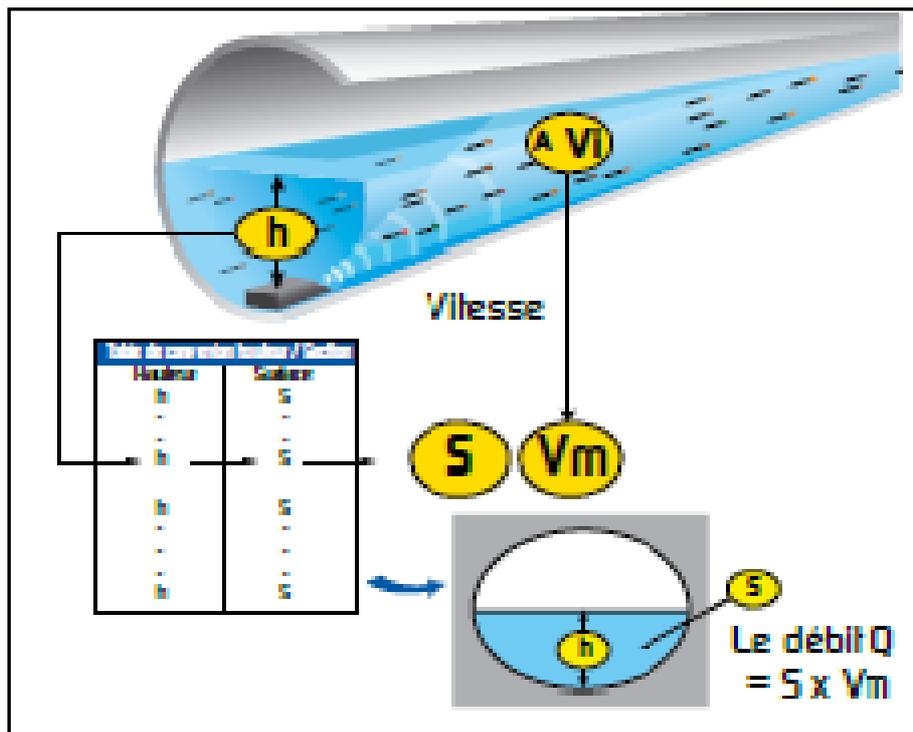


Figure 101: Schéma explicatif de mesure et calcul de débit

Le débitmètre à effet Doppler Mainstream mesure et enregistre les débits des réseaux d'assainissement et des réseaux d'eau pluviale.

Le Mainstream est utilisé soit :

- Portable (mobile) , dans le cadre d'étude et de diagnostic des débits des réseaux d'assainissement,
- fixe, dans le cadre de la réglementation des réseaux d'assainissement et des ouvrages caractéristiques

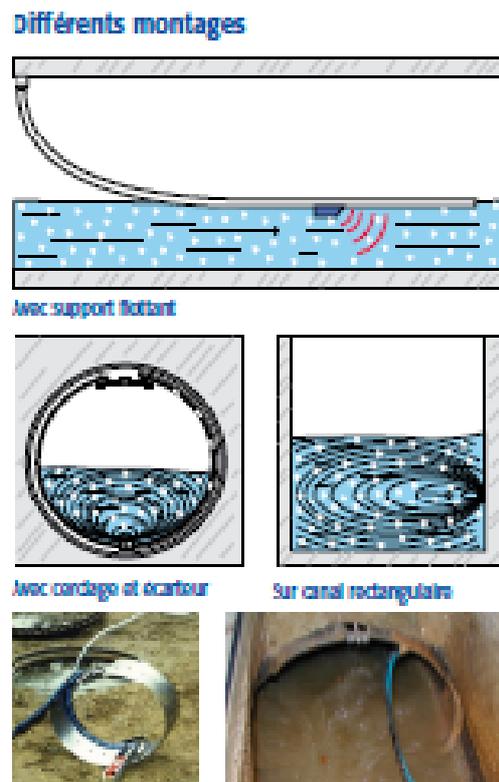


Figure 102: Traitement des données de la sonde Mainstream IV

Le Mainstream est exploitable sous logiciel Winfluid, de la programmation au traitement des fichiers histogrammes qui affichent la distribution des vitesses (positives et négatives) sur toute la hauteur d'eau. Le débit est calculé à partir de toutes ces valeurs et tient compte des effets aval.

## 5.9. Calcul des objectifs environnementaux du rejet de la laiterie de l'Edough

### 5.9.1. L'Analyse statistique :

La maximisation intrinsèque de l'information au sens de P. Dubreuil, 1974 n'a pas été effectuée pour l'extension de la série des données hydrométriques existantes à la station de jaugeage de Mirbeck (23 ans d'observations), car il semble préférable de baser notre analyse sur une série de données réellement observées et non extrapolées, d'autant plus la forte irrégularité du régime hydrologique de l'Oued Seybouse et les caractéristiques spécifiques de son bassin versant ne justifient guère une telle tentative.

Pour ces raisons deux périodes réduites d'observation ont été sélectionnées afin de procéder à l'analyse statistique des données hydrométriques :

a/-une série d'échantillons de  $N=10$  ans (1968 -1978) pour le calcul de  $(Q_{10,7})$  et  $(Q_{5,30})$

b/ -une série d'échantillons de  $N=12$  ans (1968 -1980) pour le calcul de  $(Q_{5,30})$

D'après les différentes lois d'ajustement statistique pour déterminer du débit de retour pour une série de  $n$  échantillons et de  $N$  années d'observations,  $t$  (période de retour) peut être calculé jusqu'à  $3N$  (période de retour maximale permise est 30 ans pour  $N=10$  et 36 ans pour  $N=12$ ) .

a/-Série d'échantillons de  $N=10$  ans (1968 -1978) pour le calcul de  $(Q_{10,7})$  et  $(Q_{5,30})$

Le classement des valeurs débit journaliers enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978 (jour après jour perpendiculairement pour chaque année observée et année après année) sur un

fichier Excel et à l'aide d'un programme installé on détermine le plus faible moyen débit (débit d'étiage) de sept et trente jour successifs pour chaque année, les résultats sont portés sur le tableau N°70.

**Tableau 70: Faibles débits moyens de sept et trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1978**

Année	Q <sub>min 7J</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>min 30J</sub> m <sup>3</sup> /s
1968-1969	0.320	0.70
1969-1970	0.240	0.340
1970-1971	0.250	0.250
1971-1972	0.800	1.150
1972-1973	1.420	1.860
1973-1974	0.920	1.200
1974-1975	0.610	1.590
1975-1976	0.140	1.510
1976-1977	1.190	2.010
1977-1978	0.380	1.860

L'analyse statistique de ces faibles moyens débits de Q 7j, Q 30j jours consécutifs a permis de calculer la moyenne ( $\bar{X}$ ) et de l'écart type ( $\sigma$ ) de chaque série. À partir de ces deux paramètres on calcule les variables réduites de Gumbel par les formules ci-dessous (Tableau N°71)

$$\mu = \bar{X} + 0.577 / \sigma$$

$$\alpha = 1.282 / \sigma$$

Avec :

- μ : paramètre de position (mode).
- α : Paramètre d'échelle

**Tableau 71: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q7J**

moyenne $\bar{X}$	0.627	
écart type $\sigma$	0.440	
Variables réduites de Gumbel	μ	0.825
	α	2.910

**Tableau 72: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J**

moyenne $\bar{X}$	1.130	
écart type $\sigma$	0.414	
Variables réduites de Gumbel	α	3.090
	μ	1.316

L'application de la loi de Gumbel permet de calculer les plus faibles débits moyen avec les périodes de récurrence : 2,5,10 ans. (Tab.73)

**Tableau 73: Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel**

Période de retour (ans)	Q <sub>min 7J</sub> l/s	Q <sub>min 30J</sub> l/s
2	700	1351.78
5	310	788.57
10	184	416.16

L'analyse statique descriptive des deux séries Q7j et Q30 j à permis de déterminer les paramètres statistiques pour chaque série (tableau N 74)

Tableau 74: Statistique descriptive du débit de retour annuel Sept et trente jours consécutifs

Paramètre	Débit annuel de retour	
	$Q_{2,7}$	$Q_{5,30}$
Débit de récurrence		
Moyenne	0.627	1.247
Erreur-type	0.139	0.201
Médiane	0.495	1.355
Mode	0.32	1.860
Écart-type	0.440	0.637
Variance de l'échantillon	0.194	0.405
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	-0.770	-1.159
Coefficient d'asymétrie	0.709	-0.505
Plage	1.28	1.760
Minimum	0.14	0.250
Maximum	1.42	2.010
Somme	6.27	12.470
Nombre d'échantillons	10	10.000
Maximum(1)	1.42	0.455
Minimum(1)	0.14	1.247
Niveau de confiance(95.0%)	0.315	0.201

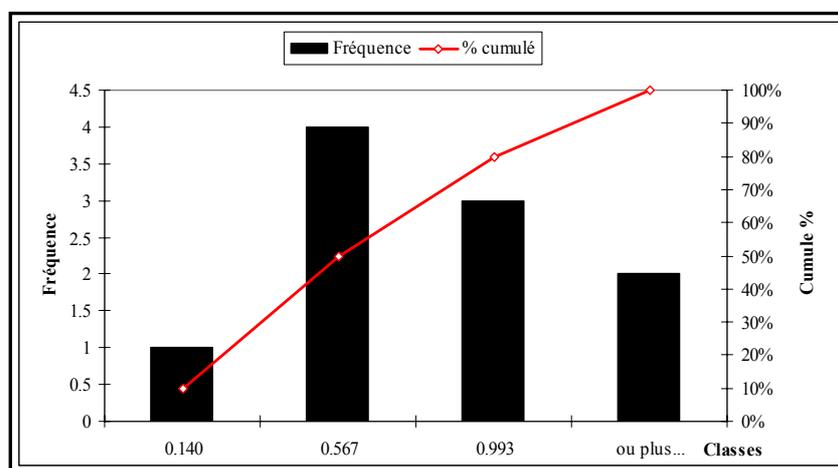


Figure 103: Histogramme du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs

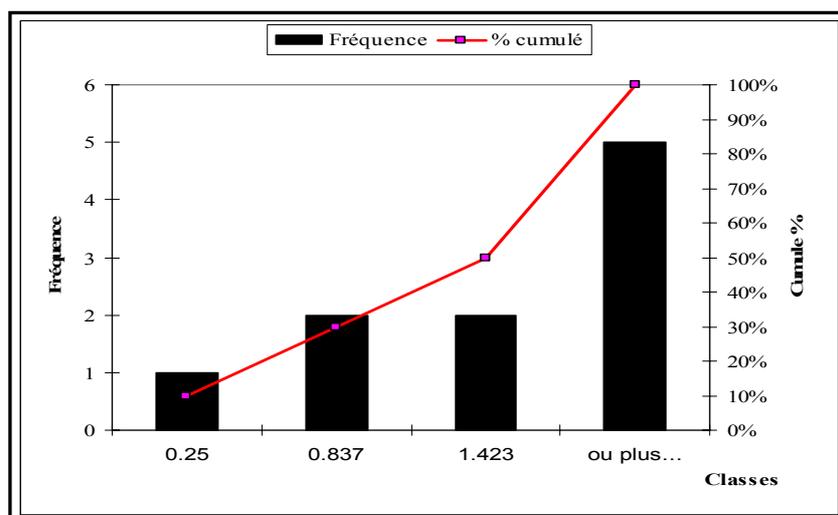


Figure 104: Histogramme du plus faible débit moyen de trente jours consécutifs (1968-1987)

b/- série d'échantillons de N= 12 ans (1968 -1980) pour le calcul de ( $Q_{5,30}$ )

Cette série est spécifique seulement pour le calcul du  $Q_{5,30}$  (protection de l'usage CPC EO). Cependant le calcul du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs ayant une probabilité de récurrence d'une fois par dix ans et deux ans ( $Q_{10,7}$ ,  $Q_{2,7}$ ) et le plus faible sont négatifs.

L'extension de la série d'observation au-delà de 1980 fait ressortir des débit de retour décanales sept et trente jours consécutifs négatifs, l'explication de ce cas est que le l'Oued Seybouse est à sec, Cependant d'après les données, les constatations et les observations faites par les services de l'ANRH l'Oued Seybouse n'a jamais été sec à Mirbeck depuis la mise en marche de cette station en 1968.

Le plus faible débit moyen (débit d'étiage) de trente jour successifs pour chaque année, sont portés sur le tableau N°75.

**Tableau 75: Faibles débits moyens de trente jours consécutifs enregistrés à la station Mirbeck 1968-1980**

N	Année	$Q_{\min 30J} \text{ m}^3/\text{s}$
1	1968-1969	0.70
2	1969-1970	0.340
3	1970-1971	0.250
4	1971-1972	1.150
5	1972-1973	1.860
6	1973-1974	1.200
7	1974-1975	1.590
8	1975-1976	1.510
9	1976-1977	2.010
10	1977-1978	1.860
11	1978-1979	0.060
12	1979-1980	0.001

Les mémés étapes menées avant ont été appliquées à cette série pour le calcul de la moyenne, l'écart type et les variables réduites de Gumbel.

**Tableau 76: Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q30J**

moyenne $\bar{X}$	1.04425	
écart type $\bar{\sigma}$	0.74567	
variables réduites de Gumbel	$\alpha$	1.71927
	$\mu$	1.37986

**Tableau 77: Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel**

Période de retour	$Q_{\min 30J} \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\min 30J} \text{ l/s}$
2	1.166	1166
5	0.5073	507
10	0.0711	71.16

**Tableau 78: Statistique descriptive du débit de retour annuel trente jours consécutifs**

Paramètre	Débit annuel de retour
Débit de récurrence	$Q_{5,30}$
Moyenne	1.044
Erreur-type	0.215
Médiane	1.175
Mode	1.860
Écart-type	0.746
Variance de l'échantillon	0.556
Kurtosis (Coefficient d'aplatissement)	-1.652
Coefficient d'assymétrie	-0.191
Plage	2.009
Minimum	0.001

Maximum	2.010
Somme	12.531
Nombre d'échantillons	12.000
Maximum(1)	2.010
Minimum(1)	0.001
Niveau de confiance (95.0%)	0.474

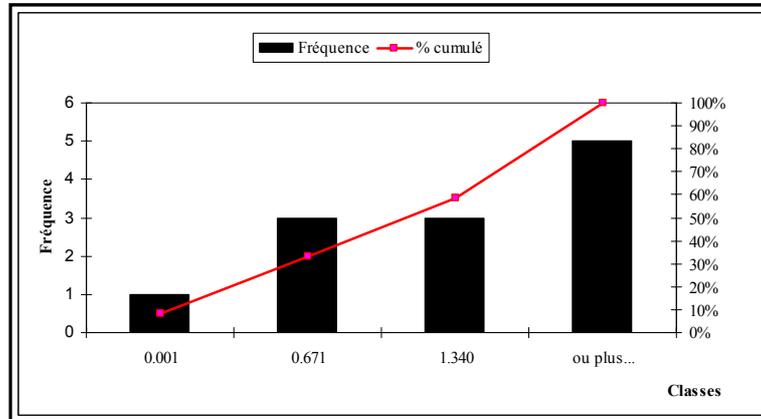


Figure 105: Histogramme du plus faible débit moyen de trente jours consécutifs (1968-1980)

### 5.9.2. Débit de la laiterie de l'Edough

Le cycle de production à la laiterie est continu (H 24) le débit adéquat pour calculer les objectifs environnementaux des rejets dans ce cas est le débit moyen journalier (MDDEP 2007) Après traitement des données de Mainstream sous logiciel Winfuld, le débit journalier moyen enregistré ainsi que le débit de pointe du rejet de la laiterie de l'Edough –Annaba sont mentionnés dans le tableau n° 49.

Tableau 79: Valeurs de débit moyen et du débit de pointe du rejet de la laiterie l'Edough

Débit	$Q_{moy/j} \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$	$Q_{moy/s} \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{(pointe)} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Débit de rejet : enregistré au dernier regard du canal d'évacuation d'eau usée (collecteur principal)	400	4.63	26.30

Vu l'état du réseau d'assainissement non normalisé et défectueux, le bouchage de certains regards au niveau de la laiterie et sur la base de chaque litre de lait produit génère 3.6 l d'eau usée (la production journalière est de 250 000 l/j) il est adéquat de prendre en compte un sur-débit de 50%, le débit du rejet est comme suit :

- Débit moyen journalier :  $600 \text{ m}^3/\text{j}$  ;
- Débit de pointe horaire :  $39.45 \text{ m}^3/\text{h}$  ;

Ce sur débit a été pris en compte lors du calcul des charges journalières du rejet seulement.

Tableau 80: Valeurs de débit moyen et du débit de pointe du rejet de la laiterie l'Edough à 50% du débit enregistré par Mainstream

Débit	$Q_{moy/j} \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$	$Q_{moy/s} \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{(pointe)} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Le sur débit de rejet (+ 50% du débit enregistré par Mainstream)	600	6.94	---

### Débit considéré pour la dilution :

Les débits annuels Q10-7, Q5-30 et Q2-7 sont respectivement de 184 l/s, 507 l/s et 700 l/s pour la série (1968-1978)

La laiterie de L'Edough ne puisse pas son eau du milieu récepteur en occurrence l'Oued Seybouse (la fraction  $f=0$ ) elle est alimentée par l'algérienne des eaux (ADE) à partir de station de traitement des eaux de Chaiba (Annaba) par le biais du réseau d'eau potable AEP.

Le mélange se fait rapidement dans la masse d'eau.

Pour les contaminants toxiques (Ammonium  $NH_4$ ), on ne retient que 50 % du débit annuel d'étiage pour le mélange de l'effluent. Pour les contaminants conventionnels, on retient 100 % du débit annuel d'étiage pour le mélange de l'effluent.

### Concentration médiane amont ;

La station de prélèvement choisie (station E) se trouve à l'amont de la zone de contact effluent de la laiterie Edough-Oued Seybouse est au lieu dit Segman amar sur l'Oued Seybouse concentrations amont, on dispose d'une série d'analyse physico chimique étalée sur 30 ans (1980-2010) faite par les services de l'ANRH. Cette série a été complétée par nos analyses faites durant la période 2011-2012 pour les paramètres physico chimiques cités. La médiane de chaque paramètre nous a servi pour le calcul des objectifs environnementaux du rejet de la laiterie de l'Edough.

### Calcul OER de la première série 1968-1980 :

Les OER recherchés dans les eaux des rejets de la laiterie de l'Edough doivent respecter des critères de qualité de l'eau au bout de la zone de mélange considérée faite entre les eaux du milieu récepteur (Oued Seybouse) et l'effluent de la laiterie. Ceci nous amène à considérer le débit de l'effluent, les caractéristiques du milieu naturel, la concentration amont des contaminants et la dilution en conditions critiques.

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux de rejet de la laiterie LEA et leur action potentielle sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement : la température, le pH, l'oxygène dissous, la Turbidité, les Chlorures, l'Ammonium, les Nitrites, les Nitrates les Matières en suspension et la Demande biochimique en oxygène en cinq jours.

Les OER se calculent selon l'équation de base (4) du bilan de charges :

On obtient :

$$C_e = \frac{C_c(Q_r - fQ_e + Q_e) - C_{am}(Q_r - fQ_e)}{Q_e} \quad (4)$$

D'après les données existantes l'application de cette méthode s'oriente vers la recherche de la protection des usages de l'eau qui sont :

Prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques CPC(EO)

Prévention de la contamination des organismes aquatiques CPC(O)

Protection des activités récréatives et d'esthétique CARE

Protection de la vie aquatique chronique CVAC

Protection de la faune terrestre piscivore CFTP

Les Objectifs environnementaux retenus à partir de cette série sont portés sur les tableaux n°84,85 et 86.

Tableau 81: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant pour la protection de l'usage : CPC EO, CARE, CFTP. Série (1968-1978)

Usage /Contaminant (mg/l)	C <sub>m</sub> mg/l		C <sub>c</sub> (CPC EO) mg/l	OER <sub>CPC EO</sub> mg/l		C <sub>j</sub> (kg/j)		OER <sub>CARE</sub> mg/l	OER <sub>CFTP</sub> mg/l	Observation
Cl <sup>-</sup>	355		250	< 0		100		---	---	OER < 0 OER=Cc
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10.5		10	95.15		38.06		---	---	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.16		1	144.06		57.62		---	---	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.3	0.25	0.5	34.56	43.07	13.85	17.22	----	-----	
MES	120		---	---		---		----	----	
DBO <sub>5</sub>	7.5		---	---		---		----	---	

C<sub>m</sub> : Concentration médiane (1980-2012)

C<sub>c</sub> : Critère de qualité de l'eau de surface (MDDEP 2008- 2013)

Q<sub>2.7</sub> = 700 l/s

Q<sub>5.30</sub> = 788.57

Q<sub>r</sub> = 4.63 l/s

(----) : Aucun critère de qualité retenu pour cet usage

Tableau 82: Les OER de la laiterie de l'Edough et les charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant pour la protection de l'usage CVAC (effet aigu et chronique) série (1968-1978)

Usage /Contaminant (mg/l)	C <sub>m</sub> (mg/l)		Cc CVAC (mg/l)		OER <sub>CVAC</sub> (mg/l)					C <sub>j</sub> (kg/j)					Observation				
					Effet aigu	Effet chronique	Effet aigu	Effet chronique	Effet aigu	Effet chronique	Effet aigu	Effet chronique							
Cl <sup>-</sup>	355		860	230	77209.89>VAFe					< 0					OER <sub>Cl</sub> < 0 OER <sub>Clcvac</sub> =Cc <sub>Clcvac</sub> (effet chronique)				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10.5		----	2.9	----					< 0					OER <sub>NO3</sub> < 0 OER <sub>cvac</sub> =Cc <sub>cvac</sub>				
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.16		0.60	0.20	64.09					6.24					25.63 2.50				
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.3	0.25	----	0.88	4.50	----					12.40	88.50	13.39	88.94	---	4.90	35.42	5.35	35.57
MES	120		25	5	< 0					< 0					10 2	OER <sub>MES</sub> < 0 OER <sub>cvac</sub> =Cc <sub>cvac</sub>			
DBO <sub>5</sub>	7.5		----	3	----					< 0					---- 1.20	OER <sub>DBO5</sub> < 0 OER <sub>cvac</sub> =Cc <sub>cvac</sub>			

$Q_{107} = 184 \text{ l/s}$

Pour le calcul du CVAC de l'ammonium (contaminant toxique) on utilise seulement 50% de  $Q_{107}$ , ( $Q_{107} = 92 \text{ l/s}$ ) et deux périodes (hivernale 15/10/ au 14/05 et estivale 15/05 au 14/10) ont été établies pour son application compte tenu du fait que sa toxicité varie avec la température de l'eau.

