وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة باجي مختار- عنابة

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

Année 2016

Faculté des Sciences de la Terre
Département de Géologie

THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET POUR LES POLLUANTS DANS LE MILIEU RÉCEPTEUR ET OPTIMISATION DU POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR : CAS DE L'OUED KÉBIR EST (NORD EST ALGÉRIEN)

Option : Hydrogéologie

Par : SOFIA BAHROUN

PROMOTEUR : Mme KHERICI-BOUSNOUBRA Houria Pr. Univ. Badji Mokhtar-Annaba

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT : Mr ZOUINI Derradji	Pr.	Univ. Badji Mokhtar-Annaba
EXAMINATEURS :		
Mr MAOUI Ammar	Pr.	Univ. 08 Mai 1945-Guelma
Mr DJIDEL Mohamed	Pr.	Univ.Kasdi Merbah-Ouargla
Mr KACHI Slimane	Pr.	Univ. 08 Mai 1945-Guelma
Mme BENABDESSALEM Tamara	M.C.A	Univ. Badji Mokhtar-Annaba
INVITÉ		
Mr SAYAD Lamine	M.C.B	Univ. Badji Mokhtar-Annaba

RÉSUMÉ

En Algérie comme partout dans le monde, les eaux usées sont charriées dans les oueds pour être déversées dans la mer. Cependant cet acte pose un problème de contamination de la nature. Il se trouve qu'une protection de l'environnement et des écosystèmes s'impose en cherchant des solutions adéquates.

C'est dans ce contexte que nous proposons la présente étude, qui porte sur les rejets des eaux usées domestiques et agricoles dans l'Oued Kébir Est du bassin Côtier Constantinois Est (Nord Est algérien). Afin de suivre la qualité de ses eaux, nous avons choisi sept stations de prélèvement repartis sur le long de l'oued, l'échantillonnage a été effectué durant une période de six mois qui s'échelonne du mois d'Avril au mois de Septembre de l'année 2011.

La contribution des rejets d'eaux usées urbaines dans la pollution de l'environnement aquatique a été évaluée. Les teneurs des différents paramètres ont été déterminées dans l'Oued Kébir Est. Une méthode, qui permet de calculé les objectifs environnementaux de rejet (OER), a été développée pour les eaux du Kébir Est, pour un usage de protection de la vie aquatique. Les résultats obtenus des OER montrent un dépassement au niveau des paramètres organiques, et un état stationnaire pour les autres éléments chimiques. Pour appuyer ces résultats, le calcul de l'indice de pollution organique a confirmé l'existence d'une dégradation de la qualité des eaux.

Des cartes d'aide à la décision ont été élaborées pour prévenir et traiter la pollution.

Mots clés : Oued Kébir Est, Rejet urbain, Objectif environnemental de rejet, dépassement, indice de pollution organique, carte.

SUMMARY

In Algeria as everywhere, the waste water is carried along in the wadis to be discharged into the sea. However this act is a problem of contamination of nature. It is a protection of the environment and ecosystems is needed in seeking appropriate solutions.

It is in this context that we propose this study, which deals with discharges of domestic and agricultural wastewater in Wadi Kebir Eastern Coastal East Constantine basin (North East Algeria). In order to monitor the quality of its waters, we selected seven sampling stations spread over along the wadi, the sampling was done during a six-month period that spans from April to September 2011.

The contribution of discharges of urban waste water in the pollution of the aquatic environment was evaluated. The contents of various parameters were determined in Wadi Kebir East. A method, which allows calculating the environmental discharge objectives (EDO) has been developed for the East Kebir water for protection of aquatic life use. The results of EDO show exceeded the level of organic parameters, and a steady state for the other chemical elements. To support these results, the calculation of organic pollution index has confirmed the existence of a degradation in the water quality.

Aid cards to the decision have been developed to prevent and treat pollution.

Keywords: East Oued Kebir, urban Rejection, rejection environmental objective, passing, organic pollution index, card.

ملخص

في الجزائر كما في أي مكان في العالم، مياه الصرف تصب في الوديان ليتم تصريفها في البحر. إلا أن هذا الفعل يشكل مشكلة تلوث الطبيعة. غير أنه مطلوب حماية البيئة والنظم الإيكولوجية وهذا بالسعي لإيجاد حلول مناسبة.

وفي هذا السياق نقترح هذه الدراسة، والتي تتناول تصريف مياه الصرف المنزلي والزراعي في واد الكبير شرق للحوض النهري الساحلي لشرق قسنطينة (شمال شرق الجزائر). ولأجل مراقبة نوعية هذه المياه، اخترنا سبع محطات لأخذ العينات موزعة على طول الوادي، أخذ العينات تم خلال فترة ستة أشهر امتدت من أبريل إلى سبتمبر لسنة 2011.

قد تم تقييم مساهمة ملوثات مياه الصرف الحضرية في تلوث البيئة المائية. تركيز مختلف العناصر تم تحديده بواد الكبير شرق. طريقة تسمح بحساب "الأهداف البيئية للملوثات" (هـ ب م)، تم تطبيقها على مياه واد الكبير شرق، لأجل استعمال وقائي للحياة المائية من التأثير المزمن. النتائج المحصل عليها للأهداف البيئية للملوثات بينت تجاوز المستوى للمعايير العضوية، وعدم تجاوز لباقي العناصر الكيميائية الأخرى؛ دعما لهذه النتائج، أنجزت دراسة بحساب مؤشر التلوث العضوي من جهة الذي أكد تدهور نوعية المياه.

تم انجاز خرائط تساعد على اتخاد قرارات لأجل المعالجة والحماية من التلوث.

الكلمات المفتاحية: واد الكبير شرق، ملوث حضري، الهدف البيئي للملوث، تجاوز، مؤشر التلوث العضوي، خريطة.

REMERCIEMENT

Avant de présenter les résultats de cette thèse, qu'il me soit permis de remercier tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation

Je remercie avant tout **ALLAH** Tout Puissant, de m'avoir guidée durant les années d'étude et de m'avoir donnée la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

AU PROPHÈTE MOHAMED (PSL)
Ma prière est d'être toujours fidèle à ta parole pour être un modèle.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus sincères à Madame **HOURIA KHERICI-BOUSNOUBRA**, Professeur à la Faculté des Sciences de l'université Badji Mokhtar d'Annaba, ma directrice de recherche, pour m'avoir conseillée, encouragée et soutenue tout au long de la thèse avec patience et disponibilité, et pour la confiance qu'elle m'a accordée « MERCI ».

Mes vifs remerciements également pour Monsieur le Professeur **D. ZOUINI**, de l'université d'Annaba, d'avoir bien voulu s'intéresser à ce travail et qui a bien accepté de me faire le grand honneur de présider le Jury de ma soutenance.

Je tiens à remercier Monsieur **A. MAOUI**, Professeur à l'université de Guelma, d'avoir aimablement accepté d'examiner et de faire partie du jury de cette thèse malgré tous ses engagements et ses nombreuses occupations.

Je suis sensible à l'honneur que me fait Monsieur **M. DJIDEL**, Professeur de l'université d'Ouargla, en acceptant d'être parmi le jury de cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma respectueuse gratitude.

Je dois témoigner ma gratitude à Monsieur **S. KHACHI**, Professeur de l'université de Guelma, pour avoir accepté d'examiner mon document de thèse et d'avoir apporté son regard sur mon travail.

Mes remerciements s'adressent à Madame **T. BENABDESSALEM**, Maître de conférences « A » à l'université d'Annaba, d'avoir acceptée d'examiner, d'évaluer ce travail et de siéger au jury de ma soutenance.

A notre invité et collègue Monsieur **L. SAYAD**, Maitre de conférences « B » à l'université d'Annaba d'avoir accepté d'être membre du Jury et pour son aide, ses multiples conseils, son dévouement et l'accueil très chaleureux qu'il m'a toujours réservé. Je lui exprime toute ma gratitude.

Une partie cruciale de ce travail m'était facilitée grâce à l'aide de Monsieur **NADJIB DROUICHE,** qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Ma gratitude et mes respects à Monsieur **L. BELOULOU,** pour ces conseils et aides dans la partie hydrologique.

De même j'exprime mes remerciements à mon père Monsieur **A. BAHROUN**, qui grâce à son aide et ses encouragements j'ai pu réaliser le travail sur terrain.

Je tiens à remercier également Madame **KHADI**, et toute l'équipe du laboratoire Algérienne Des Eaux d'Annaba (ADE), pour toute l'aide qui m'ont apportée.

Monsieur le Professeur **M. BENSOUILEH** par l'intermédiaire de Monsieur le professeur **A. BOUTABA**, m'a accueilli dans son laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux à l'université d'Annaba, m'a réservé des moments précieux de discussion et m'a facilité toutes les conditions pour mener ce travail à bien. Je le remercie infiniment pour son apport à la grande cohérence de ce manuscrit, sa disponibilité et sa sympathie.

Particulièrement un grand merci au défunt Monsieur le Professeur **R. CHATTER** de l'université d'Annaba. Que Dieu le Tout Puissant vous accueille dans son paradis.

Mes remerciements vont également à Monsieur **H.E. El OKKI**, de l'Agence nationale des ressources hydraulique (ANRH) de Constantine pour la documentation utile, et l'accueil chaleureux.

Mes remerciements vont également à Madame **S. BOUABDALAH**, de l'Hydraulique d'El Tarf.

Mes remerciements à Monsieur **BOUDIEF,** responsable à la station des Salines (Annaba).

Je ne saurais oublier tous mes collègues, enseignants et administrateurs, de la faculté des sciences de la nature et de la vie des universités **Ferhat Abbas de Sétif et Chadli Bendjedid d'El Tarf,** qui ne se sont jamais abstenus de me prodiguer conseils, encouragements et soutien.

Mes remerciements à tous les enseignants et administrateurs du Département de Géologie de l'université d'Annaba, et plus particulièrement notre doyen le Professeur **N. KHERICI**.

Mes remerciements vont également à toute ma **FAMILLE**.

Et enfin, je tiens à remercier tous les amies qui m'ont aidée et encouragée pour réaliser cette thèse, je cite spécialement **SAMIA BOUNAB**, **SABRINA SOUADNIA**, **WARDA CHAIB**, **LYNDA BOUMEDIRI**, **NADIRI SEHILI**, **SOUMAYA MELOUEH**.

DÉDICACE

Pour l'esprit du martyr de mon Grand-père **SALAH GUITOUN**.

A mon pays **l'Algérie,** ma chère patrie, je te suis dévouée.

Au peuple **Algérien** pour toute son hospitalité, sa disponibilité, son humilité et sa tolérance à mon égard.

A mon Père, **Ardjouni** ;

Ce travail te fait honneur et est le fruit d'énormes sacrifices consentis. Tu nous as toujours soutenus même dans les moments de découragements où nous étions sûrs de ne rien valoir. Tes paroles réconfortantes nous ont toujours donné du courage pour matière à réflexion et surtout du courage pour tout reprendre. Trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de mon amour. Que le Dieu Tout Puissant te donne longue vie.

A ma tendre Mère, **Djamila** ;

Les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens, combien sont grands les sacrifices par toi consentis ? Quels sont leurs prix ? Certainement ils sont hors de ma portée, car je ne pourrai même en toute une vie payer ne serait-ce que le millième. Tu es pour moi ici-bas l'incarnation de l'amour, du pardon, de la tendresse et du courage. Mon vœu le plus cher est que tu trouves dans cette thèse l'accomplissement de tous tes rêves, de tes sacrifices et de tes prières. Que Dieu te bénisse.

A ma Grand-mère, **El Hadja Aïcha**, que Dieu Tout Puissant t'accorde une longue vie.

A mes sœurs chéries, **Monia et Wided**, Votre aide morale ; vos conseils très fraternels ne m'ont jamais fait défaut. Je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entourée d'amour et d'affection, d'avoir toujours été là quand j'avais besoin de vous, de m'avoir toujours soutenu dans mes moments difficiles. Soyons unies pour toujours.

A mon cher frère, **Salah Eddine**, tu as été toujours à côté de moi pendant les moments difficiles. Merci pour ton soutien. Je tiens à exprimer ma reconnaissance pour tout l'amour et l'affection dont tu m'as entouré par ta présence quand j'ai eu besoin de vous. Trouve en ce travail ma profonde gratitude.

A mes Tantes, **Dzeria**, **Nafissa** et son mari **Hacene**, **Nayma**, je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entourée d'amour et d'affection.

A mon Oncle, **Mohamed Saleh** ; Je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entouré d'amour et d'affection.

A mes cousines, **Soumaya**, **Khadra**, **Aïcha**, **Rayene**, **Narimen** et **Wissal** et tout particulièrement mon adorable **Abdou**.

Mes vifs remerciements pour mon cousin monsieur **Nacer**, je tiens ici à t'exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entouré d'amour et d'affection pendant les moments durs. Que le Dieu Tout Puissant te donne longue vie.

A mes Grands-pères **Fedjri** et **Salah**, vous nous avez quittés trop tôt, sachez qu'ici-bas vous êtes toujours présents dans nos mémoires et dans notre amour.

A ma Grand-mère **Aïcha**, tu es toujours présente dans nos mémoires.

A ma Tante **Fatima**, nous gardons de très bons souvenirs pour le peu de temps que nous avons eu à passer ensemble. Que Dieu le Tout Puissant vous accueille dans son paradis.

A mes amies **Samia**, **Sabrina** et **Fada**. Je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entourée d'amour et d'affection, d'avoir toujours été là quand j'avais besoin de vous, de m'avoir toujours soutenu dans mes moments difficiles.

A toute la famille **Bahroun** et **Guitoun**.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. 1. Découpage administratif du bassin 5
Tableau. 2. Superficie des différentes communes incluses dans le bassin 7
Tableau. 3. Répartition de la population résidente par commune en 2011 dans le bassin 9
Tableau. 4. Répartition de la densité en 2011 dans le bassin 11
Tableau. 5. Répartition générale des terres (Ha) 13
Tableau. 6. Répartition de la SAU par groupes de cultures 13
Tableau. 7. Répartition des industries 15
Tableau. 8. Caractéristiques des Zones d'expansion touristique 19
Tableau. 9. Paramètres géométriques du bassin 24
Tableau. 10. Répartition des fréquences altimétriques du bassin 25
Tableau. 11. Classification de l'ORSTOM 26
Tableau. 12. Densité de drainage du bassin 27
Tableau. 13. Récapitulatif des paramètres du réseau hydrographique 28
Tableau. 14. Récapitulatif des paramètres morphométriques 29
Tableau. 15. Coordonnées géographiques des trois stations 39
Tableau. 15. Les irrégularités interannuelles des précipitations 41
Tableau. 16. Valeurs du coefficient pluviométrique H pour les trois stations (90/91-09/10) 43
Tableau. 17. Précipitations mensuelles, annuelles pour les trois stations (90/91-09/10) 44
Tableau. 18. Précipitations saisonnières et annuelles pour les trois stations (90/91-09/10) 45
Tableau. 19. Quotient pluviométrique pour Les trois stations (90/91-09/10) 45
Tableau. 20. Températures mensuelles annuelles pour les trois stations (90/91-09/10) 46
Tableau. 21. Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle de l'air pour les deux stations (90/91-09/10) 47
Tableau. 22. Vitesses des vents moyennes mensuelles et annuelles pour les deux stations (84/85-01/02) 48
Tableau. 23. Indice d'aridité des trois stations (90/91-09/10) 49
Tableau. 24. Indice d'aridité mensuel (I_M) pour les trois stations 49
Tableau. 25. Evapotranspiration potentielle (méthode de THORNTHWAITE) 53
Tableau. 26. Evapotranspiration potentielle (méthode de SERRA) 53
Tableau. 27. Valeurs de l'ETR par la formule de Turc 54
Tableau. 28. Valeurs de l'ETR par la formule de M Coutagne 54
Tableau. 29. Valeurs du Déficit d'écoulement par la formule de WUNDT 55
Tableau. 30. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station d'El Kala (90/91-09/10) 56
Tableau. 31. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station des Salines (90/91-09/10) 57
Tableau. 32. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station d'Ain Assel (90/91-09/10) 57
Tableau. 33. Valeurs de l'évapotranspiration obtenues par les différentes méthodes 59
Tableau. 34. Valeurs du ruissellement 60
Tableau. 35. Valeurs de l'infiltration efficace 61
Tableau. 36. Débits annuels, Débits moyens annuels et Précipitations annuels observées à la station d'Ain Assel (1963-2003) 64
Tableau. 37. Coefficient moyen des débits à la station d'Ain Assel (1963-2003) 67
Tableau. 38. Les rapports des débits extrêmes mensuels à la station Ain Assel (1963/2003) 67
Tableau. 39. Débit caractéristique d'étiage et maximal 68
Tableau. 41. Caractéristiques et indications thérapeutiques des sources 75

Tableau. 42. Caractéristiques des barrages 79
Tableau. 43. Etat des retenues collinaires par communes 80
Tableau. 44. Dotation en l/j/hab 82
Tableau. 45. Taux de majorations liés aux autres usages 82
Tableau. 46. Agglomération côtière 82
Tableau. 47. Projections de l'évolution démographique à l'horizon 2010/2030 83
Tableau. 48. Besoins futurs de la wilaya en eau potable 83
Tableau. 49. Prélèvement à partir de différents aquifères 84
Tableau. 50. Prélèvement des eaux de surface pour l'irrigation 84
Tableau. 51. Besoins en eau des périmètres irrigués 84
Tableau. 52. Demande en eau industrielle 85
Tableau. 53. Besoins en eau industrielle à l'horizon 2015/ 2030 85
Tableau. 54. Confrontation ressources besoins 86
Tableau. 55. Besoins, ressources 87
Tableau. 56. Localisation des stations d'échantillonnages 90
Tableau. 57. Débit des différents rejets d'eaux usées 90
Tableau. 58. Variation de la Température aux différentes stations 94
Tableau. 59. Variation de la Conductivité électrique aux différentes stations 95
Tableau. 60. Variation du Potentiel d'hydrogène aux différentes stations 95
Tableau. 61. Variation du Potentiel d'oxydo-réduction aux différentes stations 96
Tableau. 62. Variation d'Oxygène dissous aux différentes stations 97
Tableau. 63. Qualité des eaux en Oxygène dissous 98
Tableau. 64. Variation des Matières en suspension aux différentes stations 98
Tableau. 65. Variation du Titre hydrométrique aux différentes stations 99
Tableau. 66. Variation des teneurs en Calcium aux différentes stations 99
Tableau. 67. Variation des teneurs en Magnésium aux différentes stations 100
Tableau. 68. Variation des teneurs en Potassium aux différentes stations 100
Tableau. 69. Variation des teneurs en Sodium aux différentes stations 100
Tableau. 70. Variation des teneurs en Chlorures aux différentes stations 101
Tableau. 71. Variation des teneurs en Sulfates aux différentes stations 101
Tableau. 72. Variation des teneurs en Bicarbonates aux différentes stations 102
Tableau. 73. Variation des teneurs en Nitrates aux différentes stations 102
Tableau. 74. Variation des teneurs en Nitrites aux différentes stations 103
Tableau. 75. Variation des teneurs en Ammonium aux différentes stations 103
Tableau. 76. Variation des teneurs en DBO_5 aux différentes stations 104
Tableau. 77. Variation des teneurs en Phosphate aux différentes stations 105
Tableau. 78. Formule ionique et faciès chimique des stations 108
Tableau. 79. Coefficient de corrélation entre les variables 109
Tableau. 80. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux 110
Tableau. 81. Corrélation entre variable et poids factoriels 111
Tableau. 82. Classes de salinité selon Richards 120
Tableau. 83. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR (M. Louvier, 1976- B.R.G.M) 122
Tableau. 84. Grille de qualité (IPO) 126
Tableau. 85. Grille de qualité (Lisec-Index) 126
Tableau. 86. Grille de qualité (IHE) 127
Tableau. 87. Valeurs mensuelles des indices et des classes de pollution selon les trois méthodes 129
Tableau. 88. Valeurs des indices et des classes de pollution selon les trois méthodes 132
Tableau. 89. Usage de l'eau et critère de qualité 137

Tableau. 90. Débits hydrologiques des différents usages 138
Tableau. 91. Faibles débits moyens de sept jours consécutifs enregistrés à la station d'Ain Assel 1963-2003 142
Tableau. 92. Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q7jours 143
Tableau. 93. Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel 143
Tableau. 94. Paramètres statistiques de la série Q 7j 143
Tableau. 95. Médiane des différents contaminants 144
Tableau. 96. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Chlorures pour CVAC 145
Tableau. 97. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Matières En Suspension pour CVAC 146
Tableau. 98. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Phosphates pour CVAC 146
Tableau. 99. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Nitrites pour CVAC 147
Tableau. 100. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Nitrates pour CVAC 147
Tableau. 101. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour CVAC 148
Tableau. 102. Concentration en Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique (effet chronique) 148
Tableau. 103. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Sulfates pour CVAC 149
Tableau. 104. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Phosphates pour CARE 150

LISTE DES FIGURES

Figure. 1. Carte du bassin Côtier Constantinois Est 03 3
Figure. 2. Carte des sous bassins du Côtier Constantinois Est 03 4
Figure. 3. Carte du découpage administratif du bassin 6
Figure. 4. Carte de la superficie du bassin 8
Figure. 5. Carte de répartition de la population en 2011 du bassin 10
Figure. 6. Carte de répartition de la densité en 2011 du bassin 12
Figure. 7. Répartition de la SAU par groupe de culture 13
Figure. 8. Carte des différentes unités industrielles existantes dans le bassin 16
Figure. 9. Carte du couvert végétal du bassin 18
Figure. 10. Carte des unités géomorphologiques du bassin 20
Figure. 11. Carte des sols du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte des sols d'Algérie au 1/500 000 éme- feuille de Constantine, IGN. 1938, N°.NJ.32-SO ; (modifiée par Bahroun, 2015) 21
Figure. 12. Délimitation du bassin versant 22
Figure. 13. Coupe transversale d'un bassin versant 23
Figure. 14. Courbe hypsométrique du bassin 25
Figure. 15. Profil en long de l'Oued Kébir Est 30
Figure. 16. Carte géologique du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte géologique et structurale de la chaîne alpine d'Algérie oriental et des coffins Algéro-Tunisien au 1/500 000 éme- J.M.Villa 1980 ; (modifiée par Bahroun, 2015) 32
Figure. 17. Carte structurale du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte structurale de la chaîne Tello-Réfaine par Walter Wildi 1979 ; (modifiée par Bahroun, 2015) 37
Figure. 18. Carte de la situation géographique des stations pluviométriques et hydrométriques 40
Figure. 19. Variation interannuelle des précipitations aux trois stations (1990/2010) 41
Figure. 20. Variations du coefficient pluviométrique (H) aux trois stations 42
Figure. 21. Précipitation moyenne mensuelle des trois stations (90/91-09/10) 44
Figure. 22. Précipitation moyenne saisonnière des trois stations (90/91-09/10) 45
Figure. 23. Températures moyennes mensuelles des trois stations (90/91/-09/10) 46
Figure. 24. Humidité relative moyenne mensuelle de l'air des deux stations (90/91/-09/10) 47
Figure. 25. Vitesses des vents moyennes mensuelles pour les deux stations (84/85-01/02) 48
Figure. 26. Indice de De Martonne 50
Figure. 27. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (El Kala 90/91-09/10) 51
Figure. 28. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Les Salines 90/91-09/10) 51
Figure. 29. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Ain Assel 90/91-09/10) 51
Figure. 30. Diagramme de WUNDT 55
Figure. 31. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station d'El Kala (90/91-09/10) 58
Figure. 32. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station des Salines (90/91-09/10) 58
Figure. 33. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station d'Ain Assel (90/91-09/10) 58
Figure. 34. Corrélation pluies/débits de l'oued Kébir Est à la station d'Ain Assel (1963/64-2002/03) 62
Figure. 35. Débits maximums journaliers observés à la station d'Ain Assel 63
Figure. 36. Débits moyens annuels observés à la station d'Ain Assel 63
Figure. 37. Variation annuelle des débits en fonction des précipitations de l'Oued Kébir Est à la station d'Ain Assel (63/64-02/03) 65

Figure. 38. Débits mensuels interannuels à la station d'Ain Assel 1963-2003 65
Figure. 39. Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations de l'Oued Kébir Est à la station d'Ain Assel (63/64-02/03) 66
Figure. 40. Courbe des coefficients moyens des débits (CMD) de l'oued Kébir Est à la station Ain Assel 67
Figure. 41. Pourcentage des débits nuls à la station Ain Assel 69
Figure. 42. Carte des ressources en eau du bassin 72
Figure. 43. Carte d'inventaire des points d'eaux dans le bassin pour l'année 2015 76
Figure. 44. Carte du réseau hydrographique du bassin 78
Figure. 45. Carte des stations d'échantillonnages 91
Figure. 46. Carte des points de rejets 92
Figure. 47. Carte des stations d'échantillonnages et des points de rejets 93
Figure. 48. Évolution du Eh en fonction du pH des différentes stations dans l'Oued Kébir Est 97
Figure. 49. Représentation des différentes stations de prélèvements sur le diagramme de Piper 106
Figure. 50. Représentation des différentes stations de prélèvements sur le diagramme de Schöeller Berkaloff 107
Figure. 51. Histogramme des valeurs propres 110
Figure. 52. Projection des variables sur le plan factoriel (F1-F2) 111
Figure. 53. Projection des individus dans le plan factoriel (F1-F2) 112
Figure. 54. Variabilité spatio-temporelle du Potentiel d'hydrogène 115
Figure. 55. Variabilité spatio-temporelle de la Température 116
Figure. 56. Variabilité spatio-temporelle de la Conductivité 116
Figure. 57. Variabilité spatio-temporelle de l'Oxygène dissous 117
Figure. 58. Variabilité spatio-temporelle des Matières En Suspension 118
Figure. 59. Variabilité spatio-temporelle de la Demande Biochimique en Oxygène 118
Figure. 60. Variabilité spatio-temporelle d'Ammonium 119
Figure. 61. Variabilité spatio-temporelle des Nitrites 120
Figure. 62. Évolution de la conductivité au niveau des sept stations 121
Figure. 63. Classification des eaux de l'Oued Kébir Est par diagramme de Riverside et de Wicox 123
Figure. 64. Carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation 124
Figure. 65. Classe d'altération 125
Figure. 66. Évolution temporelle des trois indices au niveau des sept stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7) 130
Figure. 67. Représentation graphique des trois indices 132
Figure. 68. Carte de qualité des eaux de l'Oued Kébir Est 133
Figure. 69. Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER (Rejet d'eau usée ; Oued Kébir Est) 136
Figure. 70. Éléments du bilan de charges 139
Figure. 71. Histogramme du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs à la station d'Ain Assel 144
Figure. 72. Représentation schématique du respect et non-respect des OER 151
Figure. 73. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Chlorures pour la protection de la vie aquatique effet chronique 151
Figure. 74. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Matières En Suspension pour la protection de la vie aquatique effet chronique 152
Figure. 75. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Phosphates pour la protection de la vie aquatique effet chronique et de l'activité récréative 153
Figure. 76. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Nitrites pour la protection de la vie aquatique effet chronique 154

Figure. 77. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Nitrates pour la protection de la vie aquatique effet chronique 155
Figure. 78. Carte des objectifs environnementaux de rejet de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour la protection de la vie aquatique effet chronique 156
Figure. 79. Carte des objectifs environnementaux de rejet de l'Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique effet chronique 157
Figure. 80. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Sulfates pour la protection de la vie aquatique effet chronique 158

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	I
Abstract	II
الملخص	III
Remerciement	IV-V
Dédicace	VI
Liste des Tableaux	VII-IX
Liste des Figures	X-XII
Table des Matières	XIII-XX
Introduction Générale	1-2

1ÈRE PARTIE
CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES & GÉOLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

CHAPITRE I
CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE D'ÉTUDE

I. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE	3
II. POTENTIALITÉS HUMAINES ET ÉCONOMIQUES	5
II.1. Découpage administratif	5
II.2. Superficie	7
II.3. Population	9
II.4. Densité	11
II.3. Réseau routier	13
II.4. Domaine de l'agriculture	13
II.5. Domaine des ressources hydriques	14
II.6. Domaine industriel	14
II.7. Forêt	15
II.8. Tourisme	17
II.9. Pêche	19
III. GÉOMORPHOLOGIE	19
IV. SOL	19
V. MORPHOMÉTRIE	22
V.1. Caractéristiques de forme	23
V.1.1. Caractéristiques géométriques	23
V.2. Caractéristiques hypsométriques	24
V.2.1. Caractéristiques des altitudes	24
V.2.2. Courbe hypsométrique et altitude moyenne	25
V.2.3. Relief et indices de pentes	26
V.2.4. Densité de drainage	27
V.2.5. Coefficient de Torrentialité Ct	27
V.2.6. Rapport de la confluence	28
V.2.7. Rapport de longueur	28

V.2.8. Temps de concentration 28
V.2.9. Vitesse d'écoulement de l'eau 29
V.3. Profil en long de l'Oued Kébir Est 29
VI. GÉOLOGIE 30
VI.1. Aperçu géologique de L'Algérie 30
VI.2. Aperçu géologique de la région d'étude 30
VI.3. Stratigraphie 31
VI.3.1. Les formations du Secondaire 31
VI.3.1.1. Crétacé supérieur (Sénonien) 31
VI.3.2. Les formations du Tertiaire 31
VI.3.2.1. Paléogène 31
VI.3.2.1.1. Paléocène 31
VI.3.2.1.2. Eocène 33
VI.3.2.1.3. Oligocène 33
VI.3.2.1. Néogène 34
VI.3.3. Les formations du Quaternaire 34
VI.3.3.1. Quaternaire ancien 34
VI.3.3.2. Quaternaire moyen 34
VI.3.3.2.1. Pléistocène ancien 34
VI.3.3.2.2. Pléistocène moyen 34
VI.3.3.2.3. Pléistocène récent 34
VI.3.3.3. Quaternaire récent 34
VI.3.3.4. Quaternaire actuel 34
VI.4. Géologie et caractéristiques des dunes 34
VI.5. Cadre structural 35
VI.6. Paléogéographie 36
VI.7. La tectonique 36
VII. CONCLUSION 38

CHAPITRE II
CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATOLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