Donc un NH<sub>4</sub><sup>+</sup> estival et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> un hivernal.

Tableau 83: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit de 50% pour la protection de l'usage CPC EO et CVAC. Série (1968-1978)

Usage /Contaminant (mg/l)	OER <sub>CPC EO</sub> mg/l		C <sub>j</sub> kg/j		OER <sub>CVAC</sub> mg/l				C <sub>j</sub> kg/j						
					Effet aigu		Effet chronique		Effet aigu		Effet chronique				
Cl <sup>-</sup>	< 0		150		77209.89 >VAFe		< 0		-----		138				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	95.15		57.09		----		< 0		----		1.74				
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	144.06		86.43		64.09		6.24		28.44		3.75				
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	34.56	43.07	20.77	25.83	----		12.40	88.50	13.39	88.94	----	7.35	53.13	8.02	53.35
MES	---		---		< 0		< 0		15		3				
DBO <sub>5</sub>	---		---		---		< 0		---		1.80				

$$Q_r = 600 \text{ m}^3/\text{j} = 6.94 \text{ l/s}$$

**Calcul OER de la deuxième série 1968-1980 :**

Le calcul a été fait seulement pour les objectifs environnementaux qui servent à pour la protection de l'usage CPC (EO) ( $Q_{5\ 30}=507$  l/s).

Il faut noter qu'au-delà de 12 d'observations à la station Mirbeck, le débit de récurrence  $Q_{10\ 7}$  et  $Q_{10\ 30}$  sont négatifs (on ne peut pas calculer les OER des usages relatifs à ces débits de retour)

**Tableau 84: Les OER de la laiterie de l'Edough et la charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit protection de l'usage CPC EO**

Usage /Contaminant (mg/l)	Cm (mg/l)	Cc (CPC EO) (mg/l)	OER <sub>CPC EO</sub> (mg/l)	Cj (kg/j)	Observation
Cl <sup>-</sup>	355	250	< 0	100	OER=Cc
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10.5	10	64.75	38.06	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.16	1	93	37	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.3   0.25	0.5	22.40   27.87	9   11.14	
MES	120	-	-	-	
DBO <sub>5</sub>	7.5	-	-	-	

**Tableau 85: Les OER de la laiterie de l'Edough et les charges journalières admissibles (Cj) pour chaque contaminant avec un sur débit de 50% pour la protection de l'usage CPC EO**

Usage /Contaminant (mg/l)	Cm	Cc (CPC EO)	OER <sub>CPC EO</sub>	Cj kg/j	Observation
Cl <sup>-</sup>	355	250	< 0	150	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10.5	10	64.75	57.09	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.16	1	93	55.5	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.3   0.25	0.5	22.40   27.87	13.5   16.71	
MES	120	-	-	-	
DBO <sub>5</sub>	7.5	-	-	-	

**5.10. Discussion des OER de la laiterie de l'Edough****5.10.1. Discussion des OER retenus de la première série (1968-1978) :**

D'après MDDEP 2013 aucun critère de protection des usages de l'eau n'est adopté pour la température. Cependant pour la prévention l'usage CVAC (effet chronique) tout changement de la température (accroissement et décroissement) ne doit pas changer la stabilité du milieu et des organismes qui s'abritent. On note que la médiane de la température enregistrée au niveau de l'Oued Seybouse est de 18 °C (1980-2012). Le potentiel d'hydrogène pH admis pour la protection des critères CPC (EO), CARE est de 6.5 à 8.5 pour CVAC le pH varie de 6.5 à 9, tandis que le milieu récepteur affiche à l'amont du point de rejet (segman amar) un pH médiane de l'ordre 8. Le rejet de la laiterie doit avoir un intervalle de pH entre 6.5 à 9. Il n'y a pas de traduction de l'OER pour le pH en limites environnementales de rejet. L'exigence technologique courante pour le pH, qui est de 6,0 à 9,5 unités, assure la protection du milieu récepteur. (MDDEP mars 2008).

Pour l'oxygène dissous aucun critère n'est retenu pour la protection des usages CPC (EO) CPC (O) CARE toutefois pour protéger l'usage CVAC les concentrations en O<sub>2</sub> dissous ne doivent pas être inférieures à :

**Tableau 86: Les teneurs en oxygène dissous retenues en fonction de la température pour protéger l'usage CVAC (effet chronique)**

Température °C	Concentration de l'oxygène dissous			
	Biote d'eau froide		Biote d'eau chaude	
	mg/l	% saturation	mg/l	% saturation
0	8	54	7	47
5	7	54	6	47
10	6	54	5	47
15	6	54	5	47
20	5	57	4	47
25	5	63	4	48

Le plan d'eau à l'amont du point de rejet (Segman Amar) affiche une concentration médiane de 8.01 mg/l. On note un dépassement de OER concernant la turbidité (OER < 0) les OER adoptés sont les critères de protection de l'usage CARE et l'usage CVAC ; les OER sont :

Critère de protection des activités récréatives et de l'esthétique CARE, OER = 5 NTU (CCME, 1999) Critère de protection de la vie aquatique chronique CVAC (effet aigu) = 8 NTU (CCME, 1999 ; B.C.WLAP, 2001). CVAC (effet chronique) OER = 2 NTU (CCME, 1999 ; B.C.WLAP, 2001)

Les objectifs environnementaux des rejets calculés pour l'usage CPC (EO) font ressortir un dépassement au niveau des chlorures cela est dû à la concentration amont élevée de cet contaminant (355 mg/l) c'est une concentration plus élevée que le critère de qualité de l'eau de cette usage, cette teneur élevée est d'origine naturelle (formations calcaires en amont du de la Seybouse) et anthropique due aux rejets industrielles (agro-alimentaires). Puisque la laiterie de l'Edough ne puise pas son eau du milieu naturel (Oued Seybouse). L'objectif environnemental de rejet pour cet élément est le critère de qualité de cet usage est 250mg/l (MDDEP 2008-2013) Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées.

La charge journalière allouée à l'effluent est de 100 kg/j Pour les nitrates l'OER est 95.15mg/l, c'est à dire que le milieu récepteur peut atteindre cette valeur sans qu'il y danger occasionné, la charge journalière est de 38.06 kg/j.

Les nitrites affiche un OER et une charge journalière très élevées (respectivement 144.06mg/l et 57.62kg/j), dans ce cas le critère de qualité de cet usage est supérieur à la concentration amont dans la Seybouse face à cette situation l'OER adopté est le critère de cet usage (1 mg/l).  $C_j = 4$  kg/j. Les concentrations permises en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique

Pour l'ammonium on fait ressortir deux Objectifs environnementaux de rejets un  $\text{NH}_4^+$  hivernal et un  $\text{NH}_4^+$  estival du fait que sa toxicité varie avec la température de l'eau l'OER sont respectivement 34.56mg/l et 43.07 mg/l avec des charges journalières qui varie de 13.85 kg/j et 17.22 kg/j.

Aucun critère n'est retenu pour l'usage CPC EO pour les matières en suspension et la demande biochimique en oxygène. Il appert que lorsque l'OER pour la DBO<sub>5</sub> est « respecté » l'OER pour les MES l'est automatiquement. Les MES ne sont habituellement pas contraignantes lorsque la DBO<sub>5</sub> peut être atteinte.

Aucune norme en demande chimique en oxygène (DCO) n'est prescrite. Un suivi est cependant exigé sur l'effluent des eaux non contaminées pour s'assurer que ces eaux ne sont pas contaminées. Une concentration supérieure à 50 mg/l est une indication que l'eau risque d'être contaminée

Cependant pour l'usage CVAC (effet aigu et effet chronique) un dépassement majeur est enregistré au niveau de quatre contaminants (Cl, NO<sub>3</sub>MES, DBO<sub>5</sub>). Cela remonte aux

concentrations amont élevées pour ces contaminants respectivement 355 mg/l, 10.50 mg/l, 120mg/l et 7.65 mg/l, au niveau de pollution important du milieu naturel (Débieche, 2002 ; ABH CSM, 2008 ; MATE, 2013) les OER retenus pour cet usage sont les critères de qualité. Dans la majorité des cas, le dépassement des critères de qualité de l'eau indique que le milieu a atteint ou a dépassé le niveau de qualité souhaitable et qu'aucune charge supplémentaire de ces contaminants ne devrait être ajoutée.

Les nitrites affiche des OER (effet aigu et effet chronique) respectivement 64.09 et 6.24 mg/l avec une charge journalière à effet chronique de 2.50 kg/j et 25.63 kg/j (effet aigu). Les concentrations permmissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.

Pour L'azote ammoniacal aucun critère de qualité citer pour l'usage CVAC effet aigu. par ailleurs l'effet chronique comporte deux critère en relation avec la concentration des chlorures dans le milieu récepteur et deux concentration amont (hivernale et estivale) en relation avec la température les OER sont respectivement 12.40mg/l 88.50mg/l 13.39 mg/l et 88.94 mg/l. La charge journalière admise du rejet (Kg/j) dans le milieu récepteur est respectivement : 4.90 kg/j, 35.42kg/j, 5.35kg/j, et 35.57kg/j. Les charges journalières admises avec 50 % de débit sont portées sur le tableau N °88.

### 5.10.2. Discussion des OER retenus à partir de la deuxième série

Les OERretenus pour cettesérie sont les mémés enregistrées à partir du débit de récurrence de la série précédente (1968-1978).

Les OER calculés à partir des débits de retour période 1968-1980 sont différentes de ceux calculés précédemment.

Dans cette partie on discute seulement les OER usage CPC EO) ( $Q_{5\ 30}=507$  l/s). On constate que le dépassement est seulement rencontrés au niveau des chlorures (OER = Cc = 250 mg/l) et la charge journalière admissible est de 100 kg/j et 150 kg/j avec un sur débit de 50%

Toutefois les OER pour les nitrates, les nitrites sont respectivement 64.75 mg/l et de 95 mg/l (cette valeur semble trop forte pour un plan d'eau pareil, aucune valeur finale aigue de l'effluent VAFe n'est retenu) l'UER est le critère de prévention de l'usage CPC EO = 1 mg/l.

Les charges journalières allouées à l'effluent sont 38.07 kg/j et 37 kg/j.

L'azote ammoniacal affiche des OER hivernal et estival différents de ceux calculés au par avant respectivement 22.40 mg/l et 27.87 mg/l, les charges journaliers en kg attribuées sont 9 et 11.14 kg/j. (tab n° 84).

### 5.11. Conclusion

Les OER ne sont pas des valeurs absolues et demeurent des objectifs. Ils ne peuvent pas être interprétés directement comme des normes de rejet et ne doivent jamais être transférés directement comme normes dans un certificat d'autorisation (Cloutier .S, 2012).

Le calcul des OER pour le rejet de la laiterie pour des débits de retour calculés à partir des deux séries d'échantillonnage montre des dépassements majeurs pour quelques contaminants chimiques (Chlorures, demande biochimique en oxygène et matière en suspension) et la turbidité pour tous les usages de l'eau CPC (EO) et CVAC et CARE, cela est dû au niveau de pollution important du milieu récepteur (Oued Seybouse) confirmé par les études précédentes ( MATE, 2013 ; ABH CSM, 2008 ; Debieche, 2002 ).

Le dépassement d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y ait un danger immédiat pour lasanté ou l'environnement. Toutefois, le dépassement d'un OER implique qu'il y a un risque, cerisque est relativement semblable d'un contaminant à un autre et s'accroît d'autant plus quel'amplitude du dépassement de l'OER est importante.

La dépollution de ce milieu naturel demeure capitale, par l'installation des STEP appropriées pour toutes les unités industrielles qui se trouvent dans le bassin versant de la Seybouse avec un programme systématique d'auto surveillance sévère de tous les contaminants chimiques.

Ce travail doit être complété par la mesure du potentiel toxique du rejet qui repose sur des essais de toxicité standardisés (MDDEP 2007).

**CHAPITRE 6 : CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-  
CHIMIQUES DE LA BOUE GÉNÉRÉE PAR LA  
LAITERIE DE L'EDOUGH-ANNABA**

## 6. Qualité physico-chimique de la boue rejetée par de la laiterie de l'Edough

### 6.1. Introduction

Les analyses des sols sont très compliquées (Baize D., 2000) et difficiles à réaliser en raison des considérations préalables suivantes :

- Choix des analyses (but et type de caractérisation) ;
- Prélèvement des échantillons ;
- Préparation des échantillons (séchage, homogénéisation,...) ;
- Démarches d'extraction des éléments à analyser par attaque (acides, solvants,...tout dépend des éléments ciblés).

Ainsi, nous nous sommes limités à un seul échantillon représentatif (dernier regard du collecteur principal d'eau usées de la laiterie). Pour chaque campagne de prélèvement les analyses ont été réalisées au laboratoire INSID (Institut National des Sols et du Drainage) Ksar Chellala-Tiaret et le laboratoire de Sol du complexe Fertial-Annaba (labo certifié). Le travail, consistait à une analyse de la boue générée par le rejet de la laiterie de l'Edough dans l'intérêt de valoriser cette boue dans le domaine de l'agriculture.

La qualité des eaux usées et le type de traitement de celles-ci déterminent la qualité des boues générées (Guirkingner, 2006). La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement (Werther et Ogada, 1999)

### 6.2. Lieu et fréquence d'échantillonnage

La station sélectionnée est le dernier regard du canal d'évacuation d'eau usée (collecteur principal) de la laiterie de l'Edough. Un prélèvement trimestriel a été effectué (mars 2011, Juillet 2011, Décembre 2011 et février 2012) pour voir la dynamique et l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques de la boue.

L'extraction de la boue au fond du regard a été faite avec une pelle en PVC rigide, la boue a été séchée à l'air libre à l'abri de la poussière à condition qu'on ne dépasse pas la température de 40 °C (Baize, 2000). Puis la boue a été tamisée (diamètre de tamis 2 mm), afin d'avoir une terre fine dans l'objectif d'émettre considérablement les agrégats et d'obtenir ainsi une poudre homogène, correspondante à une sorte d'état standard et sur laquelle seront réalisées les différentes analyses (Baize, 2000).

### 6.3. Matériels et méthodes

La granulométrie a été déterminée par la pipette de Robinson, établie sur la loi de Stock (Musy et Souther, 1991) la détermination du pH (1/5) et de la conductivité électrique (1/5) est mesurée par une suspension de terre fine et de l'eau distillée (Allen 1974) par la sonde d'un multi-paramétré 340I- /SET WTW le carbone organique par la méthode de Anne (Baize 2000), le calcaire par le calcimètre de Bernard. Pour doser le calcaire actif on utilise la propriété que possède l'Oxalate d'ammonium de se combiner au calcium de calcaire actif pour former l'oxalate de calcium insoluble. L'excès de l'Oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium (titration) en milieu acide. L'azote total par la méthode Kjeldahl (Allen 1974) et le phosphore par la méthode de Olsen la capacité d'échange cationique a été déterminée par la méthode Metson, norme NF X 31-130 (Baize 2000).

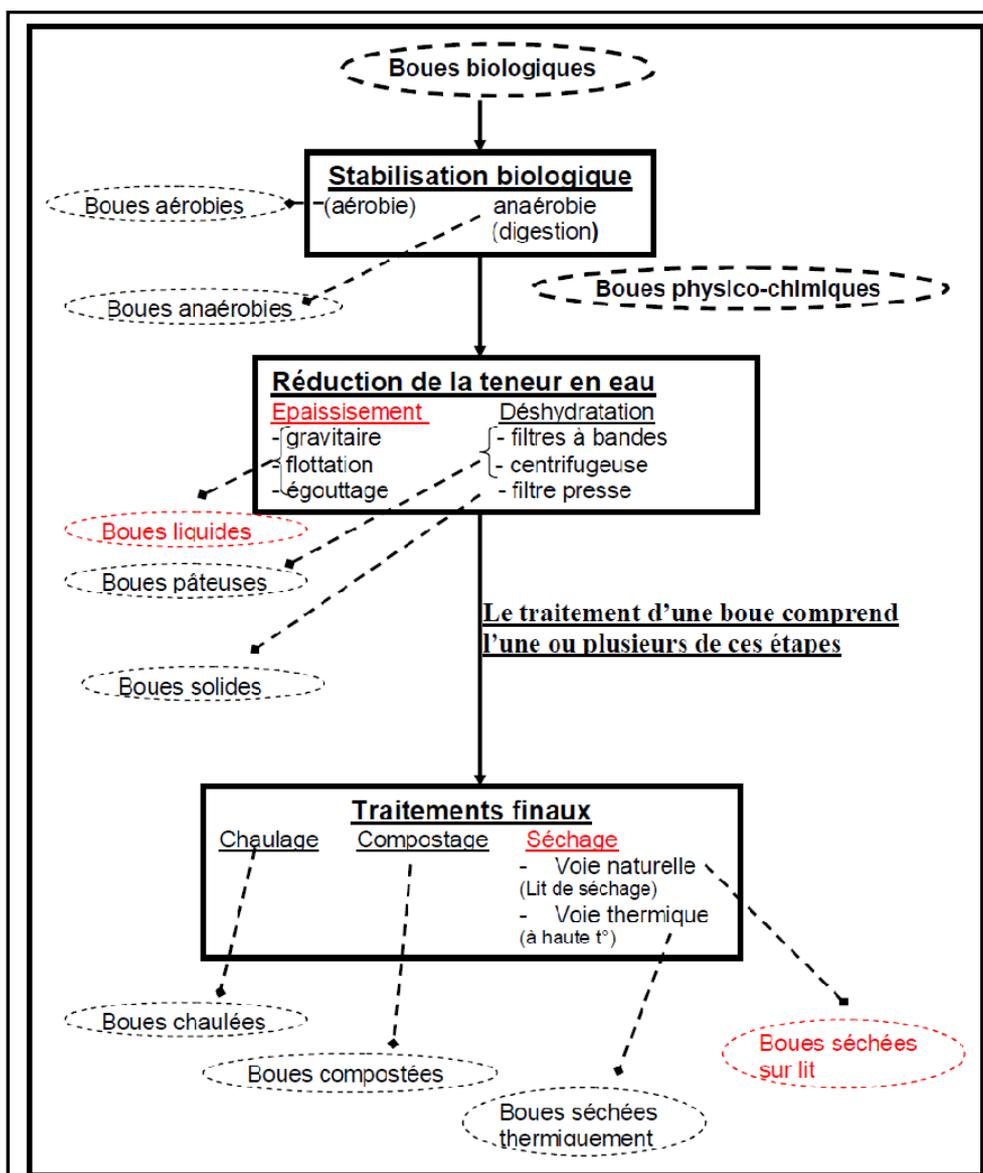


Figure 106: Principaux traitements de boues et désignations des boues obtenues

## 6.4. Résultats et Discussion

### 6.4.1. Granulométrie

La granulométrie consiste à déterminer la répartition en poids les grains du sol suivant leur dimension selon le triangle textural de Henin (Amadji, 1999). La texture des sols varie de sableuse à limono sableuse.

La texture dominante est sableuse sauf celle constatée lors de la dernière campagne (février 2012) ou elle tend vers la texture sablo- limoneuse cela du probablement (figure 107).

Tableau 87: Echelle granulométrique de la texture du sol

Terre fine					Terre grossière	
Argiles	Limons	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Graviers	Cailloux
<2 µm	2-20 µm	20-50 µm	50-200 µm	0.2-2 mm	2-20 mm	>20 mm

Les caractéristiques de la texture sableuse sont : bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique ce qui ne permet pas de retenir les éléments chimiques nutritifs ou toxiques.

Tableau 88: Granulométrie de la boue de la laiterie de l'Edough

Période de prélèvement	Granulométrie %			Texture
	Argile	Limon	Sable	
mars-11	2,88	14,81	82,31	Sableuse (S)
juil-11	2,57	10,65	86,78	Sableuse (S)
déc-11	7,65	20,95	81,18	Sableuse (S)
février 12	3,58	37,84	58,59	Sableuse Limoneuse (SL)

Tableau 89: Répartition des différents types de texture en fonction des classes de texture (Henin in ENITA, 2000)

Type de texture	Classe de texture
Argilo-sableuse, argileuse	Texture fines
Limoneuse fine, limoneuse	Textures moyennes
Limoneuse-sableuse, sablo-limoneuse, sableuse	Textures grossières

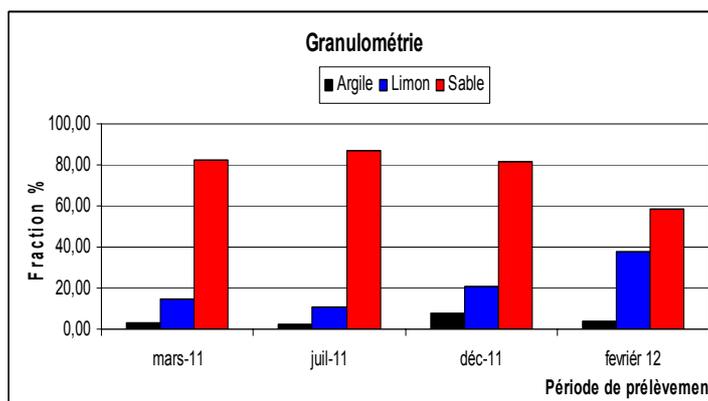


Figure 107: Evolution temporelle de la granulométrie de la boue

#### 6.4.2. Potentiel d'Hydrogène pH

D'après Baize 1988, le pH est un mode d'expression de la concentration en ion  $H^+$  d'un liquide surnageant. Le pH occasionné ( $7,28 < pH < 7,5$ ) indique une boue peu basique. La valeur du pH détermine les comportements physiques (stabilité de la structure, résistance à la battance...), chimiques (fonctionnement de la CEC, assimilabilité du phosphore, biodisponibilité des oligo-éléments et micro éléments...) et biologiques (humification et minéralisation des matières organiques). Les sols légèrement neutres ou basiques sont relativement mieux pourvus en bases échangeables ou en matière organique assez décomposée.

Tableau 90: Plages du pH et nature du milieu

Valeur du pH	Statut Acido-Basique
$pH \leq 5.5$	Sol très acide
$5.5 < pH \leq 6.0$	Sol acide
$6.0 < pH \leq 6.5$	Sol peu acide
$6.5 < pH \leq 7.0$	Sol neutre
$7.0 < pH \leq 7.5$	Sol peu neutre (peu basique)
$pH > 7.5$	Sol alcalin (basique)

Un pH inférieur à 5.5 agit directement sur les propriétés physiques du sol et sur la stabilité structurale de la boue.

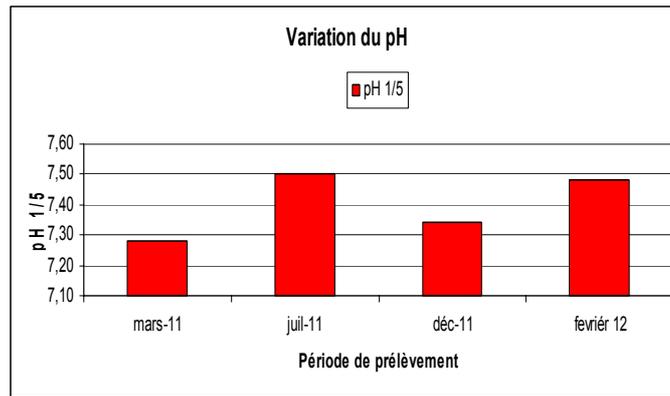


Figure 108: Variations temporelle du pH 1/5 de la boue de la laiterie de l’Edough

6.4.3. Conductivité électrique CE

La conductivité électrique est un critère d’évaluation du taux de salinité de la boue(DeJonc et al, 1979 ; Williams et Hoey, 1982).



Figure 109: Echelle de salure en fonction de la conductivité de l’extrait aqueux 1/5 (Aubert 1978)

La figure 110 montre que la conductivité électrique de boue à dilution 1/5 est dans la classe du peu salé à salé (1200 à 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par contre celle a patte saturé indique un milieu peu salé de 2 à 3.2 mS/cm

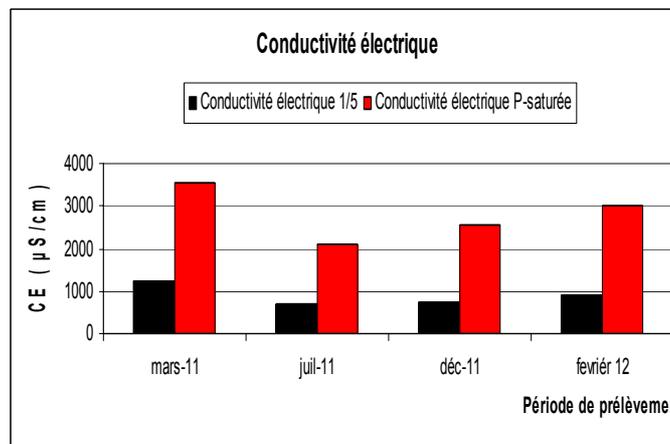


Figure 110: Variation temporelle de la conductivité électrique 1/5 et à patte saturée de la boue

6.4.4. Calcaire  $\text{CaCO}_3$

La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique, idem à la granulométrie c’est une caractéristique stable.

Tableau 91: Taux de  $\text{CaCO}_3$  et qualité du sol

Taux de $\text{CaCO}_3$ total à l’analyse	qualité du sol
$\text{CaCO}_3 \leq 5\%$	Sol non calcaire
$5 < \text{CaCO}_3 \leq 12,5\%$	Sol faiblement calcaire
$12,5 < \text{CaCO}_3 \leq 25\%$	Sol modérément calcaire
$25 < \text{CaCO}_3 \leq 50\%$	sol fortement calcaire
$\text{CaCO}_3 > 50\%$	Sol très fortement calcaire

Le calcaire est un élément qui constitue la boue de la laiterie, il intervient par l'action du calcium (composition chimique du lait) on assurant une bonne structure de la boue et un flocculant de l'argiles le calcaire intervient dans le processus de l'humification de la matière organique ,le calcaire total issue lors des quatre campagnes varie de 6 à 7.8 % indiquant une boue faiblement calcaire( figure 111) , le risque du chlorose est faible. Au-delà de 5% de calcaire total, les réserves naturelles ce calcium et leur libération progressive par dissolution sous l'effet des précipitations et de l'activité chimique et biologique du sol rend inutile tout retour au chaulage sur le très long terme. Les sols sont systématiquement basiques

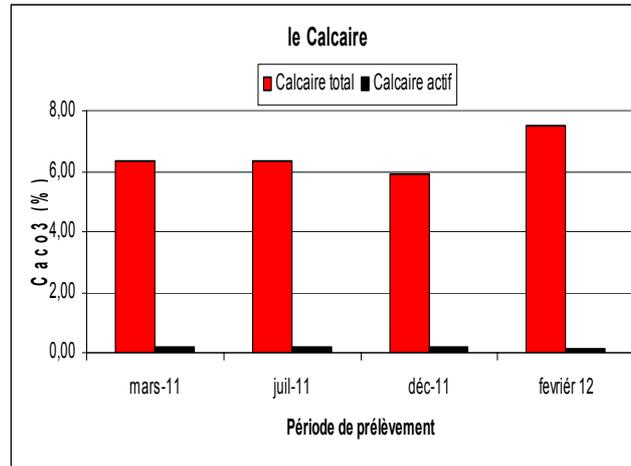


Figure 111: Variation temporelle du calcaire actif et total de la bouede la laiterie de l'Edough

La présence de calcaire actif peut induire, dans certains sols pauvres en fer libre, un risque de chlorose ferrique, auquel certaines productions sont sensibles. Le risque de chlorose ferrique est significatif pour une teneur en calcaire actif supérieure à 6% et devient très important au-delà d'une teneur de 10%.

#### 6.4.5. Carbone organique

Le carbone organique constitue 50% de la matière organique, ces valeurs oscillent entre 1.5 à 2.5 %.

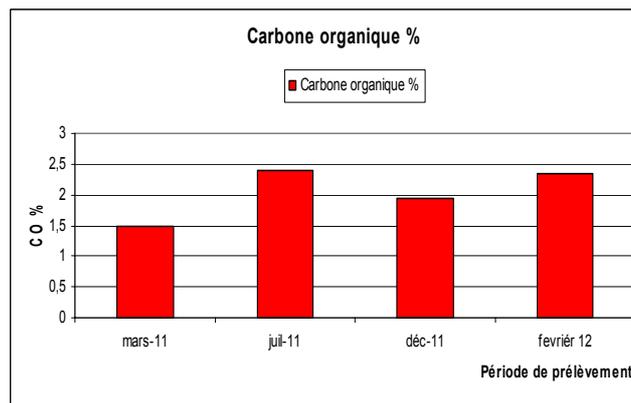


Figure 112: Variation temporelle de la matière organique de la bouede la laiterie de l'Edough

#### 6.4.6. La matière organique MO

La matière organique joue un rôle majeur dans la formation d'agrégat grâce en particulier à ses propriétés électrochimiques permettant la création de complexe argilo humique (Baize et al, 2000). La matière organique est d'un rôle principale dans l'amélioration des propriétés physiques du sol (Gauchier, 1981) et sur l'aération et l'infiltration de l'eau dans l'augmentation de la porosité (Duchaufour, 1979). la matière organique joue aussi un rôle essentiel dans la fertilité du sol par leur caractère poly anionique la capacité d'échange varie

de 100 à 400 mg/100g de sol. La figure N°112 fait ressortir des taux de MO de (2.5 à 4.2 %) indiquant une boue riche en MO. La matière organique joue un rôle important dans les fonctionnements physique, chimique et biologiques du sol. Elle améliore la cohérence des éléments structuraux, favorise la rétention en eau utile, participe au stockage réversible des éléments nutritionnels, limite le développement de certains parasites, augmente l'aération du sol... Un sol bien pourvu en matière organique offrira un milieu bien plus favorable au développement des cultures et moins sensible aux aléas climatiques. (LANO, 2000)

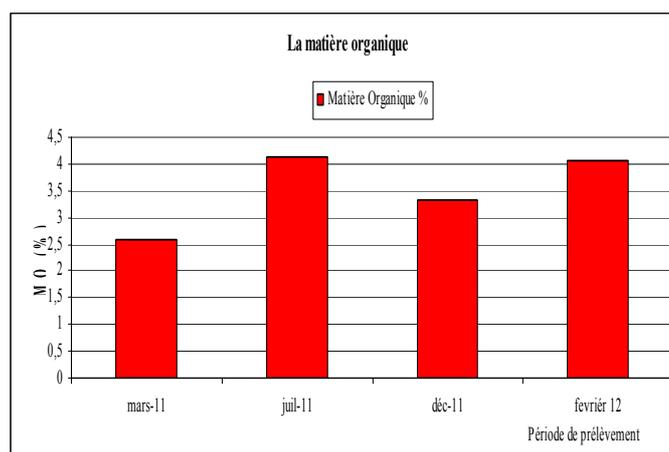
La détermination du taux de matière organique d'un sol est réalisée indirectement, à partir du dosage de la teneur en carbone organique, suivant la méthode normalisée internationale NF ISO 14235. Le taux de matière organique est calculé en multipliant la teneur en carbone par un coefficient stable dans les sols cultivés régionaux, fixé à 1,72.

$$\text{MO} = \text{C} \times 1,72$$

**Tableau 92: Teneur de la matière organique et qualité du sol (Source programme d (interprétation LANO/CA Basse Normandie)**

Teneur en MO	Interprétation	
MO < 14 ‰	Sol très pauvre en matière organique	
14 ‰ < MO < 20 ‰	Sol pauvre en matière organique	
20 ‰ ≤ MO ≤ 30 ‰	Argile < 22%	Sol bien pourvu en matière organique
	22 % < ARG < 30%	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30%	Sol pauvre en matière organique
30 ‰ ≤ MO < 40 ‰	Sol bien pourvu en matière organique	
MO ≥ 40 ‰	Teneur élevée en matière organique	

La matière organique, constitue une ressource pour la nutrition des plantes (carbone, azote, phosphore et sels minéraux), augmente la capacité de rétention en eau du sol (Bruhieret *al.*, 2002) et stabilise la structure du sol (O.N.U.A.A, 2003).



**Figure 113: Dynamique temporelle du carbone organique de la boue de la laiterie de l'Edough**

#### 6.4.7. Azote total N (méthode Kjeldahl)

Les boues contiennent en moyenne 4 à 6 % d'azote (% de la matière sèche) ; ce taux d'azote est variable selon les types de boues. L'intervalle extrême des concentrations observées s'étend de 1 à 9 % selon les caractéristiques des effluents traités, dans les boues, l'azote est présent sous deux formes : l'azote organique, l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou d'azote nitreux (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), sauf à l'état de traces (Grimaud, 1996). Dans la plus part des sols l'azote organique représente plus

de 95% d'azote total il est constitué de protéines, d'acide aminés et sucre. C'est un élément rapidement dégradable possédant un taux de minéralisation/an supérieur à 10%.

La forme directement assimilable est minérale soit cationique  $\text{NH}_4^+$  se trouvant sous la forme échangeable, soit au sein de la matière organique fraîche soit sous forme composée humiques (Duchaufour, 1988). Le pourcentage de Ntotal fluctue entre 0.08% à 0.16 % donnant une boue faible (Mars -11 et) à moyennement azotée. (Juil.-11, Déc.-11 et Fév.-12).

Dans la plus part des sols l'azote organique représente plus de 95% d'azote total il est constitué de protéines, d'acide aminés et sucre. C'est un élément rapidement dégradable possédant un taux de minéralisation supérieur à 10%

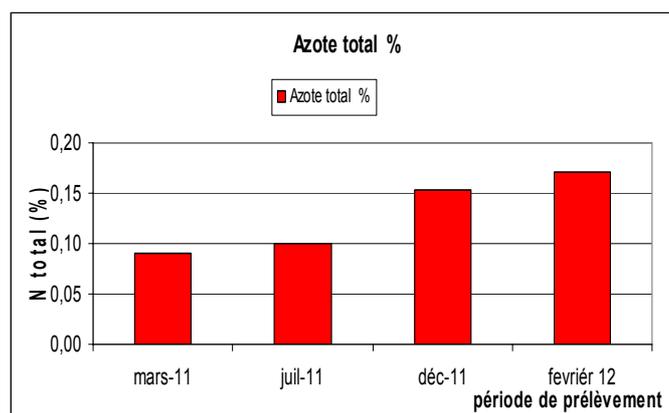


Figure 114: Variation temporelle de l'azote total de la boue de la laiterie de l'Edough

#### 6.4.8. Rapport Carbone/Nitrogène C/N

Le rapport carbone organique/azote total est un précieux indicateur de la richesse de l'humus en azote et l'activité biologique du milieu (Baize 1988). Ce rapport a été calculé pour apprécier le niveau de décomposition de la matière organique, il varie de 12 à 24. Un rapport proche de 12 (C/N 12) est très favorable.

Le rapport C/N des boues permet d'apprécier qualitativement la capacité de minéralisation de l'azote organique contenu dans les boues. Il sera utilisé pour classer les boues dans les différentes catégories de fertilisants organiques selon le Code des Bonnes Pratiques Agricoles conditionnant les périodes d'aptitude à l'épandage.

Tableau 93: Type de boue et potentiel de minéralisation

Type de Boue	Potentiel de Minéralisation
Boues aérobies	24 à 40 %
Boues anaérobies	4 à 48 %
Boues digérées compostées	7 % (42 % avant compostage)
Boues fraîches compostées	4 % (43 % avant compostage)

La dégradation de la matière organique est assurée par des microorganismes (bactéries, champignons,) qui ne sont actifs que dans des conditions physico-chimiques données dont la température, l'humidité, le taux de soufre et le pH. La température et l'humidité ne constituent généralement pas de facteurs limitant dans nos conditions. Par contre le pH globalement acide n'est pas favorable aux activités des bactéries ammonifiantes et nitrifiantes.

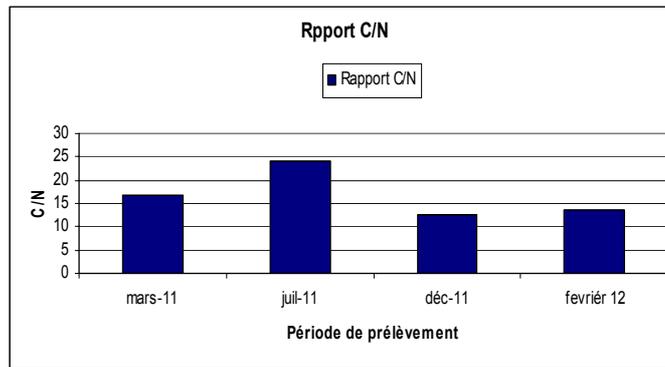


Figure 115: Variation du rapport C/N

#### 6.4.9. Phosphore (Ptotal)

C'est un élément peu mobile dans le sol. Il est prédominant dans les boues de laiterie-fromagerie-agroalimentaire, lié à la composition du lait et aux lessives utilisées assez soluble, qui peut être facilement retenu sous forme organique dans le sol ou absorbé par le calcium. L'origine du phosphore dans la boue est la composition du lait (poudre), au lactosérum et parfois à l'acide phosphorique  $H_3PO_4$  qui sert au lavage et rinçage des conduites des ateliers de production.

Les valeurs occasionnées lors des quatre campagnes varient de 6 à 12 % indiquant une boue riche en phosphore. On constate un gradient croissant du taux de phosphore en relation avec l'augmentation de la production.

La physico-chimie du phosphore dans la plupart des sols minéraux est assez complexe, ceci étant dû à l'existence de séries de réactions instantanées et simultanées telles que dissolution, précipitation, rétention et oxydation/réduction. Les composés phosphatés solubles ont une réactivité très élevée, des indices de solubilité bas et une faible mobilité. La minéralisation et l'immobilisation des composés organiques phosphatés sont des processus faisant partie du cycle du phosphore dans les sols contenant des quantités significatives de matière organique (Black, 1968 ; FAO, 1984).

Une faible concentration en phosphore dans la solution du sol est habituellement adéquate pour la croissance normale des plantes. Fox et Kamprath (1970) et Barber (1995) ont suggéré qu'une concentration de 0,2 mg/l de phosphore était adéquate pour une croissance optimale.

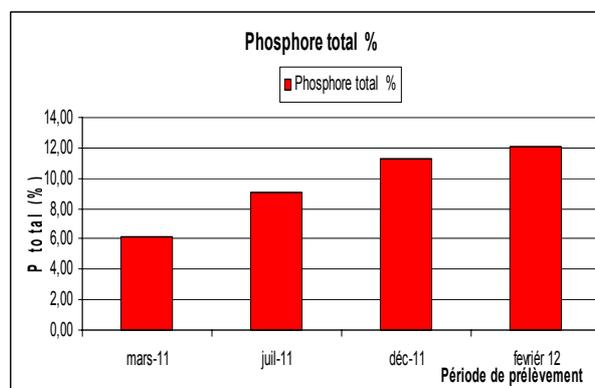


Figure 116: Variation temporelle du phosphore total de la boue de la laiterie de l'Edough

### 6.4.10. Capacité d'échange cationique CEC

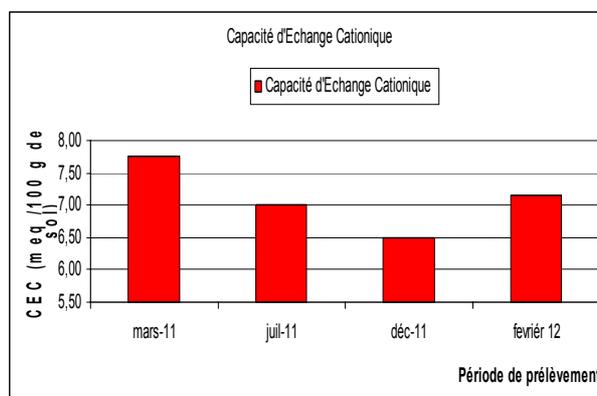
La capacité d'échange cationique (CEC) représente la capacité maximale de cations échangeables qu'un sol peut retenir à un pH donné, Elle exprime également la capacité tampon du sol, soit sa résistance au changement de pH. Elle est fortement liée aux teneurs en argile et en matière organique. La capacité d'échange observées durant notre étude varie de 6.5 à 7.7 meq/100g de sol. Selon Martin et Nolin 1991 ces valeurs indiquent une capacité d'échange cationique faible cela est due à la texture sableuse de la boue dotée de surface spécifiques très faible.

La capacité d'échange cationique du sol représente la taille du réservoir permettant de stocker de manière réversible certains éléments fertilisants cationiques (Potassium, Magnésium, Calcium...). La CEC est liée au complexe argilo humique. La valeur de la CEC d'un sol est donc fonction des quantités d'argile et de MO qu'il contient, mais aussi de la nature de ces éléments et du pH du sol.

**Tableau 94: Classes de la capacité d'échange cationique d'après Martin et Nolin 1991**

Classe	CEC (meq/100 g)
Très faible	<6
Faible	6-12
Modérée	12-25
Elevée	25-40
Très élevée	≥40

La CEC est une valeur généralement stable. Elle peut cependant varier légèrement à long terme, si le taux de matière organique diminue. Elle fournit un indice de fertilité d'un sol. Elle peut également servir de critère dans un modèle d'évaluation de la vulnérabilité des sols aux pertes d'éléments nutritifs vers les eaux souterraines.



**Figure 117: Variation temporelle de la capacité d'échange cationique de la boue de la laiterie de l'Edough**

## 6.5. Valorisation de la boue de la laiterie de l'Edough

Les effets bénéfiques et économiques de l'utilisation des boues dans l'agriculture ont été prouvés par de nombreuses études dans le monde. En effet, leur application améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Korboulewsky *et al.*, 2001 ; Bozkurt et Yarılgac, 2003), qui se traduit par une augmentation de la biomasse et du rendement des plantes :

Blé hivernal (Chang *et al.*, 1982a); Pommiers (Bozkurt et Yarılgac, 2003); Sorgho et du millet (Sabey et Hart, 1975) ; Maïs (N'Dayegamiye *et al.*, 2004 ; Debba, 2005) qui a utilisé des boues résiduelles lagunées et des boues de produits laitiers a montré que les rendements des parcelles ayant subi les traitements de boues peuvent atteindre le double des parcelles témoins.

Les deux contraintes majeures qui doivent être gérées, lorsqu'on opte pour une valorisation agricole des boues, sont les éléments trace métalliques et les microorganismes pathogènes.

Des risques sanitaires liés à la présence de germes pathogènes sont également à prendre en considération, même si ceux-ci demeurent faibles, surtout pour les produits qui ont été préalablement compostés ou déshydratés. En outre, le pouvoir épurateur du sol a ses limites. Malgré le danger immédiat qui peut être causé par les pathogènes, ils demeurent plus maîtrisables que les problèmes liés aux éléments trace métalliques (Souidi, 2005).