I. INTRODUCTION 39
II. LES PARAMÈTRES CLIMATIQUES 39
II.1. Les données pluviométriques 39
II.1.1. Variation de la pluviométrie annuelle 41
II.1.1.1. Coefficient pluviométrique (H) 42
II.1.2. Variation de la pluviométrie mensuelle 43
II.1.2.1. Répartition mensuelle de la pluviométrie 43
II.1.3. Variation de la pluviométrie saisonnière 44
II.1.3.1. Le quotient pluviométrique 45
II.2. Les températures 45
II.3. L'humidité relative 46
II.4. Le vent 47
III. RÉGIME CLIMATIQUE 48
III.1. Indice de DE MARTONNE 48
III.2. Méthode pluviothermique 50
IV. LE BILAN HYDRIQUE 52
IV.1. L'évapotranspiration 52

IV.1.1. Évapotranspiration potentielle (ETP) 52
IV.1.1.1. Formule de C.W Thornthwaite 52
IV.1.1.2. Formule de SERRA 53
IV.1.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) 54
IV.1.2.1. Formule de L .Turc 1954 54
IV.1.2.2. Formule de M Coutagne 54
IV.1.2.3. Méthode de WUNDT 54
IV.1.2.4. Méthode de THORNTHWAITE 55
IV.2. Discussion des résultats 59
V. BILAN HYDROLOGIQUE 60
V.1. Le ruissellement de surface 60
V.2. Estimation de l'infiltration 60
VI. RÉGIME DE L'OUED KÉBIR EST 61
VI.1. Réseau hydrométrique 61
VI.1.1. Application de la méthode de corrélation linéaire à la série hydropluviométrique de l'Oued Kébir Est 61
VI.1.2. Exploitation des données hydrométriques 62
VI.1.3. Mesure des débits 62
VI.1.4. Evolution des débits en fonction de la pluie à la station d'Ain Assel 63
VI.1.5. Variation annuelle des débits en fonction des précipitations 65
VI.1.6. Variations mensuelles du débit à la station d'Ain Assel (1963-2003) 65
VI.1.7. Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations 66
VI.1.8. Coefficient moyen de débit 66
VI.1.9. Débits caractéristiques de l'Oued Kébir Est 68
VI.1.10. Valeurs nulles des débits à la station hydrométrique d'Ain Assel 69
VII. CONCLUSION 69

CHAPITRE III
CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

I. IDENTIFICATION DES RESSOURCES SOUTERRAINES 71
I.1. Différents types de nappe 71
I.1.1. La plaine Annaba – Bouteldja 71
I.1.1.1. Nappes superficielles 71
I.1.1.1.1 Nappe des terrasses 71
I.1.1.1.2. Nappe du cordon dunaire 71
I.1.1.1.3. Nappe phréatique 71
I.1.1.1.4. Nappe du massif dunaire de Bouteldja 71
I.1.1.2. Nappe profonde 73
I.1.1.2.1. Nappe profonde des graviers 73
I.1.2. La plaine d'El Tarf - Ain Assel 74
I.1.2.1. Nappe superficielle 74
I.1.2.2. Nappe captive 74
I.1.3. Plaine d'Oum Teboul 74
I.1.3.1. Nappe superficielle 74
I.1.3.2. Nappe semi-captive 74
I.2. Les Sources 74
I.2.1. Les Sources froides 74
I.2.2. Les Sources thermales 75

I.3. Les Forages 75
I.4. Les Puits 75
II. IDENTIFICATION DES RESSOURCES SUPERFICIELLES 77
II.1. Les Oueds 77
II.1.1. Oued Kébir Est 77
II.1.2. Oued Bounamoussa 77
II.1.3. Oued Seybousse 77
II.1.4. Oued Mafragh 79
II.1.5. Oued El Hout et Oued El Eurg 79
II.2. Les barrages 79
II.2.1. Barrage de Mexa 79
II.2.2. Barrage de Cheffia 79
II.3. Les retenues collinaires 80
II.4. Les marais de Mekhada 80
II.5. Les Lacs 80
II.5.1. Lac Tonga 80
II.5.2. Lac Oubeïra 80
II.5.3. Lac des Oiseaux 81
II.5.4. Lac Mellah 81
II.5.5. Tourbière du Lac Noir 81
III. EVALUATION DES BESOINS EN EAU 81
III.1. Besoins en eau potable 81
III.1.1. Besoins actuels 81
III.1.2 Besoins touristiques 82
III.1.3 Rendement réseaux 83
IV. EVOLUTION DES BESOINS EN EAU 83
IV.1. Eau potable 83
IV.2. Eau agricole 83
IV.2.1 Situation actuelle 83
IV.2.2. Perspectives futures de développement agricole 84
IV.3. Besoins en eau industrielle 85
IV.3.1. Consommations et demande en eau 85
IV.3.2. Evolution des besoins industriels à l'horizon 2015/2030 85
V. CONFRONTATION RESSOURCES BESOINS 86
VI. CONCLUSION 87

2 ÈMME PARTIE
CHIMISME ET QUALITÉ DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

CHAPITRE IV
CONTEXTE HYDROCHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION 89
II. MÉTHODOLOGIE 89
II.1. Echantillonnages 89
II.1.1. Type des échantillons prélevés 89
II.1.2. La période d'échantillonnage 89
II.1.3. Lieux d'échantillonnage 89
II.1.4. Localisation des différents rejets 90

III. MATERIELS ET MÉTHODES 90
III.1. Lieu d'analyse des échantillons 90
III.2. Méthodes d'analyses 94
IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION 94
IV.1. Les paramètres physico-chimiques (Mesure in situ) 94
IV.1.1. Température (T en °C) 94
IV.1.2. Conductivité électrique (CE en µs/cm) 94
IV.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH) 95
IV.1.4. Potentiel d'oxydo-réduction (Eh en mV) 95
IV.1.5. Évolution du potentiel redox en fonction du potentiel d'hydrogène (pH ET Eh) 96
IV.1.6. Oxygène dissous (O_2 en mg/l) 97
IV.1.7. Matières en suspension (MES en mg/l) 98
IV.1.8. Titre hydrométrique (TH en F°) 99
IV.2. Éléments minéraux 99
IV.2.1. Éléments majeurs 99
IV.2.1.1. Calcium (Ca^{2+} en mg/l) 99
IV.2.1.2. Magnésium (Mg^{2+} en mg/l) 100
IV.2.1.3. Potassium (K^+ en mg/l) 100
IV.2.1.4. Sodium (Na^+ en mg/l) 100
IV.2.1.5. Chlorures (Cl^- en mg/l) 101
IV.2.1.6. Sulfates (SO_4^{2-} en mg/l) 101
IV.2.1.7. Bicarbonates (HCO_3^- en mg/l) 101
IV.3. Éléments organiques 102
IV.3.1. Éléments nutritifs 102
IV.3.1.1. Les Nitrates (NO_3^- en mg/l) 102
IV.3.1.2. Les Nitrites (NO_2^- en mg/l) 103
IV.3.1.3. L'Ammonium (NH_4^+ en mg/l) 103
IV.3.2. Les nutriments 104
IV.3.2.1. La Demande Biologique en Oxygène (DBO_5 en mg/l) 104
IV.3.3. Les éléments mineurs naturels 104
IV.3.3.1. Phosphate (PO_4^{3-} en mg/l) 104
V. FACIES CHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST 105
V.1. Introduction 105
V.2. Diagramme de Piper 105
V.3. Diagramme de Schöeller-Berkallof 107
V.4. Formule ionique 108
VI. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES 108
VI.1. Principes théoriques 108
VI.2. Résultats et interprétations 108
VI.3. Application de l'ACP aux données des eaux de l'oued Kébir Est 109
VI.3.1. Matrice de corrélation 109
VI.3.2. Cercle de corrélation 110
VI.3.3. Corrélation entre variable et poids factoriels 111
VI.3.4. Analyse de l'espace des individus 112
VII. CONCLUSION 112

CHAPITRE V
QUALITÉ DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION 114

II. CARACTERISATIONS PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST AVEC LES NORMES 114
II.1. La règlementation des normes des eaux 114
II.1.1. Les normes de qualité des eaux de surface 114
II.1.2. Les normes de qualité des eaux piscicoles 114
II.2. Variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques 115
II.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) 115
II.2.2. Température (T) 115
II.2.3. Conductivité 116
II.2.4. L'Oxygène Dissous 117
II.2.5. Matière En Suspension 117
II.3. Variabilité spatiotemporelle des teneurs organiques 118
II.3.1. Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5) 118
II.3.2. Ammonium 119
II.3.3. Nitrite 119
III. APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION 120
III.1. Risque de salinité 120
III.2. Risque de sodicité 121
III.3. Classification de Richards 121
III.4. Classification de Wilcox 121
III.5. Interprétation des résultats 122
III.6. Etablissement de la carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation 122
IV. CONCLUSION 124

3ÉMME PARTIE
POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR ET OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

CHAPITRE VI
POLLUTION ORGANIQUE ET ESTIMATION DU POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION 125
II. DÉFINITION DE LA POLLUTION ORGANIQUE 125
II.1. Détermination et calcul de la pollution organique 125
II.1.1. Evaluation de la pollution organique : présentation des trois indices 125
II.1.1.1. Indice de pollution organique (IPO, Leclercq & Maquet, 1987) 126
II.1.1.2. Lisec-index (Beckers & Steegmans, 1979) 126
II.1.1.3. Classification des paramètres (Institut d'Hygiene et d'Epidemiologie, 1986) 127
III. DÉFINITION DE L'AUTO-ÉPURATION ET LA CAPACITÉ D'ASSIMILATION 127
III.1. Facteurs influençant l'auto-épuration 127
III.1.1. Débit de l'Oued 127
III.1.2. Température 128
III.1.3. Oxygène dissous 128
IV. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA POLLUTION ORGANIQUE ET POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DE L'OUED KÉBIR EST 128
IV.1. Application des trois méthodes de calcul 128
IV.2. Discussion des résultats obtenus 129

V. ÉVOLUTION SPATIALE DE LA POLLUTION ORGANIQUE ET POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DE L'OUED KÉBIR EST 131
V.1. Application des trois méthodes de calcul 132
V.2. Discussion des résultats obtenus 132
V.3. Établissement de la carte de qualité des eaux de l'Oued Kébir Est 133
VI. CONCLUSION 134

CHAPITRE VII
CALCUL ET INTERPRÉTATION DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET POUR LES POLLUANTS DANS L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION 135
II. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'APPROCHE 135
III. ÉLEMENTS DE CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET 136
III.1. Description et usages du milieu récepteur 136
III.2. Les critères de qualité correspondant aux usages présents et potentiels dans le milieu 136
III.2.1. 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]) 137
III.2.2. Critères de protection de la vie aquatique chronique (CVAC) 137
III.2.3. Critères de protection de la faune terrestre piscivore (CFTP) 137
III.2.4. Critères d'activités récréatives et d'esthétique (CARE) 137
III.3. Le débit d'effluent 138
III.4. Débit d'étiage des cours d'eau 138
III.5. Concentration amont 138
IV. MÉTHODE DE CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET 138
V. CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DE L'OUED KÉBIR EST 139
V.1. Usage de l'Oued Kébir Est 140
V.2. Les critères de qualité de l'Oued Kébir Est correspondant aux usages présents 140
V.3. Débit d'effluent de l'Oued Kébir Est 140
V.4. Calcul des débits d'étiages de l'Oued Kébir Est 140
V.4.1. Analyse fréquentielle des débits 140
V.4.2. Distributions et méthodes d'ajustement statistique 141
V.5. Concentration amont 144
V.6. Résultat et discussion de calcul des objectifs environnementaux de rejet de l'Oued Kébir Est pour les différents usages 145
V.6.1. Protection de la vie aquatique effet chronique 145
V.6.1.1. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Chlorures 145
V.6.1.2. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Matières En Suspension 145
V.6.1.3. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Phosphates 146
V.6.1.4. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Nitrites 146
V.6.1.5. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Nitrates 147
V.6.1.6. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour la Demande Biochimique en Oxygène-5jours 148
V.6.1.7. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour l'Oxygène Dissous 148
V.6.1.8. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Sulfates 149
V.6.2. Protection des activités récréatives 149
V.6.2.1. Critère d'activités récréatives et d'esthétique pour les Phosphates 150

VI. ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DE L'OUED KÉBIR EST 150
6.1. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Chlorures pour la protection de la vie aquatique chronique 151
VI.2. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Matières En Suspension pour la protection de la vie aquatique chronique 152
VI.3. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Phosphates pour la protection de la vie aquatique chronique et de l'activité récréative 153
VI.4. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Nitrites pour la protection de la vie aquatique chronique 154
VI.5. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Nitrates pour la protection de la vie aquatique chronique 155
VI.6. Carte des objectifs environnementaux de rejets de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour la protection de la vie aquatique chronique 156
VI.7. Carte des objectifs environnementaux de rejets de l'Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique chronique 157
VI.8. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Sulfates pour la protection de la vie aquatique chronique 158
VII. CONCLUSION 158
CONCLUSION GÉNÉRALE 160-163
SIGLES ET ACRONYMES
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXES

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement des grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement crées par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète. Cette pollution peut affecter l'eau, l'air et la terre. Elle peut être évidente (nappes d'hydrocarbures flottante sur la mer). Comme elle peut être beaucoup moins visible (pesticides répandus sur les champs ou métaux lourds dissous dans les systèmes aquatiques).

Le 20 ème siècle voit de plus apparaître des quantités de substances nouvelles totalement étrangères au milieu naturel dont la dégradation et l'assimilation par la faune et la flore sont inefficace. C'est ainsi que, les pollutions apparaissent actuellement d'origine et de nature de forme et d'actions multiples et se révèlent comme un problème majeur de notre temps. Les différentes dégradations de la qualité de l'eau résultant de la pollution de l'écosphère compromettent l'équilibre des écosystèmes concernés, le renouvellement des ressources naturelles ainsi que le bien-être et la santé de la population humaine.

La disponibilité d'une eau de bonne qualité est un élément indispensable pour prévenir les maladies et améliorer la qualité de vie (Oluduro & Aderiye, 2007). Actuellement, la situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que la qualité de l'eau se détériore.

À cet effet, le rejet des eaux usées dans les oueds constitue un problème qui se traduit par un déséquilibre du milieu écologique d'une part et d'autre part par la perte de ces eaux sans récupération. Ainsi, les eaux usées ont une part importante dans la dégradation du milieu récepteur et risquent de constituer à l'avenir la cause essentielle de la pénurie d'eau et des problèmes de santé publique (Ghadbane, 2003).

Dans le cadre de la recherche sur l'environnement, une contribution intéressante nous a paru envisageable, par l'étude de l'origine et du devenir des polluants dans le bassin Côtier Constantinois Est où sont déversés de nombreux rejets (urbains, agricoles…). Ce qui n'est pas sans conséquence, à plus au moins long terme, sur la qualité des eaux superficielle et de son environnement.

L'Oued Kébir Est, l'un des principaux cours d'eau de la wilaya d'El Tarf traversant plusieurs villes en particulier la ville d'El Tarf, Ain Assel et Berrihane, débouchant sur la mer, connaît depuis plusieurs années, une dégradation de la qualité de ses eaux engendrées par différents rejets de polluant émis sans traitement dans l'oued. Ces rejets résultent de différentes activités urbaines, industrielles et agricoles. Parmi les formes de pollution que connaissent les eaux de cet Oued, apparaissent les nutriments qui résultent des rejets émis par différentes rejets domestiques le long de l'oued. Vu la diversification des pesticides utilisés dans les terrains agricoles, les effluents de ces unités sont caractérisés entre autres, par une pollution organique.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris l'étude de l'écosystème aquatique de l'Oued Kébir Est. L'objectif de cette étude consiste à évaluer le degré de pollution des eaux de rejet domestique et agricole par l'analyse de différents paramètres chimiques, organique et par l'évaluation des objectifs environnementaux des rejets dans le milieu récepteur (OER) qu'est l'Oued Kébir Est. Deux principaux objectifs se dessinent alors :

-Evaluation du degré de pollution ;
-Calcul des objectifs environnementaux de rejet.

Afin d'atteindre les objectifs visés, nous avons dégagé ***trois parties*** étalées sur sept chapitres.

La ***première partie*** fera l'objet d'une étude de reconnaissance des caractéristiques géographiques et géologiques du bassin Côtier Constantinois Est. Elle se développe sous trois chapitres :

Le **premier chapitre**, donne un aperçu sur le cadre général de la zone d'étude par, sa situation géographique, sa géomorphologie, sa géologie et sa morphométrie.

Le **deuxième chapitre** est consacré à l'étude l'hydroclimatolgique, et au calcul des débits de l'Oued Kébir Est. A cet effet nous nous sommes basés sur des données établies par l'Agence Nationale des ressources hydriques pour une durée de quarante ans successives (1963/64-2002/03).

Le **troisième chapitre** présente l'hydrogéologie et l'hydrologie de la zone d'étude. Il traite les caractéristiques hydrogéologiques, où nous avons abordé les conditions aux limites et les paramètres hydrodynamiques des nappes.

La ***deuxième partie*** fera l'objet d'une étude du chimisme et de la qualité des eaux de l'Oued Kébir Est. Elle comporte le quatrième et le cinquième chapitre :

Le **quatrièm**e **chapitre,** est consacré à l'étude hydro-chimique afin d'effectuer un suivi qualitatif des différents éléments chimiques au niveau de sept stations et d'étudier leur comportement au sein de l'oued durant une période de six mois qui s'échelonne du mois d'Avril au mois de Septembre de l'année 2011. Le traitement de donnés est fait par une méthode statistique (analyse en composantes principales (ACP)).

Le **cinquième chapitre** donne un aperçu sur la gestion qualitative des eaux. Il traite la qualité des eaux par rapport aux normes d'OMS et piscicoles.

Enfin la ***troisième partie*** traite la pollution organique ainsi l'estimation du pouvoir auto-épurateur, et le calcul des objectifs environnementaux de rejet. Elle se compose du sixième et septième chapitre.

Le **sixième chapitre**, a pour objet l'estimation du pouvoir auto-épurateur et l'étude de l'altération de la qualité des eaux par l'utilisation d'indices de pollution (IPO, IHE et Lisec-index). Il ressort de ce chapitre des cartes de décision qui permettent de mettre en évidence les stations les plus touchées par la pollution organique.

Le **septième chapitre** est basé sur le calcul des objectifs environnementaux de l'Oued Kébir Est, au niveau des sept stations, complété par une étude hydrologique qui fait appelle à loi de Gumbel pour déterminer le débit de récurrence d'étiage $Q_{2,7}$. On conclue dans ce chapitre que les objectifs environnementaux sont conditionnellement atteints.

Le présent travail se termine par une conclusion générale faisant apparaitre les résultats de l'étude, des références bibliographiques et des annexes.

1ère PARTIE

CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES& GÉOLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

CHAPITRE I

CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE D'ÉTUDE

I. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE

Le bassin de l'Oued Kébir Est, fait partie du bassin hydrographique Côtiers Constantinois. Ce dernier est situé dans le littoral Nord de l'Est Algérien. Il est limité :

- Au Nord par la Méditerranée
- À l'Est par les frontières tunisiennes,
- À l'Ouest par le bassin « Algérois-Hodna-Soumam ».
- Au Sud par les bassins : « Kébir -Rhumel, Seybouse, Medjerdah ».

Il couvre une superficie totale de 11 509 km^2 et s'étend sur dix wilayas.

Le bassin des Côtiers Constantinois Est, est d'une superficie de 2.870 km^2 (calculé dans notre cas à partir du logiciel MapInfo Professional 8.0), soit 24.93 % de la superficie totale du bassin des Côtiers Constantinois, et l'un des plus grands réservoirs d'eaux superficielles et souterraines dans le Nord de l'Algérie, et codifié sous le numéro 03. Il s'étend de 7°46 à 8°41 de longitude Est, et de 36°21 à 36° 57 de latitude Nord, (ABH, 2000). (Figure. 1).

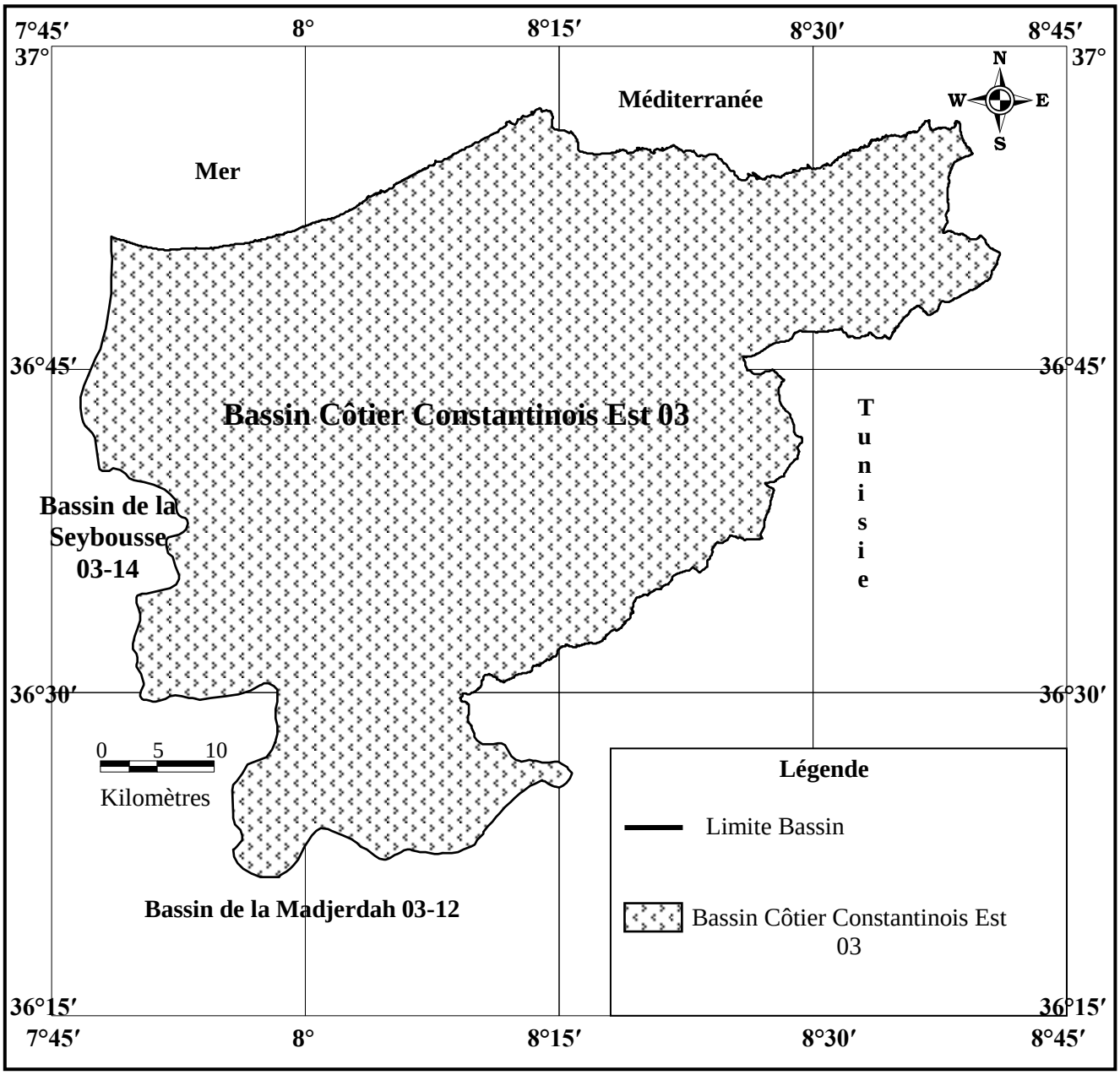

Figure. 1. Carte du bassin Côtier Constantinois Est 03.

La région d'étude est limitée :

- Au Nord par le massif dunaire de Boutheldja formant un obstacle naturel avec la mer Méditerranée ;
- Au Sud par le bassin de Medjerdah ;
- A l'Est par la frontière Algéro tunisienne ;
- A l'Ouest par le bassin de la Seybouse.

Il est drainé par deux oueds importants :

- ✓ L'Oued El Kébir Est à l'Est ;
- ✓ L'Oued Bounamoussa à l'Ouest.

Ces deux cours d'eau rejoignent la mer par un exutoire unique : L'Oued Mafragh. (Affoun, 2006)

Il est composé de quatre sous bassins : (Figure. 2)

- Le sous Bassin Côtier Oued la Kalle 03-18 (432,2 Km²).
- Le sous Bassin Côtier Ramel-Souk 03-16 (734,2 Km²).
- Le sous Bassin Côtier Oued Mafragh03-17 (847,3 Km²).
- Le sous Bassin Côtier Bounamoussa03-15 (856,3 Km²).

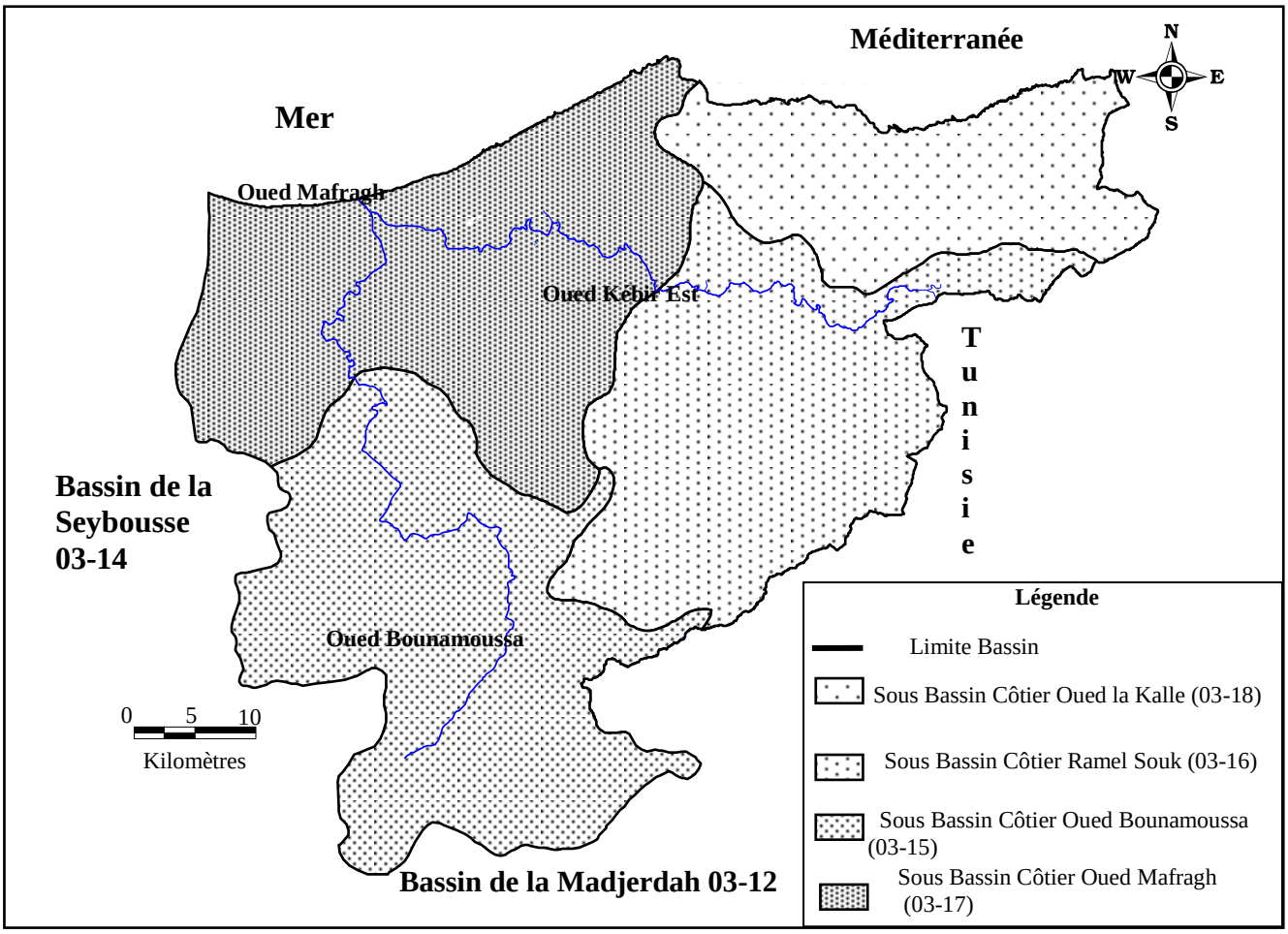

Figure. 2. Carte des sous bassins du Côtier Constantinois Est 03.

II. POTENTIALITÉS HUMAINES ET ÉCONOMIQUES

II.1. Découpage administratif

La région d'étude, occupe la partie centrale de la wilaya d'El Tarf, répartis sur quatre (4) wilayas (Tableau. 1), à savoir El Tarf, Annaba, Guelma et Souk Ahras renfermant onze (11) daïras et vingt-sept (27) communes dont Dix-sept (17) communes sont entièrement incluses dans le bassin et dix (10) partiellement (Figure. 3).

Tableau. 1. Découpage administratif du bassin.