Pour maintenir ou améliorer le taux actuel de recyclage des éléments nutritifs et des matières organiques contenus dans les boues, il sera nécessaire d'élargir le champ d'application des règlements existants à la gestion des boues qui sont utilisées notamment pour la sylviculture, l'entretien des espaces verts et la mise en valeur des sols.

1. Les boues devraient être utilisées lorsque cela présente un intérêt agronomique pour les cultures ou lorsqu'il peut en résulter une amélioration de la qualité du sol.

2. Le taux d'application doit être adapté aux besoins des cultures et / ou du sol, en fonction de la teneur en substances nutritives du sol.

3. L'utilisation des boues devrait respecter certains principes visant à réduire le plus possible le risque d'effets néfastes pour :

- La santé des hommes, des animaux et des plantes ;
- La qualité des eaux souterraines et / ou superficielles ;
- La qualité du sol à long terme ;
- La biodiversité des micro-organismes vivant dans le sol.

4. Les boues ne devraient pas être utilisées sur les sols dont le pH est inférieur à 5, ni sur des terres saturées d'eau, inondées, gelées ou enneigées (exception faite des boues solides), ni sur le site d'anciennes carrières.

5. L'épandage devrait être réalisé de manière à éviter le ruissellement des boues et à minimiser la compaction des sols ainsi que la production d'aérosols.

6. Les boues sont utilisables si les conditions suivantes sont réunies :

- Il n'y a pas de dépassement des apports boues,
- Il existe un intérêt agronomique en ce qui concerne l'apport en nutriments ou l'amélioration de la teneur en matière organique du sol.
- La quantité de nutriments apportée est adaptée aux besoins des cultures du sol conformément aux meilleures pratiques.

L'utilisation des boues ne devrait pas créer de nuisances olfactives excessives pour le voisinage

- Les boues ne doivent pas être épandues sur des sols dont la teneur en un ou plusieurs éléments traces excède les valeurs fixées selon la norme.

## 6.6. Conclusion

L'étude physico-chimique de la boue de la laiterie de l'Edough-Annaba fait ressortir les caractéristiques suivantes :

- Un pH neutre : 6.5-8.5
- Une boue peu salée (conductivité à patte saturée) 2 à 3.2 mS/cm
- Faiblement calcaire 6 à 7.8 %

- Riche en matière organique : 2.5 à 4.2 %de MO
- Moyennement azotée de 1 à 9 %
- Un rapport(C/N) très favorable varie de 12 à 24.
- Riche en Phosphore : 6 à 12 %
- Faible capacité d'échange cationique : 6.5 à 7.7 meq/100g de sol

Cette boue peut être utilisée à des fins agricoles et sylvicoles sous forme d'engrais après traitement spécifique, toute fois une étude microbiologique est nécessaires pour éviter toute contamination par les germes pathogènes.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

## Conclusion générale

La région d'étude qui fait partie de l'ensemble géologique du Tell Algérien Nord Oriental, présente des affleurements de terrains métamorphiques, des roches éruptives et des terrains sédimentaires qui bordent la plaine de Annaba. Le système aquifère d'Annaba est constitué de formations du mio-plioquaternaire comblant une zone d'effondrement.

L'étude géométrique confirme l'extension et la superposition des nappes superficielle et profonde qui sont séparées par un niveau semi-perméable. Celui-ci disparaît au sud de la plaine laissant se confondre les deux nappes.

Le climat régnant est de type méditerranéen, l'étude climatique de la zone d'étude a montré que la région se caractérise par des précipitations moyennes annuelles importantes de l'ordre 600mm (70% s'évapore) sous une température moyenne de l'ordre de 18.00 °c. et par la présence deux périodes climatiques l'une humide et l'autre sèche.

Le régime d'écoulement de l'Oued Seybouse présente des particularités à système pluvial méditerranéen dans son ensemble, il est tributaire du régime pluvial dont les débits sont étroitement liés aux saisons (humide ou sèche). Les débits sont régis par des modes d'alimentation, et des conditions de rétention- restitution qui sont à l'origine des écarts entre les impulsions de débits et les hauteurs de pluies.

L'activité industrielle intense, agricole et le besoin grandissant en ressources hydriques se sont accentués aux alentours de l'Oued Seybouse et menace ainsi non pas uniquement l'intégrité écologique de ce site mais aussi le bien-être des êtres humains et de toute les espèces animales et végétales qui en dépendent.

La laiterie de l'Edough est une société par action détenue par le groupe Giplait, les produits fabriqués par cette unité est le lait pasteurisé, le lait fermenté et du fromage Camembert cette industrie est caractérisée par sa demande importante en eau, pour produire un litre de lait en rejette 3.6 litre d'eau usée.

Le versement des eaux usées de la laiterie de l'Edough directement dans le milieu naturel : (l'Oued Seybouse) sans traitement préalable favorisant ainsi une accumulation de la matière organique biodégradable permettant un développement microbien et de ce fait une conséquence logique : la dégradation et l'eutrophisation de cet écosystème

La pollution générée par la laiterie de l'Edough–Annaba est d'ordre organique, les taux de des Chlorures, DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> est MES enregistrés sont très élevées et dépassent largement

lanorme algérienne requise. L'ACP met l'accent sur l'ampleur de cette pollution et fait dégager des corrélations très significatives entre les paramètres organiques. le candidat suggère alors qu'il est indispensable d'installer une STEP (traitement biologique) afin d'épurer ces effluents pour conserver le milieu naturel dans le cadre du développement durable

L'étude microbiologique (dénombrements et recherche de coliformes, coliformes fécaux, streptocoques fécaux avec identification de la microflore existante), a révélé la présence de germes test de contamination fécale, et se caractérise ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux. Les analyses chimiques effectuées et l'étude bactériologie réalisée ont permis d'évaluer un degré de contamination sérieux et alarmant.

Le calcul des objectifs environnementaux des rejets OER a montré un dépassement majeur de quelques contaminants chimiques conventionnels. Dans la majorité des cas, le dépassement des critères de qualité de l'eau indique que le milieu a atteint ou a dépassé le niveau de qualité souhaitable et qu'aucune charge supplémentaire de ces contaminants ne devrait être ajoutée

La dépollution de ce milieu naturel demeure capitale. Un programme systématique d'auto-surveillance de tous ces contaminants doit être restauré et mis en place.

L'étude physico-chimique de la boue de la laiterie de l'Edough peut être utilisée pour des fins agricoles et sylvicoles sous forme d'engrais après traitement spécifique, toute fois une étude microbiologique est nécessaire pour éviter toute contamination par les germes pathogènes

En définitif nous espérons une prise de conscience des décideurs afin de préserver l'oued Seybouse et sauvegarder l'intégrité de son équilibre écologique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

- Abi Zied I, Bobée B.,(1999) : Modélisation stochastique des étiages Revue des sciences de l'eau Rev Sci Eau 12/3 459-484.
- Agence des Bassins Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue (ABHCSM)(2008) :Atelier sur la protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution Annaba-Algérie 19 Janvier 2008.
- Ahmed Said, Y., Leake, B. E. et Rogers G., (1993). The petrology, geochemistry and petrogenesis of the Edough igneous rocks, Annaba, NE Algeria. *Journal of African Earth Science*, 17, (n°1), 111-123.
- Amarchi H., (2006). Introduction de l'information de télédétection dans l'estimation statistique des disponibilités en eau de surface : Cas du bassin versant de la Seybouse, thèse de doctorat université Badji mokhtar Annaba pp2-33.
- AMEUR Abderrahmane, RAHAL Karim, BOUYOUCHEF Abdallah,(2011) : Evaluation du nettoyage des tanks de réfrigération dans les fermes laitières de la région de Freha (Algérie) revue *Nature & Technologie* p80-p84.
- Aminot A, Kerouel R., (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses.* Éd. Ifremer, 336 p.
- ANDI,(2013) : Agence Nationale de Développement de l'Investissement
- Annuaire hydrologiques de l'Algérie (1968-1991) de L'Agence nationale des ressources hydriques-Algérie
- Ansa-Asare Od., Marri. L., Cresser M.S. (1999). Evaluation of cycling patterns of dissolved oxygen in has tropical lake biodegradable ace year indicator of organic pollution. *Sci. Total* Approximately.231: 145-158. BONTOUX J. (1993). Introduction under investigation of fresh waters" Quality and health".2nd edition, Edict. CEBEDOC, 165p
- Arnaud T. (2008) : Traitement des effluents de laiterie de montagne par digestion anaérobie : retour d'expérience de la coopérative laitière d'Entremont le vieux (73)», », L'eau, l'industrie et les nuisances, numéro thématique les traitements anaérobies, 32-34.
- Audet D., Boucher C., Caumartin A., Skeene C., (2000) : *Probabilités et statistiques* 2<sup>ème</sup> édition, Editions Gaétan Morin, 411 pages.
- Aubert G.(1978) : *Méthodes d'analyses des sols.* Édition CRDP .Marseille ,191p
- AyacheR.(2003) : Traitement de clarification des eaux usées de la laiterie « Edough » mémoire de magister UBM Annaba
- Badia Gondard F. (1996). *L'assainissement des eaux usées.* Ed. La Lettre du Cadre Territorial. Série Dossier d'Experts. p 9-11 et 172-173.
- Baize D., (2000) - *Guide des analyses en pédologie.* INRA ed., Paris, 257 pages. Baize D. 1997
- Bagnouls, f., et Gaussen H, (1957) : Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*, 66<sup>o</sup> année, N." 335:193-22
- Blais, S. (1998) : Bases des principales méthodes de calcul des objectifs environnementaux de rejet, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques,
- Balah B.(2009) : Estimation du coefficient d'abattement spatial des pluies du bassin versant de la Seybouse mémoire de Magister UBM Annaba 143 p.
- Balaska A.(2005): Traitement l'eau usée de la laiterie Edough – Annaba par des procédés physicochimiques et biologiques mémoire de magister UBMA 145p

- Bellefontaine L & Castiau E., (2006). La qualité chimique et physico-chimique des eaux de surface en Région de Bruxelles Capitale, synthèse de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement 30p.
- Beloulou L.(2011) :Cours d'hydrologie fondamentale avec exercices d'application Faculté sciences de la terre département de Géologie UBM Annaba 30p
- Benchaar C (1999). Apport de l'analyse en composantes principales dans l'explication des mécanismes hydrochimiques des oueds Seybouse, Kébir Est et Kébir Ouest (Est Algérien). Mémoire de Magister. Université d'Annaba, 177 p.
- Bentrouche . I 2007 : Réponses écophysologiques d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine 217p
- Benyahya Loubna, Caissie Daniel, Ashkar Fahim, El-Jabi Nassir, Satish Mysore.(2009):Comparison of the annual minimum flow and the deficit below threshold approaches: case study for the province of New Brunswick, Canada Canadian Journal of Civil Engineering Vol 36 N9 pages 1421-1434.
- Bobee,B., Ashkar,F 1991 : The gamma family and derived distributions applied in hydrology. Water Resources Publ.,Littleton,CO.
- Bouanani A.(2008) :Hydrologie, transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie) thèse de doctorat université Abou baker Belkaid-Tlemcen 250p.
- Boeglin J.C. (1999). Pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des procédés. G1210 :1-12.
- Boudry P, Collet B, Cornette F, Hervouet V, Bonhomme F. (2002). High variance in reproductive success of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) revealed by micro-satellite based parentage analysis of multifactorial crosses. *Aquaculture* 204:283-296.
- Bougherira N. (2008) : Impact des rejets industriels du complexe sidérurgique sur les eaux superficielles et souterraines dans la plaine de Meboudja, mémoire de magister UBM Annaba
- Bornert G.(1998) : Les micro-organismes indicateurs de contamination fécale de l'eau et des aliments services central d'études et des réalisations du commissariat de l'armée de terre ,1 Bvd Loucha.L F 92211 Saint cloud cedex Tome 149 volume 7 pages 727-738.
- Boukhlof A.(2006) : Caractérisation et traitement de clarification des eaux usées de la laiterie « Edough-Annaba » et l'unité Tuile –Acier « Protuil » mémoire de Magister UBM Annaba.
- Bozkurt M.A. and Yarılgöç T. (2003).The Effects of Sewage Sludge Applications on the Yield, Growth, Nutrition and Heavy Metal Accumulation in Apple Trees Growing in Dry Conditions. *Turk J Agric For.* 27: 285-292.
- British Columbia, Ministry of Water, Land and Air Protection (WLAP), (2001).*British Columbia Approved Water Quality Guidelines (Criteria)*, 1998 Edition, updated August 24, 2001, Ministry of WLAP, Water Protection Branch
- Caby, R ., Hammor, D., (1992) : Le massif de l'Edough (Algérie) : Un "Métamorphique Core Complex" d'âge miocène dans les Maghrébides. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t .314, Série II, p. 829- 835.
- Chapman D. et V. Kimstach, (1996). Selection of water quality variables. *Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126
- Carta-Escobar F., Pereda-Marín J., Álvarez-Mateos P., Romero-Guzmán F., Durán-Barrantes M.M., (2005) : Aerobic purification of dairy wastewater in continuous regime. Part II : Kinetic study of the organic matter removal in two reactor configurations. *Biochemical Engineering Journal*, 22, 117-124.
- Castillo De Campins S.,(2005) : Etude d'un procédé compact de traitement biologique aérobie d'effluents laitiers. Thèse Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.

- Chambers, P. A., Guy M., Roberts E, Charlton M. Kent, N., Gagnon R. Grove C., Foster G., N., Dekimpe C et Giddings M., (2001). 6- Nutrients- Nitrogen and Phosphorus, p. 23-26, dans Environnement Canada (éd.), *Threats to sources of drinking water and aquatic ecosystem health in Canada*, Environnement Canada, National Water Research Institute, NWRI Scientific Assessment Report Series no 1.
- Centre d'expertise hydrique Quebec(CEHQ).(2011) : Analyse hydrologique Débits d'étiage Ruisseau 4-6 (sans nom) Municipalité de la Baie-James .Édifice Marie-Guyart 675, boulevard René-Lévesque Est Aile Louis-Alexandre-Taschereau, 4 étage Québec (Québec) G1R 5V7
- Charles E. Stephen, Donald I. Mount, David J. Hansen, John R. Gentile, Gary A. Chapman, and William A. Brungs.(1985): Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses United states Environmental. Protection Agency PB85-227049
- Chang A.C., Page A.L. and Bingham F.T. (1982a). Heavy metal absorption bywinter wheat following termination of cropland sludge applications.J. Environ. Qual.11(4): 705-708.
- Chow V., Maidement D. et Mays L. (1988). Applied hydrology. Ed. Mc Graw-Hill
- CNERU (1980). Etudes et réalisations en urbanisme. Recueil sur la zone industrielle d'El-Hadjar, 42 p.
- Coutagne A. (1954). Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum. La Houille blanche. p 360 - 369.
- Coutagne A., et De Martonne.(1958). Evaporation et déficit d'écoulement. Ass. Int. Hydrologie. Sci,s. d. p 97 - 128.
- Cloutier S. (2012) : Utilisation des objectifs environnementaux de rejet dans l'autorisation de projets au MDDEFP Direction du suivi de l'état de l'environnement 16 octobre 2012 Assainissement industriel GCH-2101 Université Laval
- Corthondo T., Trépos F, (2004) :Traitement des effluents laitiers. [www.apesa.fr/iso\\_album/traitement\\_effluents\\_laitiers](http://www.apesa.fr/iso_album/traitement_effluents_laitiers). 2004.
- Correia F N Santos MA Rodrigues R R.(1991).Reliability in regional drought studies.Water resources engineering risk assessment, Ganoulis J (Ed) Springer verlag,pp 43-62.
- Dartois, J., et al, (2001) : Cadre d'utilisation des objectifs environnementaux de rejet (OER) – Rapport du groupe de production sur les OER – Document de travail, gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement.
- Daufin G., G. Gésan-Guiziou, E. Boyaval, P. Buffi ère, C. Lafforgue et C. Fonade (2000), « Minimisation des rejets de l'industrie laitière par le traitement des effluents à l'aide des procédés à membranes », tribune de l'eau, 600, 4, 25-33.
- Debba M.B. (2005).Contribution à l'étude des boues résiduares. Intérêt agronomiqueet effet des polluants dans le sol et le végétal (essai sur la tomate industrielle). 1<sup>er</sup>Colloque Euro-éditerranéen en Biologie Végétale et Environnemzent Annaba. 324p.
- Débieche 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 Thèse, université Franche Compte P 235.
- De Martonne, E. (1926). Aréisme et indice aridité. Comptes Rendus de L' Acad Sci, Paris, 182, 1395–1398.
- Djabri, L. (1996). Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse : Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Doctorat d'Etat, UBM Annaba, 176 p.
- Djabri, L. Hani A., Laouar, R. Mania J., Mudry J. and Louhi A.(2003):Potential pollution of groundwater in the valley of the Seybouse River, North-Eastern Algeria, Environmental Geology, Vol 44, N6, 2003, pp738-744 .

- Djelal H, Poignant E et Brau L. (2009) : Mise en place d'un pilote industriel sur le site de la station d'épuration d'une laiterie pour optimiser le traitement de leurs effluents Récents Progrès en Génie des Procédés – Numéro 98 – 2009 2-910239-72-1, Ed. SFGP, Paris, France
- Djelal H, Rigail M Boyer L., (2008) : *Les effluents industriels et leur traitement Management & Avenir*, 2008/6 n° 20, p. 275-288. DOI : 10.3917/mav.020.0275
- Doneker, R. L., et. Jirka G. H, (1990). Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges (CORMIX 1) –Technical Report, Athens (GA), U.S. EPA, Environmental Research Laboratory, 250 p.(EPA/600/3-90/012).
- Dracup, J. A., Lee, K. S. & Paulson, E. G. Jr.(1980a) : On the statistical characteristics of droughts. *Wat. Resour. Res.* 16(2), 289-296.
- Dubreuil P. (1974). Initiation à l'analyse hydrologique, *Masson*, 216 p.
- Edberg, SC, Rice EW, Karlin RJ et Allen MJ. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S.
- Environmental Protection Agency, (2001). *Streamlined Water-Effect Ratio Procedure for Discharges of Copper*, U.S.EPA, Office of Water, Office of Science and Technology, Washington, D.C. 35 p. EPA-822-R-01-005.
- Environmental Protection Agency, (1999). *The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Proposes to Modify a Wastewater Discharge Permit to City of Coeur d'Alene Wastewater Facility*, Fact Sheet, Idaho, 32 p.
- Environmental Protection Agency, (1994). *Water Quality Standards Handbook*, 2<sup>e</sup> éd., U.S. EPA, Office of Water, Office of Science and Technology, Washington, D. C. p. 3-37 à 3-45, (EPA-823-B-94-005a).
- Environmental Protection Agency, (1994). *Interim Guidance on Determination and Use of Water-Effect Ratios for Metals, Appendix L of Water Quality Standards Handbook*, 2<sup>e</sup> éd., U.S.EPA, Office of Water, Office of Science and Technology, Washington, D.C., (EPA-823-B-94-001).
- Environmental Protection Agency, (1992). *Interim Guidance on Interpretation and Implementation of Aquatic Life Criteria for Metals*, Health and Ecological Criteria Division, Office of Science and Technology, U.S. EPA, Washington, DC.24 p.
- ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Travaux Agricoles) de Bordeaux. (2000). *Agronomie aux nouvelles orientations*. Edition Synthèse agricole. 339p.
- Fedaoui. D.(1998) : Evaluation du degré de pollution des eaux résiduaires de l'ORELAIT mémoire de magister université Badji mokhtar Annaba 100p
- Frecault F., (1971). La Moselle et son bassin. Contribution à l'hydrologie et la dynamique fluviales en milieu tempéré océanique. Thèse, doct, Brest, Reprod. Univ. Lille III. 840 p., 122 fig., 2 cartes.
- Fustec E, Lefevre J-C et Coll.(2000) : *Fonctions et valeurs des zones humides*, Dunod Paris,426p
- Gangbazo, G., et Babin, F. (2000). : Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles. *Vecteur Environnement*, vol. 33, no 4, p. 47-57.
- Ghachi.A., (1986) : *Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie*, OPU, 508p.
- Hazourli S., Boudiba L., Ziati M. (2007) : Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle D'El-Hadjar, - Annaba- Algérie Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, pp. 45-55
- Gleizes, G., Bouleton, J., Bossière, G. et Collomb P., (1988). Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est Algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 306, (II), 1001-1008.

- Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE), (1987). *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement
- Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME), (1999). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, Winnipeg, le Conseil.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), (2002). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, mise à jour 2, novembre 2002*, Winnipeg, le Conseil.
- Gottesman M.M. & I. Pastan, (1993). - Biochemistry of multidrug resistance mediated by the multidrug transporter. *Annu. Rev. Biochem.*, 62, 385-427
- Grosclaude G.(1999) : L'eau Tome II usages et polluants édition Dunod France 210p.
- Guettaf, M. (2007). Aspects chimiques d'Oued Seybouse : apports en sels nutritifs et en matières organiques. Mémoire Magister, Université d'Annaba, 48 p.
- Gumbel, E.J (1954): Statistical theory of drought. *Comptes rendus du American Society of Civil Engineers*, V ol.80, Separate4 39.
- Guirkinger (2006). La gestion intégrée des boues urbaines. Les solutions desdélégataires de services d'eau et d'assainissement. (spde) Syndicat professionnel desentreprises de services d'eau et d'assainissement. 156p
- Halimi .A (1980). L'Atlas Blidéen, climat et étages végétaux, Office des publications universitaires, Alger.
- Hamdani A, ChennaouiM, Assobhei O, Mountadar, M.(2004) : Caractérisation et traitement par coagulationdécantation d'un effluent de laiterie Lait 84 (2004) 317-328© INRA, EDP Sciences
- Hammor D., (1992) : Du Panafricain au Miocène : 600 millions d'années d'évolution polycyclique dans le massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Retraces par la pétrologie, la tectonique et la géochronologie (U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd et <sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar). Thèse de l'USTLanguedoc, Univ de Montpellier II, 205 p.
- Haut-Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD)..., (2007). Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p
- Hilly, J., (1962). Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer (Est- Constantinois). *Bull. Serv. Carte. Géol. Algérie*, Nouvelle série, n° 19.
- Hamzaoui.W.(2007).Caractérisation de la pollution des eaux en milieu industriel et urbain. Cas de la plaine d'El-Hadjar, mémoire de magister université Badji mokhtar Annaba 102p
- Hazourli s., Boudiba l.,Z m. (2007). Caractérisation de la pollution des eaux residuaires de la zone industrielle d4El-hadjar, Annaba *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre, pp. 45-55
- Inhaber, H., (1975). An Approach to a Water Quality Index for Canada, *Water Research*, vol. 9, p. 821-833.
- Jingsheng C., Xvemin G., Dawei H., Xinghui X. (2000). Nitrogen contamination in the Yangtze river system, China. *Journal of Hazardous Materials*, A73, 107-113
- Khadri .S.(2009) : Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution, mémoire de magister UBM Annaba 134p
- Khanchoul K. (2007) : Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants de l'extrême Nord-Est algérien thèse d'état en géologie option hydrogéologie UBM Annaba 296 P
- Khelalfa M. (2009) : Etude du ruissellement pluvial des sous bassins de la Seybouse. Mémoire de magister UBM Annaba 165p

- Kherici N, Khierici H, Zouini D, (1996). La vulnérabilité a la pollution des eaux de la plaine d'Annaba La Mafragh (Nord-est algérien). *Hydrogeologia* 12: 35-48.
- Kherzat B 2007 : Essai d'évaluation de la politique laitière en perspective de l'adhésion de l'Algérie à l'Organisation Mondiale du Commerce et à la Zone de Libre Echange avec l'Union Européenne Magister en sciences agronomiques. Institut National Agronomique - ELHARRACH-Algérie.
- Khoudir A., Lamari H., Louehli S., (1997) : Traitement biologique en lit fixe d'une eau usée de laiterie, *Eau Ind. Nuisances* 203 37–39.
- Koukal B., Dominik J., Vignati D., Arpagaus P. (2004). *Environnement pollution*, 131, 163-172.
- Korboulewsky N. Masson G., Bonin G., Massiani C. et Prone A. (2001). Effets d'un apport de compost de boues de station d'épuration dans un sol d'un vignoble du sud de la France. *Etude et Gestion des Sols*, 8 (3) : 203-210.
- Labar S.(2009). Evaluation de la pollution des eaux souterraines dans un milieu industriel : Cas de la zone industrielle de Skikda, N.E. algérien) Thèse de doctorat université Badji mokhtar Annaba 165p
- Laborde J.P., (1997) : Eléments d'hydrologie de surface, cours de DEA, PAE3S, de l'ENSG Nancy.
- Lafri H. (1999) : Etude d'impact des activités urbaines et industrielle sur les activités agricoles dans le cadre du projet périmètre d'irrigation de Guelma-Bouchevouf mémoire de Master univ Montpellier 102p
- Lahondere J. C., (1987). Les séries ultras telliennes d'Algérie nord-orientale et formations environnantes dans leur cadre structural. Travaux du laboratoire de géologie méditerranéenne associée au C.N.R.S (U.A.N°145). Univ. Paul Sabatier –Toulouse N° d'ordre: 1326. Thèse Doctorat. 238 pages.
- Leclerc, H., Mossel, D.A.A., Edberg, S.C. and Struijk, C.B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu. Rev. Microbiol.* 55, 201–234
- Louamri A.(2013) : Le Bassin-versant de la Seybouse (Algérie Orientale): hydrologie et aménagement des eaux . Thèse de doctorat université Mentouri Constantine 315p.
- Loperena L., M. D. Ferrari, V. Saravia, D. Murro, C. Lima, L. Ferrando, A. Fernandez et C. Lareo (2007), « Performance of a commercial inoculum for the aerobic biodegradation of a high fat dairy wastewater », *Bioresource Technology*, 98, 1045-1051.
- Loperena L., V. Saravia, D. Murro, M. D. Ferrari, C. Lima et C. Lareo.(2006). « Kinetic properties of a commercial and a native inoculum for aerobic milk fat degradation », *Bioresource Technology*, 97, 2160-2165.
- Jacobs, K. and R. Pulwarty, *Water Resource Management: Science, Planning and Decision-Making*, American Geophysical Union Monograph.
- Janczukowicz, W., Zielinski, M. et Debowski, M., (2008), Biodegradability evaluation of dairy originated in selected sections of dairy production, *Bioresource Technology*, 99, 4199-4205.
- Jirka, G. H. Doneker, R. L., Hinton, S. L., (1996). *User's Manual for CORMIX : a Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Water*, Washington (DC), U.S. EPA, Office of Science and Technology, 82 p. et 5 annexes.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 26. (2006). Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, Algérie.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 60. (2005). Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 43. (2003) Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

- Maliki. AM. (2000) : Etude hydrologique hydrochimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat Fac. Sci. Sfax, 301 p.
- Maou A, (2001). Estimation des crues de référence pour les plans de prévention du risque inondation. Cas du bassin versant du Saf-Saf, N.E algérien. Mémoire de magister, Université d'Annaba. 118p.
- Martin et Nolin, (1991) : Capacité d'échange cationique (CEC) des horizons A, B et C
- Mc Neely, R.N., V.P. Neimanis et L. Dwyer, (1979). *Références sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux.*, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, 88 p.
- Mebarki A., (2005) : Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. *Thèse d'Etat*, Université Mentouri de Constantine, 360 p.
- Mebarki A., Laborde J.P., (2012), Synthèse cartographique des bilans hydriques de l'Algérie du Nord, Colloque International de Rouen, Regards croisés Nord-Sud, Université de Rouen 25-26 sept 2012.
- Meinck F Stooff H., KohlschütterH. (1977). Les eaux résiduaires industrielles, 2ème Ed. Masson, paris, 863p.
- Mémento technique de l'eau. (2005) : L'eau et ses propriétés. 10<sup>ème</sup> édition. Degrémont, Tome 1, 880p.
- Mediterranean Environment Technical Assistance Program.(METAP 2002).Regionally Based Assessment of Persistent toxic Substances United Nations Environment Programme Chemicals Mediterranean regional report llobal Environment Facility 161p.
- Meybeck M, Friedrich G, Thomas R, Chapman D, (1996). River water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. London :
- Meylon, P Musy A. (1999) : Hydrologie fréquentielle .Ecole polytechnique de Lausanne .édition HGA Bucarest.415p.
- Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), (1997).*Rule 57(2) Guideline Levels*, Great Lakes and Environmental Assessment Section, Surface Water Quality Division, Department of Environmental Quality, Michigan, 3 p.
- Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), (2008).*Rule 57 Water Quality Values 2008-12-10*, Surface Water Quality Assessment Section, MDEQ, 5 p.
- Ministère d'agriculture et de développement rural .MADR (DSASI) : Statistiques agricoles, superficies et production, Séries A et B 2001, 2002, 2003, 2004.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, (2013) : *Critères de qualité de l'eau de surface*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 3<sup>ème</sup> édition ISBN 978-2-550-57559-7 (PDF), 536 p. et 16 annexes.
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2007). Calculation and interpretation of effluent discharge objectives for contaminants in the aquatic environment, 2nd Edition, Quebec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-978-2-550-49172-9 (PDF), 54 p. and 4 appendices.
- Ministère Du Développement Durable, De L'environnement Et Des Parcs Du Québec (2008) : Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 2 – Échantillonnage des rejets liquides, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Édition courante.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2011) : Dépollution industrielle du bassin versant de L'oued Seybouse .Mission 1 : Identification des unités industrielles les plus polluantes. Rapport Safege 165p.

- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2013) : Dépollution industrielle du bassin versant de L'oued Seybouse Mission 2 : Etude pour le prétraitement des effluents liquides des unités les plus polluantes Rapport d'étape : Mesures et bilans industriels. Rapport Safege 277 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2002) : Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) 120p.
- Moir S.E., Svoboda I., Sym G., Clark J., McGechan M.B., and Castle K., (2005): An experimental plant for testing methods of treating dilute farm effluents and dirty water. *Biosystems engineering*, 90 (3), 349-355.
- Moletta R., Torrijos M. (1999) : Impact environnemental de la filière laitière. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des procédés, F1500 :1-9.
- Mouchara .N (2009) : Impact des lâchages de barrage Hammam D'BGagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord Est algérien) mémoire de magister université Badji mokhtar Annaba 141p
- N'Dayegamiye A., Giroux M. et Royer R. (2004).Epanchage d'automne et de printemps de divers fumiers et boues mixtes de papetières : coefficient d'efficacité et nitrates dans le sol. *Agrosol*, 15(2): 97-103
- Neal C, Neal M, Wickham H, Harrow M. (2000b). The water quality of a tributary of the Thames, the Pang, southern England.*The Science of the Total Environment*, **251-252**: 459-475.
- Ndaruga A., Ndiritu G., Gichuki N. and Wamicha W.N., (2004): Impact of water quality on macroinvertebrate assemblages along a tropical stream in Kenya. *African J. Ecol.*, 42, 208–216.
- Nisbet M, Verneaux J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes. *Ann. Limnol.*, **6(2)**:161-190.
- N'Dayegamiye A., Giroux M. et Royer R. (2004).Epanchage d'automne et de printemps de divers fumiers et boues mixtes de papetières : coefficient d'efficacité et nitrates dans le sol. *Agrosol*, 15(2) : 97-103.
- NORDIN, R.N. et L.W. Pommen (B.C.MOE), (1986). *Water Quality Criteria for Nitrogen (nitrate, nitrite and ammonia)*, Resource Quality Section, Water Management Branch, Ministry of Environment and Parks, Victoria, British Columbia, 11 p.
- Observatoire National de l'environnement et du développement durable (2012) : Contrat de surveillance du rejet de la laiterie de l'Edough, rapport mars 2012 5p.
- Oliosio A., (2006): Monitoring of irrigated wheat in a semi-arid climate using crop modelling and remote sensing data: Impact of satellite revisit time frequency. *Int J. Remote Sens*, 27, 1093-1117
- Organisation météorologique mondiale (OMM) (1994) : Guide des pratiques hydrologiques ISBN 92-63-25168-1omm-n°168 cinquième édition 829 p.
- O.N.U.A.A., A.I.I.E. et I. M. P. (2003). Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture, Association Internationale De L'industrie Des Engrais, Institut Mondial Du Phosphate. Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition. 77p.
- Palmer W.C. (1965). Meteorological drought .US Department of commerce weather research, paper n° 45, 58 pages
- Parade J., (1959)- Cours de Potamologie. Ecole. Ing. Hyd. Grenoble. 2 vol.
- Pelmont J., (1993). Bactéries et environnement : adaptations physiologiques. Collection Grenoble Sciences.899p.
- Poff, n. L.; Allan, j. D.; Bain, M. B.; Karr, J. R.; Prestegard, K. L.; Richter, B. D.;Sparks, R. E. , Stromberg, J. C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, 47: 769-784.

- Ramasamy E.V. , Gajalakshmi S. , Sanjeevi R., Jithesh M.N et Abbasi, S.A (2004) Feasibility studies on the treatment of a dairy wastewater with upflow anaerobic sludge blanket reactor, *Bioresource Technology*, 93, 209-212.
- Rapport général du projet PNR 2012 : Etude et Valorisation des Eaux Usées épurées en irrigation (cas des périmètres agricoles de la Mitidja).
- Rejsek.F (2002) : Analyse des eaux .Aspects réglementaires et techniques. Série sciences et techniques de l'environnement. Édition Scéren-CRD P d'Aquitaine 360p.
- Roche .M (1963) : Hydrologie de surface. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer édition Gauthier - Villars Editeur – Paris 431p.
- Rodier J. (2009) : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer.9<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris. 1579 p
- Rodier J., (1996).*L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. DUNOD Paris, 8<sup>ème</sup> éd., p. 1008 (XLVII, 1383 p.).
- Sabey B.R. and Hart W.E. (1975).Land application of sewage sludge: I. effect on growth and chemical composition of plants. *J. Environ. Quality*, 4 (2): 252-256p.
- Sachon G- (1980a) : L'industrie laitière et la pollution des eaux, *Revue des ENIL*, N°49,
- Sachon G- (1980b) : L'industrie laitière et la pollution des eaux, *Revue des ENIL* N°51. 21-28.
- Santé et Bien-être social Canada (SBSC), (1987). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*, Préparé par le Sous-comité fédéral-provincial sur l'eau potable du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, Approvisionnement et Services Canada.
- SayadL, Kherici-Bousnoubra H,DrouicheN, Houhamdi M, Kherici N.(2014a) : Calculation and interpretation of effluent discharge objectives of dairy industry: Case Edough's dairy – Annaba (Algeria) .*Ecological Engineering* 73 (2014) 421–424.
- SayadL, Kherici-BousnoubraH, DrouicheN, HouhamdiM, KhericiN. (2014b):Principal Component Analysis an efficient way to demonstrated the pollution of waters: Application to the wastewater of the Edough dairy -Annaba-Algeria international conference in integrated management of environment .September 25 28 2014 Hammamet-Tunisia
- Service d'évaluation des rejets toxiques (SERT), (1992). Note technique sur l'acétate de vinyle, l'éthanol, les 2-, 3- et 4- nitrotoluènes, les sulfates et la température, Direction des écosystèmes aquatiques, ministère de l'Environnement du Québec, Québec.
- Service d'assainissement des eaux et du traitement des eaux contaminées (SAETEC), (1999). Note interne, Ministère de l'Environnement du Québec, Québec.
- Skraber. S (2003) : Intérêt des bactériophages en tant que témoin de contamination fécale et de présence de virus entériques pathogènes dans les eaux de la rivière Moselle, thèse de doctorat .université Henri Poincare - Nancy I 250p.
- Souki H (2009). Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie : portée et limites ; revue campus université Mouloud MaamerisTizi Ouzou.
- Soudi B. (2005). Les boues résiduaires : quel système de gestion dans les pays méditerranéens. Coopération Scientifique Inter-Universitaire. Atelier-Séminaire sur le thème : Traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement : 46-53
- Strahler,A.N.(1964), Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks In. *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw Hill Book Company, New York, Section 4II.,
- Sachon G. (1980a). : L'industrie laitière et la pollution des eaux. *Revue des ENIL*, 1<sup>ère</sup> partie, 49: 7-12.
- SONATRCH, (1966). Esquisse structurale de la plaine d'Annaba. Rapport A.N.R.H, inédit. Annaba, Algérie.

- Seltzer P., (1946) – Le climat d’Algérie. Tra.Inst. Météorol. Phys. Globe, Alger, 1 vol. 219 p.
- Strahler, A.N., (1946). Hypsométrie (area - altitude) analysis of erosional topography. Bulletin, Géol.Soc. Amérique. Vol 63., pp 1117 - 1142 .
- STROJEXPORT, (1975). Prospection géophysique de la plaine d’Annaba. Réinterprétation. Rapport A.N.R.H., inédit, Annaba, Algérie, P30.
- Tixeront, J. (1960). Débit solide des cours d’eau en Algérie et en tunisie. In IAHS Publ., 53 : 26-42.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (2002). *National Recommended Water Quality Criteria : 2002*, Office of Water, Office of Science and Technology.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (2006). *National Recommended Water Quality Criteria*, Office of Water, Office of Science and Technology
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (1998a). National Recommended Water Quality Criteria; Republication, Notices, *Federal Register*, vol. 63, no. 237, p. 68354-68364.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (1991a). National Primary Drinking Water Regulations - Synthetic Organic Chemicals and Inorganic Chemicals; Monitoring for Unregulated Contaminants; National Primary Drinking Water Regulations Implementation; National Secondary Drinking Water Regulation. Final rule, *Federal Register*, vol. 56, no. 20, p. 3526-3597.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (1991b). *Water Quality Criteria Summary*, Ecological Risk Assessment Branch, Human Risk Assessment Branch, Health and Ecological Criteria Division, Office of Science and Technology, U.S.EPA, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (1988b). Water Quality Criteria; Availability of Document, Notice of final ambient water quality criteria document: Chloride, *Federal Register*, vol. 53, no. 102, p. 19028-19030.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (2002). *National Recommended Water Quality Criteria: 2002*, Office of Water, Office of Science and Technology.
- U. S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (2006b). *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories* , Office of Water, U.S. EPA, Washington, DC, 12 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA), (2006a): National Recommended Water Quality Criteria, Office of Water, Office of Science and Technology.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), (1997): Technical guidance manual for developing Total Maximum Daily Loads, Book 2: Streams and Rivers, Part 1: Biochemic
- Villa J., (1980) : La chaîne alpine d’Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de doctorat d’état, Université Pierre et Marie Curie, paris VI, France, 665p.
- Walling D.E., Russell, M.A. Webb B.W (2001). Controls on the nutrient content of suspended sediment transported by British rivers. *The Science of the Total Environment*, 266, 113-123.
- Welsh, P.G.; Lipton J., Chapman G.A., (2000). «Evaluation of Water-Effect Ratio Methodology for Establishing Site-Specific Water Quality Criteria, » *Environ. Toxicol. & Chem.*, vol. 19, n° 6, p. 1616-1623.
- Werther J. and Ogada T. (1999): Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and combustion Science*, 25 55–116.
- World Health Organization (WHO), (1984a). *Guidelines for Drinking-Water Quality, vol. 1: Recommendations*, Genève, 130 p.
- Yahi H., Hami A., (2008) : Caractérisation et traitement biologique par boues activées d’effluents de laiterie. *Algerian Journal of Technology*, Vol 2, pp 571-580, SSN/1111-357X, Alger-Algerie, 2008.

- Yevjeich .V (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Colorado state university, Hydrology paper n° 23
- Younes-Baraille Y, Garcia XF, Gagneur J (2005): Impact of longitudinal and seasonal changes of water quality on the benthic macro-invertebrate assemblages of the Andorran streams. C. R. Biologies 328:963-976.
- Warrington, P.D. (B.C.MOE), (1990). *Ambient Water Quality Criteria for Water Fluoride*, Water Management Branch, Ministry of Environment, British Columbia, 8 p.
- Zenati N. (1999). Relation nappes lac, Confirmation par l'hydrochimie, Cas de la nappe superficielle de la plaine Ouest d'El Hadjar, Lac Fetzara N-E Algérien, Mémoire de magistère, Univ. Annaba, 148p.
- Zouini .D (1997) : Ressources en eaux de surfaces pour l'aménagement hydrauliques dans le bassin de l'Oued Kebir (Nord-Est algérien) Sècheresse 8 ,13-19.

## Sites Internet consultés :

<http://www.abh.org.dz>  
[http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm)  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure>  
[http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/doc\\_sup-appui\\_f.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/doc_sup-appui_f.html)  
[http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau)  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique>  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/oer>  
[Http://www.ceaeq.gouv.qc.ca](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca)  
[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides\\_ech.htm](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides_ech.htm)  
<http://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/Tableau-debits-etiage-stations-hydrometriques.pdf>  
<http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/indexdic.htm>  
<http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/aglo.htm>  
<http://intranet/Organisation/directions/dgaer/notes-instructions/2009/0901/ld-oer.pdf>  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/Eau/eaux-usees/uindexsees/.htm>  
[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides\\_ech.htm](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/guides_ech.htm)  
<http://www> <http://www.mddep.gouv.qc.ca/cehq>  
[http://www mddep.gouv.qc.ca/eau/oer/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/oer/index.htm)  
[http://www mddep.gouv.qc.ca/oer/utilisation-oer.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/oer/utilisation-oer.htm)  
[http://www mddep.gouv.qc.ca/oer/formulaires.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/oer/formulaires.htm)(pour demande d'OER)  
[http://www mddep.gouv.qc.ca/oer/synthese\\_calcul\\_oer.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/oer/synthese_calcul_oer.pdf)  
<http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>  
[http://nlwis-snite1.agr.gc.ca/apaq-aapq/doc/T16CEC\\_f](http://nlwis-snite1.agr.gc.ca/apaq-aapq/doc/T16CEC_f)  
[http://ww.apesa.fr/iso\\_album/traitement\\_effluents\\_laitiers.2004](http://ww.apesa.fr/iso_album/traitement_effluents_laitiers.2004)  
<http://www.eippcb.jrc.es/pages/BActivités.cfm>  
[http://www.epa.gov/water\\_sciences/guides](http://www.epa.gov/water_sciences/guides)  
<http://www.ineris.fr>  
<http://www.inra.fr>  
<http://www.legalis.net>  
<http://www.mre.gov.dz>  
<http://www.oieau.fr>  
<http://www.riob.org>  
<http://www.semide.org>  
<http://www.sndl.cerist.dz>  
<http://www.Hydreka.fr>

## ANNEXE

Annexe n°1: Débits journaliers m<sup>3</sup>/s observés à la station Mirbeck 1968-1980