Wilaya	Daïra	Commune	Inclusion
El Tarf	El Tarf	El Tarf	Entièrement incluse
		Ain Assel	Entièrement incluse
		Bougous	Entièrement incluse
		Zitouna	Entièrement incluse
	El Kala	El Kala	Entièrement incluse
		Souarekh	Entièrement incluse
		Ramel El Souk	Entièrement incluse
		El Aioune	Entièrement incluse
	Ben M'hidi	Ben M'hidi	Entièrement incluse
		El Chatt	Partiellement incluse
		Berrihane	Entièrement incluse
	Besbes	Besbes	Partiellement incluse
		Asfour	Entièrement incluse
		Zerizer	Entièrement incluse
	Drean	Chihani	Partiellement incluse
	Bouhadjar	Bouhadjar	Entièrement incluse
		Ain Karma	Entièrement incluse
		Oued Zitoune	Partiellement incluse
		Hamem Beni Saleh	Partiellement incluse
	Bouteldja	Bouteldja	Entièrement incluse
		Lac des Oiseaux	Entièrement incluse
		Cheffia	Entièrement incluse
Total	07	22	
Annaba	El Bouni	El Bouni	Partiellement incluse
Total	01	01	
Guelma	Bouchegouf	Bouchegouf	Partiellement incluse
Total	01	01	
Souk Ahras	Machroha	Machroha	Partiellement incluse
	Ouled Driss	Aïn Zana	Partiellement incluse
		Ouled Driss	Partiellement incluse
Total	02	03	
Total Bassin	11	27	

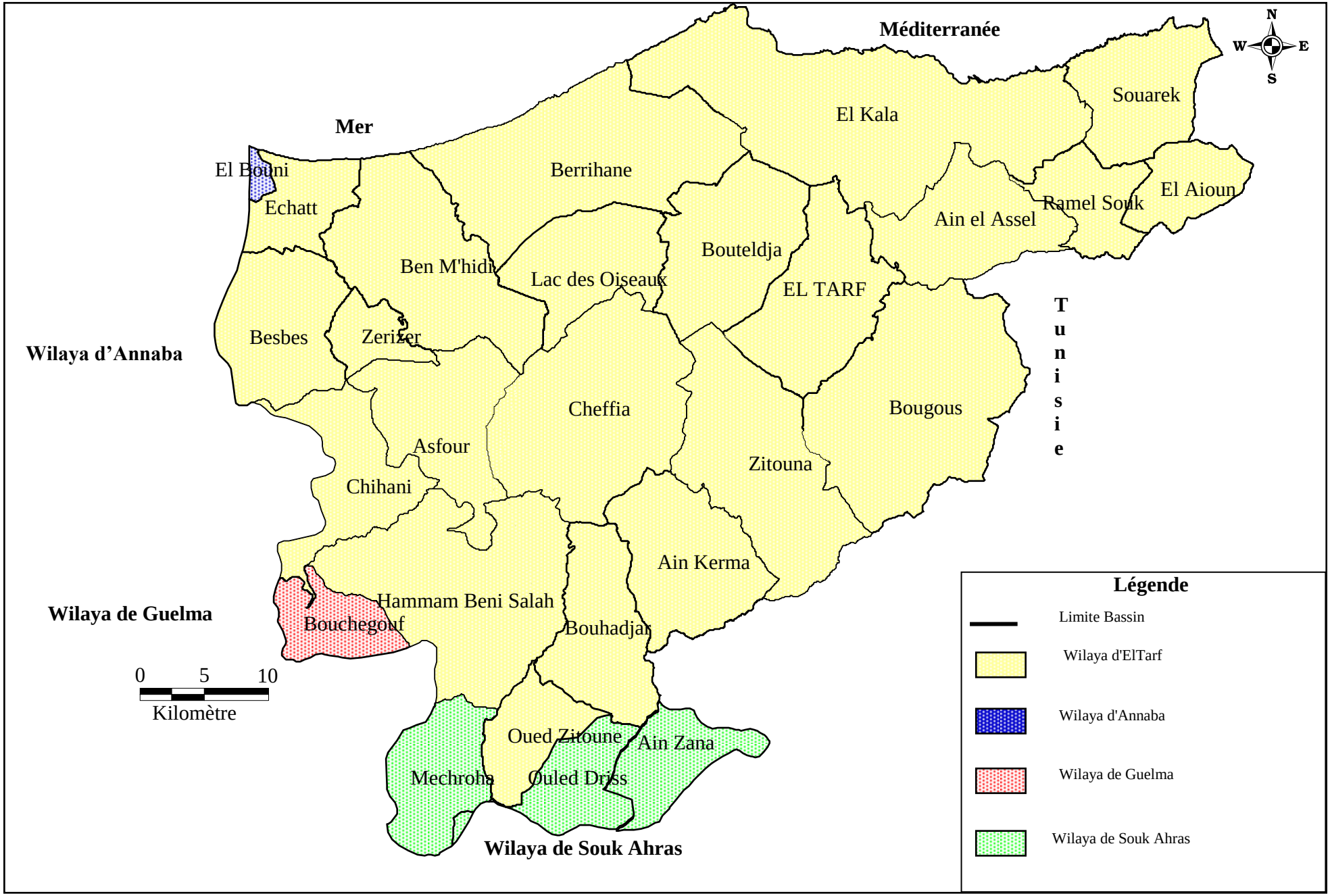

Figure. 3. Carte du découpage administratif du bassin.

II.2. Superficie

La Figure. 4, montre que d'après la superficie on peut classée les communes du bassin en trois classes :

La première inclut les communes d'Echatt, Zerizer...etc (Tableau. 2), dont leur superficie est comprise entre 5 et 73 Km^2, la deuxième comprend les communes d'El Tarf (Tableau. 2), Lac des Oiseaux...etc, dont leur superficie est comprise entre 73 et 113 Km^2, Et enfin la troisième comprend les communes d'El Kala, Cheffia…etc, dont leur superficie est comprise entre 113 et 293 Km^2.

Tableau. 2. Superficie des différentes communes incluses dans le bassin.

Wilaya	Daïra	Commune	Superficie (km^2)
El Tarf	El Tarf	El Tarf	111,4
		Ain Assel	94,8
		Bougous	215,8
		Zitouna	159,6
	El Kala	El Kala	292
		Souarekh	87,35
		Ramel El Souk	50
		El Aioune	45,85
	Ben M'hidi	Ben M'hidi	150,65
		El Chatt	49,13
		Berrihane	202,50
	Besbes	Besbes	99,57
		Asfour	104,52
		Zerizer	29,30
	Drean	Chihani	82,61
	Bouhadjar	Bouhadjar	92,07
		Ain Karma	110,84
		Oued Zitoune	50,90
		Hamem Beni Saleh	200,7
	Bouteldja	Bouteldja	113,53
		Lac des Oiseaux	85,88
		Cheffia	192,47
Total	07	22	2621,47
Annaba	El Bouni	El Bouni	5,84
Total	01	01	5,84
Guelma	Bouchegouf	Bouchegouf	47,02
Total	01	01	47,02
Souk Ahras	Machroha	Machroha	76,66
	Ouled Driss	Aïn Zana	60,07
		Ouled Driss	58,94
Total	02	03	195,97
Total Bassin	11	27	2870

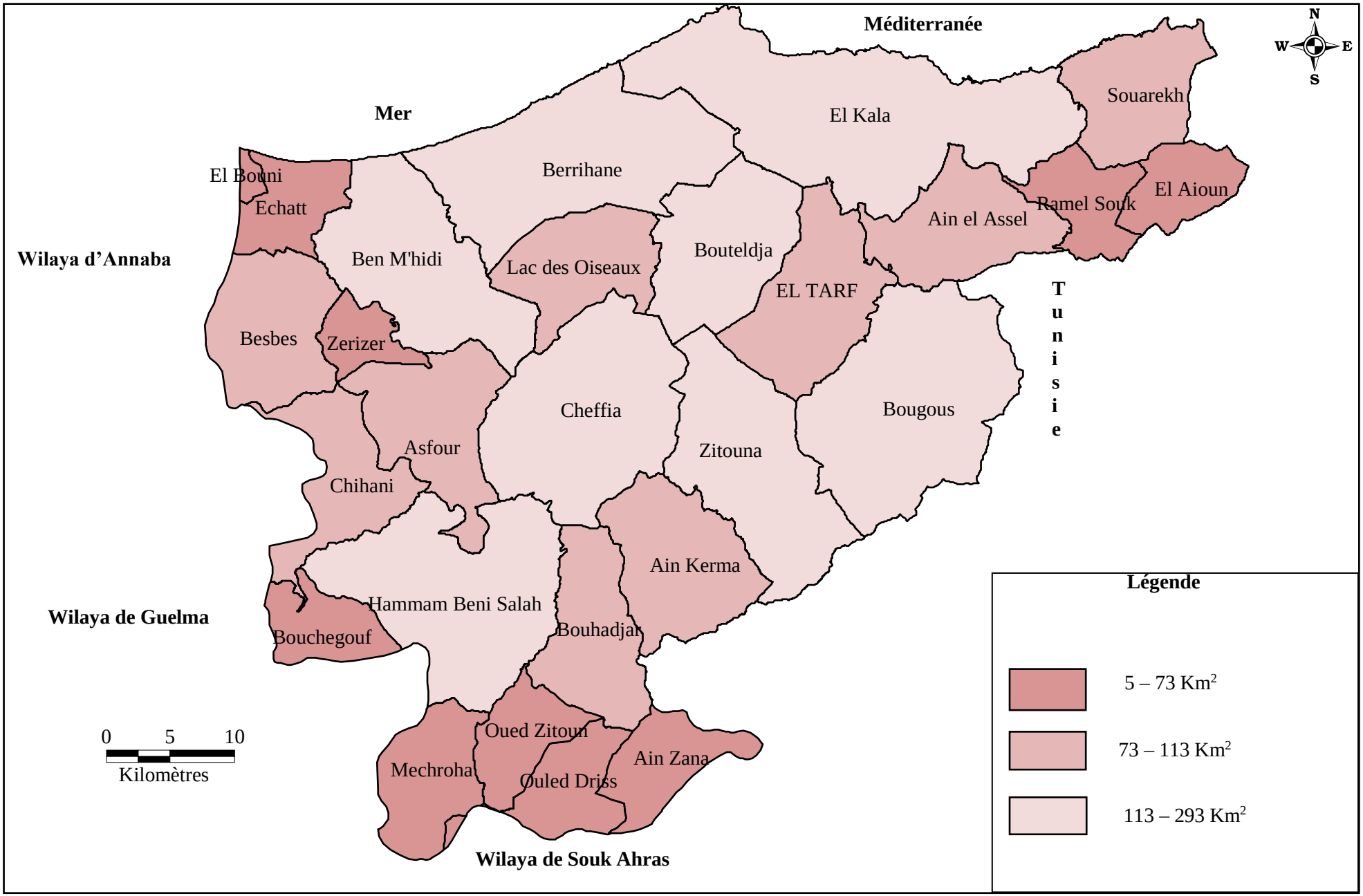

Figure. 4. Carte de la superficie du bassin.

II.3. Population

Les statistiques disponibles annoncent 373 183habitants pour l'ensemble du bassin, estimation 2011 selon recensement 2008 ; (Tableau. 3). Cette population est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes telles que, El Tarf, El Kala, Ben M'hidi, El Chatt…etc (Figure. 5).

Tableau. 3. Répartition de la population résidente par commune en 2011 dans le bassin (Source DPAT 2008).

Wilaya	Daïra	Commune	Population2011 (hab)
El Tarf	El Tarf	El Tarf	27481
		Ain Assel	17640
		Bougous	11510
		Zitouna	10211
	El Kala	El Kala	29621
		Souarekh	8396
		Ramel El Souk	4568
		El Aioune	5608
	Ben M'hidi	Ben M'hidi	34884
		El Chatt	29352
		Berrihane	10044
	Besbes	Besbes	38880
		Asfour	11724
		Zerizer	11365
	Drean	Chihani	4266
	Bouhadjar	Bouhadjar	21579
		Ain Karma	15123
		Oued Zitoune	4600
		Hamem Beni Saleh	5073
	Bouteldja	Bouteldja	18548
		Lac des Oiseaux	11044
		Cheffia	8443
Total	07	22	334352
Annaba	El Bouni	El Bouni	8046
Total	01	01	8046
Guelma	Bouchegouf	Bouchegouf	10306
Total	01	01	10306
Souk Ahras	Machroha	Machroha	10226
	Ouled Driss	Aïn Zana	2773
		Ouled Driss	7480
Total	02	03	20479
Total Bassin	11	27	373183

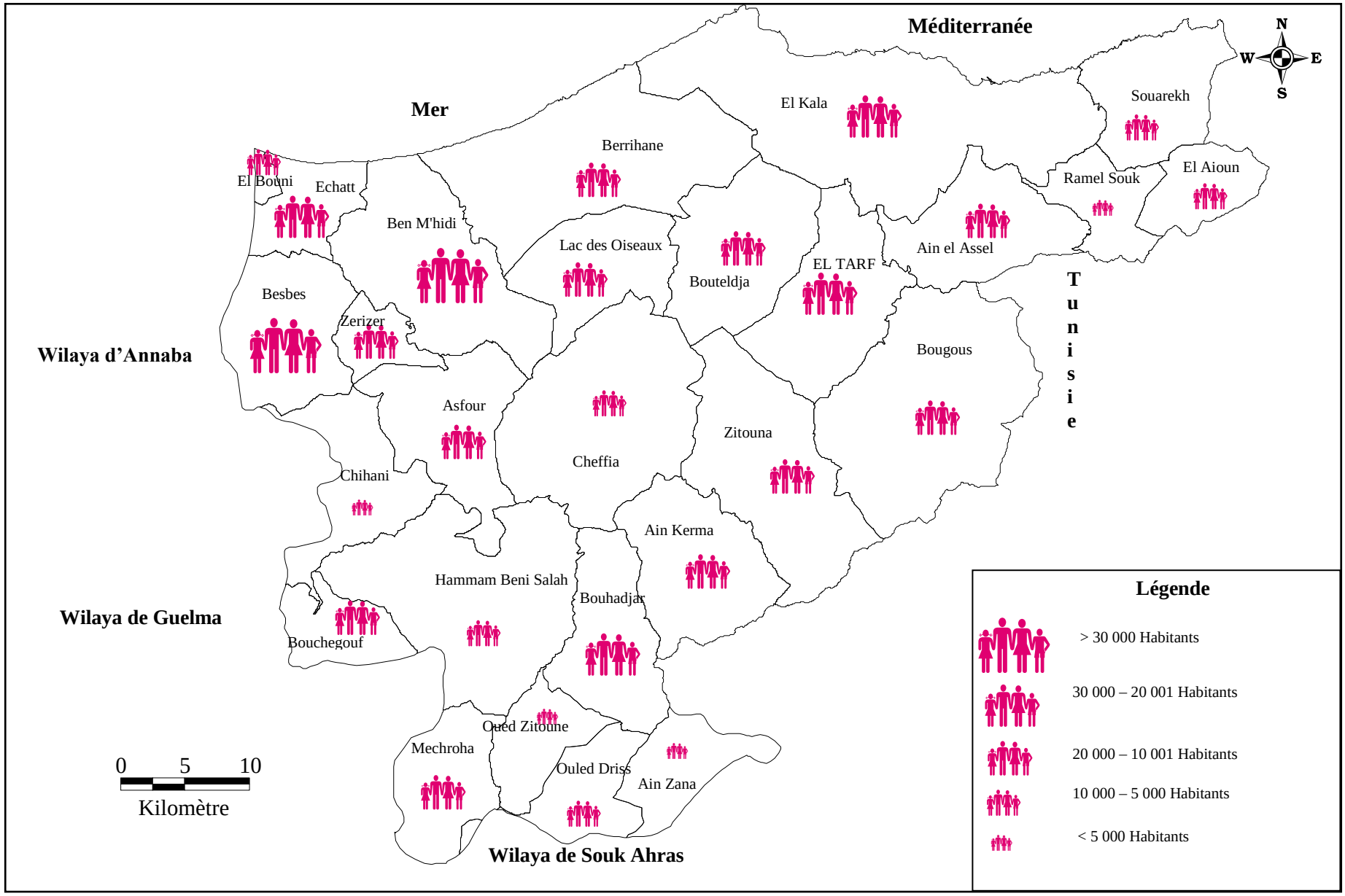

Figure. 5. Carte de répartition de la population en 2011 du bassin.

II.4. Densité

On remarque que dans certaines communes la densité de la population est plus importante des unes des autres, bien que la superficie est presque la même (Tableau. 4), ceci est en relation directe avec la vocation de la zone (touristique, agricole, industrielle..etc.) (Figure. 6).

Tableau. 4. Répartition de la densité en 2011 dans le bassin.

Wilaya	Daïra	Commune	Densité (hab/km^2)
El Tarf	El Tarf	El Tarf	244
		Ain Assel	183
		Bougous	53
		Zitouna	63
	El Kala	El Kala	101
		Souarekh	96
		Ramel El Souk	92
		El Aioune	120
	Ben M'hidi	Ben M'hidi	228
		El Chatt	598
		Berrihane	50
	Besbes	Besbes	391
		Asfour	111
		Zerizer	378
	Drean	Chihani	52
	Bouhadjar	Bouhadjar	234
		Ain Karma	137
		Oued Zitoune	90
		Hamem Beni Saleh	26
	Bouteldja	Bouteldja	161
		Lac des Oiseaux	129
		Cheffia	44
Total	07	22	128
Annaba	El Bouni	El Bouni	1380
Total	01	01	1378
Guelma	Bouchegouf	Bouchegouf	219
Total	01	01	219
Souk Ahras	Machroha	Machroha	134
	Ouled Driss	Aïn Zana	47
		Ouled Driss	125
Total	02	03	139
Total Bassin	11	27	130

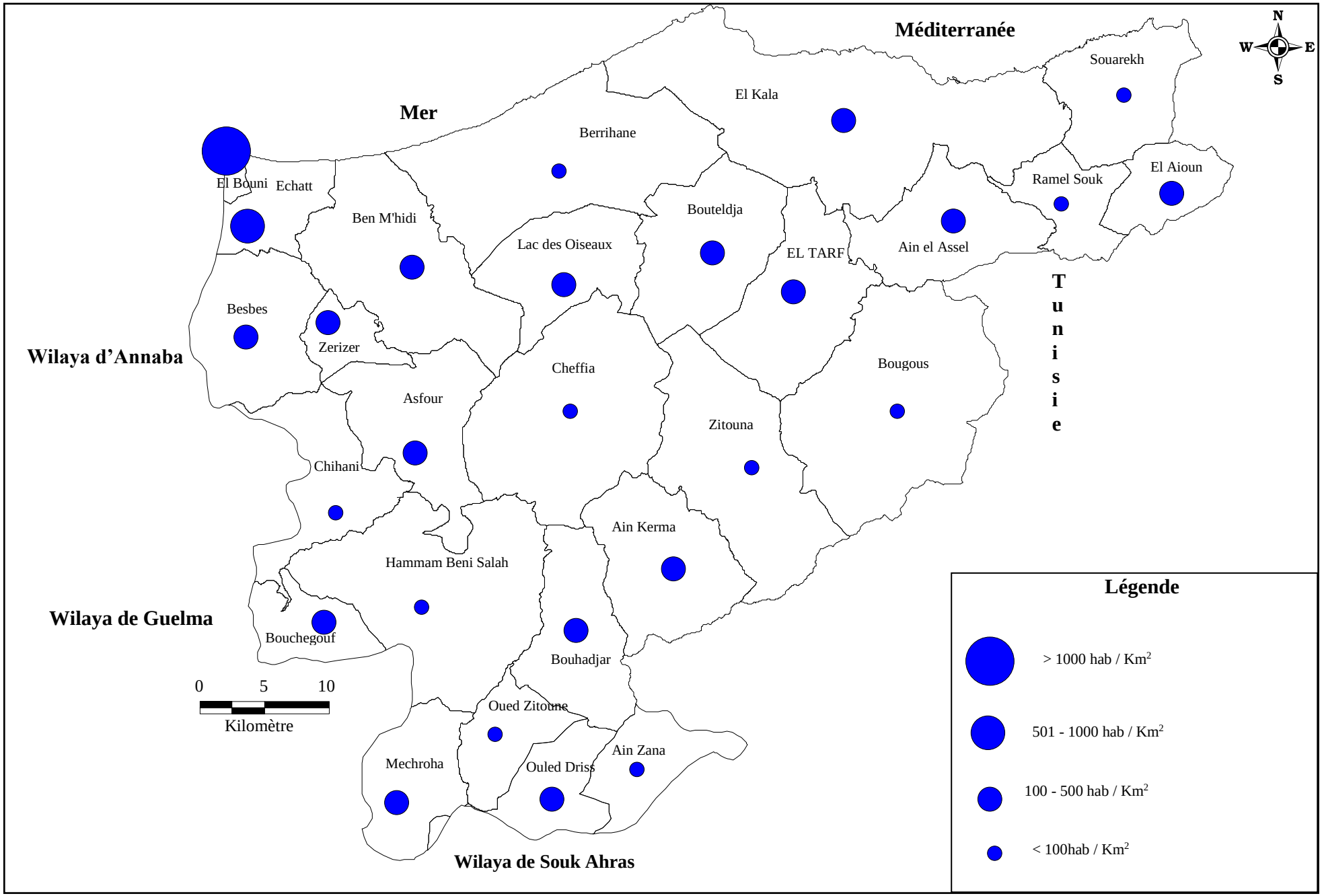

Figure. 6. Carte de répartition de la densité en 2011 du bassin.

II.3. Réseau routier

La région dispose d'un réseau routier d'une longueur de 1529 km, composé de :

- 230 Km de routes nationales.
- 331 Km de chemins de Wilaya.
- 968 Km de chemins communaux.

La richesse de la région est a recherché dans les domaines suivant :

II.4. Domaine de l'agriculture

Bien que la vocation essentielle du bassin soit l'agroalimentaire, la superficie agricole est de 83 995 Ha soit 29% de la superficie totale.

Tableau. 5. Répartition générale des terres (Ha) (source DSA El Tarf 2009).

Superficie Agricole totale Ha	SAU (Ha)	Parcours et pacages	Terres improductives
83995	74 131	8 518	1 346

D'après le tableau. 5, on remarque que les parcours et pacages, au niveau de la région ne sont estimés qu'à 8 518 Ha soit 10,14 % de la superficie agricole totale. Ils sont constitués principalement de maquis clairs dégradés, subissant régulièrement la pression du cheptel.

Les terres improductives avec 1 346 Ha représentent 1,59 % de la superficie agricole totale de la région. Elles sont constituées des terres affectées à l'agriculture.

La surface agricole utile (SAU) qui s'étend sur une superficie de 74 131 Ha, soit 88,27 % de la superficie agricole totale, représente un potentiel en terre non négligeable (Tableau. 6).

Tableau. 6. Répartition de la SAU par groupes de cultures (source DSA El Tarf2009).

	SAU	Grandes Cultures	Fourrages	Légumes secs	Cultures industrielles	jachère	Maraîchage	Arboriculture
Ha	74131	16 502	14 500	439	3 155	23 777	8 020	7 738
%	100	22,24	19,54	0,59	4,25	32,07	10,81	10,43

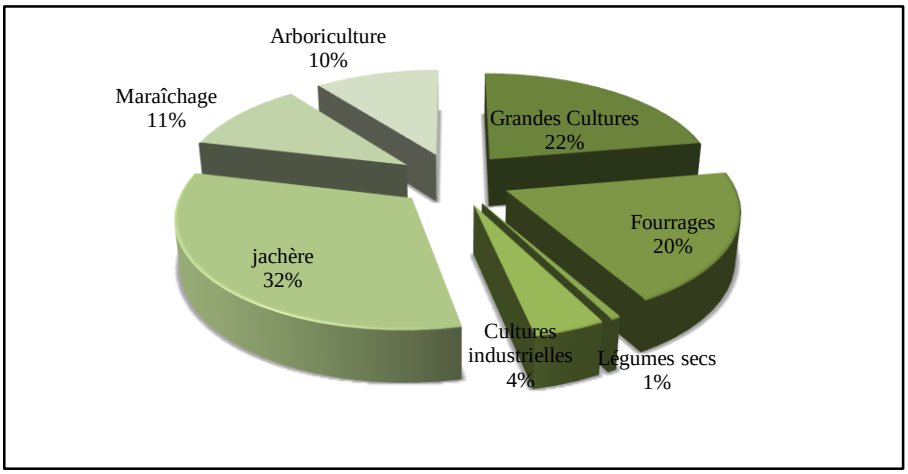

Figure. 7. Répartition de la SAU par groupe de culture.

D'après la Figure. 7 ; Les céréales occupent une superficie de 16 502 Ha, soit 22,24 % de la SAU. Les cultures fourragères occupent une superficie relativement importante, et ce en rapport avec l'importance de l'élevage. Elles sont estimées à 14 500 Ha, soit 19,54% de la SAU. Le maraîchage concerne une superficie de 8 020 Ha soit 10,81% de la SAU. Ils sont

pratiqués sur des terres à pentes faibles et parfois sur piémonts. L'arboriculture fruitière est une activité agricole significative au niveau de la région. Elle occupe une superficie de 7 738 Ha soit 10,43 % de SAU.

Les sols des plaines de Besbes, Ben M'hidi, Lac des Oiseaux, Bouteldja, El Tarf et Ain Assel sont en général favorables pour le développement de toutes les cultures. Néanmoins certains facteurs naturels (platitude du terrain, faible pente, relief …) limitent son expansion. L'agriculture vivrière est très répandue et occupe des petites surfaces favorisant le morcellement des terres. Seul le périmètre de la Bounamoussa est exploité à 30% de ses capacités.

Le périmètre de la Bounamoussa a été réalisé en grande partie par la société Américaine "DRAVO. CORPORATION", il a été mis en exploitation pendant la campagne d'irrigation 1977-1978. Le périmètre occupe une superficie de 16 500 Ha, et une superficie nette irrigable de 13 721 Ha.

II.5. Domaine des ressources hydriques

La région d'El Tarf, sous l'influence des domaines bioclimatiques humide dans sa moitié Est, et subhumide dans sa moitié Ouest, est bien arrosée. Elle reçoit une moyenne annuelle de 745,43 mm de pluie. De plus, de par la proximité du littoral, elle connaît une humidité relative élevée : moyenne annuelle de 70,54 % (données ONM).

Les écoulements superficiels abondants en hiver et maigres en été, sont drainés par un réseau hydrographique, axé Sud Nord, relativement dense dont les principaux exutoires sont, l'Oued Kébir Est, Oued Bounamoussa et l'Oued Seybousse qui forment l'ossature de 2 bassins versant distincts (DPAT, 2005).

On y recense 4 lacs naturels : Oubeïra, Tonga, El Mellah et Des Oiseaux, faisant partie intégrante du parc naturel d'El Kala, ils sont interdits d'exploitation.

La région d'étude dispose d'un système aquifère potentiellement riche et relativement bien réparti sur son territoire. Du fait d'une pluviométrie généreuse, la reconstitution rapide de la réserve ne laisse pas apparaître d'abaissement significatif.

La zone d'étude dispose de 2 barrages :

Le Cheffia, sis dans la commune du même nom, d'une capacité de 171 hm^3 dont 158,83 hm^3 exploitables (DHW). Mis en exploitation en 1975, son eau est destinée à :

L'alimentation en eau potable de la ville d'Annaba et sa zone industrielle et la Daïra de Bouhadjar ; L'irrigation du périmètre de Bounamoussa (17 000 ha) et du périmètre de Cheffia.

Le Mexa sis sur la commune de Bougous, d'une capacité de 47 hm^3 dont 30,3 hm^3 exploitables (DHW). Réceptionné en 1998, il dessert exclusivement en eau potable les villes d'Annaba et d'El Tarf.

Un autre barrage est en cours de réalisation en amont de celui de Mexa. Sa fonction première est de réguler le premier ouvrage. Son eau servira à l'AEP de la Wilaya d'Annaba et d'El Tarf (DHW).

II.6. Domaine industriel

L'activité industrielle est moins importante que les autres secteurs de la région. Elle se caractérise surtout par quelques entreprises agroalimentaires comme les conserveries de tomate, limonaderie…, briqueterie et des carrières de sable (Tableau. 7). Le secteur industriel de la région est composé de 22 unités. Ces unités sont réparties ainsi (Figure. 8):

Tableau. 7. Répartition des industries (Source DMI 2011).

Industries	Désignation des unités	Activités principales	Commune
	Minoterie de l'Est	Farine	Ben M'Hidi
	Minoterie le Littoral	Farine	Echatt
	Carajus racherache	Boissons fruitées	Echatt
	Unité Eaux minérales Bouglez	Eaux minérales palettes	Boutheldja
	Limonaderie Bambino	Eaux gazéifiées	Ben M'Hidi
	Laiterie Conserverie Royale	Lait et produits dérivés	Besbes
	Laiterie Oubeira	Lait et produits dérivés	Ben M'Hidi
	Conserverie les Aures	Concentré de Tomate	Besbes
	Conserverie El Bousten	Concentré de Tomate	Zrizer
	Conserverie Sijico	Concentré de Tomate	Echatt
	Conserverie Saca	Concentré de Tomate	Echatt
	Conserverie Carsi 1	Concentré de Tomate	Ben M'Hidi
	Conserverie Carsi 2	Concentré de Tomate	Boutheldja
ISMMS	Galva-Tubes	Produits Sidérurgiques	Echatt
	EURL Technolux	Montage produits Eletro ménagers	Oum Teboul
	ONAAPH (office national d'appareillage pour handicapés)	Montage appareillage pour handicapés	El Kala
Chimiques et pharmaceutiques	Buicare Médicament	Conditionnement produits Pharmaceutiques	Ben M'Hidi
	INPHA Médicament	Conditionnement produits Pharmaceutiques	Ben M'Hidi
	Morane Soudure d'Algérie	Emballage plastic	Ben M'Hidi
	Mini centre enfuteur NAFTAL	Mise en bouteille gaz butane	El Tarf
matériaux de construction	Briqueterie El Amel	Briques	Boutheldja
	Unité carrelage	Carrelage	Ben M'Hidi

II.7. Forêt

La forêt couvre plus de la moitié de la superficie du bassin. La valeur du couvert végétal est confirmée à travers l'existence de deux zones naturelles protégées à savoir: le parc national d'El-Kala et le parc écologique et zones de paysages de Beni Salah, qui renferment une multitude d'espèces végétales (les pins maritimes, les pins d'Alep, les chênes lièges, les chênes zen…etc.). D'autres forêts sont à signaler au niveau de la zone côtière :

- La forêt de Brabtia au Nord-Ouest du lac Oubeïra
- La forêt de Brabtra à l'Ouest du lac Mellah
- La forêt d'El Kala

Les massifs forestiers (Figure. 9) de la région, occupent une superficie de plus de 167 425 Ha représentant un taux de 57% du territoire du bassin, selon l'IFN (inventaire forestier national réalisé par le BNEDER fin Décembre 2008). Ceux-ci se répartissent comme suit :

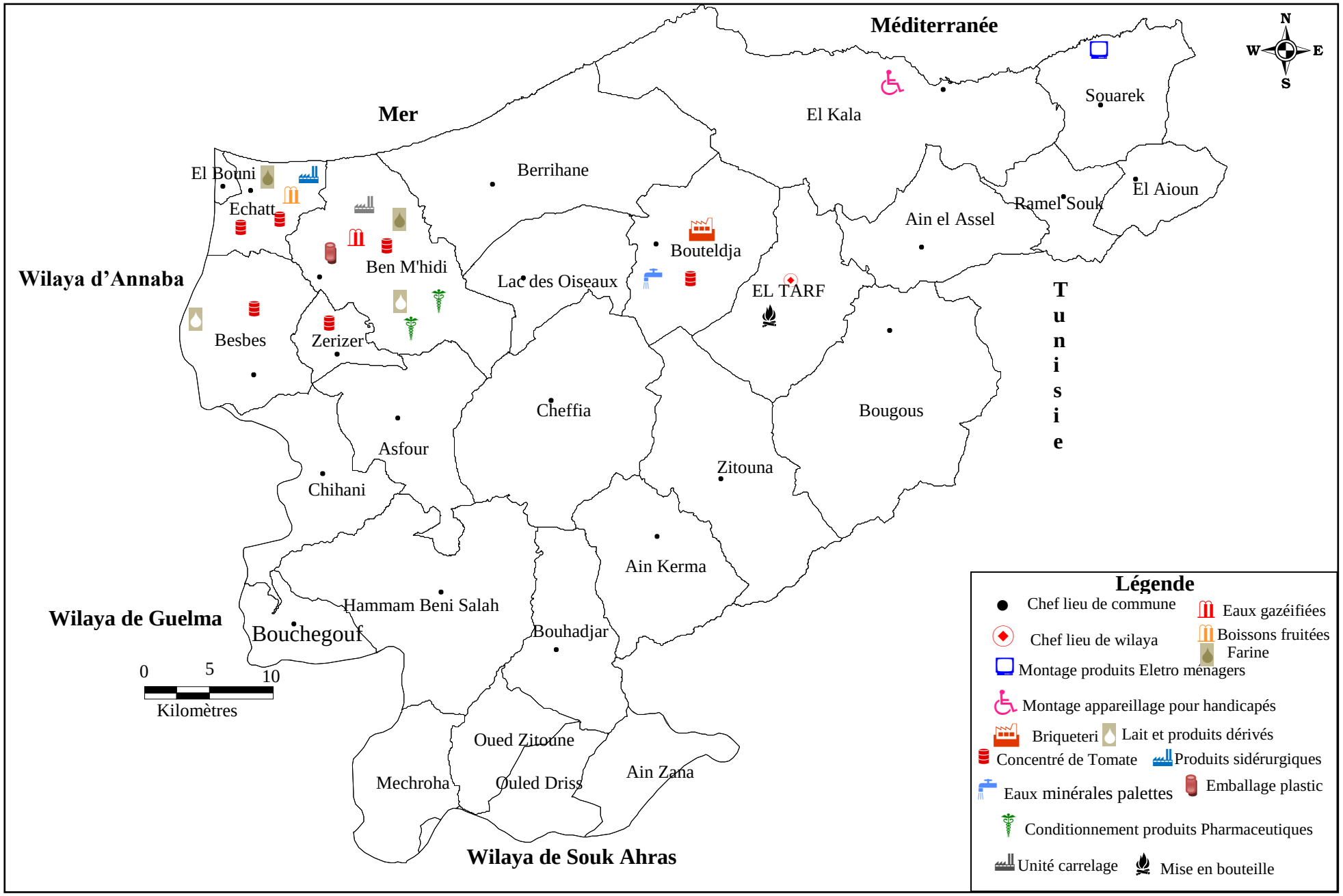

Figure. 8. Carte des différentes unités industrielles existantes dans le bassin.

- Chêne liège et chêne zeen = 78 457 Ha
- Pin Maritime = 13 896 Ha
- Eucalyptus = 11 222 Ha
- Autres essences
- Peuplier –Oléastres = 4 819 Ha
- Aulne -Frêne
- Maquis= 59 031 Ha

Cette richesse dans les trois domaines engendre actuellement un souci majeur, car ces domaines représentent les plus importantes sources de pollution, à savoir :

Pollution urbaine

Elle est représentée par les rejets urbains de la région d'étude, qui sont déversés sans traitement préalable dans l'Oued Kébir Est et l'Oued Bounamoussa. Les eaux usées domestiques contiennent des particules minérales, des bactéries fécales, des matières organiques, des produits toxiques, des quantités importantes d'azote et de phosphore, ainsi que d'autres produits.

Pollution agricole

Cette pollution est liée essentiellement à :

L'existence de plusieurs fermes pratiquant divers types d'élevages, à l'utilisation intensive des engrais et de pesticides riches en NO_3^-, PO_4^{3-} et SO_4^{2-} . Ces derniers produisent un lixiviat riche en azote (organique ou ammoniacal) qui est véhiculé par les eaux de ruissellement après épandage et rejoint les eaux de surfaces par écoulement hypodermique (Recous, 1995; Cann, 2000).

Les rejets agricoles contiennent plusieurs types de polluants : des matières organiques, des éléments nutritifs (N.P), des métaux lourds, des pesticides et des micro-organismes.

Pollution industrielle

L'industrie dans la zone d'étude est caractérisée par quelques entreprises agroalimentaires. Elles rejettent une eau chargée en composées organiques dissous et en suspensions, des graisses, et des composées phosphorés et azotés.

II.8. Tourisme

Forte de son littoral de 90 Km de côtes où s'alternait plages, falaises et dunes verdoyantes d'une part et riche d'une biodiversité composée de juxtaposition d'écosystèmes marin, lacustre, et forestier composant le fameux Parc National El Kala d'autre part, la région renferme sans conteste un potentiel touristique indéniable.

Le région dispose de Cinq (05) zones d'expansion touristique (Tableau. 8), déclarées par le décret 88/332 totalisant 5085 Ha. Ces ZET sont réparties tout le long du littoral (90 Km),

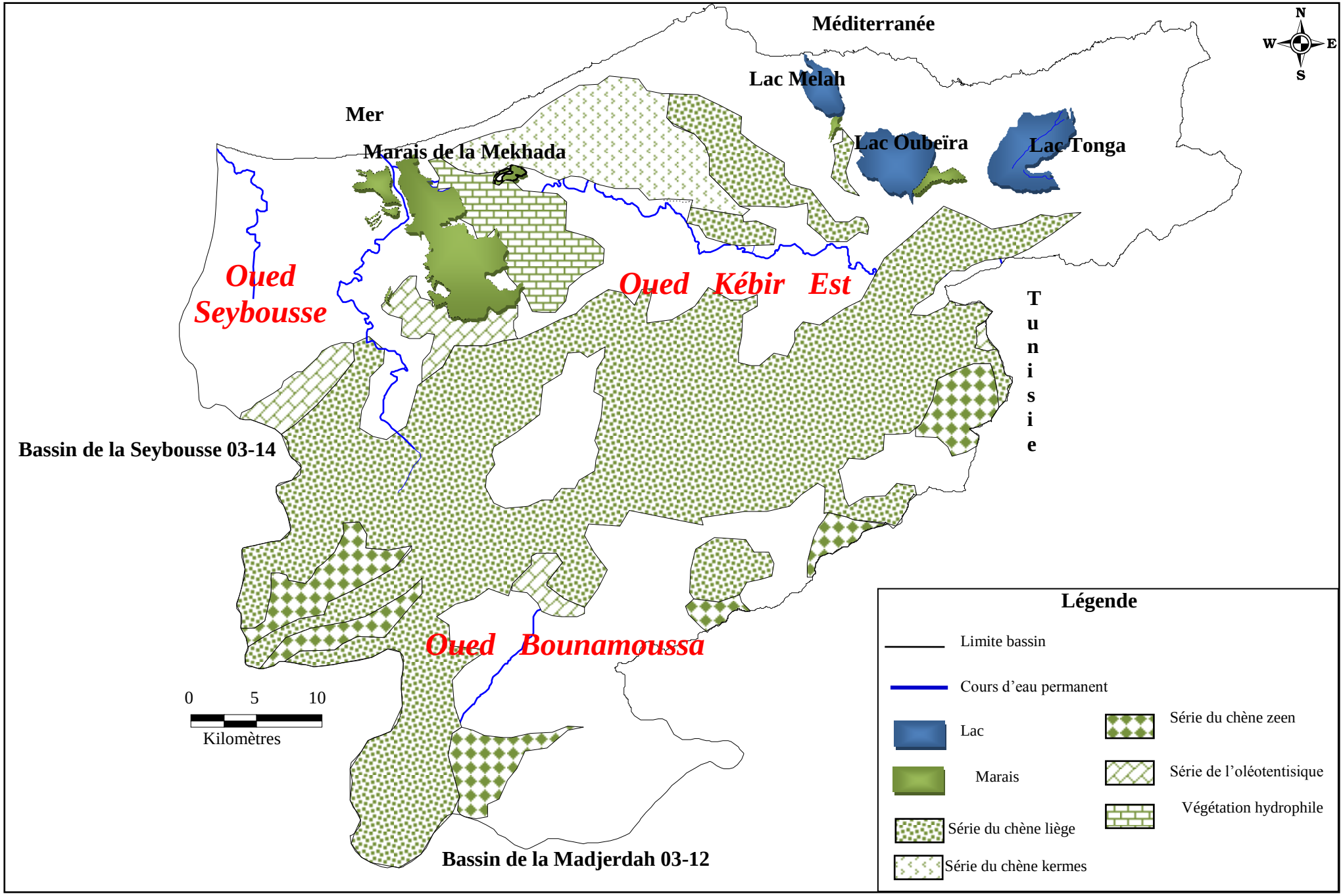

Figure. 9. Carte du couvert végétal du bassin.

composées de 14 sites féeriques et envoûtants. Le foncier aménageable est évalué à 1115 ha soit 21,93 % de la superficie totale, le reste constitue les zones de protection.

Tableau. 8. Caractéristiques des Zones d'expansion touristique.
(Source Direction du tourisme 2011)

Commune	Dénomination de la Z.E.T	Superficie par décret (Ha)
Souarekh et El-Kala	MESSIDA	565
El-Kala	CAP ROSA	900
El-Kala et Berrihane	HENNAYA	870
Berrihane	Mafragh- Est	1600
Ben M'Hidi et El-Chatt	Mafragh- Ouest	1150

II.9. Pêche

L'activité de la pêche de la région dont le linéaire côtier est d'environ 90 km, est globalement assurée par le vieux port de pêche d'El Kala (1925) dont la digue principale de 307,5 m a été réalisée en 1976. Le port possède en outre les caractéristiques suivantes :

- Une longueur de quais de 800 m linéaires, un terre-plein de 1,1 ha ;
- Un tirant d'eau de 4 à 5 m ;
- Une largeur de la passe d'entrée de 70 m et un plan d'eau 3,6 ha.

Le niveau d'envasement élevé du port réduit la longueur du quai à 192 m et pénalise beaucoup les pêcheurs et leurs embarcations (difficultés d'entrée et d'accostage).

III. GÉOMORPHOLOGIE

Le territoire de la zone d'étude, est partagé grossièrement entre deux entités totalement opposées, mais appartenant toutes les deux au domaine tellien.

Il s'agit de la marge littorale au nord dominée par des plaines et des vallées évasées et ouvertes vers la mer, et la partie montagneuse au sud dominée par des reliefs chahutés appartenant, en partie, aux hauteurs de la Medjerda.

Ces deux entités sont, en effet, très différenciées dans l'espace de cette région, mais où d'autres sous unités morphologiques peuvent se distinguer dans le détail à travers les paysages de cette zone.

Comme l'illustre la Figure. 10, le territoire du bassin s'étale, sur le plan morphologique, sur des paysages contrastés et sur des milieux variés. Un territoire où s'opposent les plaines, les vallées, les piémonts et les montagnes et où le milieu des hauts reliefs, comme pour les basses terres de la région de Ben M'hidi est entièrement humide et où les sols sont saturés d'eaux ou couverts de marécages, surtout en hiver.

IV. SOL

Comme le montre la Figure. 11, les sols les plus répandus dans la région d'étude, particulièrement à l'Est, et au sud sont les sols podzoliques (pd), développés autour des lacs littoraux et sur les terrains montagneux et forestiers tout le long de la frontière tunisienne et sur les terrains limitrophes avec le bassin de la Madjerdah. Ce sont des sols à travers lesquels sont développés localement des sols calcaires ou des sols insaturés. Comme il existe des sols dunaires (ds) le long de la bande littorale, particulièrement à l'ouest et au centre de cette marge méditerranéenne. En outre, cette zone est connue pour son climat humide et ses nombreux lacs autour desquels sont développés des sols de marais (m) et des sols salins de type solontchak (sk) ou solonetz (sn). Dans le détail, chacune de ces classes de

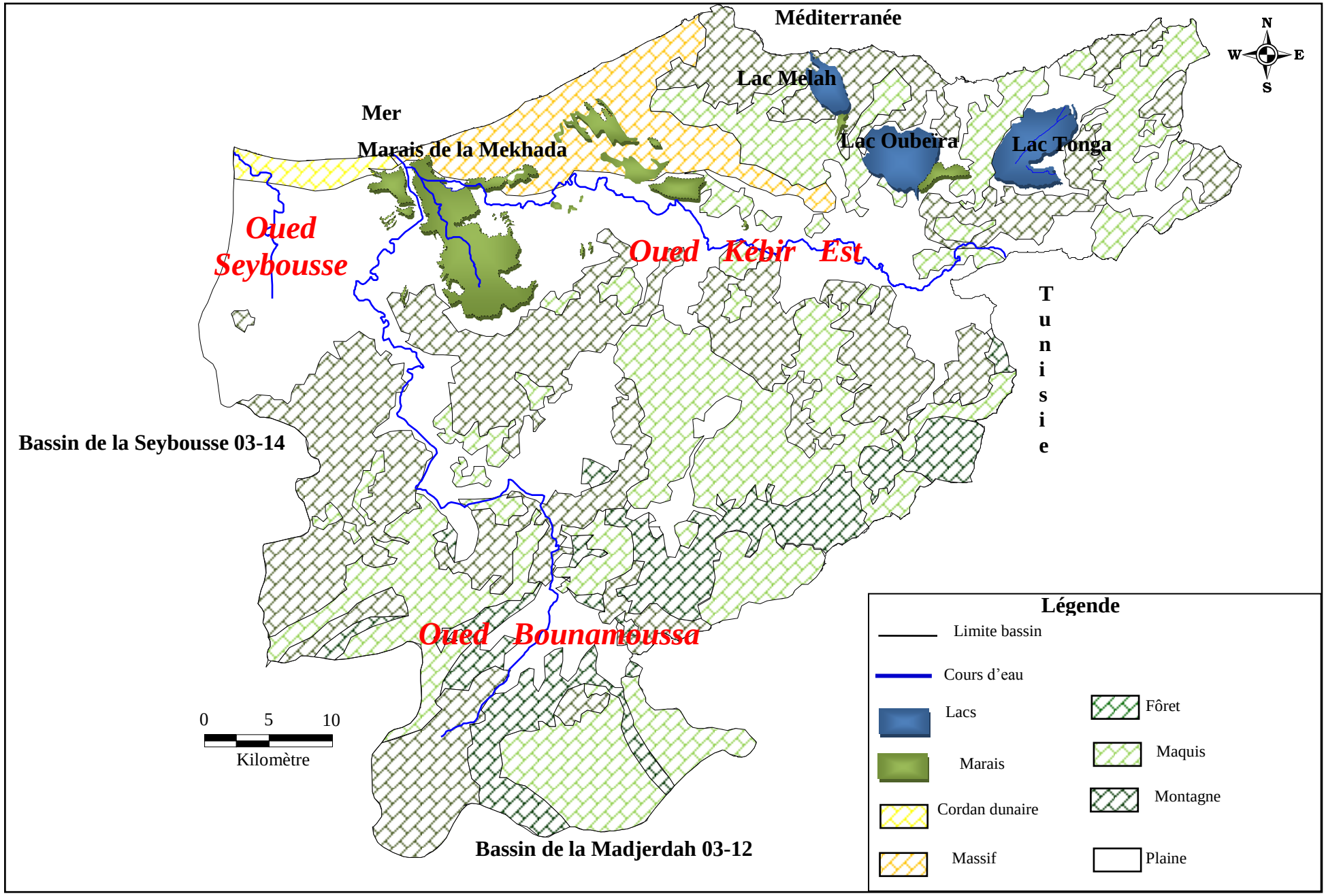

Figure. 10. Carte des unités géomorphologiques du bassin.

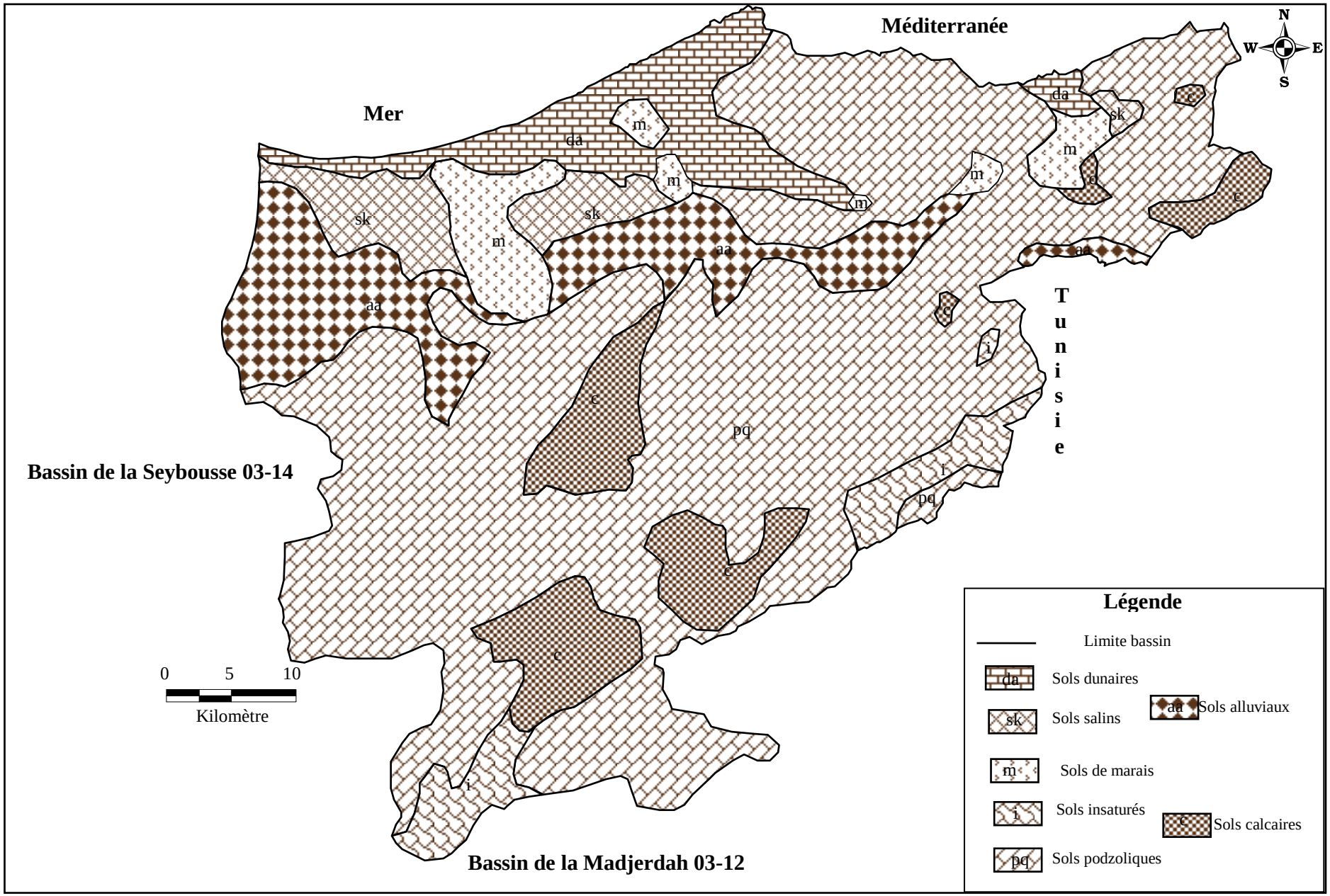

Figure. 11. Carte des sols du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte des sols d'Algérie au 1/500 000 éme- feuille de Constantine, IGN. 1932-SO ; (modifiée par Bahroun, 2015).

sols peut être subdivisée en plusieurs sous classes. Au total, nous sommes en présence dans la partie basse dépressionnaire de sols de prairies marécageuses, de sols tourbeux non inondés, de sols alluvionnaires d'oueds, de colluvions de pentes gréseuses et de sols dunaires.

V. MORPHOMÉTRIE

L'étude morphométrique d'un bassin versant repose sur des mesures et des calculs géométrique des différents paramètres morphométriques (surface, altitude, pente …etc.). Ces paramètres sont obtenus à partir des données topographiques et permettent de connaitre la forme du bassin, le relief, le régime et l'ordre des cours d'eau.

- Notion d'un bassin versant

Un bassin versant est un territoire délimité par des frontières naturelles appelées « lignes de partage des eaux » ou « lignes de crête ». Chaque bassin versant draine un cours d'eau principal souvent accompagné de plusieurs affluents. Ainsi, chaque goutte de pluie qui tombe sur ce territoire va rejoindre l'oued soit par écoulement de surface, soit par circulation souterraine après infiltration dans le sol.

Le bassin versant correspond donc à la surface d'alimentation d'un cours d'eau. (Figure. 12).

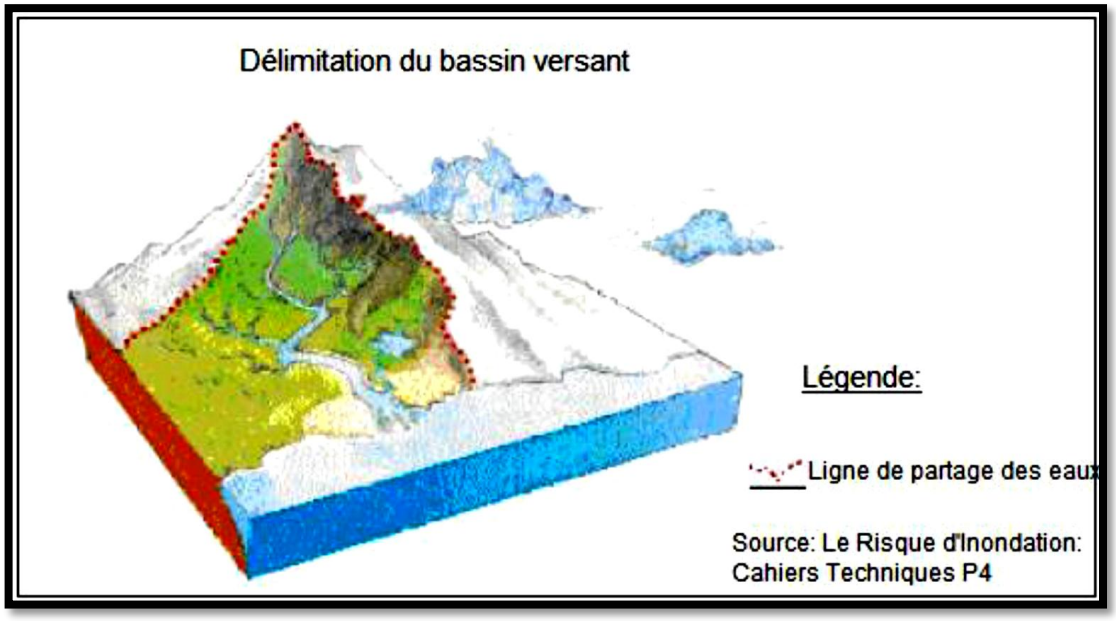

Figure. 12. Délimitation du bassin versant.

Le lit mineur est l'espace limité par les berges et parcouru par les débits non débordants. Par opposition, le lit majeur (ou zone d'expansion de crue, ou zone inondable) est l'espace occupé par les eaux débordantes. Il est définit comme l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue connue (ou crue historique).

Ce sont les oueds qui, par le jeu de l'érosion, vont décomposer le bassin versant en plusieurs parties : les plateaux, les vallées et les plaines où l'on distingue les lits mineur et majeur des cours d'eau. (Figure. 13).

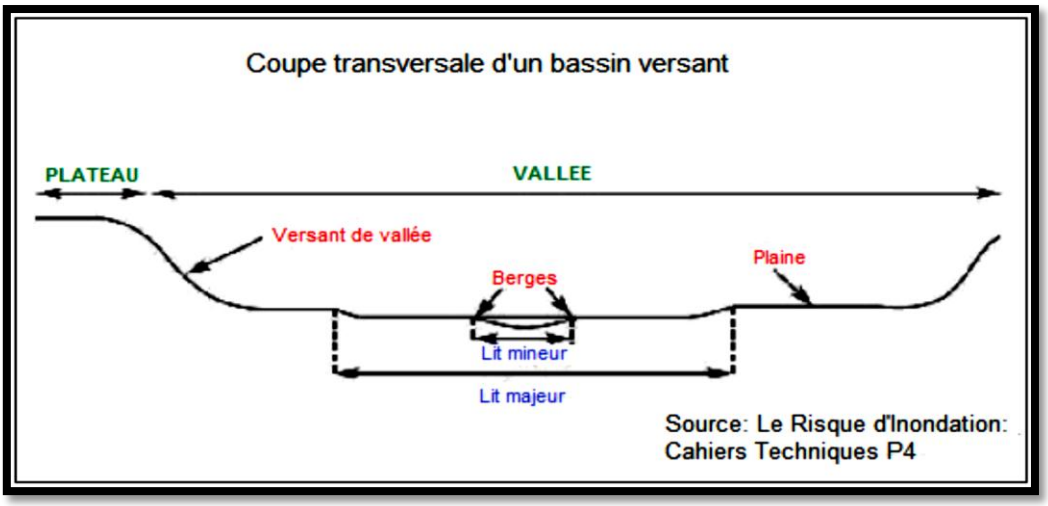

Figure. 13. Coupe transversale d'un bassin versant.

V.1.Caractéristiques de forme

V.1.1.Caractéristiques géométriques

La caractérisation géométrique d'un bassin versant peut être abordée à l'aide de certains indices caractéristiques quantitatifs. Ces indices nécessitent d'abord la connaissance et la mesure de deux paramètres de base indispensables, en l'occurrence, la surface du bassin et son périmètre.

- La surface

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont donc être en partie reliés à sa surface. Celle-ci correspond à l'aire délimitée par l'ensemble des points les plus hauts qui constituent la ligne de partage des eaux. La surface (A) du bassin versant, exprimée en km^2, peut être déterminée à l'aide d'un planimètre ou mieux par les techniques de la digitalisation. (Riad, 2003). La surface est un paramètre principal calculé dans notre cas à partir du logiciel MapInfo Professional 8.0 après le tracé des limites du bassin, elle s'exprime en Km^2.

A= 2870 km^2.

- Le périmètre

Le périmètre représente toutes les irrégularités du contour ou de la limite du bassin versant, il est exprimé en km. Le contour du bassin est constitué par une ligne joignant tous les points les plus élevés. (Riad, 2003). Il n'influence pas l'état d'écoulement du cours d'eau au niveau du bassin versant. Le périmètre peut être mesuré à l'aide d'un curvimètre ou automatiquement par des logiciels. Nous avons déterminé le périmètre à l'aide du logiciel MapInfo Professional 8.0

P= 331,8 km.

- Indice de compacité ou coefficient de Gravelius

L'indice de compacité (KG) renseigne sur la forme du bassin versant qui a une grande influence sur l'écoulement global du cours d'eau et surtout sur l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin, résultant d'une pluie donnée. Il est établi en comparant le périmètre du

bassin à celui d'un cercle qui aurait la même surface. Il s'exprime par la formule suivante (Roche, 1963).

$$Kc = 0.28\frac{p}{\sqrt{A}}$$

Si : Kc ≤ 1 ⟶ Bassin versant de forme circulaire.
Kc = 1,12 ⟶ Bassin versant de forme carrée.
Kc> 1,12 ⟶ Bassin versant de forme allongée.

Dans notre cas, sa valeur est de l'ordre de **(1,73)**, cela signifie que le bassin présente une forme allongée. Ce qui implique un temps de concentration élevé.

Kc= 1,73.

- Recherche d'un modèle de représentation « rectangle équivalent »

Ce mode de représentation est mis au point par M. Roche pour comparer les bassins entre eux, afin de connaître l'influence de la forme sur l'écoulement.

L et I sont les racines d'une équation de 2ème degré et sont données par les équations suivantes :

$$L = \sqrt{A}\frac{Kc}{1.12}\left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right]$$

L= 145, 63 Km.

$$I = \sqrt{A}\frac{Kc}{1.12}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right]$$

I= 19, 86 Km.

Les résultats sont donnés dans le Tableau. 9, ci-après :
A : Surface du bassin.
Kc : Coefficient de Gravelius.

Tableau. 9. Paramètres géométriques du bassin.

Paramètres	Valeurs
A (Km2)	2870
P (Km)	331,8
Kc	1,73
L (Km)	145,63
I (Km)	19,86

V.2. Caractéristiques hypsométriques

V.2.1. Caractéristiques des altitudes

La zone d'étude se présente comme une immense surface plane, parsemée de quelques Djebels ou reliefs vigoureux. Les fréquences altimétriques sont représentées dans le Tableau. 10. Et par la courbe hypsométrique correspondante (Figure. 14).

Tableau. 10. Répartition des fréquences altimétriques du bassin.

Tranches d'altitudes (m)	Surface partielle Ai		Surface cumulée Ai	
	Ai (Km^2)	Ai (%)	Ai (Km^2)	Ai (%)
1406-1300	3,444	0,12	3,444	0,12
1300-1200	8,323	0,29	11,767	0,41
1200-1100	13,202	0,46	24,969	0,87
1100-1000	20,951	0,73	45,920	1,60
1000-900	47,068	1,64	92,988	3,24
900-800	71,463	2,49	164,451	5,73
800-700	129,15	4,50	293,601	10,23
700-600	175,07	6,10	468,671	16,33
600-500	212,954	7,42	681,625	23,75
500-400	270,067	9,41	951,692	33,16
400-300	336,364	11,72	1288,056	44,88
300-200	344,40	12,00	1632,456	56,88
200-100	318,857	11,11	1951,313	67,99
100-0	918,687	32,01	2870	100

V.2.2. Courbe hypsométrique et altitude moyenne

D'après Strahler (1952), une courbe hypsométrique est le reflet de l'état d'équilibre dynamique potentiel du bassin versant.

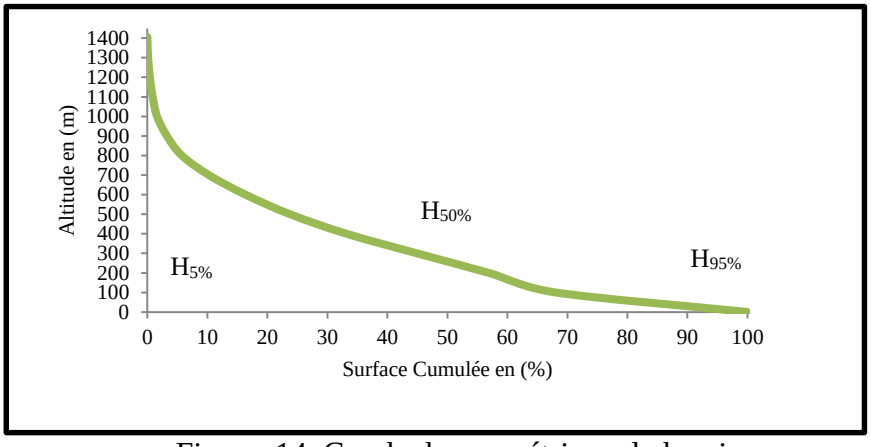

Figure. 14. Courbe hypsométrique du bassin.