1968 - 1969	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	1,536	0,430	2,216	2,080	1,536	3,600	4,160	8,067	3,04	0,76	1,67	1,67	
2	1,536	0,430	3,880	2,216	1,536	3,600	4,160	6,978	3,180	0,320	1,272	2,352	
3	1,400	0,540	3,320	3,600	1,837	3,600	4,480	5,760	3,46	0,32	1,272	1,144	
4	1,144	0,650	3,600	3,600	16,504	3,600	5,440	5,760	3,740	0,650	0,320	1,536	
5	0,650	1,016	3,880	3,600	11,056	3,600	7,326	4,800	4,020	0,540	0,430	0,760	
6	0,760	1,016	5,600	3,600	7,689	3,600	9,012	5,440	2,216	0,430	0,320	1,016	
7	0,760	1,400	4,960	4,640	5,053	4,160	5,120	5,551	2,760	0,210	1,672	1,016	
8	1,016	1,944	7,152	6,456	4,640	5,440	5,440	28,567	2,216	0,760	1,272	0,540	
9	0,760	2,080	6,282	5,760	4,160	4,160	4,960	12,802	2,900	1,144	0,320	0,650	
10	1,400	2,080	5,440	5,120	4,480	3,880	5,760	8,477	2,624	1,944	0,540	1,144	
11	1,536	1,400	5,934	6,630	12,581	4,020	5,760	8,947	2,488	1,144	0,760	1,144	
12	1,944	1,672	5,280	8,445	32,883	4,800	7,152	8,445	2,488	1,808	1,144	1,944	
13	1,272	1,672	4,640	15,144	13,837	5,760	5,760	5,760	2,216	2,488	0,888	1,808	
14	2,900	1,672	4,480	9,040	9,201	7,152	5,760	5,934	2,080	1,944	0,540	1,144	
15	2,352	1,144	3,740	4,800	8,461	7,152	5,934	7,878	1,672	2,760	0,210	1,400	
16	2,624	1,144	4,480	4,160	10,154	5,760	5,934	8,445	1,808	2,760	0,650	3,040	
17	1,272	0,650	3,880	4,320	34,908	4,480	5,760	5,760	1,016	3,180	0,320	3,320	
18	1,944	0,430	3,180	5,934	23,864	4,480	4,960	4,960	1,016	2,624	0,888	3,320	
19	4,160	0,540	3,880	6,630	14,865	4,640	4,160	4,640	2,080	3,740	1,016	2,760	
20	4,020	0,650	3,880	5,440	10,345	4,640	4,160	4,640	1,808	3,180	0,760	2,760	
21	3,180	1,672	3,880	5,120	9,581	4,160	3,460	4,160	0,888	3,600	0,888	2,488	
22	3,320	1,272	2,760	4,800	7,500	3,600	4,480	3,600	0,760	3,320	0,210	1,272	
23	3,460	0,888	2,760	4,960	6,630	4,480	4,640	3,600	0,760	2,624	0,210	0,760	
24	4,160	2,080	3,040	4,320	5,934	4,160	4,160	3,460	1,016	2,080	0,210	1,400	
25	4,020	3,040	2,488	4,160	5,440	5,760	5,760	3,740	1,016	0,430	0,540	0,210	
26	3,880	3,460	2,352	3,460	5,280	7,152	5,440	3,880	0,888	0,210	0,430	0,430	
27	3,880	3,460	1,944	4,480	4,640	5,600	6,456	3,460	0,650	0,650	0,320	0,430	
28	3,740	3,740	2,488	2,900	4,320	5,760	4,960	3,460	0,888	0,540	0,320	1,400	
29	2,080	2,760	3,040	3,600	4,160		5,440	3,600	0,760	1,144	0,760	2,488	
30	1,016	2,080	2,216	2,900	3,880		5,760	2,760	0,760	1,144	0,760	3,180	
31		1,672		2,216	3,740		10,567		0,650		2,352	2,216	
Q max m <sup>3</sup> /s	4,160	3,740	7,152	26,980	45,265	7,152	13,500	40,720	4,020	3,740	2,352	3,320	45,265
Q min m <sup>3</sup> /s	0,650	0,430	1,944	2,080	1,144	3,600	3,460	2,760	0,650	0,210	0,210	0,210	0,210
Q mens. m <sup>3</sup> /s	2,257	1,570	3,889	4,972	9,377	4,743	5,559	6,444	1,867	1,615	0,751	1,637	3,723
Apport hm <sup>3</sup>	5,851	4,206	10,080	13,317	25,116	11,474	14,889	16,704	4,999	4,186	2,010	4,384	117,216

## Annexe

1969 - 1970	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	0,760	4,640	6,978	4,160	29,610	14,443	17,599	12,180	23,230	7,500	1,650	0,563	
2	0,760	4,020	5,280	5,600	26,690	12,180	22,742	13,280	20,800	6,456	1,590	0,549	
3	0,760	3,600	4,320	17,664	24,660	27,008	35,890	15,710	18,910	5,600	1,530	0,530	
4	0,760	27,976	3,880	12,443	23,500	21,635	47,606	16,044	17,380	5,280	1,460	0,509	
5	1,144	9,546	3,740	8,445	22,420	15,035	42,832	12,180	16,420	5,280	1,400	0,489	
6	1,016	3,460	3,740	25,673	24,257	12,400	25,585	10,918	15,700	5,120	1,350	0,480	
7	0,760	2,900	4,020	40,353	24,950	10,727	20,530	9,963	17,140	4,800	1,310	0,460	
8	4,160	2,624	4,320	49,146	22,960	9,390	17,620	9,390	15,040	4,800	1,290	0,440	
9	2,760	2,488	4,020	50,538	20,530	9,012	14,380	8,823	14,160	4,320	1,260	0,429	
10	2,080	2,760	3,600	86,466	17,860	8,634	12,840	8,634	12,620	4,320	1,200	0,414	
11	5,223	15,293	3,320	64,924	16,420	8,067	13,500	88,790	11,960	4,160	1,170	0,399	
12	3,040	6,282	3,180	43,855	15,260	7,878	15,260	96,296	11,960	4,160	1,120	0,385	
13	2,488	4,800	3,180	29,566	15,700	7,878	14,380	36,582	11,300	4,020	1,090	0,375	
14	2,352	4,020	3,040	22,960	16,900	7,878	30,233	21,092	10,345	3,250	1,040	0,359	
15	3,790	14,021	3,040	22,420	15,700	7,689	37,736	16,900	9,772	3,090	1,010	0,348	
16	7,439	20,416	3,040	21,610	19,786	7,500	18,910	14,820	9,012	2,940	0,990	0,335	
17	4,020	13,489	2,900	28,056	36,651	6,804	118,363	13,500	8,634	2,810	0,950	0,324	
18	3,600	6,630	2,900	29,451	31,593	6,804	81,309	12,840	8,634	2,690	0,920	0,313	
19	3,180	5,760	3,040	28,140	21,141	6,978	51,231	11,740	8,445	2,590	0,890	0,300	
20	4,020	5,120	3,040	54,559	16,420	8,256	40,301	10,536	12,105	2,500	0,859	0,289	
21	2,488	4,960	4,160	49,405	15,700	7,878	34,698	10,918	19,485	2,400	0,829	0,280	
22	2,080	4,800	3,600	41,488	14,948	7,152	24,080	410,453	13,940	2,300	0,799	0,269	
23	1,672	17,258	2,900	27,571	14,380	6,978	19,450	311,365	10,918	2,210	0,770	0,261	
24	1,400	17,963	2,760	167,110	12,620	7,326	17,140	81,128	9,390	2,120	0,750	0,252	
25	21,512	13,342	2,624	630,988	11,520	7,878	15,260	55,489	8,634	2,030	0,729	0,244	
26	234,417	22,193	2,488	126,777	10,918	10,154	13,720	42,682	7,878	1,980	0,700	0,237	
27	160,800	6,978	2,488	61,791	10,345	11,492	14,380	31,160	7,500	1,900	0,679	0,230	
28	79,553	5,600	2,352	45,456	9,581	17,903	12,400	27,270	7,152	1,840	0,649	0,221	
29	21,920	5,934	4,960	44,325	9,201		12,840	25,240	6,804	1,780	0,630	0,214	
30	8,180	41,714	4,640	40,388	9,012		14,600	25,530	6,630	1,710	0,609	0,205	
31		13,107		34,570	8,634		13,060		6,282		0,590	0,198	
Q max m <sup>3</sup> /s	405,000	67,080	6,978	798,400	42,520	32,710	151,440	699,000	23,500	7,500	1,650	0,563	798,400
Q min m <sup>3</sup> /s	0,760	2,488	2,352	4,160	8,634	6,804	6,804	7,152	6,282	1,710	0,590	0,198	0,198
Q mens. m <sup>3</sup> /s	19,604	10,119	3,585	61,803	18,383	10,463	28,080	48,715	12,199	3,532	1,026	0,352	18,155
Apport hm <sup>3</sup>	50,815	27,103	9,292	165,534	49,236	25,311	75,209	126,270	32,675	9,155	2,749	0,942	574,290

## Annexe

1970 - 1971	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	0,250	0,250	1,540	1,188	2,020	5,030	25,365	33,175	5,830	23,160	14,740	12,100	
2	0,250	0,250	1,540	1,452	2,500	5,990	26,925	24,140	5,990	22,915	14,960	12,320	
3	0,250	0,250	1,452	1,188	2,940	4,100	47,157	27,200	5,830	22,425	14,960	12,100	
4	0,250	0,250	1,452	1,188	3,270	3,800	37,585	20,495	5,670	21,445	14,520	12,100	
5	0,250	0,250	1,452	1,276	3,270	20,092	35,380	17,675	6,345	21,445	14,520	11,900	
6	0,250	0,250	1,364	1,188	4,064	29,400	32,545	15,840	6,345	20,965	14,300	11,500	
7	0,250	0,250	1,276	1,188	6,030	34,120	27,475	14,520	5,990	20,730	14,520	11,500	
8	0,250	0,250	1,188	0,960	15,199	33,490	24,630	13,420	5,830	20,965	14,740	11,500	
9	0,250	0,250	1,276	0,820	15,430	32,545	25,855	16,400	13,367	20,965	14,740	11,300	
10	0,250	0,250	1,276	0,820	9,500	61,950	22,180	82,395	4,550	20,495	14,740	11,100	
11	0,250	0,250	1,276	0,820	7,094	268,385	18,145	153,502	4,400	20,025	13,640	10,700	
12	0,250	0,250	1,276	0,820	5,776	143,060	16,060	62,237	20,007	20,025	14,520	10,700	
13	0,250	0,250	1,276	0,890	4,760	51,141	14,740	30,500	26,804	19,320	14,300	10,900	
14	0,250	0,250	1,276	0,890	4,180	29,950	14,080	23,160	11,100	19,085	14,300	10,300	
15	0,250	1,090	1,188	0,820	3,832	29,950	12,980	18,850	10,900	18,850	14,080	10,300	
16	0,250	1,030	1,276	1,452	4,064	18,615	13,420	16,500	29,036	18,615	13,860	10,100	
17	0,250	0,950	1,364	2,020	27,750	16,735	21,690	14,740	37,585	18,145	15,620	10,100	
18	0,250	0,950	1,452	2,500	25,400	16,500	18,850	13,200	32,545	18,615	15,840	10,100	
19	0,250	0,960	1,364	2,500	28,638	14,960	15,180	12,540	29,125	17,675	15,400	10,100	
20	0,250	1,100	1,276	2,404	30,300	30,512	13,200	11,500	28,025	17,675	15,180	10,300	
21	0,250	1,100	1,188	2,610	20,260	44,440	11,700	10,700	27,475	17,675	14,740	10,100	
22	0,250	1,188	1,188	3,050	13,860	29,950	20,965	9,500	26,375	17,675	14,300	10,100	
23	0,250	1,364	1,276	2,940	10,500	22,180	19,585	9,100	25,120	17,675	14,080	10,100	
24	0,250	1,540	1,276	3,050	10,500	41,522	22,425	8,500	24,875	16,735	13,860	10,100	
25	0,250	1,636	1,276	3,050	11,100	84,144	19,085	8,100	24,875	16,500	13,420	10,300	
26	0,250	1,636	1,276	2,940	8,900	57,257	15,400	7,710	23,650	16,500	13,420	10,300	
27	0,250	1,636	1,276	2,720	7,710	43,972	13,200	7,320	23,895	16,060	13,200	10,100	
28	0,250	1,636	1,276	2,830	6,540	34,750	13,420	7,320	24,875	15,840	12,760	10,300	
29	0,250	1,636	1,276	2,212	6,345		55,005	6,930	24,385	15,400	12,540	10,500	
30	0,250	1,540	1,276	2,116	6,150		129,310	6,150	23,895	14,960	12,320	10,700	
31		1,540		2,020	5,350		59,783		23,895		12,320	10,100	
Q max m3/s	0,250	1,636	1,540	3,050	47,660	395,000	166,640	208,400	37,585	23,160	15,840	12,320	395,000
Q min m3/s	0,250	0,250	1,188	0,820	2,020	3,800	11,700	6,150	4,400	14,960	12,320	10,100	0,250
Q mens. m3/s	0,250	0,840	1,314	1,804	10,104	43,162	27,204	23,444	18,342	18,952	14,208	10,765	14,199
Apport hm3	0,648	2,249	3,406	4,832	27,063	104,418	72,863	60,767	49,126	49,124	38,054	28,833	441,383

1971 - 1972	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	10,300	3,800	2,558	3,650	2,312	38,038	13,218	14,520	23,160	5,350	1,943	1,495	
2	10,300	46,999	3,411	3,500	2,312	32,477	19,135	15,620	36,171	5,190	1,820	1,820	
3	10,500	222,698	2,681	3,950	2,558	28,621	25,794	13,200	60,774	5,190	1,404	2,066	
4	10,300	127,343	2,312	3,950	2,066	25,855	31,422	11,500	34,283	4,870	1,404	1,404	
5	10,300	44,070	2,066	3,800	1,820	24,140	20,220	10,300	25,323	5,190	1,612	1,508	
6	10,500	16,149	1,943	3,500	2,066	22,670	22,281	9,500	20,863	6,150	1,943	1,096	
7	10,300	13,301	2,312	3,200	1,943	21,200	29,691	8,700	32,673	4,870	1,716	1,508	
8	10,300	9,915	2,066	3,500	1,820	19,320	18,952	8,300	27,882	4,710	1,508	1,300	
9	10,300	5,670	2,378	3,350	1,943	21,200	15,143	8,300	20,779	4,710	1,300	1,612	
10	10,300	4,710	2,596	4,831	2,066	19,320	17,500	9,100	24,916	4,710	0,994	1,198	
11	10,300	7,594	2,189	5,137	3,656	21,200	51,992	104,906	17,890	5,830	1,096	1,198	
12	11,900	4,100	2,804	4,400	16,015	21,935	24,838	86,325	14,520	5,030	1,612	0,994	
13	12,980	3,650	2,804	3,500	11,008	26,037	17,341	159,638	12,760	4,870	1,820	1,096	
14	13,200	3,050	3,050	3,050	7,752	20,738	14,080	149,718	12,100	5,030	1,198	1,198	
15	13,200	3,800	2,681	2,681	5,350	18,850	12,760	61,898	11,900	4,250	1,096	0,892	
16	13,420	3,500	2,066	2,558	4,400	17,205	11,500	42,302	13,200	3,950	1,096	0,892	
17	13,420	3,200	1,943	2,312	5,190	15,620	11,300	35,734	12,540	3,650	1,096	0,790	
18	15,223	2,927	1,943	2,189	4,870	14,960	16,332	31,297	12,100	3,650	0,892	0,790	
19	23,466	2,804	2,804	2,189	8,272	25,622	16,380	55,648	12,760	3,350	0,790	1,404	
20	21,999	2,804	3,392	2,066	177,678	24,234	12,760	68,049	12,980	3,350	0,790	2,755	
21	19,340	2,558	2,584	2,066	234,392	19,696	11,300	50,568	10,300	3,050	0,790	4,297	
22	17,205	2,558	3,800	2,066	61,705	16,060	10,500	43,477	9,300	3,050	0,790	5,617	
23	16,060	2,435	3,200	1,943	70,783	14,520	9,500	30,639	8,300	2,681	0,790	5,723	
24	14,740	2,435	3,410	1,943	331,634	13,860	9,100	23,650	7,710	2,558	0,790	3,442	
25	18,822	2,312	3,500	1,943	132,833	13,200	11,540	26,245	7,515	2,681	0,892	1,300	
26	31,600	2,312	4,168	1,943	71,059	19,990	17,822	31,433	9,100	2,558	0,892	1,300	
27	18,030	2,312	4,898	1,943	280,303	24,308	13,420	29,481	7,515	2,312	0,892	1,300	
28	8,235	2,746	4,250	1,943	283,803	16,426	15,523	60,133	6,930	2,189	1,300	1,198	
29	4,186	4,430	3,950	2,066	102,563	13,860	14,913	45,786	6,345	1,943	1,198	1,300	
30	3,350	3,050	3,500	2,558	62,173		11,900	26,995	5,670	1,943	1,300	1,198	
31		2,804		2,558	47,310		20,885		5,670		1,096	1,404	
Q max m <sup>3</sup> /s	39,600	312,500	6,735	7,515	476,000	41,980	72,970	244,000	82,760	6,150	1,943	6,150	476,000
Q min m <sup>3</sup> /s	3,350	2,066	1,820	1,943	1,820	1,820	1,820	8,300	5,670	1,943	0,790	0,790	0,790
Q mens. m <sup>3</sup> /s	13,469	18,130	2,909	2,912	62,699	21,075	17,711	42,432	16,901	3,962	1,221	1,777	17,100
Apport hm <sup>3</sup>	34,912	48,560	7,539	7,801	167,932	52,804	47,437	109,984	45,267	10,270	3,271	4,760	540,538

## Annexe

1972 - 1973	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	2,066	1,716	1,943	1,927	54,438	39,770	90,080	116,707	24,875	9,100	4,400	2,435	
2	2,189	1,943	1,820	2,834	31,231	35,728	60,757	103,423	23,405	8,700	4,400	2,558	
3	1,943	1,716	1,943	2,189	31,514	31,339	52,778	92,123	22,425	8,100	4,100	2,435	
4	1,716	2,020	2,312	2,189	20,591	27,475	113,278	82,820	21,445	8,700	3,950	2,435	
5	2,189	2,804	1,943	2,435	21,313	33,820	89,121	75,113	20,260	15,564	3,950	2,312	
6	3,913	2,189	1,943	2,786	18,586	54,889	55,787	70,180	18,850	32,466	4,100	2,681	
7	7,566	2,804	1,612	3,050	12,482	42,060	40,393	66,357	18,615	20,980	3,950	3,350	
8	4,790	14,425	1,820	2,558	9,900	30,710	34,146	62,816	18,380	14,080	3,800	3,050	
9	4,094	22,318	1,716	2,435	8,900	26,596	28,850	57,322	17,910	11,700	3,950	2,558	
10	3,650	10,371	1,716	2,312	8,700	23,160	27,475	54,241	17,675	10,700	4,100	2,558	
11	3,650	5,409	1,612	2,312	9,100	22,670	25,855	50,222	17,675	9,700	3,950	2,435	
12	2,927	3,950	1,508	1,943	8,300	28,689	61,314	47,290	16,735	9,100	3,650	2,312	
13	2,435	4,041	1,300	2,066	7,905	29,512	153,362	44,700	16,280	8,300	3,500	2,312	
14	2,927	2,927	1,300	1,943	6,735	25,684	91,360	43,000	15,840	8,300	3,800	2,189	
15	2,312	2,804	1,300	2,312	6,150	30,361	70,049	42,320	15,180	7,710	3,500	2,189	
16	1,943	2,804	1,404	3,050	5,670	26,723	50,761	42,660	14,520	7,515	3,350	7,772	
17	2,066	3,154	1,508	2,927	6,345	23,650	75,352	40,960	14,080	7,515	3,200	5,905	
18	1,820	3,200	1,716	2,681	6,930	24,875	102,412	39,260	13,640	6,930	3,200	4,250	
19	1,943	3,138	1,612	2,435	7,515	24,630	72,296	74,367	13,640	6,540	3,050	3,200	
20	1,820	3,050	2,189	2,312	6,735	25,490	51,793	81,622	12,980	6,540	3,050	2,927	
21	2,189	2,804	2,435	2,435	6,735	31,050	41,333	58,174	12,100	6,540	3,050	2,681	
22	2,927	2,927	3,200	2,312	6,930	41,108	35,572	45,938	11,700	6,345	3,050	2,681	
23	2,066	3,563	2,312	2,558	11,289	41,697	33,188	40,478	11,100	6,540	2,927	2,927	
24	1,612	2,312	3,350	2,804	188,548	34,957	44,465	38,580	10,700	6,735	2,804	2,558	
25	2,558	1,943	4,710	3,500	641,653	27,753	49,015	36,010	10,300	6,345	2,558	3,050	
26	2,038	1,943	3,200	3,200	629,337	31,023	93,942	33,175	10,300	5,990	2,558	2,804	
27	3,301	1,716	2,681	2,558	179,723	82,879	626,400	30,775	10,100	5,670	2,435	2,927	
28	3,116	1,612	2,066	2,312	88,760	99,902	1216,750	29,400	9,500	5,350	2,312	2,804	
29	2,568	1,820	1,820	2,435	75,473		729,743	27,475	9,100	4,710	2,558	2,681	
30	1,700	2,435	1,612	3,534	59,864		280,197	26,375	9,300	4,710	2,435	2,681	
31		2,189		43,356	46,382		150,122		9,300		2,312	2,435	
Q max m <sup>3</sup> /s	9,300	41,980	4,710	106,400	746,040	112,860	1306,800	127,800	24,875	34,120	4,400	10,100	1306,800
Q min m <sup>3</sup> /s	1,404	1,612	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	9,100	4,710	2,312	2,189	1,300
Q mens. m <sup>3</sup> /s	2,734	3,937	2,053	3,861	71,733	35,650	149,934	55,129	15,094	9,239	3,353	2,971	29,641
Apport hm <sup>3</sup>	7,088	10,545	5,322	10,342	192,131	86,245	401,583	142,896	40,427	23,948	8,981	7,957	937,463