Le graphe de la courbe hypsométrique permet de déterminer les valeurs suivantes :

- Altitude moyenne

Elle est donnée par la formule suivante : $H_{moy}=\frac{\sum H_i A_i}{A_t}$

Avec :

H_i: Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A_i: Surface élémentaire comprise entre deux courbes de niveau (Km^2).

A_t: Surface totale du bassin versant (Km^2).

H_{moy}= 315,19 m
-L'altitude à 95 % de la surface, **($H_{95\%}$) = 15,62 m**
-L'altitude à 5 % de la surface, **($H_{5\%}$) = 829,71 m**
-L'altitude médiane, **($H_{50\%}$) = 257,33 m**

- Dénivelée simple

$D = H_{5\%} - H_{95\%}$
D = 814,09 m

V.2.3. Relief et indices de pentes

Le relief exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue et le temps de concentration. Si la pente dans une région donnée est forte, l'écoulement sera rapide, ce qui donne un temps de concentration court.

- L'indice de pente de M.ROCHE

Partant du rectangle équivalent, M. Roche a introduit la notion d'indice de pente « Ip » :

$$Ip = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^{n} \sqrt{a_i d_i}$$

I_p: Indice de pente de Roche.
L : Longueur du rectangle équivalent en km.
d_i: Distance ou dénivelle qui sépare les deux courbes de niveau sur le rectangle équivalent.
a_i: Surface partielle entre deux courbes de niveau par rapport au total.

$$a_i = \frac{a_i - (a_i - 1)}{A}$$

A : Surface totale du bassin en Km^2.

- L'indice de pente globale

L'indice global Ig, plus facile à estimer que l'indice de pente Ip, est également défini par (Roche, 1963).

$$I_g = \frac{D}{L}$$

I_g=814,09/145,63 = 5,59 m/km = 0,0559%.
D : étant la dénivelée simple.
L : Longueur du rectangle équivalent.
D'après la classification de l'ORSTOM (Office de Recherche Scientifique de Territoire d'Outre-Mer), le relief du bassin, se trouve dans la classe R6 : caractérisée par un relief fort (Tableau. 11).

Tableau. 11. Classification de l'ORSTOM.

R1	**Relief très faible**	**Ig< 0,002%**
R2	Relief faible	0,002 <Ig< 0,005%
R3	Relief assez faible	0,005 <Ig< 0,01%
R4	Relief modéré	0,01<Ig< 0,02%
R5	Relief assez fort	0,02 <Ig s < 0,05%
R6	Relief fort	0,05 <Ig< 0,1%
R7	Relief très fort	Ig> 0,1%

- L'indice de pente moyenne

Le but de cet indice est de caractériser les pentes d'un bassin ce qui permet des comparaisons et des classifications.

$$I_m = \frac{\Delta H}{L} \quad ;\Delta H = H_{max} - H_{min}$$

I_m = 1406 – 0 / 145, 63 = 9,65 m/km

L : Longueur du rectangle équivalent.

- Dénivelée spécifique

Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$D_s = I_g\sqrt{A} = \frac{D}{L}\sqrt{A}$$

D_S = 299,46 m.

V.2.4. Densité de drainage

La densité de drainage peut donner un aperçu sur la lithologie du bassin versant et permet de comparer l'écoulement superficiel au niveau de plusieurs bassins. Elle est donnée par la relation suivante :

$$D_d = \frac{\sum_{x=1}^{n} L_X}{A} Km/km^2$$

L_x : Longueur des talwegs en (Km) et A : Superficie du bassin en (Km^2).

En effet la densité de drainage « D_d » représente la densité totale, cette dernière est égale à la somme des densités de drainage permanente et temporaire : Dd = Ddp + Ddt (Tableau. 12).

Tableau. 12. Densité de drainage du bassin.

Longueur totale des drains permanents (km)	Lp	449
Longueur totale des drains temporaires (km)	Lt	1311
Longueur totale des drains permanents et temporaires (km)	Lp + Lt	1760
Aire du bassin (km^2)	A	2870
Densité de drainage permanente (Km/Km^2)	Ddp	0,15
Densité de drainage temporaire (km/km^2)	Ddt	0,45
Densité de drainage totale (km/km^2)	Dd	0,61
Densité de drainage permanente / densité totale (%)	Ddp/Dd	24,59

V.2.5. Coefficient de Torrentialité C_t

Ce coefficient tient compte à la fois du nombre de cours d'eaux élémentaire dans le bassin versant et de la densité de drainage. Il est estimé par la formule suivante :

$$C_t = D_d \times F_1$$

Où:

D_d : densité de drainage

F_1 : densité des cours d'eau d'ordre (1).

$$F_1 = \frac{N_1}{S}$$

Où:

N_1 : nombre des cours d'eau d'ordre (1)

S : superficie totale (Km^2)

$$F_1 = \frac{430}{2870} = 0{,}149$$
$$C_t = 0{,}149 \times 0{,}61$$
$$C_t = 0{,}09$$

V.2.6. Rapport de la confluence

Elle est définit comme suite :

$$R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

Où :
N_i : Nombre des cours d'eau d'ordre (i)
N_{i+1} : nombre des cours d'eau d'ordre (i+1)

On constate que le rapport Rc = 4 ; Ce qui implique que le bassin versant, est concéderai comme homogène.

V.2.7. Rapport de longueur

Est le rapport de la longueur moyenne de talweg d'ordre (X+1) par celle des talwegs d'ordre (x) (Tableau. 13) :

$$R_1 = \frac{\overline{l_{x+1}}}{\overline{l_x}}$$

Tableau. 13. Récapitulatif des paramètres du réseau hydrographique.

Ordre de cours d'eau 'i'	Nombre (N)	Longueur (km)	$R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}}$	$\overline{l_x} = \frac{\sum l_x}{N}$ (km)	$R_1 = \frac{\overline{l_{x+1}}}{\overline{l_x}}$
1	430	958	5,3	2,22	
2	81	335,4	4,04	4,14	1,86
3	20	168,8	2,22	8,44	2,03
4	09	122,4	4,5	13,6	1,61
5	02	50,8		25,4	1,86

V.2.8. Temps de concentration

Il est exprimé par la formule de Giandotti qui a la forme suivante :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_P}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

A : Superficie du bassin versant (Km^2),
Lp : Longueur du talweg principal (Km).
H_{moy} : Altitude moyenne du bassin (m).
H_{min} : Altitude minimale du bassin (m).

T_c = 62,52 heures.

Le temps de concentration présenté par le bassin est très élevé, il est en relation avec la forme allongée.

V.2.9. Vitesse d'écoulement de l'eau

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$V_e = \frac{L_P}{T_C} m/s$$

Avec :
Ve : Vitesse d'écoulement de l'eau en (m/s).
Lp : Longueur du talweg principal en (Km) et Tc : Temps de concentration en (secondes).

En remplaçant chaque terme par sa valeur on trouve :

Ve = 1,99 m/s.

Les paramètres morphométriques du bassin versant du Côtier Constantinois Est sont reportés dans le Tableau. 14 :

Tableau. 14. Récapitulatif des paramètres morphométriques.

Caractéristiques	Symboles	Valeurs
Surface du bassin (Km^2)	A	2870
Périmètre du bassin (Km)	P	331,8
Indice de compacité	Kc	1,73
Longueur du rectangle équivalent (Km)	L	145,63
Largeur du rectangle équivalent (Km)	l	19,86
Altitude maximale (m)	Hmax	1406
Altitude minimale (m)	Hmin	0
Altitude moyenne (m)	Hmoy	315,19
Altitude médiane (m)	H50%	257,33
Dénivelée simple (m)	D	814,04
Indice de pente de Roche	Ip	/
Indice de pente globale (m/km)	Ig	5,59
Indice de pente moyenne (m/km)	Im	9,65
Dénivelée spécifique (m)	Ds	299,46
Densité de drainage (Km/Km^2)	Dd	0,61
Temps de concentration (heures)	Tc	62,52
Vitesse d'écoulement de l'eau (m/s)	Ve	1,99

V.3. Profil en long de l'Oued Kébir Est

L'Oued Kébir Est, est formé par la confluence de deux principaux affluents, l'Oued Ballouta qui prend sa naissance à l'Est, et l'Oued Bougous à l'Ouest, la jonction forme l'Oued Kébir Est à Mexa).

Après avoir traversé les gorges de Mexa, le Kébir Est prend son parcourt parallèle à la côte, traverse la plaine d'El Tarf et reçoit à gauche l'Oued Guergour , puis la plaine de Bouteldja recevant sur sa même rive gauche l'Oued Bouhalloufa ensuite l'Oued Boulathane, alors que sur sa rive droite il collecte les eaux de ruissellement des Oueds Bou Redimet Bougles étant exutoires du massif dunaire de Bouteldja .

La figure. 15, montre que l'Oued Kébir Est, débute son trajet de l'amont avec une forte pente et continuera à l'aval presque les 2/3 restant de son parcourt et à moins de 100 m d'altitudes avec une pente très faible où il le rejoint d'autres cours d'eaux (Labar, 2003).

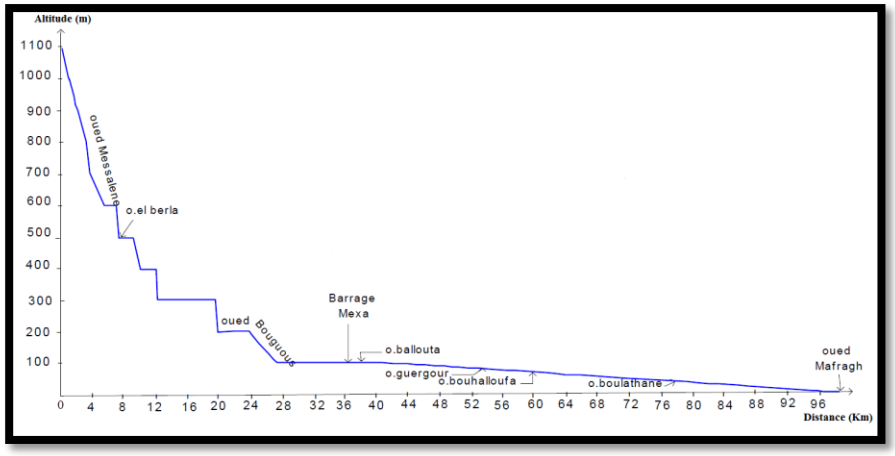

Figure. 15. Profil en long de l'Oued Kébir Est.

VI. GÉOLOGIE

Le tracé hydrographique est très influencé par la géologie de la région étudiée. La lithologie joue un double rôle, d'une part sur le régime des cours d'eaux et d'autre part sur l'érosion et le transport solide. C'est dans ce contexte que nous allons aborder l'étude géologique. Nombreux sont les géologues qui ont étudié la géologie de l'Algérie. Vu l'importance de cette étude, on s'est inspiré pour l'accomplir des travaux de J.M.VILA (1980) sur la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens et de Walter Wildi (1979).

VI.1. Aperçu géologique de L'Algérie

L'Algérie située dans la partie Nord du craton africain, peut être divisée en quatre grands ensembles structuraux, Il s'agit de domaines fortement différenciés au cours des phases tectoniques mésozoïques et cénozoïque. Ce sont du Nord au Sud (Hadj Said, 2007):

- ✓ Les chaînes littorales kabyles
- ✓ Les chaînes telliennes
- ✓ Les hauts plateaux et les hautes plaines
- ✓ L'Atlas Saharien

VI.2. Aperçu géologique de la région d'étude

Soulignons d'abord que l'étude de la géologie de la région, ne peut se faire qu'à titre global, à l'échelle de toutes les régions limitrophes, telles que le Tell tunisien et le Tell de Souk Ahras, de Guelma et d'Annaba.

En effet, la géologie de la zone d'étude, comme pour le reste de la région frontalière Algéro-Tunisienne, se résume grossièrement dans les terrains telliens à la limite du domaine interne des Maghrébides formant l'essentiel du littoral Est Algérien (Figure. 16).

Il s'agit d'une région formée essentiellement de terrains secondaires et tertiaires surmontés par des formations néogènes et quaternaires.

Ce territoire occupe la marge Est, du domaine interne qui n'affleure que dans la région de Annaba. Ceci dit que l'ensemble du territoire du bassin appartient au domaine tellien externe où affleurent plusieurs sous unités nappées.

Ainsi, l'histoire géologique de cette région ne débute qu'à partir du Secondaire et du Trias et où se développent, principalement, les formations crétacées et oligo-éocènes et marginalement les affleurements miocènes et plio-quaternaires.

En effet, cette région est développée juste à la limite Est, et Sud Est de l'accident délimitant par le sud les terrains appartenant au domaine interne, ex du massif de l'Edough autour d'Annaba.

Cependant, pour mieux étudier la géologie de cette région, il serait judicieux de l'examiner sur la base d'une étude stratigraphique, en allant du plus ancien des affleurements au plus récent.

VI.3. Stratigraphie

L'analyse stratigraphique des principaux affleurements développés à travers le territoire du bassin met en évidence la succession de terrains variés dont l'âge des plus anciens débute au Secondaire.

Un massif appartenant au domaine interne des Maghrébides. Ainsi la géologie de la région se résume dans les affleurements appartenant au domaine tellien externe, dont l'histoire géologique varie du Secondaire jusqu'au Miocène moyen. Le Néogène et le Quaternaire constituent pour cette région l'équivalent du domaine post-nappes.

VI.3.1. Les formations du Secondaire

VI.3.1.1. Crétacé supérieur (Sénonien)

Le seul étage dans le secondaire occupe presque la totalité des monts de Cheffia, ou il été réalisé des forages de reconnaissance dans le cadre d'une étude géologique au droit de l'emplacement du barrage et de la galerie d'amenée ont recoupé.

Il comprend de bas en haut : Des schistes plus ou moins argileux de couleur bleu ardoise avec des passées calcaires ou de micro- brèches épais de 5 à 10 cm inters stratifiés à microfaune déterminant un âge sénonien supérieur. Il s'agit de l'ultra tellien (Hamzaoui, 2011).

VI.3.2. Les formations du Tertiaire

Il est largement représenté par des formations gréseuses argileuses du Numidien qui couvrent d'Ouest en Est, particulièrement les secteurs de montagnes allant d'Ain Berda à El Kala, ainsi il est le plus répondu affleurant sous les systèmes et séries suivant :

VI.3.2.1.Paléogène

Se distingue par l'achèvement total de l'étape géosynclinale (fin du remplissage du bassin sédimentaire) du développement orogénique (système montagneux a plis). Se compose du :

VI.3.2.1.1. Paléocène

Composé des assises de l'étage Danien et du Montien indifférenciées. Ces dépôts affleurent aux bassins des Oueds Bounamoussa, Kébir Est, Chaffia, Zitouna et Bougous. Ces affleurements constituent des fenêtres d'érosion dans l'allochtone Numidien. Il est constitué d'argile foncée finement silicifiée à intercalations rares (jusqu'à 0,30 m) de calcaire argileux,

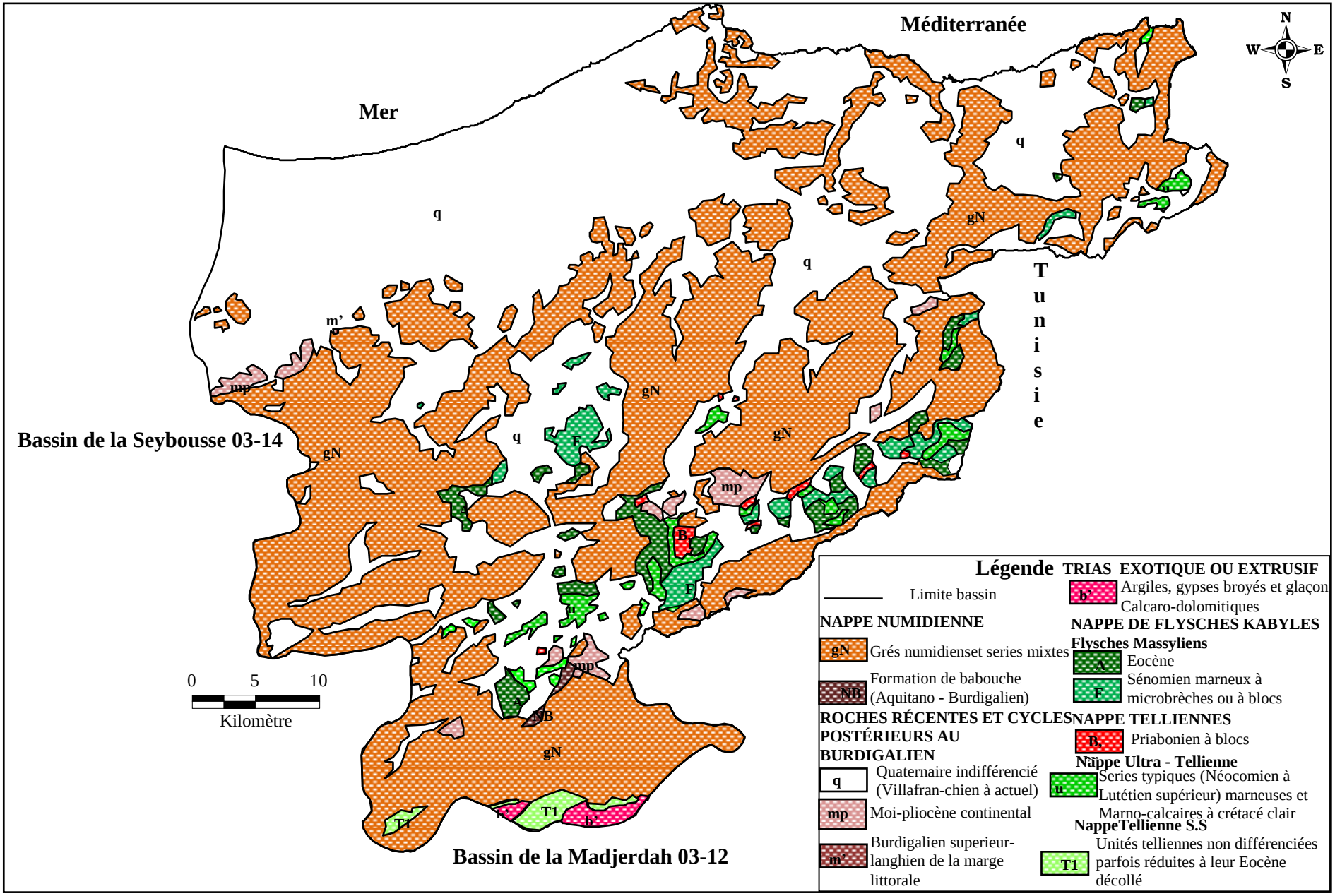

Figure. 16. Carte géologique du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte géologique et structurale de la chaîne alpine d'Algérie oriental et des coffins Algéro-Tunisien au 1/500 000 éme- J.M.Villa 1980 ; (modifiée par Bahroun, 2015).

d'aleurolites, de grés quartzeux finement grenus, et grés quartzeux a mélange de tuf.
L'épaisseur du Paléocène est de 140 m.

VI.3.2.1.2. Eocène

Présente des traits caractéristiques dans sa structure et sa composition lithologique, à savoir silicification syngenitique, présence de roches volcaniques (Liparito-dacite). Les dépôts de l'Yprésien participent à la structure du socle de la série Numidienne aux bassins des oueds. Ses assises sont composées d'une alternance d'argiles finement stratifiées, d'aleurolites calcareuses et de calcaires dont l'épaisseur apparente atteint 50 m, avec des horizons volcano siliceux constitués de marnes argileuses foncées et d'argiles à intercalations minces (jusqu'à 0,2 m) de tufs, de liparites. L'épaisseur de l'Yprésien est de 260 m. Le Lutétien, se rencontre sur une épaisseur supérieure de 230 m. Il est constitué de marnes argileuses et calcareuses de teinte foncée à rares intercalations de calcaires. Le Priabonien est constitué de dépôts de phases finales du développement de la région. Ils sont reconnus comme des « Argiles Numidiennes ». Celles-ci sont répandues et associées au mur de l'allochtone Numidien. Elles affleurent aux bassins d'Oued Kébir Est, Seybousse et Bounamoussa. Elles renferment des intercalations de grés et des aleurites (aleuros : poussière). L'épaisseur du Priabonien dépasse 250 m.

VI.3.2.1.3. Oligocène

Il comprend un groupe original de dépôts connus sous le nom de « grés Numidiens ». Le terme Numidien fut introduit par Fischer (1989) pour désigner les facies typiques des roches Oligocènes largement répandues au Nord du continent africain. Ces formations constituent la plus grande partie d'une structure charriée importante « allochtone Numidien ». Son développement régional, complique considérablement les possibilités de l'étude en profondeur vu que la série allochtone des dépôts n'est accessible à l'observation que dans les fenêtres d'érosion de la nappe. Les formations des grés Numidiens sont largement répandues, les traits particuliers de ces dépôts sont : la structure et la persistance de la composition lithologique. Ils servent comme un bon repère géologique. Ils sont en contact tectonique avec les argiles de l'Eocène supérieure. L'épaisseur apparente totale des grés Numidiens dépasse 400 m.

VI.3.2.2. Néogène

Caractérisé par l'accumulation des assises de molasses fixant nettement le début de la nouvelle étape (Post-orogénique) du développement de la région. Ces dépôts font partie de la série post nappe composée de conglomérats et de sable de la série du Miocène et de l'étage du Pontien (Miocène terminal). Les zones représentant le Miocène sont, dans leurs quasi-totalités, détruites par le processus de dénudation. Les molasses ne sont conservées qu'en petites surfaces. Elles se trouvent en amont de l'Oued Chaffia et au bord droit de la vallée de l'Oued Bougous. La coupe est généralement constituée de conglomérats gravélo-blocageux a lentilles de grés quartzeux et argileux de teinte brune. Les galets roulés et les blocs de dimensions jusqu'à 0,5 m, sont constitués par les grés du Numidien supérieur. La molasse du Pontien est constituée à sa base de conglomérats bien cimentés par une matière sablo-carbonatée sur une épaisseur de 300 m. Vers le sommet, on rencontre une alternance lenticulaire de conglomérats ainsi que des grés stratifiés obliquement et faiblement cimentés par du sable et d'argiles rouges. L'épaisseur totale de la molasse du Pontien atteint 70 m.

VI.3.3. Les formations du Quaternaire

Les dépôts Quaternaires sont largement répandus, ils sont constitués de limons, de sables et graviers sur les rives des oueds. On distingue :

VI.3.3.1. Quaternaire ancien

Il caractérise les plaines de la région qui sont une vaste zone d'épandage des oueds Bounammoussa et Kébir Est.

VI.3.3.2. Quaternaire moyen

Il est présent le long des versants des oueds, défini généralement par des matériaux alluvionnaires, des limons et des cailloux ; on distingue de dans le :

VI.3.3.2.1. Pléistocène ancien

Il définit les hautes terrasses et se caractérise par des formations avec des cailloux roulés et des blocs de grés Numidiens enrobés ensembles dans une matrice argileuse.

VI.3.3.2.2. Pléistocène moyen

Il correspond aux moyennes terrasses qui traversent la région d'El Tarf jusqu'à Ain Assel et parfois les rives de l'oued Kébir Est et qui sont constituées de cailloux roulés, de sables et de limons.

VI.3.3.2.3. Pléistocène récent

Correspond aux basses terrasses, aux versants des oueds et présente un granoclassement naturel défini par les galets à la base, surmontés par les graviers et à la surface se trouvent les sables et les limons.

VI.3.3.2. Quaternaire récent

Il correspond aux dépôts alluvionnaires, sables, cailloux et limons fins avec dominance d'argiles parfois canalisant ainsi les lits des oueds. Il caractérise les lagunes marines dans la région d'El Kala (lac Tonga, Oubeïra et Mellah).

VI.3.3.3. Quaternaire actuel

Généralement, il constitue les lits des oueds par des dépôts alluvionnaires (sables, cailloux) et les plages actuelles (cordon dunaire) constituées par des sables d'origine marine.

VI.4. Géologie et caractéristiques des dunes

Les dépôts du matelas dunaire sont le produit principal de l'érosion intense des massifs argilo gréseux numidiens et gneissiques charriés vers la mer, dégradés en sable, puis ramenés à l'intérieur par les vents.

Les niveaux d'argiles, provenant du massif numidien, s'intercalent dans les niveaux sableux. La délapidification progressive des grés numidiens et des formations

métamorphiques a donc donné des sables qui à l'état pur renferment 80 à 90 % de silice. C'est ce qui dégage de la carte géologique et structurale établie par J. M. Vila (1980) qui montre un lambeau du socle de l'Edough au Nord de Bouteldja. Le sable est donc siliceux, fin et renferme une quantité plus ou moins forte d'argile. Il devient très argileux au pied de la chaîne numidienne. La présence de feroxyde donne au sable sa coloration rouge, brune ou jaune (source de Bouglès). Les travaux réalisés dans la région (Khérici, 1985 ; Ramdani, 1996 ; Hani, 2003) permettent de distinguer :

- ✓ des sables blancs ou jaunes clairs, généralement perméables, sont situés au centre du massif dunaire ;
- ✓ des sables plus perméables que les précédents ;
- ✓ des sables dont les grains sont enrobés d'une fine pellicule d'argile et, de ce fait, moins perméable que les bancs localisés surtout en bordures des reliefs gréseux ;
- ✓ des sables rouges, localisés à l'Ouest et au Sud-Ouest, plus perméables que les précédents ;
- ✓ de la vase sablo-limoneuse déposée au fond des marigots "nechaas" de couleur noire en relation avec la décomposition des végétaux.

Les analyses granulométriques effectuées dans le massif dunaire montrent une granulométrie fine à moyenne dont 75 à 85 % de grains ont un diamètre de 0,15 à 0,5 mm. Les essais de perméabilité effectués par Soletanche (Ramdani, 1996 et Hani 2003) dans la région de Bouglès sur le sondage BG1 et BG25, montrent que les sables rouges à fraction argileuse sont caractérisés par une perméabilité de 10^{-6} m/s.

Par contre les sables jaunes foncés ont une perméabilité de l'ordre de 10^{-4} m/s et constituent donc un très bon réservoir aquifère (Haied, 2015).

VI.5. Cadre structural

La région d'étude est structuralement divisée en deux ensembles :

1- Les monts gréseux de Cheffia et leur prolongement jusqu'au Cap Rosa.

2- La terminaison orientale de la plaine d'Annaba occupée par le marécage de Mekhada, pôle subside d'un vaste fossé d'effondrement comblé au cours du Mio-pliocène et du Quaternaire.

D'après la carte structurale de Walter Wildi (1979) nous remarquons l'existence d'un ensemble de terrains accidentés (plis, faille,…) au niveau de la nappe numidienne, formant de petits chevauchements (Figure. 17). Les argiles jouent un rôle plastique sur les plans faillés. Les résultats de ces accidents représentent deux ensembles, l'un inférieur et l'autre supérieur. Le premier est composé de synclinaux et d'anticlinaux et le second est formé par le synclinal du Lac Oubeïra. Ce lac s'est installé dans une large cuvette synclinale, bordée au Nord de plis en genou du Dj Bouliff et au Sud par le chevauchement du Dj Ach Lahmar sur le Dj Hellilif. Le remplissage argileux de cette cuvette, généralement réparti sur tous les massifs, a pu se maintenir en créant au-dessus des grès, une couverture imperméable permettant le ruissellement des eaux vers le lac.

La bordure Sud-Ouest du massif de Cap Rosa est liée à une faille normale de direction Nord-Ouest et Sud-Est. Cette dernière est postérieure à la mise en place des nappes et recoupe en oblique toutes les structures de la nappe numidienne. La présence d'un grand nombre de sources le long de cet accident est un argument indiquant que cette faille a rejoué au Quaternaire. Le massif dunaire est cloisonné par un réseau de fractures Sud-Ouest, Nord Est et Nord-Ouest, Sud Est.

VI.6. Paléogéographie

C'est au cours du Quaternaire (Pléistocène ancien et moyen) que le creusement des vallées de l'Est Algérien a vu le jour avec la mise en place du réseau hydrographique. A la fin du miocène le commencement du jeu de failles bordières.

A l'Est de Bouteldja et au Sud de la plaine d'El Tarf, un puits a recoupé des marnes bleues pliocènes (Alain Marre, 1987), ce qui met en évidence l'existence de cette zone au moment de la transgression pliocène. L'avancement de la mer méditerranéenne jusqu'à la vallée de l'oued Kébir Est, a formé ce qu'on appelle un détroit.

Le retrait progressif de la mer durant le Quaternaire récent et la formation d'un cordon dunaire littoral ont favorisé la création des lagunes marines. Ces dernières se sont transformées peu à peu en zones marécageuses et lacs où se décantent les sédiments Argilo-limoneux durant la période sèche. Une régression marine engendre la formation des sables dunaires rubéfiés qui se déposent en bordure de mer sous l'action du vent du Nord-Ouest.

Parallèlement, au niveau du bassin, il y a eu un démantèlement des dépôts numidiens sous forme d'éboulis.

A la fin de cette phase, une lapidification des sables par un ciment calcaire a donné naissance à des grés dunaires désignés par Hilly (1962) : des arénites calcaires ou calcarénites.

Durant la phase de transgression, les dunes rubéfiées formées au cours de la régression se façonnent en sables rouges. Egalement au niveau des oueds, les terrasses continuent à se construire mais avec un matériel moins grossier.

Un second cycle de régression suivi d'une transgression moins remarquable a permis la mise en place des dunes récentes et actuelles.

Au niveau des plaines littorales, existe un long transit de sable. Les cours d'eau transportent généralement les matériaux les plus fins qui constituent le sommet des terrasses.

Le couvert végétal, qui s'est installé, a fixé et favorisé l'engraissement des dunes par freinage de la vitesse du vent, mettant aussi fin à leur mouvement (dunes mortes).

VI.7. La tectonique

Cette analyse stratigraphique a permis de relever que le territoire du bassin appartient dans sa totalité au domaine externe des Maghrébides, le domaine interne n'est présent que sur sa marge occidentale, dans la région de Annaba.

Ainsi, les caractères de la déformation dans la région sont ceux des terrains telliens du domaine externe nappé et dont la majeure partie des formations sont des argiles et des grès numidiens. Ce sont des terrains plissés et faillés, parfois même chahutés où s'intercalent d'autres formations nappées crétacées et miocènes.

La semelle des nappes est essentiellement triasique, mais qui n'affleure qu'en bordure de cette région, dans les wilayas de Souk Ahras et Guelma et en Tunisie, au-delà de la frontière.

Les témoins de la déformation, à la fois souple et cassante, sont conformes aux structures telliennes et sont dominées par la direction Nord-Est/Sud-Ouest. Il arrive, cependant de voir des structures orientées suivant d'autres directions, comme les structures subméridiennes et celles orientées Nord-Ouest/Sud Est.

☞ Les marqueurs de la tectonique souple (plis)

Sont partout présents à travers le domaine montagneux au Sud et les terrains collinaires du Nord-Est, et même en bordure de la plaine de Ben M'hidi. Ce sont des plis qui se présentent sous la forme d'une succession d'anticlinaux et de synclinaux ayant subi d'importantes

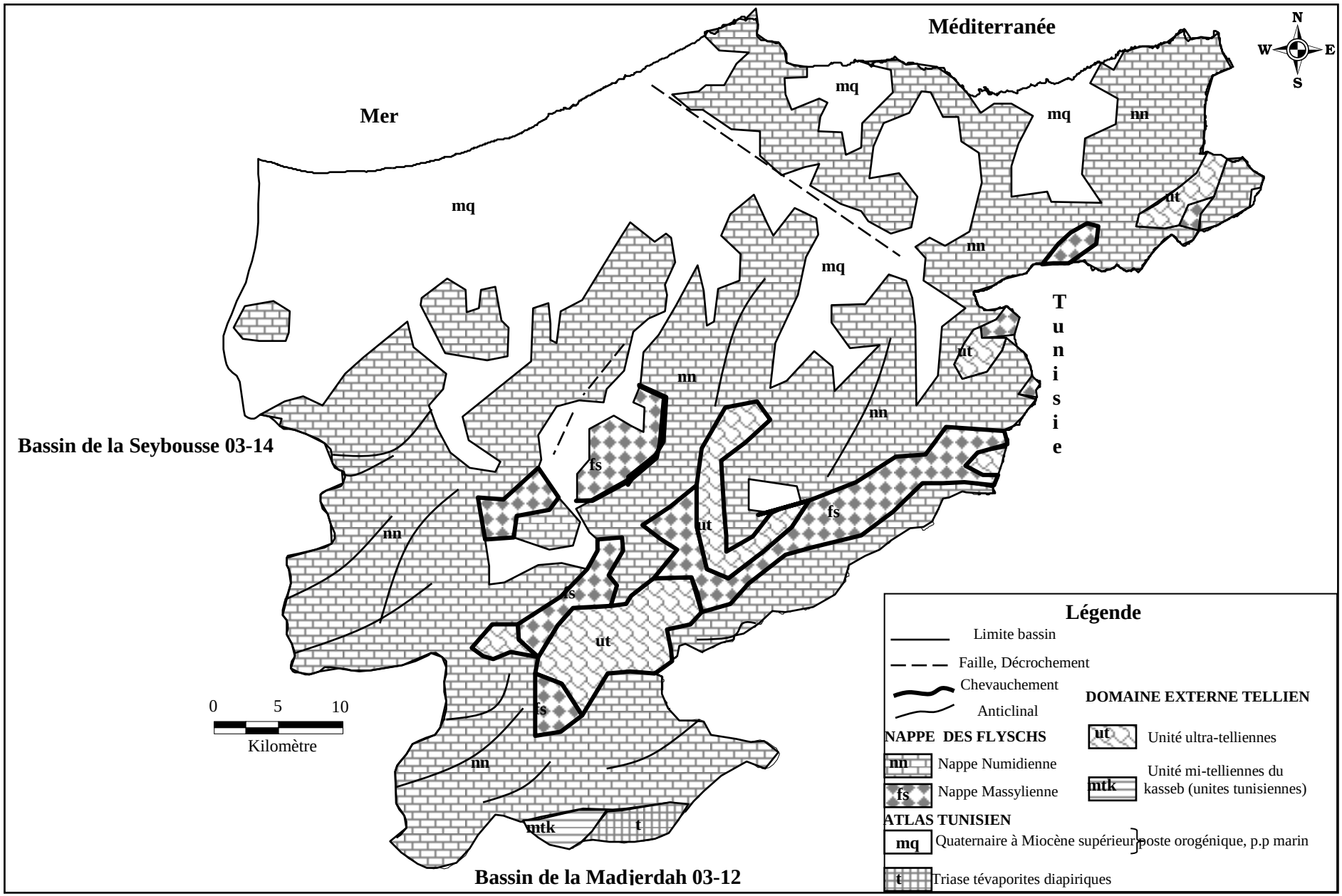

Figure. 17. Carte structurale du bassin Côtier Constantinois Est 03, extrait de la carte structurale de la chaîne Tello-Réfainepar Walter Wildi 1979; (modifiée par Bahroun, 2015).

modifications de détails en donnant aux terrains de cette région un caractère chahuté et des orientations variables aux structures.

☞ **Quant aux marqueurs de la tectonique cassante (faille)**

Ils sont nombreux à travers cette zone, ils sont d'abord soulignés par les failles présentes à travers le domaine montagneux au Sud et sur la marge littorale, il est même probable que la limite Sud de la plaine de Ben M'hidi correspond à une faille ou à une flexure. Ceci sans oublier l'accident qui délimite le domaine interne au Nord-Ouest et qui sans doute passe sous la mer au Nord du bassin.

La direction dominante des failles dans cette zone est celle d'Est Ouest à Nord-Est /Sud-Ouest, mais il existe aussi quelques directions secondaires, avec des failles transversales ou subméridiennes, exemple de la faille passant à l'Est de Dj. Oum Ali.

Notons aussi que cette région, comme pour le reste des régions telliennes, est soumise aux effets de la néotectonique qui se manifestent fréquemment par la sismicité. Les manifestations sismiques dans cette région s'expriment par des tremblements de terre qui représentent ici une contrainte non négligeable pour le cadre bâti et les infrastructures.

VII. CONCLUSION

Le bassin des Côtiers Constantinois Est, est d'une superficie de 2.870 km^2, drainé par deux oueds importants : l'Oued Kébir Est à l'Est et l'Oued Bounamoussa à l'Ouest. Les statistiques disponibles annoncent 373 183 habitants pour l'ensemble du bassin, estimation 2011 selon recensement 2008, bien que la vocation essentielle de la région soit l'agroalimentaire, la superficie agricole est de 83 995 Ha dont l'activité industrielle est moins importante que les autres secteurs du bassin.

Les massifs forestiers occupent une superficie de plus de 167 425 Ha représentant un taux de 57% du territoire du bassin. Ce dernier est partagé grossièrement entre deux entités totalement opposées, mais appartenant toutes les deux au domaine tellien ; Il s'agit de la marge littorale au nord dominée par des plaines et des vallées évasées et ouvertes vers la mer, et la partie montagneuse au sud dominée par des reliefs chahutés appartenant en partie, aux hauteurs de la Medjerda. Les sols les plus répandus dans la zone d'étude, particulièrement à l'Est et au sud sont les sols podzoliques, les sols dunaires, les sols de marais et les sols salins de type solontchak ou solonetz.

L'étude morphologique a permis de déterminer les caractéristiques physiographiques du bassin, ce dernier est de forme allongée favorisant des faibles débits de pointe. Les altitudes qui sont dans l'ensemble fortes à faibles reflètent un relief fort, elles sont comprises entre 0 à 1406 m.

L'étude stratigraphique des principaux affleurements rencontrés montre bien que les terrains les plus anciens sont ceux du Secondaire, quant aux terrains les plus dominants à travers le territoire de ce bassin, surtout dans le domaine montagneux, ce sont ceux de l'Eocène et l'Oligocène qu'on peut regrouper sous le nom de terrains numidiens qui affleurent avec une série d'argiles et de grès, ces terrains sont généralement nappés sur lesquels reposent des terrains miocènes argilo sablo conglomératiques datés du Pontien. Notons enfin que les terrains les plus récents dans l'espace de cette région sont ceux du Quaternaire, à la fois marins et continentaux. Mais il est fort probable que le Pliocène soit inclus ou confondu avec ceux du Quaternaire ancien.

CHAPITRE II

CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATOLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

Le mouvement de l'eau dans le sol et le sous-sol est une étape d'un grand circuit sur la terre, le cycle global de l'eau. La source d'alimentation de l'eau souterraine est l'infiltration qui renouvelle l'eau des réservoirs souterrains et entretient, par son circuit dans les aquifères, le débit de l'écoulement souterrain (Castany, 1998).

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 hydrologique et 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.

I. INTRODUCTION

Toute étude climatique est basée sur la collecte des données. La quantité et la qualité de ces dernières conditionnent les résultats obtenus. Pour mener notre travail nous avons étudié les paramètres climatiques de trois stations (Figure. 18).

II. LES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

Plus encore que les facteurs morphologiques, lithologiques et biogéographiques, les conditions climatiques du bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau (Roche, 1963). Une des principales caractéristiques du cycle hydrologique est l'état de mouvement de l'eau depuis la surface au réservoir.

Les stations étudiées fournissent des renseignements sur la pluviométrie et la température.

La pluviométrie demeure le paramètre le plus important, elle conditionne l'écoulement saisonnier, le régime des cours d'eau et l'alimentation des nappes d'eau souterraines. Trois stations dont deux sont situées à l'intérieur du bassin : El Kala et celle d'Ain Assel et une autre localisée à l'extérieur du bassin, il s'agit de la station des Salines ; vont faire l'objet de notre étude.

L'altitude des stations change de 3 m pour les Salines à 11 m pour El Kala et 32 m pour Ain Assel. Les données climatologiques ont été recueillies au niveau des services de l'ANRH de Constantine et l'ONM d'Annaba et El Kala.

Tableau. 15. Coordonnées géographiques des trois stations.

Stations	Longitude Est	Latitude Nord	Altitude (m)	Période d'observations
El Kala	8°27'	36°53'42"	011	1990-1991/2009-2010
Annaba Les Salines	7°46'	36°54'	003	1990-1991/2009-2010
Ain Assel	8°21'57"	36°46'03"	032	1990-1991/2009-2010

II.1. Les données pluviométriques

Après examen des données pluviométriques, on remarque que toutes les stations présentent des séries complètes allant de 1990 à 2010.

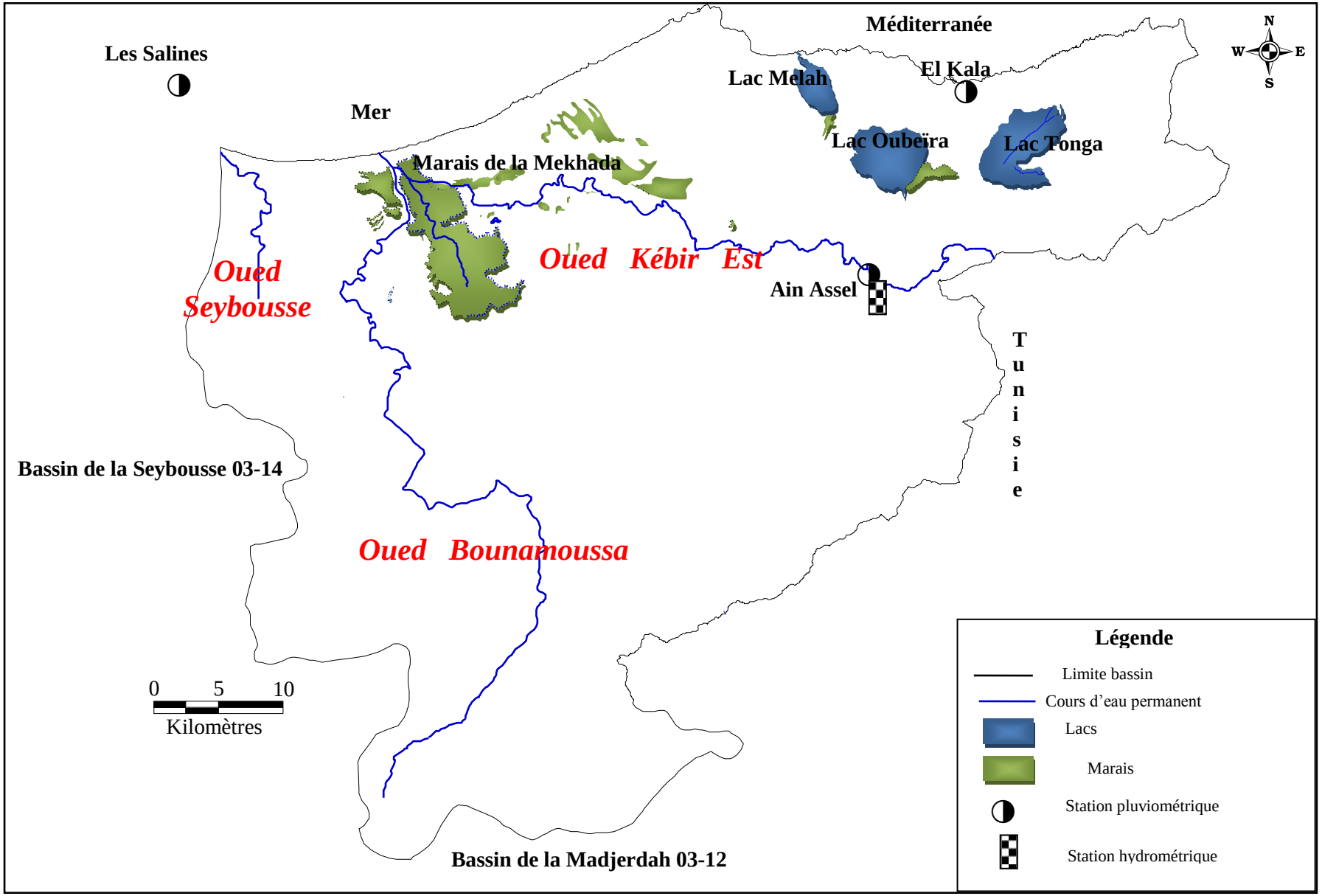

Figure. 18. Carte de la situation géographique des stations pluviométriques et hydrométriques.

II.1.1. Variation de la pluviométrie annuelle

Les valeurs des précipitations annuelles moyennes dans les trois stations sont de l'ordre de 745,43 mm pour la station d'El Kala, 669,53 mm pour celle des Salines et 663,94 mm pour Ain Assel.

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.

La Figure. 19, visualise l'évolution de la pluviométrie annuelle sur une période de 20 ans (1990/2010) ; où l'on remarque que les hauteurs maximales des précipitations atteignent 1063,9 mm au niveau de la station d'El Kala au cours de l'année 1990/91 tandis que les hauteurs minimales sont de l'ordre de 412,7 mm ; ont été enregistrées à la même station en 2008/09.

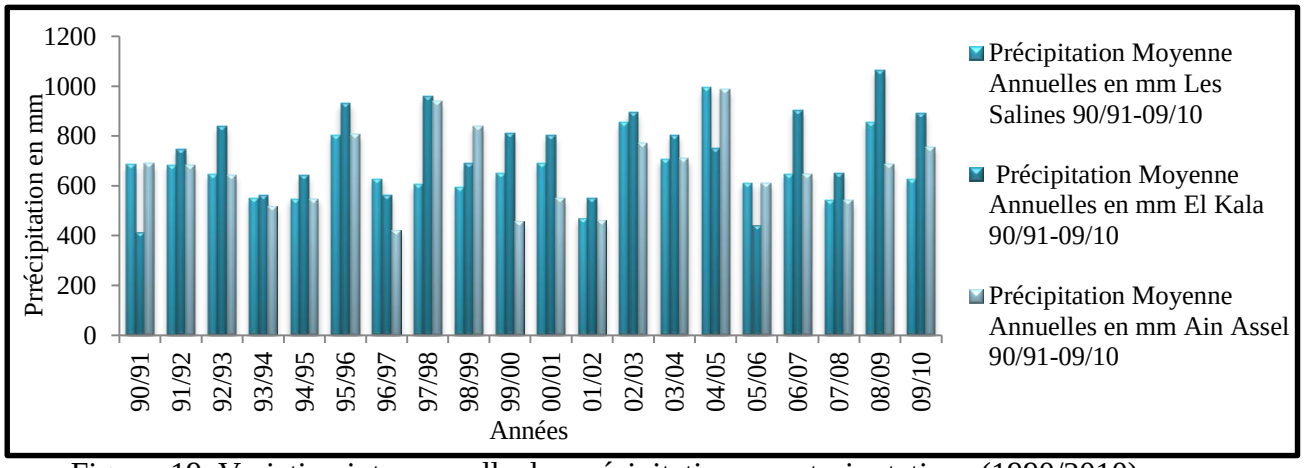

Figure. 19. Variation interannuelle des précipitations aux trois stations (1990/2010).

Les irrégularités interannuelles des précipitations sont traduites par le coefficient de variation (cv) égale au rapport de l'écart type à la moyenne (Tableau. 15).

Tableau. 15. Les irrégularités interannuelles des précipitations.

Stations / Précipitation (mm)	El Kala	Les Salines	Ain Assel
Max	1063,9	993,6	988,2
Min	412,7	471	422,8
Moyenne	745,43	669,5	663,9
Écart Type	177,77	125	156,3
Coefficient de Variation	0,23	0,18	0,23

Le coefficient de variation $cv = \frac{\sigma p}{\bar{p}}$

Écart type $\sigma p = \sqrt{\frac{\sum(p_i - \overline{p})^2}{n}}$

Pour n = 20ans

La moyenne $\overline{p} = \frac{\sum p_i}{n}$

Les coefficients de variations varient d'une station à l'autre. 0,23 pour la station d'El Kala et Ain Assel et 0,18 pour la station des Salines, ce qui traduit par une certaine régularité de la distribution des précipitations moyennes annuelles tant au niveau spatial que temporel.

II.1.1.1. Coefficient pluviométrique (H)

C'est un paramètre climatique très important, définit comme étant le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne pour une station donnée (Tableau. 16).

Le coefficient pluviométrique permet de déterminer les années excédentaires et les années déficitaires (Figure. 21).

H > 1 : Année excédentaire

H < 1 : Année déficitaire

Le coefficient pluviométrique est donné par la formule suivante :

$$H = Pi/P$$

Avec :

H : coefficient pluviométrique.

Pi : pluviométrie d'une année donnée en mm

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

L'étude de l'évolution interannuelle des trois stations pour la période 90/91-09/10, a mis en évidence 08 années déficitaires à la station d'El Kala, 12 ans aux Salines et 10 ans à celle d'Ain Assel (Figure. 20).

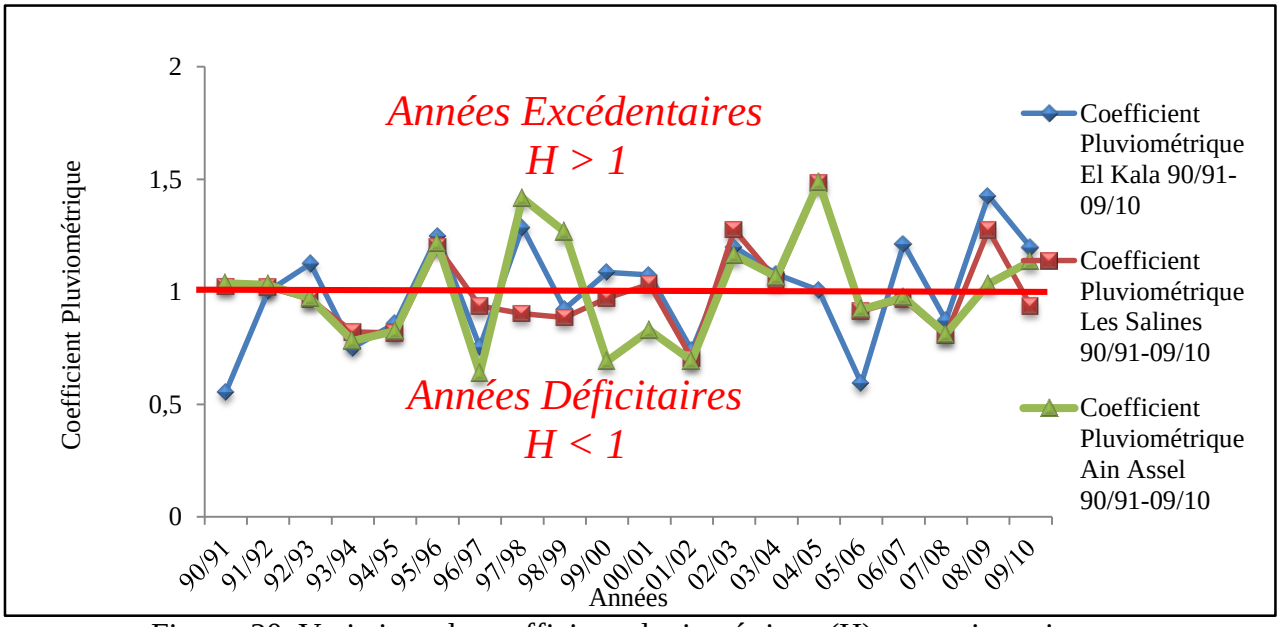

Figure. 20. Variations du coefficient pluviométrique (H) aux trois stations.

Tableau. 16. Valeurs du coefficient pluviométrique H pour les trois stations (90/91-09/10).

Année	Coefficient Pluviométrique El Kala 90/91-09/10	Observation	Coefficient Pluviométrique Les Salines 90/91-09/10	Observation	Coefficient Pluviométrique Ain Assel 90/91-09/10	Observation
90/91	0,55	Année Déficitaire	1,03	Année Excédentaire	1,04	Année Excédentaire
91/92	1,00	Année Excédentaire	1,02	Année Excédentaire	1,03	Année Excédentaire
92/93	1,13	Année Excédentaire	0,97	Année Déficitaire	0,97	Année Déficitaire
93/94	0,75	Année Déficitaire	0,82	Année Déficitaire	0,78	Année Déficitaire
94/95	0,86	Année Déficitaire	0,82	Année Déficitaire	0,83	Année Déficitaire
95/96	1,25	Année Excédentaire	1,20	Année Excédentaire	1,22	Année Excédentaire
96/97	0,75	Année Déficitaire	0,94	Année Déficitaire	0,64	Année Déficitaire
97/98	1,29	Année Excédentaire	0,90	Année Déficitaire	1,42	Année Excédentaire
98/99	0,92	Année Déficitaire	0,89	Année Déficitaire	1,27	Année Excédentaire
99/00	1,09	Année Excédentaire	0,97	Année Déficitaire	0,69	Année Déficitaire
00/01	1,08	Année Excédentaire	1,03	Année Excédentaire	0,83	Année Déficitaire
01/02	0,74	Année Déficitaire	0,70	Année Déficitaire	0,69	Année Déficitaire
02/03	1,20	Année Excédentaire	1,28	Année Excédentaire	1,16	Année Excédentaire
03/04	1,08	Année Excédentaire	1,05	Année Excédentaire	1,07	Année Excédentaire
04/05	1,01	Année Excédentaire	1,48	Année Excédentaire	1,49	Année Excédentaire
05/06	0,59	Année Déficitaire	0,91	Année Déficitaire	0,92	Année Déficitaire
06/07	1,21	Année Excédentaire	0,97	Année Déficitaire	0,98	Année Déficitaire
07/08	0,87	Année Déficitaire	0,81	Année Déficitaire	0,81	Année Déficitaire
08/09	1,43	Année Excédentaire	1,27	Année Excédentaire	1,04	Année Excédentaire
09/10	1,20	Année Excédentaire	0,94	Année Déficitaire	1,14	Année Excédentaire

II.1.2. Variation de la pluviométrie mensuelle

II.1.2.1. Répartition mensuelle de la pluviométrie

Le Tableau. 17, récapitule les valeurs moyennes des précipitations mensuelles, saisonnières et annuelles pour la série (1990/1991-2009/2010) enregistrées aux trois stations.

Tableau. 17. Précipitations mensuelles, annuelles pour les trois stations (90/91-09/10).

Mois / Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Précipitation Moyenne Annuelle
Précipitation Moyenne Mensuelle El Kala 90-91 /09-10	50,57	78,98	100,81	114,66	104,31	82,39	77,93	67,06	44,98	12,57	02,75	08,45	745,46 mm
Précipitation Moyenne Mensuelle Les Salines 90-91 /09-10	40,47	51,23	79,55	118,95	101,75	74,95	71,89	64,32	40,79	13,83	2,99	8,85	669,57 mm
Précipitation Moyenne Mensuelle Ain Assel 90-91 /09-10	48,04	52,51	130,89	132,5	112,91	91,18	65,39	76,30	34,10	7,90	2,76	5,61	760,09 mm

Les histogrammes de la Figure. 21, représentent la répartition des précipitations moyennes mensuelles des stations El Kala, les Salines et Ain Assel relative à la période 1990/2010.

L'observation de ces histogrammes, montre que le mois le plus pluvieux de l'année et le mois de Décembre avec une moyenne mensuelle de 114,66 mm à El Kala, 118,95 mm aux Salines et 132,5 mm à Ain Assel, tandis que le mois de Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne mensuelle de 2,75 mm à El Kala, 2,99 mm aux Salines et 2,76 à Ain Assel.

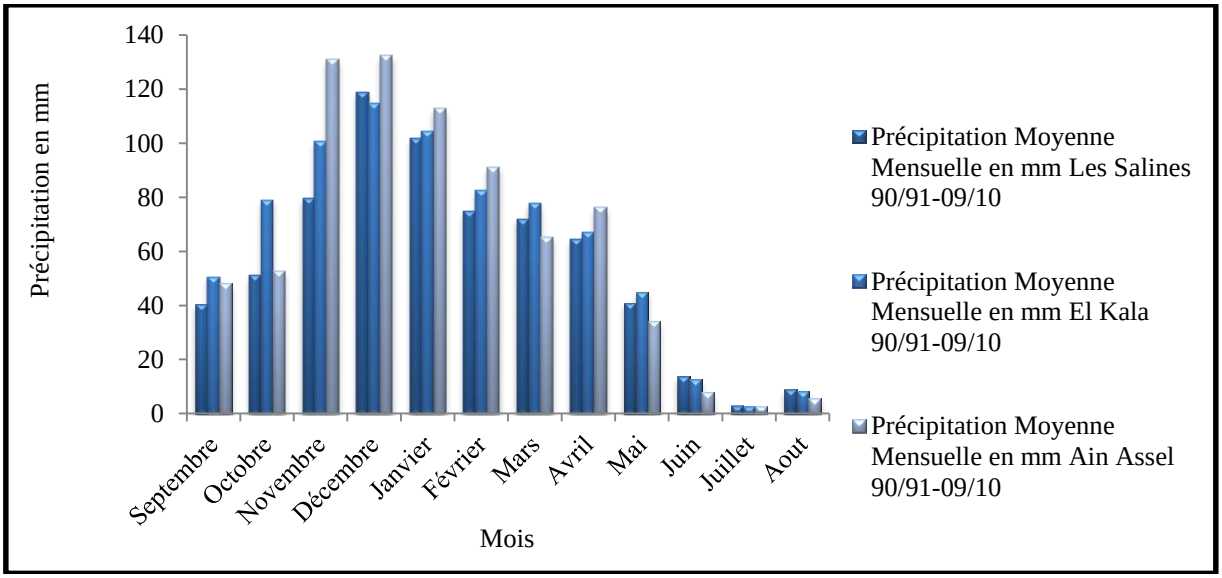

Figure. 21. Précipitation moyenne mensuelle des trois stations (90/91-09/10).

II.1.3. Variation de la pluviométrie saisonnière

Le Tableau. 18, rassemble les données des précipitations saisonnières des trois stations pour la période (1990/2010).

L'étude de la répartition saisonnière de la pluviosité montre que malgré la grande variabilité des précipitations, on remarque que l'hivers est la saison pendant laquelle sont enregistrée les plus grandes quantités de pluie avec un pourcentage qui varie entre 40,42 et 44,28 %, et l'été est la saison la moins pluvieuse, pendant laquelle le pourcentage de pluie atteint 2,14 %. (Figure. 22).

Tableau. 18. Précipitations saisonnières et annuelles pour les trois stations (90/91-09/10).

Mois / Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Précipitation Moyenne Annuelle
Précipitation Moyenne Saisonnière El Kala 90/91-09/10	230,36 Automne Soit 30,90 %			301,36 Hiver Soit 40,42 %			189,97 Printemps Soit 25,48 %			23,77 Eté Soit 3,18 %			745,46 mm
Précipitation Moyenne Saisonnière Les Salines 90/91-09/10	171,25 Automne Soit 25,57 %			295,65 Hiver Soit 44,15 %			177 Printemps Soit 26,43 %			25,67 Eté Soit 3,83 %			669,57 mm
Précipitation Moyenne Saisonnière Ain Assel 90/91-09/10	231,44 Automne Soit 30,44 %			336,59 Hiver Soit 44,28 %			175,79 Printemps Soit 23,12 %			16,27 Eté Soit 2,14 %			760,09 mm

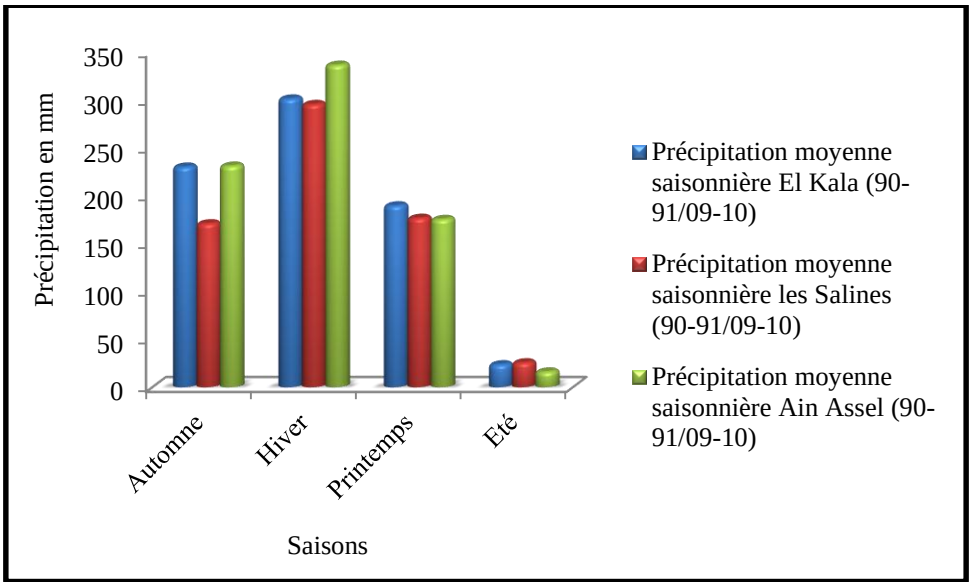

Figure. 22. Précipitation moyenne saisonnière des trois stations (90/91-09/10).