## Annexe

1973 - 1974	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	2,804	3,800	4,550	3,800	5,190	4,400	13,493	24,841	7,515	1,300	1,300	1,820	
2	2,681	4,100	4,400	3,800	5,190	4,100	11,100	43,114	7,125	0,994	1,404	1,820	
3	2,435	3,800	4,100	5,058	5,190	4,100	9,900	19,134	6,345	1,198	1,716	1,820	
4	2,681	3,500	3,800	8,613	4,870	4,100	9,500	13,878	5,990	1,198	1,508	1,820	
5	2,558	3,050	3,800	7,722	4,710	3,950	10,500	11,300	5,350	1,198	1,820	1,820	
6	2,312	2,681	3,650	6,540	4,870	3,950	9,700	11,300	5,190	1,096	1,612	1,820	
7	2,312	2,681	3,650	5,670	4,710	4,870	8,700	12,760	5,030	0,994	1,300	1,820	
8	2,312	2,066	3,500	5,510	4,550	5,551	8,700	10,500	4,710	0,892	1,612	1,612	
9	2,189	2,312	3,350	5,510	4,550	5,582	7,905	8,500	4,710	0,892	1,612	1,612	
10	2,189	2,066	3,500	5,350	4,870	4,400	8,100	7,905	4,550	0,790	1,716	1,612	
11	2,189	2,312	3,500	4,400	5,030	4,100	7,125	8,100	4,250	0,892	1,612	1,612	
12	2,189	2,312	3,500	5,030	4,550	3,800	6,735	7,320	3,950	0,892	1,716	1,612	
13	2,189	2,927	3,500	4,870	4,400	4,100	6,735	7,515	3,650	1,300	1,716	1,612	
14	2,435	2,804	3,500	6,330	4,250	7,064	6,540	6,930	3,200	2,126	1,612	1,612	
15	2,435	3,800	3,650	12,253	4,250	7,369	6,345	19,294	2,927	1,943	1,612	1,612	
16	2,435	2,927	3,500	12,760	4,250	7,125	7,845	13,923	3,500	1,198	1,300	1,612	
17	2,435	3,350	3,350	9,983	3,950	7,515	8,653	10,700	2,804	0,892	1,716	1,612	
18	2,681	3,200	3,350	8,100	4,550	9,263	7,125	9,100	2,558	0,892	1,612	1,612	
19	2,681	3,350	3,500	7,320	4,400	8,870	6,150	8,900	2,189	0,790	1,612	1,612	
20	2,681	3,200	3,350	6,735	4,250	6,735	5,990	7,125	2,312	1,716	1,404	1,612	
21	2,435	2,312	3,350	7,125	4,250	7,125	6,345	6,150	2,189	0,994	1,716	1,612	
22	2,435	2,312	3,200	6,150	4,250	7,125	5,030	5,830	1,820	1,300	1,820	1,612	
23	2,681	2,066	3,350	6,540	4,250	7,666	4,550	5,510	1,820	1,300	1,820	1,612	
24	3,950	2,066	3,350	7,905	4,250	20,478	4,710	7,730	2,066	1,198	2,066	1,612	
25	3,050	2,066	3,200	7,125	4,100	22,058	4,550	47,580	1,943	1,300	2,066	1,612	
26	3,200	3,257	3,200	5,510	3,950	20,916	4,870	24,143	1,716	2,158	2,189	1,716	
27	4,550	4,550	3,650	5,350	3,950	23,300	4,250	15,322	1,508	1,300	2,066	1,716	
28	3,800	7,527	4,870	5,830	4,100	17,738	4,250	11,590	1,404	1,300	1,943	1,716	
29	3,950	10,883	3,500	6,930	4,400		5,830	8,300	1,404	1,096	1,943	1,716	
30	3,800	7,426	3,500	5,670	4,710		5,350	7,515	1,404	0,892	1,943	1,716	
31		5,990		5,350	4,400		5,350		1,508		1,943	1,716	
Q max m <sup>3</sup> /s	4,550	13,420	4,870	13,200	5,190	26,100	15,180	76,690	7,515	2,558	2,189	1,820	76,690
Q min m <sup>3</sup> /s	2,189	2,066	3,200	3,050	3,950	3,800	3,800	3,800	1,404	0,790	1,300	1,612	0,790
Q mens. m <sup>3</sup> /s	2,756	3,571	3,606	6,608	4,490	8,477	7,159	13,394	3,440	1,201	1,711	1,679	4,841
Apport hm <sup>3</sup>	7,143	9,564	9,346	17,698	12,026	20,507	19,174	34,716	9,213	3,113	4,582	4,497	151,580

1974 - 1975	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	4,710	2,927	3,650	3,500	7,474	2,558	10,700	10,294	2,804	1,716	1,612	2,558	
2	4,710	2,681	2,927	3,350	2,334	3,350	9,900	11,970	2,681	1,716	2,435	2,558	
3	4,710	3,500	2,312	2,066	1,820	3,200	9,100	9,400	2,189	1,716	2,804	2,681	
4	5,030	4,100	1,716	1,820	1,612	2,681	8,500	7,710	2,189	1,716	3,200	2,312	
5	5,350	4,710	1,820	1,612	1,716	2,804	7,710	6,735	2,435	4,528	3,350	2,681	
6	5,350	3,800	2,151	3,602	1,716	3,200	7,515	5,990	2,804	2,419	3,350	3,050	
7	5,190	5,350	6,352	6,078	1,716	2,312	7,320	5,350	3,650	1,820	3,800	2,681	
8	5,350	5,510	5,878	4,594	1,716	2,066	9,100	5,510	4,243	1,612	3,350	2,681	
9	5,510	3,500	2,435	2,681	2,681	2,435	8,100	5,190	5,350	1,404	3,800	2,804	
10	5,510	2,558	1,716	2,312	2,066	3,050	10,868	4,870	4,550	1,404	4,100	2,804	
11	5,350	2,189	1,943	1,943	1,943	2,435	11,780	4,550	3,350	1,404	4,400	2,927	
12	5,830	2,312	1,820	2,567	1,820	2,558	8,917	4,250	3,050	1,404	4,400	2,681	
13	5,670	2,558	1,716	5,500	1,716	2,312	7,710	4,100	6,699	1,404	4,400	2,681	
14	5,990	3,350	1,612	9,669	1,612	2,312	6,735	3,800	9,760	1,404	2,074	2,558	
15	5,670	4,400	1,716	4,484	1,612	3,650	6,345	3,950	5,921	1,404	0,340	2,558	
16	6,540	3,800	1,820	5,286	1,508	3,500	6,150	3,800	4,550	1,612	0,136	2,681	
17	6,540	3,050	1,508	3,800	1,612	77,328	6,540	3,200	3,650	1,404	0,136	3,050	
18	7,125	2,066	1,404	2,435	1,508	469,145	6,345	3,350	3,050	1,404	0,430	3,200	
19	7,710	2,189	1,300	3,050	2,458	126,027	6,150	3,350	2,558	1,404	0,520	3,200	
20	10,605	1,508	1,198	2,681	5,189	52,611	6,735	2,435	2,189	1,612	1,096	3,350	
21	3,468	3,593	1,300	2,312	7,919	32,375	7,049	2,558	2,066	1,612	1,612	3,500	
22	2,312	6,783	1,198	2,189	5,510	24,023	10,167	2,435	1,943	1,404	1,716	3,650	
23	1,300	9,450	1,300	1,716	3,800	19,340	42,902	3,468	1,716	1,404	1,820	3,950	
24	1,198	7,358	2,189	1,716	3,200	17,205	22,085	26,298	1,612	1,198	1,943	4,550	
25	1,820	2,558	2,312	1,612	3,050	15,620	18,909	12,435	2,189	0,994	1,943	4,870	
26	3,021	2,312	1,508	1,612	2,681	15,400	14,428	6,569	17,101	0,994	2,189	4,710	
27	5,457	2,912	1,820	1,612	2,558	13,640	11,100	5,030	9,185	1,404	2,066	5,190	
28	4,400	4,808	1,943	1,612	2,558	12,100	9,500	3,800	4,466	1,404	2,066	5,510	
29	3,800	7,381	2,841	1,820	3,500		8,100	2,927	3,050	1,404	2,189	5,670	
30	4,870	10,417	4,518	1,820	3,050		8,100	2,435	2,189	1,404	2,435	6,150	
31		5,190		4,735	3,050		6,735		1,612		2,435	6,150	
Q max m <sup>3</sup> /s	12,760	12,100	10,900	11,500	10,100	573,740	70,490	37,900	28,300	5,830	4,400	6,150	573,740
Q min m <sup>3</sup> /s	1,198	1,508	1,198	1,612	1,508	2,066	5,830	2,312	1,612	0,994	0,136	2,312	0,136
Q mens. m <sup>3</sup> /s	5,003	4,155	2,264	3,090	2,797	32,830	10,364	5,925	4,026	1,591	2,327	3,535	6,492
Apport hm <sup>3</sup>	12,968	11,130	5,869	8,276	7,491	79,422	27,760	15,358	10,783	4,124	6,233	9,469	198,884

1975 - 1976	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	6,930	0,136	0,000	2,804	1,300	5,030	6,345	15,660	6,282	3,320	5,347	1,808	
2	7,125	0,430	0,000	6,373	1,198	6,462	5,670	13,720	6,282	3,040	31,061	1,400	
3	7,320	0,340	0,790	8,741	1,198	9,317	5,030	12,400	7,900	3,040	40,426	1,016	
4	7,710	0,790	1,612	3,141	1,923	7,125	4,710	10,536	10,256	3,040	9,292	1,016	
5	7,515	1,300	1,300	2,066	5,006	6,540	4,400	9,772	6,804	3,040	4,640	1,016	
6	7,515	1,404	1,096	1,820	4,092	7,710	3,950	9,012	5,280	2,624	3,537	1,016	
7	7,905	0,994	1,508	1,508	1,096	8,445	4,100	8,823	4,640	2,760	13,607	1,016	
8	8,100	0,520	2,558	1,300	2,189	24,727	3,950	8,067	4,640	2,216	17,480	1,808	
9	8,500	1,300	2,681	1,404	2,681	48,428	4,250	8,067	3,740	2,216	9,652	1,808	
10	8,500	1,300	3,020	1,300	3,350	22,390	4,250	8,256	3,320	2,216	4,020	1,808	
11	8,700	1,612	3,050	1,198	4,400	16,995	8,148	15,701	3,180	1,944	4,435	2,216	
12	8,500	3,800	2,025	1,096	3,950	14,858	39,101	20,913	3,460	1,944	3,472	2,760	
13	9,100	5,030	1,198	1,612	3,050	14,100	22,348	16,603	2,624	1,944	2,800	2,760	
14	8,900	5,350	0,790	1,612	2,927	12,980	20,436	12,840	3,180	1,944	1,944	2,760	
15	8,900	5,990	0,790	2,189	2,558	10,733	80,633	9,963	3,600	1,944	1,944	3,040	
16	9,100	6,345	1,612	2,804	4,275	22,666	65,349	8,634	28,988	1,944	1,536	3,320	
17	9,700	6,930	3,537	3,500	3,950	24,140	92,351	7,878	47,332	2,216	1,672	3,460	
18	9,700	7,710	3,800	3,350	4,250	17,587	121,816	7,152	14,740	2,216	1,400	3,460	
19	10,300	9,500	4,550	3,350	3,500	12,805	56,566	6,630	9,772	2,080	1,272	3,460	
20	10,500	10,100	6,240	4,250	2,681	8,700	36,574	6,108	23,584	2,216	1,400	3,460	
21	10,300	10,900	10,092	4,550	2,558	7,320	27,066	5,934	44,135	2,216	1,272	3,460	
22	10,500	11,100	14,282	3,500	5,234	6,345	24,129	5,760	23,510	2,216	1,400	3,460	
23	10,900	11,900	12,114	2,312	8,921	5,670	20,260	6,108	11,545	2,216	1,400	3,460	
24	10,700	12,540	5,190	1,716	3,044	5,670	18,640	5,760	9,012	1,944	1,400	3,740	
25	11,300	12,760	4,250	1,943	3,200	5,763	18,370	5,760	6,804	2,080	1,400	3,880	
26	14,485	1,198	3,350	5,533	4,710	10,004	15,700	4,960	5,760	2,216	1,272	3,880	
27	6,239	1,096	3,050	7,742	6,437	11,782	16,320	4,800	5,934	2,216	1,272	4,800	
28	1,939	0,204	2,804	3,918	4,830	9,700	23,836	4,320	4,640	2,216	1,672	5,280	
29	0,700	0,000	3,350	2,312	5,670	8,300	16,238	4,320	4,320	2,216	1,536	5,280	
30	0,430	0,000	3,350	1,820	5,030		25,077	5,120	4,320	2,216	1,400	5,280	
31		0,000		1,508	5,670		21,381		3,880		1,400	5,280	
Q max m <sup>3</sup> /s	20,495	12,760	17,440	10,500	10,700	61,810	162,000	22,150	78,440	3,320	98,800	5,280	162,000
Q min m <sup>3</sup> /s	0,430	0,000	0,000	1,096	1,096	5,030	3,950	3,950	2,624	1,944	1,272	1,016	0,000
Q mens. m <sup>3</sup> /s	8,267	4,277	3,466	2,977	3,706	12,838	26,355	8,986	10,434	2,322	5,689	2,974	7,691
Apport hm <sup>3</sup>	21,428	11,455	8,985	7,972	9,926	32,166	70,588	23,291	27,947	6,018	15,238	7,967	242,981

## Annexe

1976 - 1977	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	5,760	2,216	4,480	18,100	10,345	8,067	3,320	3,460	14,393	6,197	2,352	2,080	
2	6,108	2,352	3,880	17,380	9,581	7,152	3,040	3,600	18,013	12,031	3,460	2,900	
3	7,152	2,216	3,600	17,380	12,180	8,067	3,040	3,040	8,332	8,405	2,080	3,460	
4	7,878	2,488	5,440	18,910	12,620	8,629	2,624	2,624	5,725	8,256	1,144	2,760	
5	8,634	2,216	5,934	19,720	13,087	9,791	2,488	2,488	4,640	8,634	0,888	3,040	
6	8,634	4,160	6,630	18,100	12,983	8,746	2,760	2,624	4,160	5,120	0,650	2,488	
7	8,856	3,740	11,740	16,900	10,154	8,445	2,624	3,040	3,460	3,460	1,016	2,080	
8	10,576	4,020	8,445	14,600	10,345	8,067	2,352	4,320	2,900	2,900	1,536	1,672	
9	14,243	5,280	6,456	14,160	32,326	6,978	2,080	3,180	2,624	3,600	1,400	1,144	
10	4,563	3,600	6,804	12,840	48,002	6,630	1,944	3,040	2,080	2,080	1,672	1,272	
11	3,320	3,320	5,934	9,963	34,103	6,978	2,216	2,488	2,080	1,944	1,400	2,624	
12	2,760	4,020	5,440	11,960	21,561	6,804	1,944	2,900	1,944	2,624	1,808	3,320	
13	3,320	4,480	5,120	11,740	16,946	5,934	1,808	2,080	2,352	2,900	2,080	4,320	
14	2,624	5,934	8,067	9,963	14,600	5,760	2,216	2,352	2,080	2,352	2,760	3,180	
15	2,080	6,630	6,282	9,963	13,720	5,934	1,808	3,460	2,080	1,944	2,080	3,320	
16	1,808	6,978	4,320	9,390	13,280	6,282	1,672	2,900	2,900	2,760	1,944	3,040	
17	2,488	6,254	4,998	9,201	15,700	6,108	1,672	2,488	3,652	2,216	1,016	3,040	
18	2,216	8,782	278,299	8,445	14,160	6,108	2,080	2,216	7,338	2,900	1,536	2,080	
19	1,536	6,776	710,548	8,445	12,620	5,934	1,944	2,080	24,684	2,080	1,144	2,624	
20	1,672	6,305	181,497	9,012	11,520	5,760	2,080	2,912	11,664	2,352	1,400	2,624	
21	1,536	12,565	91,780	8,634	11,740	5,760	3,040	62,820	5,945	1,944	1,016	13,277	
22	1,944	52,675	59,612	8,256	11,109	5,600	3,740	50,181	4,800	1,400	1,944	15,952	
23	1,400	40,056	49,932	19,399	11,300	5,440	2,900	20,328	4,160	2,760	3,040	9,390	
24	1,808	13,470	46,100	18,938	15,040	5,280	1,808	12,787	3,460	2,900	3,460	9,201	
25	2,216	8,440	41,729	13,931	16,993	3,880	1,536	7,948	2,760	2,216	3,740	9,390	
26	2,352	7,050	36,950	13,940	16,598	3,740	0,760	5,934	2,352	2,352	4,160	8,634	
27	2,080	7,540	30,230	24,472	12,000	3,460	1,536	4,960	2,352	1,808	4,640	7,689	
28	1,944	7,288	25,530	19,773	10,918	3,460	1,400	4,160	2,080	5,120	5,120	3,320	
29	2,216	8,748	22,150	15,127	9,581		2,216	3,600	1,944	5,280	5,120	2,624	
30	2,216	7,625	19,990	12,345	9,201		1,944	3,740	2,080	2,216	5,600	2,216	
31		6,108		10,727	9,012		6,456		2,352		7,326	2,488	
Q max m <sup>3</sup> /s	19,990	68,320	1092,600	40,720	55,760	10,918	6,456	76,690	35,790	20,260	7,326	20,530	1092,600
Q min m <sup>3</sup> /s	1,400	2,216	3,600	7,500	9,012	3,460	0,760	2,080	1,944	1,400	0,650	1,144	0,650
Q mens. m <sup>3</sup> /s	4,198	8,494	56,597	13,926	15,269	6,385	2,356	7,792	5,206	3,758	2,533	4,427	10,912
Apport hm <sup>3</sup>	10,881	22,752	146,700	37,300	40,895	15,448	6,311	20,196	13,944	9,742	6,785	11,858	342,812

1977 - 1978	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	2,760	0,540	0,210	4,800	9,643	20,800	7,878	11,326	5,280	2,900	1,536	3,928	
2	1,944	0,540	0,320	4,480	5,809	45,409	7,152	9,854	5,440	1,672	1,536	2,080	
3	1,808	0,650	1,016	3,880	1,808	26,599	8,445	21,345	6,978	1,808	1,016	1,672	
4	1,144	2,080	2,488	4,160	2,004	60,619	7,878	110,396	5,934	2,080	1,536	1,944	
5	1,016	2,760	4,020	4,160	6,932	77,930	7,689	51,380	6,456	2,080	2,488	1,400	
6	0,888	3,880	4,960	3,460	9,411	58,038	7,152	25,198	4,800	2,216	3,180	1,808	
7	1,016	3,180	6,108	4,320	4,917	50,373	9,201	19,748	3,460	1,536	3,740	2,080	
8	0,540	2,080	7,326	4,160	2,900	75,215	8,445	30,287	3,600	1,672	1,857	2,760	
9	0,320	1,944	0,888	4,320	2,488	47,584	11,029	34,037	4,480	2,216	1,400	3,320	
10	0,888	3,180	0,760	4,923	2,080	30,230	10,389	22,179	5,280	1,944	1,016	4,640	
11	1,536	4,640	0,650	3,986	2,216	25,240	7,317	15,157	4,320	1,672	1,400	5,120	
12	1,944	6,108	0,888	3,546	2,216	17,620	6,108	11,740	4,480	0,650	1,944	5,440	
13	3,180	6,630	0,540	3,385	3,600	27,194	5,600	9,581	3,180	1,400	2,488	4,480	
14	3,460	7,326	3,090	2,950	2,080	81,141	5,280	10,986	2,760	2,352	1,944	2,760	
15	2,760	2,900	7,878	3,133	1,808	58,459	4,320	9,963	2,900	2,488	0,888	2,216	
16	0,888	2,760	6,176	1,791	1,944	42,076	3,880	8,445	2,488	2,216	1,016	2,760	
17	0,320	3,320	3,040	1,144	2,624	31,645	3,880	7,500	2,080	4,020	1,272	2,900	
18	1,536	4,160	3,740	1,016	2,760	21,610	3,600	6,978	2,216	5,280	1,272	3,320	
19	3,740	5,440	3,880	3,077	3,880	17,620	3,460	6,456	1,944	5,934	1,944	3,740	
20	4,320	0,760	6,978	0,540	4,408	13,940	3,320	8,445	1,400	5,120	2,624	2,760	
21	4,960	0,650	4,160	0,210	9,345	12,400	3,320	6,456	3,460	4,160	3,040	2,216	
22	5,760	0,650	4,320	0,540	7,348	10,536	4,960	6,456	2,488	2,352	3,460	2,216	
23	6,456	0,888	5,280	0,430	9,546	10,345	3,600	5,934	2,488	2,080	4,020	2,216	
24	6,630	0,760	5,120	0,540	10,822	9,963	3,180	5,934	2,624	2,760	2,852	2,080	
25	7,878	0,650	6,120	0,430	10,918	8,634	3,600	5,440	2,624	2,488	1,400	2,080	
26	8,823	0,540	14,696	1,268	10,154	8,256	2,488	6,630	3,600	2,900	0,888	2,080	
27	8,634	0,760	12,838	2,760	11,300	8,445	2,352	5,600	2,900	4,160	1,536	1,944	
28	1,272	0,540	6,170	2,216	9,772	7,500	2,488	5,280	2,488	5,120	2,352	2,216	
29	1,016	0,210	4,258	2,760	8,067		3,320	4,800	1,944	6,282	2,760	2,760	
30	0,210	0,430	4,293	1,808	6,630		3,180	5,440	1,808	3,040	3,320	3,040	
31		0,210		3,600	11,804		3,730		2,216		3,740	3,600	
Q max m <sup>3</sup> /s	8,823	7,326	17,140	6,108	13,500	109,440	12,840	173,600	6,978	6,282	4,020	5,440	173,600
Q min m <sup>3</sup> /s	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	7,500	2,352	2,352	1,400	0,650	0,888	0,888	0,210
Q mens. m <sup>3</sup> /s	2,922	2,296	4,407	2,703	5,846	32,337	5,427	16,299	3,488	2,887	2,112	2,825	6,962
Apport hm <sup>3</sup>	7,573	6,149	11,423	7,240	15,659	78,229	14,536	42,247	9,341	7,482	5,656	7,567	213,100

## Annexe

1978 - 1979	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	2,216	5,600	0,000	1,580	0,638	2,140	7,094	0,534	7,950	1,442	0,672	0,672	
2	2,760	6,630	0,000	0,360	1,860	1,860	4,600	0,742	7,950	2,864	1,834	0,672	
3	2,900	8,903	0,000	0,638	6,165	0,950	4,649	0,534	7,074	3,122	1,160	0,672	
4	4,960	20,494	0,000	0,727	2,426	0,950	12,672	3,592	6,258	1,536	0,400	0,672	
5	5,440	4,668	0,000	2,576	2,000	0,638	19,860	2,698	5,710	1,254	0,400	0,672	
6	5,934	0,742	0,000	1,731	1,720	1,328	27,568	1,076	5,710	1,160	0,400	0,672	
7	6,456	0,000	0,000	1,896	1,202	1,580	16,428	1,860	5,150	1,160	0,400	0,672	
8	6,804	0,000	0,000	0,638	1,076	1,076	7,929	1,076	5,710	1,536	0,400	0,604	
9	7,500	0,000	0,000	0,150	3,162	1,328	4,273	1,076	4,630	1,936	0,400	0,604	
10	7,878	0,000	0,000	0,000	0,742	2,280	2,572	0,846	6,707	2,580	0,400	0,604	
11	8,445	0,000	0,000	0,080	0,430	3,162	1,720	0,534	10,877	1,630	0,604	0,604	
12	9,012	0,000	0,000	0,360	1,454	3,618	0,950	9,037	7,286	1,348	0,672	0,604	
13	6,630	0,000	0,000	0,360	3,618	3,786	1,328	17,948	5,479	1,254	0,604	0,604	
14	4,480	0,000	0,000	0,742	2,718	5,299	1,076	6,596	4,248	2,360	0,400	0,604	
15	4,160	0,000	0,000	1,202	3,466	8,625	1,454	83,342	3,626	1,834	0,400	0,604	
16	4,640	0,000	0,000	3,010	2,000	8,923	0,950	662,055	3,504	1,936	0,400	0,604	
17	5,120	0,000	0,000	5,831	1,202	12,091	2,280	681,866	3,146	0,992	0,400	0,604	
18	5,600	0,080	0,000	8,900	1,202	12,957	1,860	217,201	2,804	0,604	0,400	0,536	
19	6,108	0,430	0,000	1,202	1,454	5,291	2,572	76,815	2,580	0,672	0,400	0,536	
20	1,944	0,638	0,000	1,202	2,140	5,265	1,454	41,955	2,470	0,824	0,400	0,536	
21	1,944	1,860	0,000	1,328	1,580	5,550	1,580	34,387	1,936	0,672	0,400	0,536	
22	2,080	5,006	0,000	2,426	1,580	5,364	0,950	25,811	1,936	0,824	0,400	0,536	
23	3,180	2,864	0,000	3,770	3,162	2,993	0,638	20,698	2,250	1,536	0,400	0,536	
24	3,600	0,150	0,000	3,920	0,950	3,920	0,430	17,646	2,470	1,834	0,400	0,536	
25	4,320	0,000	0,000	0,080	1,860	5,281	0,430	15,149	2,580	1,348	0,604	0,536	
26	4,480	0,000	0,000	0,040	1,720	7,521	0,430	16,906	2,804	2,140	0,824	0,536	
27	5,120	0,000	0,851	0,000	1,720	9,327	0,950	12,475	2,470	1,936	0,604	0,536	
28	3,320	0,290	6,721	0,290	3,010	10,972	0,950	10,660	1,936	1,442	0,400	0,468	
29	4,320	1,328	5,079	0,220	2,426		0,846	9,978	1,732	1,160	0,536	0,468	
30	5,120	0,040	1,852	0,080	2,280		0,950	8,542	1,536	0,824	0,604	0,468	
31		0,000		0,220	1,454		1,328		1,630		0,604	0,468	
Q max m3/s	9,012	36,080	12,610	8,900	6,165	18,380	31,200	760,600	13,180	4,760	1,834	0,672	760,600
Q min m3/s	1,944	0,000	0,000	0,000	0,430	0,638	0,430	0,534	1,536	0,604	0,400	0,468	0,000
Q mens. m3/s	4,882	1,927	0,483	1,470	2,013	4,788	4,283	66,121	4,263	1,525	0,546	0,580	7,740
Apport hm3	12,655	5,160	1,253	3,936	5,393	11,584	11,471	171,386	11,418	3,954	1,462	1,553	241,225

1979 - 1980	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1	0,400	0,536	1,182	0,000	0,830	0,308	0,000	1,094	2,398	1,770	0,000	0,000	
2	0,400	0,468	1,094	0,000	1,770	0,200	0,000	0,758	4,370	1,570	0,000	0,000	
3	0,400	0,536	1,370	0,000	1,570	0,254	0,000	0,416	2,330	1,670	0,000	0,000	
4	0,400	0,604	1,770	0,000	0,758	0,168	0,000	2,670	2,106	0,362	0,000	0,000	
5	0,400	1,160	3,010	0,000	1,270	0,168	0,383	1,094	1,182	0,416	0,000	0,000	
6	0,400	1,442	2,398	0,000	0,830	0,200	2,325	1,006	1,470	0,542	0,000	0,000	
7	0,400	1,370	0,416	0,072	0,614	0,072	70,549	0,614	1,270	0,686	0,000	0,000	
8	0,400	1,570	1,770	0,362	0,362	0,040	21,852	0,470	1,270	0,686	0,000	0,000	
9	0,400	1,882	1,882	0,470	0,758	0,000	6,349	1,094	1,570	0,614	0,000	0,000	
10	0,400	1,370	2,466	0,168	0,200	0,200	4,095	2,398	1,470	0,686	0,000	0,000	
11	0,400	1,094	2,330	0,308	0,782	0,104	3,470	1,994	1,270	0,416	0,000	0,000	
12	0,400	1,994	0,686	0,200	2,866	0,758	2,870	1,094	1,182	0,686	0,000	0,000	
13	0,400	1,182	0,416	0,308	2,768	0,254	7,366	0,830	1,470	1,270	0,000	0,000	
14	0,400	1,994	0,758	0,830	2,218	0,758	10,041	0,416	0,830	1,994	0,000	0,000	
15	0,400	1,182	2,218	0,000	1,470	0,614	9,083	0,308	0,416	0,000	0,000	0,000	
16	0,400	1,370	2,330	0,136	1,182	0,470	5,986	7,323	0,686	0,000	0,000	0,000	
17	0,400	1,006	2,466	0,542	1,270	0,416	5,588	9,424	0,918	0,000	0,000	0,000	
18	0,400	1,182	1,182	0,254	1,182	1,006	4,229	3,184	0,470	0,000	0,000	0,000	
19	0,400	0,686	3,275	0,758	1,370	0,542	5,168	2,822	0,416	0,000	0,000	0,000	
20	0,400	0,308	4,324	2,330	1,006	0,416	2,942	3,892	0,470	0,000	0,000	0,000	
21	0,400	0,168	2,649	2,534	0,758	1,387	2,738	3,286	0,104	0,000	0,000	0,000	
22	0,400	0,686	2,670	2,106	0,416	1,475	2,806	2,398	0,614	0,000	0,000	0,000	
23	0,400	0,758	1,370	1,770	0,830	0,088	2,330	1,570	0,686	0,000	0,000	0,000	
24	0,400	1,270	1,006	0,614	0,308	0,000	1,570	2,330	0,416	0,000	0,000	0,000	
25	0,400	0,918	0,758	0,686	0,254	0,000	1,770	1,570	0,614	0,000	0,000	0,000	
26	0,400	0,686	0,000	1,470	0,040	0,000	1,882	1,770	1,670	0,000	0,000	0,000	
27	0,400	1,094	0,000	0,200	0,040	0,000	1,182	1,006	0,830	0,000	0,000	0,000	
28	0,400	1,270	0,000	0,136	0,614	0,000	1,270	1,006	0,470	0,000	0,000	0,000	
29	0,400	1,370	0,000	0,200	0,758	0,000	1,370	1,470	0,362	0,000	0,000	0,000	
30	0,400	1,882	0,000	0,200	0,254		1,570	5,998	0,614	0,000	0,000	0,000	
31		0,918		1,182	0,200		1,182		1,470		0,000	0,000	
Q max m3/s	0,400	1,994	6,666	2,534	6,666	2,398	101,000	22,740	4,370	1,994	0,000	0,000	101,000
Q min m3/s	0,400	0,168	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,136	0,104	0,000	0,000	0,000	0,000
Q mens. m3/s	0,400	1,095	1,527	0,575	0,953	0,341	5,870	2,177	1,142	0,446	0,000	0,000	1,211
Apport hm3	1,037	2,934	3,957	1,541	2,553	0,855	15,722	5,642	3,060	1,155	0,000	0,000	38,456

**Annexe 2 : Valeurs aiguës finales à l'effluent pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'azote ammoniacal total**

pH	Température °C										
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
6,5	55	57	56	55	54	54	53	52	52	51	51
6,6	56	55	54	54	53	52	52	51	50	50	49
6,7	54	53	52	52	51	50	50	49	49	48	48
6,8	52	51	50	50	49	48	48	47	47	46	46
6,9	49	48	48	47	47	46	45	45	44	44	44
7,0	46	46	45	44	44	43	43	42	42	41	41
7,1	43	43	42	41	41	40	40	39	39	39	38
7,2	40	39	39	38	38	37	37	36	36	36	35
7,3	36	36	35	35	34	34	33	33	33	32	32
7,4	32	32	31	31	31	30	30	30	29	29	29
7,5	29	28	28	28	27	27	27	26	26	26	25
7,6	25	25	24	24	24	23	23	23	23	23	22
7,7	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20	19
7,8	19	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17
7,9	16	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14
8,0	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12
8,1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9,4	9,3
8,2	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,7	7,7	7,6	7,5	7,5
8,3	6,6	6,5	6,4	6,4	6,3	6,2	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
8,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8
8,5	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9
8,6	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1
8,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5
8,8	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
8,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
9,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

pH	Température °C										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
6,5	50	50	50	49	49	49	48	48	48	48	
6,6	49	49	48	48	48	49	47	47	47	46	
6,7	47	47	47	46	46	46	45	45	45	45	
6,8	45	45	45	44	44	44	44	43	43	43	
6,9	43	43	43	42	42	42	41	41	41	41	
7,0	41	40	40	40	39	39	39	39	39	38	
7,1	38	38	37	37	37	37	36	36	36	36	
7,2	35	35	34	34	34	34	34	33	33	33	
7,3	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30	
7,4	28	28	28	28	28	28	27	27	27	27	
7,5	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	
7,6	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21	
7,7	19	19	19	19	19	19	18	20	18	18	
7,8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
7,9	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	
8,0	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	
8,1	9,3	9,2	9,2	9,1	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	9,0	
8,2	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	
8,3	5,9	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
8,4	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	
8,5	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
8,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
8,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	
8,8	2,0	2,2	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
8,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	
9,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	

(Tiré de Nordin et Pommen, B.C.MOE, 1986) Les critères sont exprimés en mg/l N et arrondis à 2 chiffres significatifs

Annexe 3 : Critères de toxicité aiguë pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'azote ammoniacal total

pH	Température °C										
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
6,5	27,7	28,3	27,9	27,5	27,2	26,8	26,5	26,2	26,0	25,7	25,5
6,6	27,9	27,5	27,2	26,8	26,4	26,1	25,8	25,5	25,2	25,0	24,7
6,7	26,9	26,5	26,2	25,9	25,5	25,2	24,9	24,6	24,4	24,1	23,9
6,8	25,8	25,5	25,1	24,8	24,5	24,2	23,9	23,6	23,4	23,1	22,9
6,9	24,6	24,2	23,9	23,6	23,3	23,0	22,7	22,5	22,2	22,0	21,8
7,0	23,2	22,8	22,5	22,2	21,9	21,6	21,4	21,1	20,9	20,7	20,5
7,1	21,6	21,3	20,9	20,7	20,4	20,2	19,9	19,7	19,5	19,3	19,1
7,2	19,9	19,6	19,3	19,0	18,8	18,6	18,3	18,1	17,9	17,8	17,6
7,3	18,1	17,8	17,5	17,3	17,1	16,9	16,7	16,5	16,3	16,2	16,0
7,4	16,2	16,0	15,7	15,5	15,3	15,2	15,0	14,8	14,7	14,5	14,4
7,5	14,4	14,1	14,0	13,8	13,6	13,4	13,3	13,1	13,0	12,9	12,7
7,6	12,6	12,4	12,2	12,0	11,9	11,7	11,6	11,5	11,4	11,3	11,2
7,7	10,8	10,7	10,5	10,4	10,3	10,1	10,0	9,92	9,83	9,73	9,65
7,8	9,26	9,12	8,98	8,88	8,77	8,67	8,57	8,48	8,40	8,32	8,25
7,9	7,82	7,71	7,60	7,51	7,42	7,33	7,25	7,17	7,10	7,04	6,98
8,0	6,55	6,46	6,37	6,29	6,22	6,14	6,08	6,02	5,96	5,91	5,86
8,1	5,21	5,14	5,07	5,01	4,95	4,90	4,84	4,80	4,75	4,71	4,67
8,2	4,15	4,09	4,04	3,99	3,95	3,90	3,86	3,83	3,80	3,76	3,74
8,3	3,31	3,27	3,22	3,19	3,15	3,12	3,09	3,06	3,03	3,01	2,99
8,4	2,64	2,61	2,57	2,54	2,52	2,49	2,47	2,45	2,43	2,41	2,40
8,5	2,11	2,08	2,06	2,03	2,01	1,99	1,98	1,96	1,95	1,94	1,93
8,6	1,69	1,67	1,65	1,63	1,61	1,60	1,59	1,58	1,57	1,56	1,55
8,7	1,35	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,26	1,25
8,8	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02
8,9	0,871	0,863	0,856	0,849	0,844	0,839	0,836	0,833	0,832	0,831	0,831
9,0	0,703	0,697	0,692	0,688	0,685	0,682	0,681	0,681	0,680	0,681	0,682

pH	Température °C										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
6,5	25,2	25,0	24,8	24,6	24,5	24,3	24,2	24,0	23,9	23,8	
6,6	24,5	24,3	24,1	23,9	23,8	24,6	23,5	23,3	23,3	23,2	
6,7	23,7	23,5	23,3	23,1	23,0	22,8	22,7	22,6	22,5	22,4	
6,8	22,7	22,5	22,3	22,2	22,0	21,9	21,8	21,7	21,6	21,5	
6,9	21,6	21,4	21,3	21,1	21,0	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	
7,0	20,3	20,2	20,0	19,9	19,7	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	
7,1	18,9	18,8	18,7	18,5	18,4	18,3	18,2	18,1	18,0	17,9	
7,2	17,4	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,8	16,7	16,6	16,5	
7,3	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4	15,3	15,2	15,2	15,1	15,1	
7,4	14,2	14,1	14,0	13,9	13,9	13,8	13,7	13,6	13,6	13,5	
7,5	12,6	12,5	12,4	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	
7,6	11,1	11,0	10,9	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6	10,5	
7,7	9,57	9,50	9,43	9,37	9,31	9,26	9,22	9,18	9,15	9,12	
7,8	8,18	8,12	8,07	8,02	7,97	7,93	7,90	7,87	7,84	7,82	
7,9	6,92	6,88	6,83	6,79	6,75	6,72	6,69	6,67	6,65	6,64	
8,0	5,81	5,78	5,74	5,71	5,68	5,66	5,64	5,62	5,61	5,60	
8,1	4,64	4,61	4,59	4,56	4,54	4,53	4,51	4,50	4,49	4,49	
8,2	3,71	3,69	3,67	3,65	3,64	3,63	3,62	3,61	3,61	3,61	
8,3	2,97	2,96	2,94	2,93	2,92	2,92	2,91	2,91	2,91	2,91	
8,4	2,38	2,37	2,36	2,36	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,36	
8,5	1,92	1,91	1,91	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,91	1,92	
8,6	1,55	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,55	1,55	1,56	1,57	
8,7	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,26	1,26	1,27	1,28	1,29	
8,8	1,02	1,11	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	
8,9	0,832	0,834	0,838	0,842	0,847	0,853	0,861	0,870	0,880	0,891	
9,0	0,684	0,688	0,692	0,698	0,704	0,711	0,720	0,729	0,740	0,752	

(Tiré de Nordin et Pommen, B.C.MOE, 1986) Les critères sont exprimés en mg/L N et arrondis à 2 chiffres significatifs

**Annexe 4 : Critères de toxicité chronique pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'azote ammoniacal total**

pH	Température °C										
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
6,5	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
6,6	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
6,7	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
6,8	2,08	2,05	2,02	1,99	1,96	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
6,9	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
7,0	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
7,1	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84
7,2	2,08	2,05	2,02	1,99	1,96	1,95	1,92	1,90	1,88	1,86	1,85
7,3	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,95	1,92	1,90	1,88	1,86	1,85
7,4	2,08	2,05	2,02	2,00	1,97	1,95	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85
7,5	2,08	2,05	2,02	2,00	1,97	1,95	1,93	1,91	1,88	1,87	1,85
7,6	2,09	2,05	2,03	2,00	1,97	1,95	1,93	1,91	1,89	1,87	1,85
7,7	2,09	2,05	2,03	2,00	1,98	1,95	1,93	1,91	1,89	1,87	1,86
7,8	1,78	1,75	1,73	1,71	1,69	1,67	1,65	1,63	1,62	1,60	1,59
7,9	1,50	1,48	1,46	1,44	1,43	1,41	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34
8,0	1,26	1,24	1,23	1,21	1,20	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13
8,1	1,00	0,989	0,976	0,963	0,952	0,942	0,932	0,922	0,914	0,906	0,899
8,2	0,799	0,788	0,777	0,768	0,759	0,751	0,743	0,736	0,730	0,724	0,718
8,3	0,636	0,628	0,620	0,613	0,606	0,599	0,594	0,588	0,583	0,579	0,575
8,4	0,508	0,501	0,495	0,489	0,484	0,479	0,475	0,471	0,467	0,464	0,461
8,5	0,405	0,400	0,396	0,381	0,387	0,384	0,380	0,377	0,375	0,372	0,370
8,6	0,324	0,320	0,317	0,313	0,310	0,308	0,305	0,303	0,301	0,300	0,298
8,7	0,260	0,257	0,254	0,251	0,249	0,247	0,246	0,244	0,243	0,242	0,241
8,8	0,208	0,206	0,204	0,202	0,201	0,200	0,198	0,197	0,197	0,196	0,196
8,9	0,168	0,166	0,165	0,163	0,162	0,161	0,161	0,160	0,160	0,160	0,160
9,0	0,135	0,134	0,133	0,132	0,132	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131

pH	Température °C										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
6,5	1,82	1,81	1,80	1,78	1,77	1,64	1,52	1,41	1,31	1,22	
6,6	1,82	1,81	1,80	1,78	1,77	1,64	1,52	1,41	1,31	1,22	
6,7	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,64	1,52	1,41	1,31	1,22	
6,8	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,64	1,52	1,42	1,32	1,22	
6,9	1,82	1,81	1,80	1,78	1,77	1,64	1,53	1,42	1,32	1,22	
7,0	1,83	1,81	1,80	1,79	1,77	1,64	1,53	1,42	1,32	1,22	
7,1	1,83	1,81	1,80	1,79	1,77	1,65	1,53	1,42	1,32	1,23	
7,2	1,83	1,81	1,80	1,79	1,78	1,65	1,53	1,42	1,32	1,23	
7,3	1,83	1,82	1,80	1,79	1,78	1,65	1,53	1,42	1,32	1,23	
7,4	1,83	1,82	1,80	1,79	1,78	1,65	1,53	1,42	1,32	1,23	
7,5	1,83	1,82	1,81	1,80	1,78	1,66	1,54	1,43	1,33	1,23	
7,6	1,84	1,82	1,81	1,80	1,79	1,66	1,54	1,43	1,33	1,24	
7,7	1,84	1,83	1,81	1,80	1,79	1,66	1,54	1,44	1,34	1,24	
7,8	1,57	1,56	1,55	1,54	1,53	1,42	1,32	1,23	1,14	1,07	
7,9	1,33	1,32	1,31	1,31	1,30	1,21	1,12	1,04	0,970	0,904	
8,0	1,12	1,11	1,10	1,10	1,09	1,02	0,944	0,878	0,818	0,762	
8,1	0,893	0,887	0,882	0,878	0,874	0,812	0,756	0,704	0,655	0,611	
8,2	0,714	0,709	0,706	0,703	0,700	0,651	0,606	0,565	0,527	0,491	
8,3	0,571	0,568	0,566	0,564	0,562	0,523	0,487	0,455	0,424	0,396	
8,4	0,458	0,456	0,455	0,453	0,452	0,421	0,393	0,367	0,343	0,321	
8,5	0,369	0,367	0,366	0,366	0,365	0,341	0,318	0,298	0,278	0,261	
8,6	0,297	0,297	0,296	0,296	0,296	0,277	0,259	0,242	0,227	0,213	
8,7	0,241	0,240	0,240	0,241	0,241	0,226	0,212	0,198	0,186	0,175	
8,8	0,196	0,196	0,196	0,197	0,198	0,185	0,174	0,164	0,154	0,145	
8,9	0,160	0,161	0,161	0,162	0,163	0,153	0,144	0,136	0,128	0,121	
9,0	0,132	0,132	0,133	0,134	0,135	0,128	0,121	0,114	0,108	0,102	

(Tiré de Nordin et Pommen, B.C.MOE, 1986) Les critères sont exprimés en mg/L N et arrondis à 2 chiffres significatifs

**Annexe 5 : Critères de toxicité pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour les nitrites**

Concentration en chlorures (mg/L)	Critères de toxicité aiguë (mg/L N)	Critères de toxicité chronique v(mg/L N)
Moins de 2	0,06	0,02
2 - 4	0,12	0,04
4 - 6	0,18	0,06
6 - 8	0,24	0,08
8 - 10	0,30	0,10
Plus de 10	0,60	0,20

(Tiré de Nordin et Pommen, B.C.MOE, 1986)

Les critères sont exprimés en mg/l N et arrondis à 2 chiffres significatifs