II.1.3.1. Le quotient pluviométrique

Le quotient pluviométrique est le rapport de la hauteur des précipitations des saisons les plus pluvieuses sur celles des saisons les plus sèches. Les valeurs du quotient pluviométrique aux trois stations à différentes périodes sont résumées dans le Tableau. 19.

Tableau. 19. Quotient pluviométrique pour Les trois stations (90/91-09/10).

Station	Quotient Pluviométrique
El Kala	2,48
Les Salines	2,40
Ain Assel	2,95

II.2. Les températures

La température constitue l'un des facteurs climatiques les plus importants dans l'estimation et le calcul de l'évaporation et l'évapotranspiration afin d'établir le bilan hydrique.

Le Tableau. 20, récapitule les valeurs des températures moyennes mensuelles (T moy) pour les trois stations.

Tableau. 20. Températures mensuelles annuelles pour les trois stations (90/91-09/10).

Mois / Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Température Moyenne Annuelle
Température Moyenne Mensuelle en °C El Kala 90/91-09/10	24,16	20,97	16,7	12,55	12,36	12,39	13,78	15,61	18,83	22,19	25,57	26,21	18,44°
Température Moyenne Mensuelle en °C Les Salines 90/91-09/10	23,42	20,22	15,77	12,4	11,35	11,64	13,06	15,23	18,35	22,44	24,54	25,77	17,84°
Température Moyenne Mensuelle en °CAin Assel 90/91-09/10	23,30	19,70	15,39	12,31	10,74	11,19	13,15	14,98	18,32	21,89	24,48	25,66	17,59°

D'après la Figure. 23, les températures sont très basses au mois de Janvier, elles augmentent pour atteindre leur maximum en Juillet et Août, puis elles décroissent du mois de Septembre vers le mois de Décembre.

Le mois de Janvier étant le mois le plus froid pour les trois stations, avec une température moyenne mensuelle de l'ordre de 12,36°C pour la station d'El Kala, 11,35°C pour la station des salines et 10,74°C à Ain Assel. Tandis que le mois d'Août étant le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 26,21°C pour la station d'El Kala, 25,77°C pour la station des salines et 25,66°C à Ain Assel.

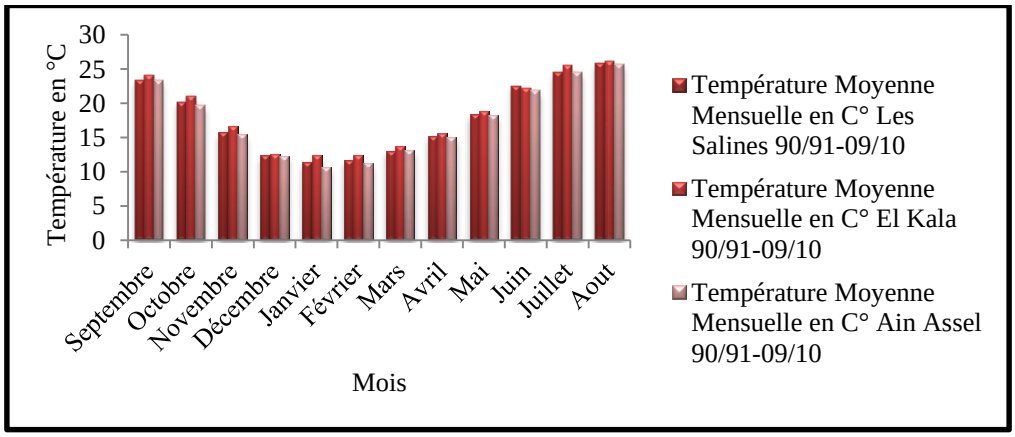

Figure. 23. Températures moyennes mensuelles des trois stations (90/91/-09/10).

II.3. L'humidité relative

L'humidité relative de l'aire montre l'état de l'atmosphère en expliquant s'il est plus ou moins proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de la vapeur réelle observée à la tension de la vapeur saturante à la même température. Ce paramètre intervient comme coefficient de correction de l'évapotranspiration lorsqu'il est inférieur à 50 % ; le Tableau. 21, montre seulement les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air pour les stations météorologiques El Kala et Les Salines pour une période de 20 ans (90/91-09/10).

Tableau. 21. Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle de l'air pour les deux stations (90/91-09/10).

Mois / Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Humidité Relative Moyenne Annuelle
Humidité Relative Moyenne Mensuelle de l'air en % El Kala 90/91-09/10	70,32	68,07	69,26	72,36	74,13	73,51	73,20	70,98	70,49	69,34	67,24	67,57	70,54 %
Humidité Relative Moyenne Mensuelle de l'air en % Les Salines 90/91-09/10	72,85	74,94	75,48	77,85	79,58	77,49	74,66	75,07	75,45	73,45	71,75	71,93	75,04 %

La Figure. 24, indique qu'avec une humidité maximale au mois de Janvier (74,13 % à El Kala et 79,58 % à les Salines) et minimale au mois de Juillet (67,24 % à El Kala et 71,75 % à les Salines), il n y a pas un grand écart de pourcentage d'humidité tout au long de l'année (la moyenne annuelle = 70,54 % à El Kala et 75,04 % à les Salines).

En général les observations de l'humidité relative moyenne annuelle aux deux stations des Salines et celle d'El Kala, montrent que l'humidité va de l'ordre de 75,04 % à l'Ouest (Annaba) pour diminuer légèrement à 70,54 % on allant vers l'Est (frontières tunisiennes).

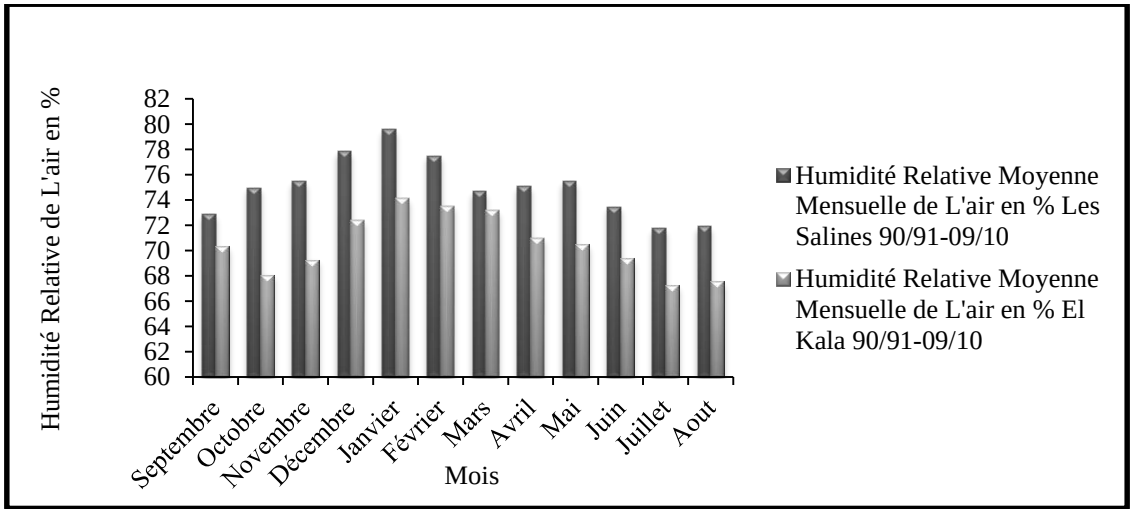

Figure. 24. Humidité relative moyenne mensuelle de l'air des deux stations (90/91/-09/10).

II.4. Le vent

Le vent est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluviaux, de l'évapotranspiration et par conséquent du climat d'une telle ou telle région, ainsi rappelant que le Nord Est Algérien, est dominé par des vents de secteur Nord à Sud-Ouest avec une dominante secondaire de secteur Nord à Nord-Est.

Le Tableau. 22, nous donne une idée sur la vitesse du vent en moyenne mensuelle dans la région, on se basant sur les données des deux stations météorologiques El Kala et les Salines pour une période de 18 ans (84/85-01/02) :

Tableau. 22. Vitesses des vents moyennes mensuelles et annuelles pour les deux stations (84/85-01/02).

Mois Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A	Vitesse des Vents Moyenne Annuelle
Vitesse Moyenne Mensuelle des vents en m/s El ElKala 84/85-01/02	2,20	2,08	2,35	2,32	2,32	2,54	2,41	2,24	2,18	1,90	1,81	1,83	2,18 m/s
Vitesse Moyenne Mensuelle des vents en m/s Les Salines 84/85-01/02	3,65	3,33	3,46	3,91	3,65	3,81	3,85	3,92	3,68	3,76	3,99	3,76	3,73 m/s

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, il a un effet sur les précipitations et les températures d'où il active l'évaporation. Les vents Nord-Ouest sont les plus violents de moyenne 2,18 m/s pour la station d'El Kala et 3,73 m/s pour les Salines (Figure. 25). Ils sont souvent liés aux pluies d'équinoxes qui apportent les précipitations les plus importantes, venues de l'Atlantique.

Les vents du Sud-Est parfois Sud-Ouest sont dus généralement aux siroccos provenant du sahara. Ils sont chauds et plus fréquent pendant le mois d'Août.

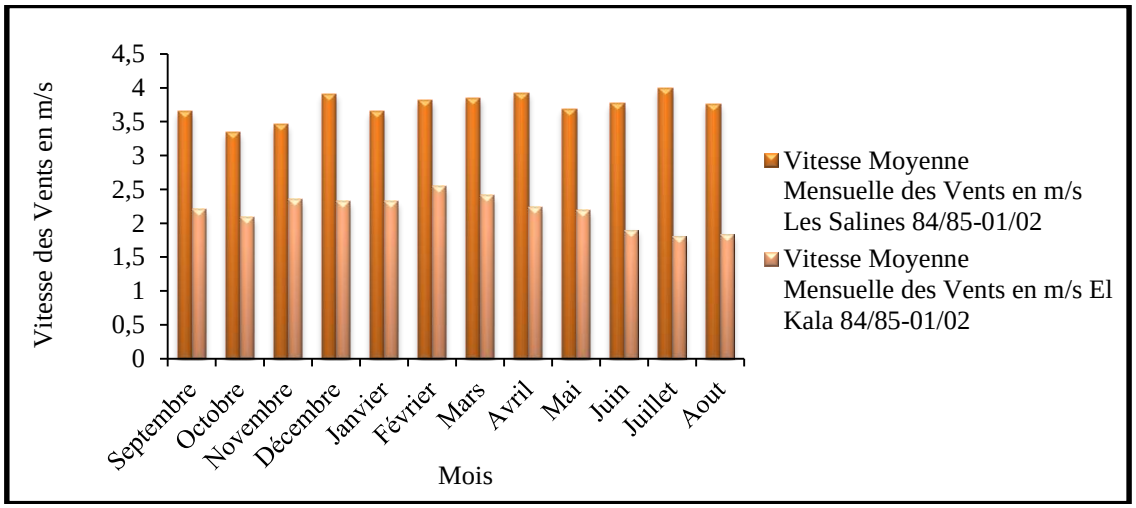

Figure. 25. Vitesses des vents moyennes mensuelles pour les deux stations (84/85-01/02).

III. RÉGIME CLIMATIQUE

III.1. Indice de DE MARTONNE

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 :

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

Avec :

I_A: indice d'aridité annuel.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),
T : Températures moyennes annuelles (°C).
Pour $\mathbf{I_A}$>30 : l'écoulement est abondant (climat humide).
20<$\mathbf{I_A}$<30 : climat tempéré.
10<$\mathbf{I_A}$<20 : climat semi-aride.
7.5<$\mathbf{I_A}$<10 : climat steppique.
05<$\mathbf{I_A}$<7.5 : climat désertique.
$\mathbf{I_A}$<05 : climat hyperaride.

L'application de cette formule, donne les résultats récapitulés dans le Tableau. 23.

Tableau. 23. Indice d'aridité des trois stations (90/91-09/10).

Station	Précipitation en mm	Température en °C	Indice d'aridité
El Kala	745,43	18,44	26,21
Les Salines	669,53	17,84	24,04
Ain Assel	663,94	17,59	24,06

Estimé pour les trois stations, l'indice d'aridité est de l'ordre de 26,21 à El Kala, 24,04 aux Salines et 24,06 à Ain Assel, indiquant donc un climat tempéré (Figure. 26).

Pour mieux préciser l'indice d'aridité avec la répartition saisonnière, nous avons calculé l'indice mensuel d'aridité (Tableau. 24) :

$$I_M = \frac{12 \times P}{t + 10}$$

Avec :
P : Précipitations moyennes mensuelles en mm.
T: Températures moyennes mensuelles en °C.
I_M : Indice d'aridité mensuel.

Tableau. 24. Indice d'aridité mensuel (I_M) pour les trois stations.

Mois / Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A
Indice d'aridité Mensuelle El Kala 90/91-09/10	17,76	30,59	45,30	61,01	55,98	44,15	39,32	31,42	18,72	4,68	0,92	2,79
Indice d'aridité Mensuelle Les Salines 90/91-09/10	14,53	20,33	37,03	63,71	57,18	41,56	37,41	30,58	17,26	5,11	1,03	2,96
Indice d'aridité Mensuelle Ain Assel 90/91-09/10	17,31	21,21	61,86	71,26	65,32	51,63	33,89	36,65	14,44	2,97	0,96	1,88

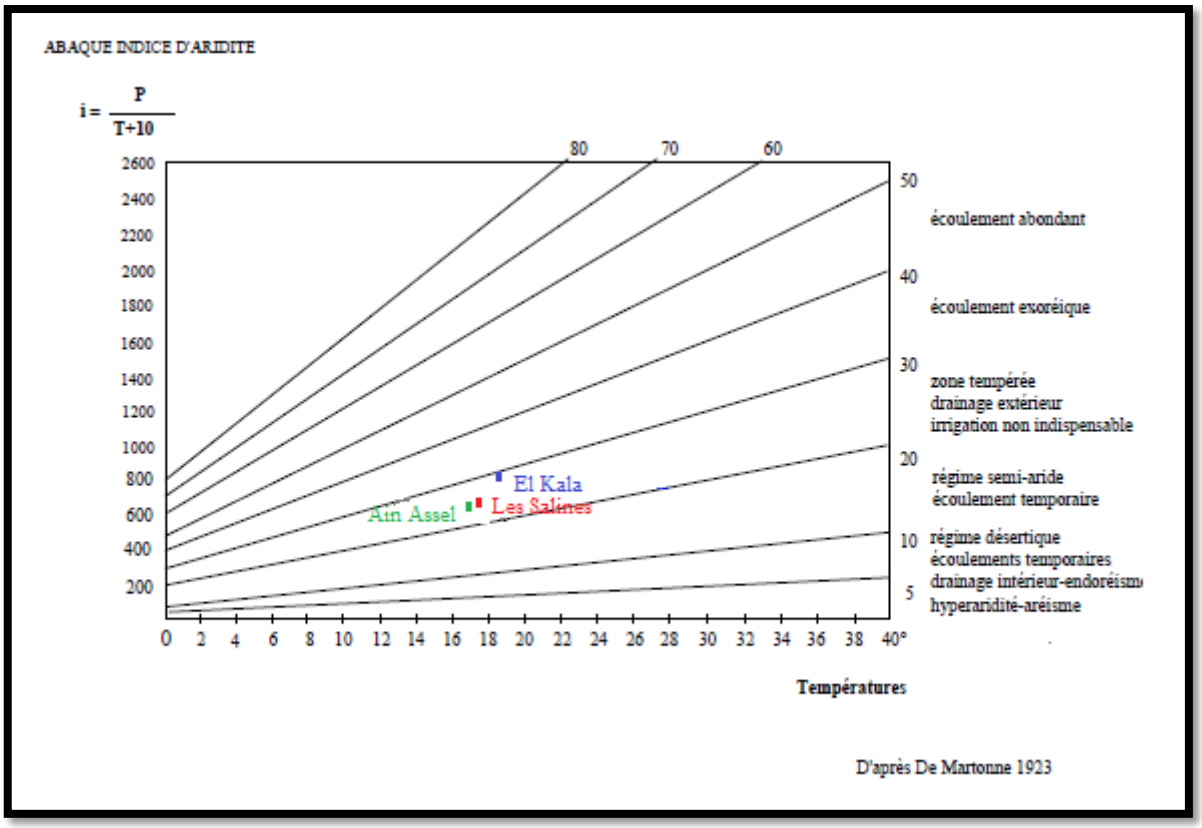

Figure. 26. Indice de De Martonne.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que les mois d'Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril jouissent d'un climat humide. Les mois de Mai et Septembre un climat semi-aride et pour les mois de Juin, Juillet et Août les valeurs de l'indice d'aridité dans l'ensemble indiquent un climat hyperaride.

III.2. Méthode pluviothermique

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

Appliquée à la station d'El Kala, les Salines et Ain Assel ; il résulte que la saison sèche s'étend du mois de Mai jusqu'à Septembre (figure. 27, 28 et 29).

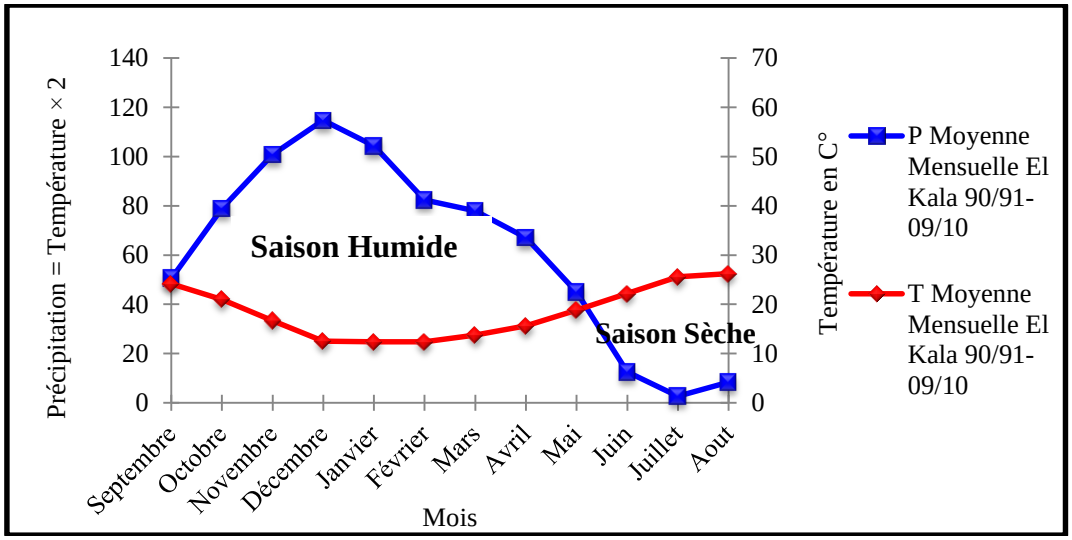

Figure. 27. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (El Kala 90/91-09/10).

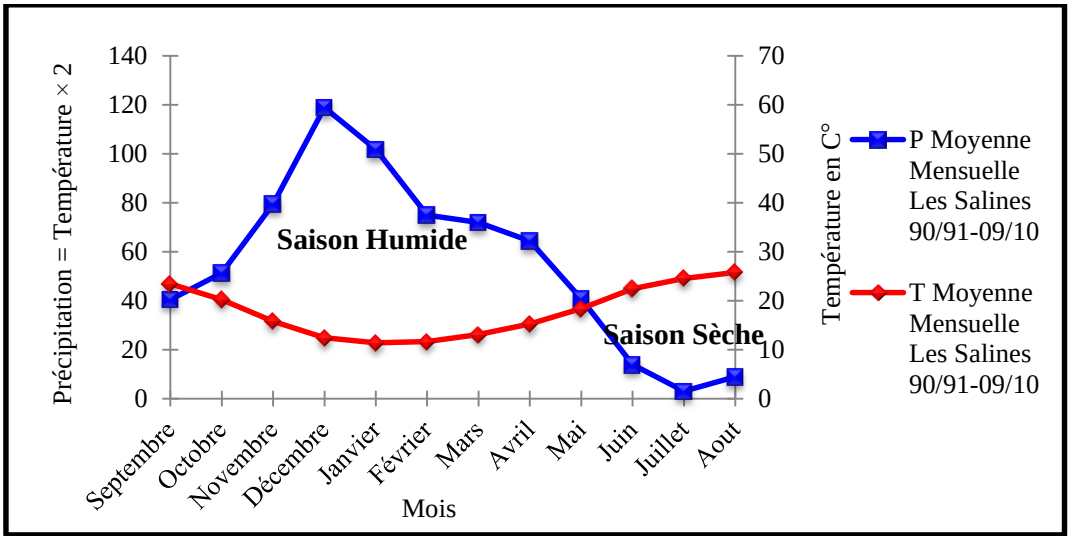

Figure. 28. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Les Salines 90/91-09/10).

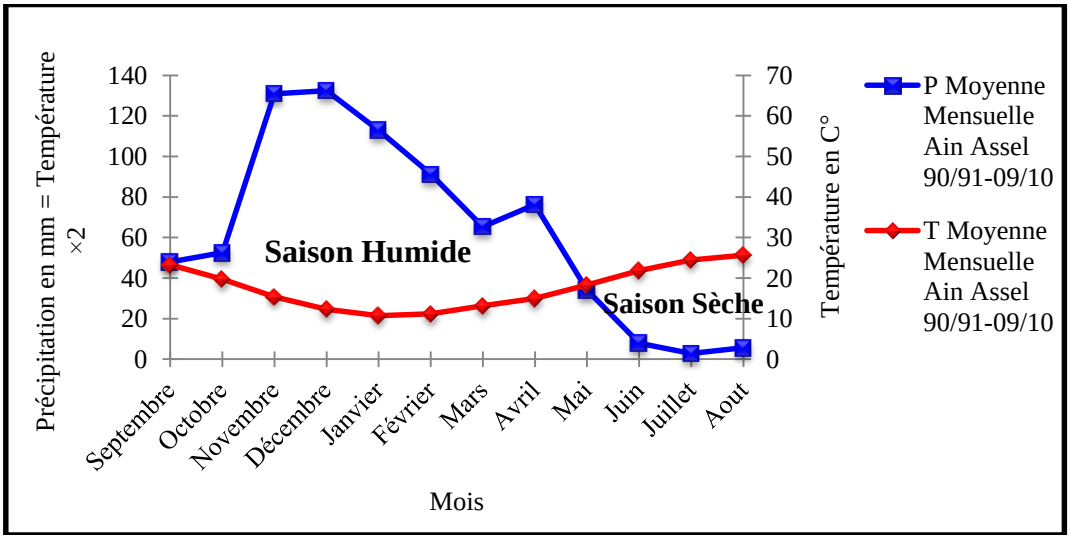

Figure. 29. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (Ain Assel 90/91-09/10).

IV. LE BILAN HYDRIQUE

IV.1. L'évapotranspiration

Le phénomène de l'évapotranspiration se compose, d'une part, de l'évaporation directe qui s'effectue à partir des sols humides et des différents plans d'eau, mais aussi de la transpiration des végétaux (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, 2006 ; 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, 1954 ; Serra, 1954, Scheoller, 1962).

Cependant, il est important de faire la distinction entre la notion de 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.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration, on a utilisé plusieurs formules empiriques et méthode de bilan.

IV.1.1. Évapotranspiration potentielle (ETP)

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on a appliqué les formules de THORNTHWAITE (1955) et de SERRA. Les données de température qu'on dispose sont celles des stations d'El Kala, les Salines et Ain Assel.

IV.1.1.1.Formule de C.W Thornthwaite

La formule de calcul de l'évapotranspiration potentielle selon C.W Thornthwaite tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle.

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

Avec

$$I = \sum_{I=1}^{12} i \ où i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} \quad eta = 1.6\left(\frac{I}{100}\right) + 0.5$$

Où :

ETP : Évapotranspiration potentielle (mm).

T : Température moyenne annuelle en °C.

t : Température moyenne mensuelle en °C.

I : Indice thermique annuel.

i : Indice thermique mensuel.

k: Facteur de correction intégrant la durée d'insolation et le nombre de jours du mois.

Les résultats obtenus par l'application de cette formule pour les trois stations (90/91-09/10) sont résumés dans le Tableau. 25 :

Tableau. 25. Evapotranspiration potentielle (méthode de THORNTHWAITE).

Stations	Mois / Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jui	A
El Kala	T en °C	24,16	20,97	16,7	12,6	12,36	12,4	13,8	15,61	18,83	22,19	25,57	26,21
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,86	8,76	6,21	4,03	3,94	3,95	4,64	5,60	7,45	9,55	11,83	12,28
	ETP en mm	111,88	80,28	45,97	25,02	26,10	25,61	38,07	51,65	81,45	112,55	150,19	147,33
Les Salines	T en °C	23,42	20,22	15,77	12,4	11,35	11,6	13,1	15,23	18,35	22,44	24,54	25,77
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,36	8,29	5,69	3,96	3,46	3,59	4,28	5,40	7,16	9,71	11,12	11,97
	ETP en mm	107,48	77,13	43,18	26,07	23,77	24,33	36,48	51,78	80,41	117,63	141,08	144,47
Ain Assel	T en °C	23,3	19,7	15,39	12,3	10,74	11,2	13,2	14,98	18,32	21,89	24,48	25,66
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,28	7,97	5,49	3,91	3,18	3,39	4,32	5,27	7,14	9,35	11,08	11,90
	ETP en mm	108,32	75,03	42,34	26,50	22,17	23,36	38,03	51,54	81,95	114,45	142,74	145,55

IV.1.1.2. Formule de SERRA

SERRA propose d'évaluer l'ETP à partir de la formule suivante :

$$ETP = 16\left(\frac{10t}{I}\right)^{a} \quad KI = \sum_{I=1}^{12} i \quad où i = 0{,}09T^{3/2} eta = 1.6\left(\frac{I}{100}\right) + 0.5$$

ETP : Évapotranspiration potentielle (mm).
T : Température moyenne annuelle en °C.
I : Indice thermique annuel.
i : Indice thermique mensuel.

Les résultats obtenus par l'application de la formule de SERRA pour les trois stations (90/91-09/10) sont regroupés dans le Tableau. 26 :

Tableau. 26. Evapotranspiration potentielle (méthode de SERRA).

Stations	Mois / Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jui	A
El Kala	T en °C	24,16	20,97	16,7	12,55	12,36	12,39	13,78	15,61	18,83	22,19	25,57	26,21
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,69	8,64	6,14	4,00	3,91	3,93	4,60	5,55	7,35	9,41	11,64	12,08
	ETP en mm	112,43	80,91	46,54	25,47	26,58	26,09	38,69	52,36	82,26	113,30	150,76	147,82
Les Salines	T en °C	23,42	20,22	15,77	12,4	11,35	11,64	13,06	15,23	18,35	22,44	24,54	25,77
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,20	8,18	5,64	3,93	3,44	3,57	4,25	5,35	7,07	9,57	10,94	11,77
	ETP en mm	108,92	78,28	43,93	26,58	24,26	24,83	37,19	52,70	81,68	119,25	142,89	146,26
Ain Assel	T en °C	23,3	19,7	15,39	12,31	10,74	11,19	13,15	14,98	18,32	21,89	24,48	25,66
	K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
	i	10,12	7,87	5,43	3,89	3,17	3,37	4,29	5,22	7,06	9,22	10,90	11,70
	ETP en mm	109,69	76,11	43,05	27,01	22,63	23,82	38,73	52,43	83,19	115,97	144,48	147,25

IV.1.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)

IV.1.2.1. Formule de L .Turc 1954

La formule de Turc consiste à évaluer directement l'évapotranspiration réelle (Tableau. 27), 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. 27. Valeurs de l'ETR par la formule de Turc.

Stations	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)
El Kala	745,43	18,45	1075,27	634,41
Les Salines	669,53	17,85	1030,62	582,23
Ain Assel	760,09	17,59	1011,87	628,13

IV.1.2.2. Formule de M Coutagne

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

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

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm (Tableau. 28).
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 :

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

Tableau. 28. Valeurs de l'ETR par la formule de M Coutagne.

Stations	P (mm)	T (°C)	λ	$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$	ETR (mm)
El Kala	745,43	18,45	0,29	0,431< 0,745<1,724	584,28
Les Salines	669,53	17,85	0,30	0,416<0,669<1,666	535,04
Ain Assel	760,09	17,59	0,30	0,416<0,760<1,666	586,76

IV.1.2.3. Méthode de WUNDT

$$D = 210 + 30T$$

Avec :
D : Déficit d'écoulement en mm/an.
T : Température moyenne annuelle en °C.

Cette méthode permet d'obtenir à partir d'un diagramme (diagramme de WUNDT) le déficit d'écoulement en fonction de la température et des précipitations (Figure. 30).

L'emploi de cette méthode aux stations : El Kala, les Salines et Ain Assel, pour la période 1990/2010 a permis d'estimer le déficit de l'écoulement qui est de l'ordre de 763,5 mm à El Kala, 745,5 mm à les Salines et 737,7 mm à Ain Assel.

Tableau. 29. Valeurs du Déficit d'écoulement par la formule de WUNDT.

Stations	T (°C)	D (mm/an)
El Kala	18,45	763,5
Les Salines	17,85	745,5
Ain Assel	17,59	737,7

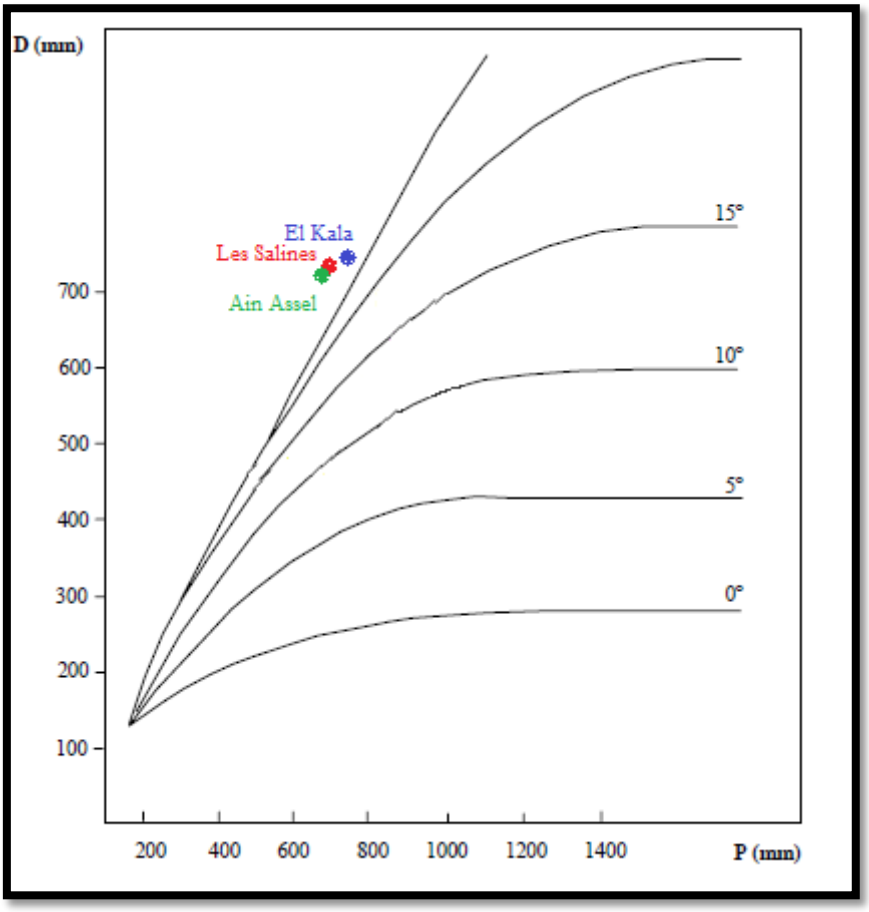

Figure. 30. Diagramme de WUNDT.

IV.1.2.4. Méthode de THORNTHWAITE

Pour estimer le bilan hydrique, la méthode de THORNTHWAITE est la mieux utilisé, car se rapprochant au plus de la réalité de la zone d'étude. Elle prend en considération la RFU, qui est elle-même tient compte du type de sol, de l'enracinement et des plantes…. Dans la pratique et pour la région, on admet que la RFU, atteint un maximum de 100 mm.

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU).

On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU) ; cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes.

La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 (la RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérés, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm).

On admet que la satisfaction de l'ETP a priorité sur l'écoulement, c'est-à-dire qu'avant qu'il n'y ait d'écoulement, il faut avoir satisfait le pouvoir évaporant (ETP = ETR). Par ailleurs, la complétion de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement.

On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle, à partir de la pluie du mois P, de l'ETP et de la RFU.

Si P > ETP, alors :

ETR = ETP

• il reste un excédent (P - ETP) qui est affecté en premier lieu à la RFU, et, si la RFU est complète, à l'écoulement Q

Si P < ETP :

• on évapore toute la pluie et on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR soit :

• ETR = P +min (RFU, ETP-P)

• RFU= 0 ou RFU+P-ETP

Si RFU = 0, la quantité (DA = ETP - ETR) représente le déficit agricole, c'est-à-dire sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de la sécheresse.

L'établissement du bilan d'eau d'une région nécessite l'évaluation de la répartition des précipitations entre les composantes suivantes :

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

Les Tableaux. 30, 31 et 32, résument les bilans des eaux pour les trois stations, à savoir El Kala, les Salines et Ain Assel, établis selon la méthode de Thornthwaite :

Tableau. 30. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station d'El Kala (90/91-09/10).

Paramètre / Mois	T	i	K	ETP_C	P	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	24,16	10,9	1,03	112,5	50,57	-61,9	-0,6	0,0	0,0	50,6	61,9	0,0
O	20,97	8,8	0,97	80,7	78,98	-1,7	0,0	0,0	0,0	79,0	1,7	0,0
N	16,7	6,2	0,86	46,1	100,81	54,7	1,2	54,7	54,7	46,1	0,0	0,0
D	12,55	4,0	0,81	25,1	114,66	89,6	3,6	45,3	100,0	25,1	0,0	44,3
J	12,36	3,9	0,87	26,1	104,31	78,2	3,0	0,0	100,0	26,1	0,0	78,2
F	12,39	4,0	0,85	25,7	82,39	56,7	2,2	0,0	100,0	25,7	0,0	56,7
M	13,78	4,6	1,03	38,2	77,93	39,8	1,0	0,0	100,0	38,2	0,0	39,8
A	15,61	5,6	1,10	51,8	67,06	15,2	0,3	0,0	100,0	51,8	0,0	15,2
M	18,83	7,4	1,21	81,8	44,98	-36,8	-0,5	-36,8	63,2	81,8	0,0	0,0
J	22,19	9,5	1,22	113,1	12,57	-100,6	-0,9	-63,2	0,0	75,8	37,4	0,0
J	25,57	11,8	1,24	151,1	2,75	-148,3	-1,0	0,0	0,0	2,8	148,3	0,0
A	26,21	12,3	1,16	148,2	8,45	-139,8	-0,9	0,0	0,0	8,5	139,8	0,0
Annuel	**18,4**	**89,1**		**900,4**	**745,5**	**-154,9**				**511,3**	**389,1**	**234,2**

Tableau. 31. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station des Salines (90/91-09/10).

Paramètre / Mois	T	i	K	ETP_C	P	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23,42	10,4	1,03	108,6	40,47	-68,1	-0,6	0,0	0,0	40,5	68,1	0,0
O	20,22	8,3	0,97	77,8	51,23	-26,6	-0,3	0,0	0,0	51,2	26,6	0,0
N	15,77	5,7	0,86	43,4	79,55	36,1	0,8	36,1	36,1	43,4	0,0	0,0
D	12,4	4,0	0,81	26,2	118,95	92,8	3,5	63,9	100,0	26,2	0,0	28,9
J	11,35	3,5	0,87	23,8	101,75	77,9	3,3	0,0	100,0	23,8	0,0	77,9
F	11,64	3,6	0,85	24,4	74,95	50,5	2,1	0,0	100,0	24,4	0,0	50,5
M	13,06	4,3	1,03	36,6	71,89	35,3	1,0	0,0	100,0	36,6	0,0	35,3
A	15,23	5,4	1,10	52,1	64,32	12,2	0,2	0,0	100,0	52,1	0,0	12,2
M	18,35	7,2	1,21	81,0	40,79	-40,2	-0,5	-40,2	59,8	81,0	0,0	0,0
J	22,44	9,7	1,22	118,8	13,83	-104,9	-0,9	-59,8	0,0	73,6	45,2	0,0
J	24,54	11,1	1,24	142,6	2,99	-139,6	-1,0	0,0	0,0	3,0	139,6	0,0
A	25,77	12,0	1,16	146,1	8,85	-137,2	-0,9	0,0	0,0	8,9	137,2	0,0
Annuel	**17,8**	**85,0**		**881,3**	**669,6**	**-211,8**				**464,7**	**416,6**	**204,8**

Tableau. 32. Bilan hydrique selon la méthode de C. W Thornthwaite pour la station d'Ain Assel (90/91-09/10).

Paramètre / Mois	T	i	K	ETP_C	P	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	23,3	10,3	1,03	108,6	48,04	-60,5	-0,6	0,0	0,0	48,0	60,5	0,0
O	19,7	8,0	0,97	75,2	52,51	-22,7	-0,3	0,0	0,0	52,5	22,7	0,0
N	15,39	5,5	0,86	42,4	130,89	88,5	2,1	88,5	88,5	42,4	0,0	0,0
D	12,31	3,9	0,81	26,5	132,5	106,0	4,0	11,5	100,0	26,5	0,0	94,5
J	10,74	3,2	0,87	22,2	112,91	90,7	4,1	0,0	100,0	22,2	0,0	90,7
F	11,19	3,4	0,85	23,4	91,18	67,8	2,9	0,0	100,0	23,4	0,0	67,8
M	13,15	4,3	1,03	38,1	65,39	27,3	0,7	0,0	100,0	38,1	0,0	27,3
A	14,98	5,3	1,10	51,6	76,3	24,7	0,5	0,0	100,0	51,6	0,0	24,7
M	18,32	7,1	1,21	82,1	34,1	-48,0	-0,6	-48,0	52,0	82,1	0,0	0,0
J	21,89	9,4	1,22	114,7	7,9	-106,8	-0,9	-52,0	0,0	59,9	54,8	0,0
J	24,48	11,1	1,24	143,1	2,76	-140,3	-1,0	0,0	0,0	2,8	140,3	0,0
A	25,66	11,9	1,16	145,9	5,61	-140,3	-1,0	0,0	0,0	5,6	140,3	0,0
Annuel	**17,6**	**83,3**		**873,8**	**760,1**	**-113,7**				**455,1**	**418,7**	**305,0**

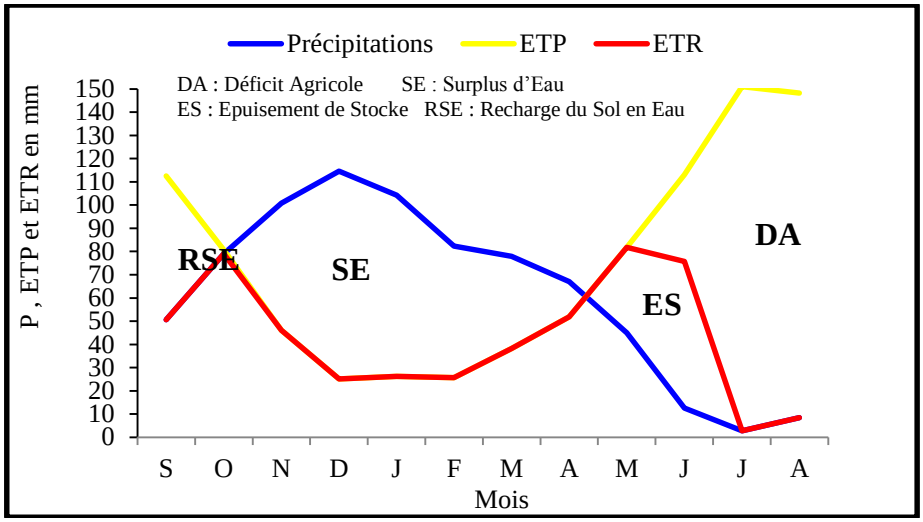

Figure. 31. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station d'El Kala (90/91-09/10).

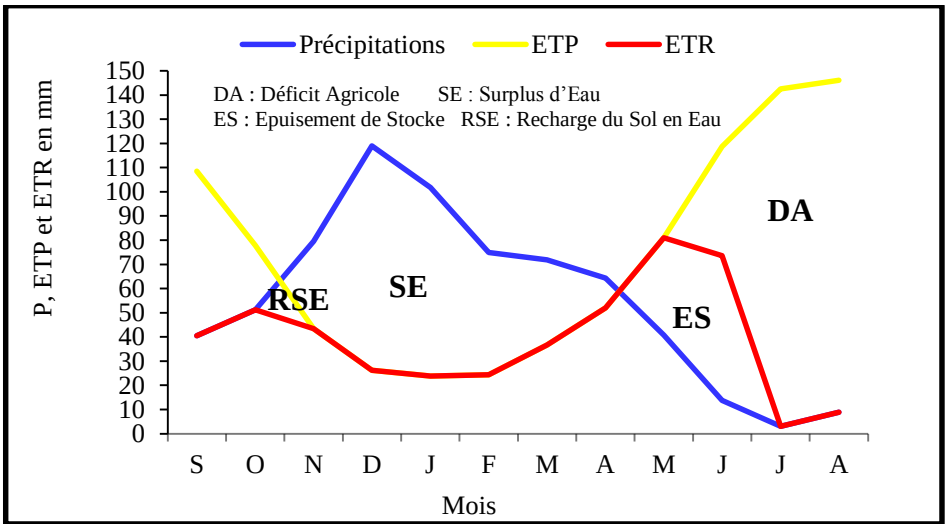

Figure. 32. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station des Salines (90/91-09/10).

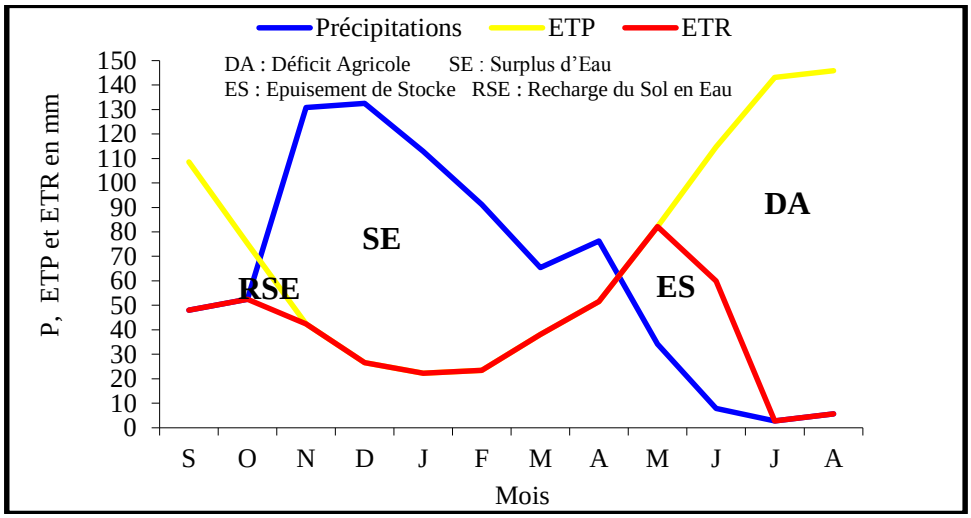

Figure. 33. Graphiques du bilan d'eau (THORNTHWAITE) à la station d'Ain Assel (90/91-09/10).

L'établissement des bilans des trois stations (Tableaux. 30, 31 et 32), montre qu'il existe deux périodes distinctes :

Une première où l'alimentation du stock est nulle et qui s'étale du mois de Mai à Novembre pour les trois stations, une seconde caractérisée par recharge du stock.

Nous remarquerons d'après ce bilan qu'à partir du mois de Novembre jusqu'au début du mois d'Avril, les précipitations sont supérieures à ***l' ETP***, donc on aura un excédent d'eau qui sera stocké sous forme de ***RFU.***

Ces réserves commencent à s'épuiser notamment avec un déficit maximal au mois de Juillet de 148,3 mm pour la station d'El Kala, 139,6 mm pour les Salines et 140,3 mm pour Ain Assel.

IV.2. Discussion des résultats

Les différentes valeurs de l'évapotranspiration obtenues par l'emploi des différentes formules sont rassemblées dans le Tableau. 33 :

Tableau. 33. Valeurs de l'évapotranspiration obtenues par les différentes méthodes.

Paramètre	Méthode	El Kala	Les Salines	Ain Assel
ETP (mm)	THORNTHWAITE	896,11	873,82	871,98
	SERRA	903,20	886,77	884,35
ETR (mm)	TURC	634,41	582,23	628,13
	COUTAGNE	584,28	535,04	586,76
	WUNDT	763,5	745,5	737,7
	THORNTHWAITE	511,3	464,7	455,1

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

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

Les Figure. 31, 32 et 33 présentent les graphismes des bilans d'eau (Thornthwaite) qui illustrent les résultats des Tableaux. 30, 31 et 32 des trois stations (El Kala, les Salines et Ain Assel).

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite, montre que l'ETP atteint son maximum au mois de Juillet pour El Kala avec 151,1 mm et au mois d'Août pour les Salines et Ain Assel avec respectivement 146,1 mm et 145,9 mm, atteint son minimum au mois de Décembre pour El Kala avec 25,1 mm et au mois de Janvier pour les Salines et Ain Assel avec respectivement 23,8 mm et 22,2 mm.

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de Novembre avec 54,7 à El Kala, 36,1 à les Salines et 88,5 mm à Ain Assel, et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de Décembre jusqu'au mois d'avril, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (100 mm) c'est-à-dire au mois de novembre et se termine en Avril, avec un maximum au mois de Décembre de 89,6 mm à El Kala, 92,8 mm à les Salines et 106 mm à Ain Assel, un minimum au mois d'Avril avec 15,2 mm à El Kala, 12,2 à les Salines et 24,7 mm à Ain Assel.

L'excédent égal à 234,2 mm à El Kala représentant 31,41 % des précipitations annuelles, 204,8 mm à les Salines représentant 30,58 % des précipitations annuelles et 305 mm à Ain Assel représentant 40,12 % des précipitations annuelles, alors que l'ETR est de l'ordre de 511,3 mm à El Kala représentant 68,59 % des précipitations annuelles, 464,7 mm à les Salines

représentant 69,40 % des précipitations annuelles et 455,1 mm à Ain Assel représentant 59,86 % des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de Mai et se poursuit jusqu'au mois de Novembre.

V. BILAN HYDROLOGIQUE

L'équation du bilan d'après THORNTHWAITE exprimant l'égalité des pertes et des gains est définie comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Où :
P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
R : Lame d'eau ruisselée en (mm).
ETR : Évapotranspiration réelle en (mm).
I : Lame d'eau infiltrée en (mm).

V.1. Le ruissellement de surface

Le ruissellement est l'écoulement instantané et temporaire des eaux sur un versant, à la suite d'une averse.

D'après la formule de TIXRONT-BERKALOF ; le ruissellement peut être estimé par la relation suivante :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2} pourp < 600\ mm$$

Où :
R : lame Ruisselée en (m).
P : Précipitation moyenne annuelle en (m).
ETP : Évapotranspiration potentielle en (m).

Cette formule a été modifiée par ROMANTCHOUK (1974), s'écrit :

$$R = \frac{P^3}{3} pourP > 600\ mm$$

Un récapitulatif des résultats de l'application de la formule de ROMANTCHOUK car P> 600 mm, est donné dans le Tableau. 34 :

Tableau. 34. Valeurs du ruissellement.

Station	P (m)	R (m)	R (mm)	R (%)
El Kala	0,74543	0,13807	130,07	17,44
Les Salines	0,66953	0,10004	100,04	14,94
Ain Assel	0,76009	0,14637	146,37	19,25

V.2. Estimation de l'infiltration

L'infiltration est la quantité qui pénètre dans le sol pour alimenter les nappes aquifères.

Ce paramètre est difficile à évaluer car il échappe aux mesures directes.

Grâce à l'équation du bilan hydrologique, on peut estimer les infiltrations comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Ou

$$I = P - (R + ETR)$$

Avec :
ETR : Évapotranspiration réelle en (mm)

I : Lame d'infiltration en (mm).
R : Ruissellement de surface (mm)
P : Précipitation annuelle en (mm)
Si I>0 : Les entrées sont supérieures aux sorties.
Si I<0 : Les entrées sont inférieures aux sorties.

Tableau. 35. Valeurs de l'infiltration efficace.

Station	P (mm)	Méthode	ETR (mm)	ETR (%)	R (mm)	R (%)	I (mm)	I (%)
El Kala	745,43	TURC	634,41	85,10	130,07	17,44	-19,05	/
		COUTAGNE	584,28	78,38			31,08	4,16
		WUNDT	763,5	98,80			-148,14	/
		THORNTHWAITE	511,3	68,59			104,06	13,95
Les Salines	669,53	TURC	582,23	86,96	100,04	14,94	-12,74	/
		COUTAGNE	535,04	79,91			34,45	5,14
		WUNDT	745,5	111,34			-176,01	/
		THORNTHWAITE	464,7	69,40			104,79	15,65
Ain Assel	760,09	TURC	628,13	82,63	146,37	19,25	-14,41	/
		COUTAGNE	586,76	77,19			26,96	3,54
		WUNDT	737,7	97,05			-123,98	/
		THORNTHWAITE	455,1	59,87			158,62	20,86

Le Tableau. 35, permet de remarquer que le pourcentage de l'ETR est plus éminent par apport à ceux du ruissellement et de l'infiltration.

VI. RÉGIME DE L'OUED KÉBIR EST

L'écoulement ou le ruissellement superficiel se définit comme le phénomène de drainage des eaux pluviales au niveau de la surface du bassin versant. Les écoulements constituent donc le facteur essentiel pour l'alimentation des cours d'eau. L'analyse des observations hydrométriques au niveau des cours d'eau donne une idée précise sur le comportement hydrologique de ces derniers ainsi que sur le processus d'interférence des facteurs physico-géographiques. Puisque les écoulements varient en fonction du temps, il serait intéressant d'avoir des relevés instantanés de jaugeage en un point donné et en un temps déterminé pour pouvoir suivre l'évolution des débit durant toute une période bien déterminée. Les débits des oueds qui entrent dans notre cadre d'étude sont mesurés au niveau de la station hydrométrique d'Ain Assel, située à l'exutoire du bassin de l'Oued Kébir Est. Les observations hydrométriques dont nous disposons sont celles des débits journaliers d'une série de 40 ans (1963/1964 à 2002/2003) (Annexe. 1).

VI.1. Réseau hydrométrique

VI.1.1. Application de la méthode de corrélation linéaire à la série hydropluviométrique de l'Oued Kébir Est

L'application de cette méthode à la série d'observation disponible (précipitations et débits annuels), relevées à la station hydro-pluviomértique d'Ain Assel sur une période de 40 ans afin d'établir une corrélation, c'est-à-dire trouver une relation simple qui lie les hauteurs annuelles des pluies tombées dans le bassin de l'oued avec les débits annuels écoulés, ainsi que le degré de liaison entre les deux paramètres (pluies/ débits).

Le coefficient de corrélation est de l'ordre de 0,68 à Ain Assel, ce qui détermine la bonne corrélation entre les deux séries étudiées.

Signalons ici l'existence de deux points éloignés de la courbe de tendance (Figure.34), il s'agit des années 1966/67 avec un débit correspondant (P=1067,70 mm, Q= 49,52 m^3/s) et 2002/03 avec un débit correspondant (P=1225 mm, Q= 255,03 m^3/s).

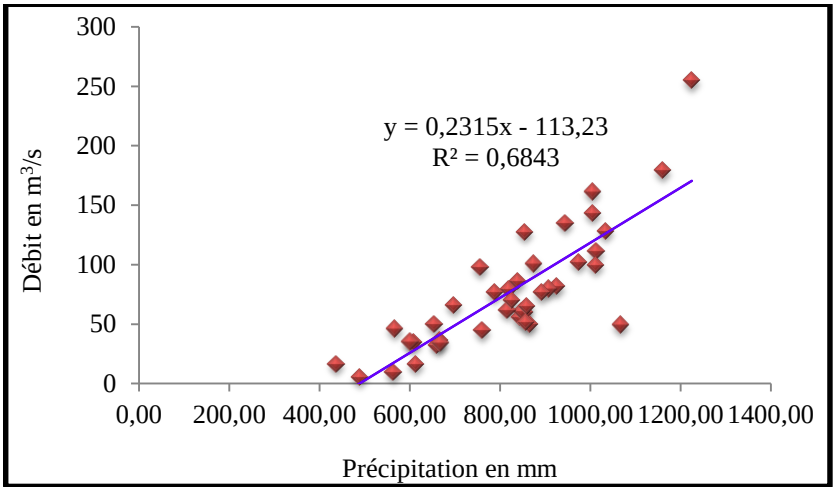

Figure. 34. Corrélation pluies/débits de l'Oued KébirEst à la station d'Ain Assel (1963/64-2002/03).

VI.1.2. Exploitation des données hydrométriques

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 ».

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 (Sayad, 2015).

VI.1.3. 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 traille téléphérique ou à partir d'un pont par le biais d'une cyclopotence). 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 d'Ain Assel va nous servie comme référence pour le développement détaillée de cette partie pour les raisons suivantes :

- Dernière station avant l'exutoire (vers la mer méditerranéenne)

- Reçoit les affluents du Kébir Est.
- Draine une surface importante.
- 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 d'Ain Assel, fait par les services de l'ANRH, s'étend sur 40 ans d'observation (1963-2003), pour le suivi journalier 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)).

VI.1.4. Evolution des débits en fonction de la pluie à la station d'Ain Assel

Le débit de l'Oued Kébir Est, varie de 0 m^3/s (période d'étiage) à 300 m^3/s, pendant les périodes des fortes averses, il atteint des valeurs de l'ordre de 585,20 m^3/s (Figure. 35) (observées le mois de Novembre 1976, ANRH-Constantine).

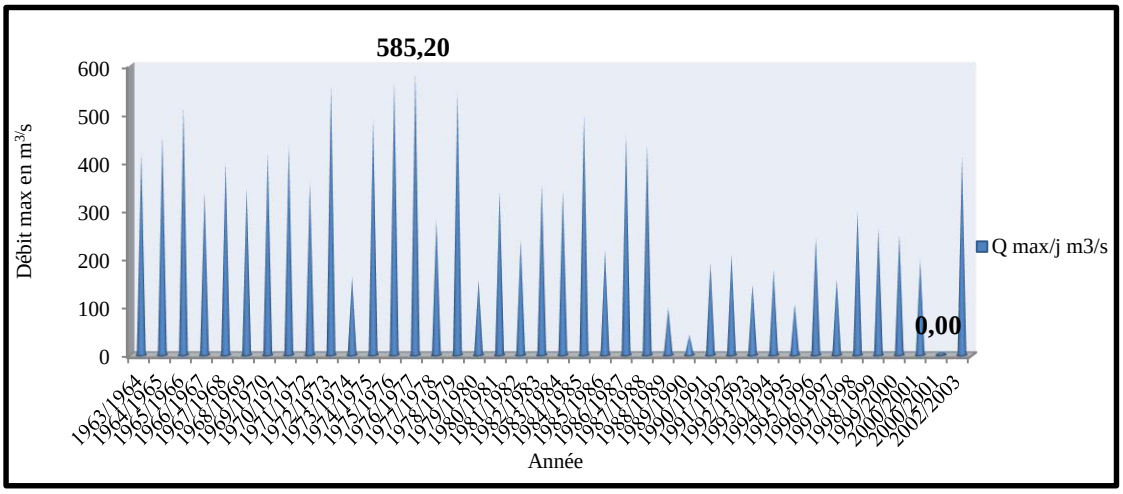

Figure. 35. Débits maximums journaliers observés à la station d'Ain Assel.

La variation de débit montre, que le régime d'écoulement de l'Oued Kébir Est, 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 Kébir Est, nous avons étudié les variations annuelles des débits de cet Oued (Figure. 36 et Tableau. 3)

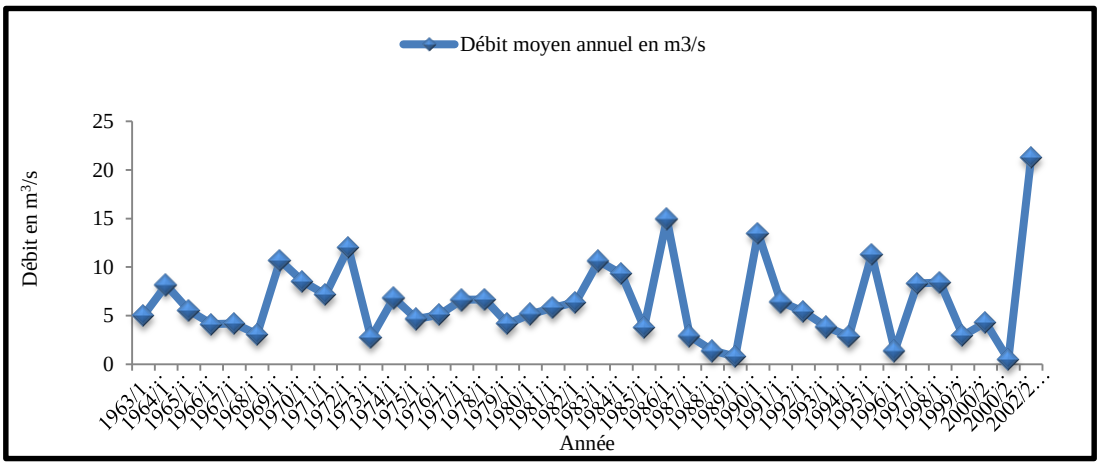

Figure. 36. Débits moyens mensuels observés à la station d'Ain Assel.

Tableau. 36. Débits annuels, Débits moyen mensuels et Précipitations annuels observées à la station d'Ain Assel (1963-2003).

Année	Débit Annuel en m^3/s	Débit moyen mensuel en m^3/s	Précipitation en mm	Observation
1963/1964	60,50	5,04	854,7	Année Excédentaire
1964/1965	97,90	8,16	756,9	Année Excédentaire
1965/1966	66,46	5,54	698,4	Année Excédentaire
1966/1967	49,52	4,13	1067,7	Année Excédentaire
1967/1968	50,32	4,19	867,1	Année Excédentaire
1968/1969	36,97	3,08	666,3	Année Déficitaire
1969/1970	128,45	10,70	1034,2	Année Excédentaire
1970/1971	102,35	8,53	975	Année Excédentaire
1971/1972	85,86	7,15	839,1	Année Excédentaire
1972/1973	143,68	11,97	1005,9	Année Excédentaire
1973/1974	32,79	2,73	660,9	Année Déficitaire
1974/1975	81,96	6,83	925,5	Année Excédentaire
1975/1976	56,02	4,67	844,7	Année Excédentaire
1976/1977	61,21	5,10	849	Année Excédentaire
1977/1978	79,52	6,63	820,3	Année Excédentaire
1978/1979	79,96	6,66	908,4	Année Excédentaire
1979/1980	50,07	4,17	654,5	Année Excédentaire
1980/1981	61,92	5,16	816,5	Année Excédentaire
1981/1982	69,99	5,83	826	Année Excédentaire
1982/1983	76,85	6,40	788,2	Année Excédentaire
1983/1984	127,66	10,64	854,8	Année Excédentaire
1984/1985	111,68	9,31	1013,7	Année Excédentaire
1985/1986	45,21	3,77	760,9	Année Excédentaire
1986/1987	179,37	14,95	1161,4	Année Excédentaire
1987/1988	34,73	2,89	608,7	Année Déficitaire
1988/1989	16,85	1,40	613,6	Année Déficitaire
1989/1990	9,82	0,82	564	Année Déficitaire
1990/1991	161,75	13,48	1005,6	Année Excédentaire
1991/1992	77,12	6,43	892,8	Année Excédentaire
1992/1993	65,14	5,43	860,5	Année Excédentaire
1993/1994	46,49	3,87	567,7	Année Excédentaire
1994/1995	34,56	2,88	668,6	Année Déficitaire
1995/1996	135,22	11,27	945,2	Année Excédentaire
1996/1997	16,86	1,41	438,1	Année Déficitaire
1997/1998	100,01	8,33	1012,2	Année Excédentaire
1998/1999	101,18	8,43	875,5	Année Excédentaire
1999/2000	35,35	2,95	601,8	Année Déficitaire
2000/2001	51,54	4,30	858,6	Année Excédentaire
2000/2001	5,71	0,48	489,3	Année Déficitaire
2002/2003	255,03	21,25	1225	Année Excédentaire
	$\overline{Q}$ = 42,41	$\overline{Q}$ = 3,53		

VI.1.5. Variation annuelle des débits en fonction des précipitations

D'après cette analyse, on constate une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits, car les faibles débits enregistrés correspondent à l'année déficitaire à « faibles précipitations » et les forts débits correspondent à l'année excédentaire à « fortes précipitations ». La représentation graphique des débits en fonction des précipitations exprime une évolution parallèle entre ces deux paramètres (débits et précipitations) durant toute la période (1963/2003), Figure. 37.

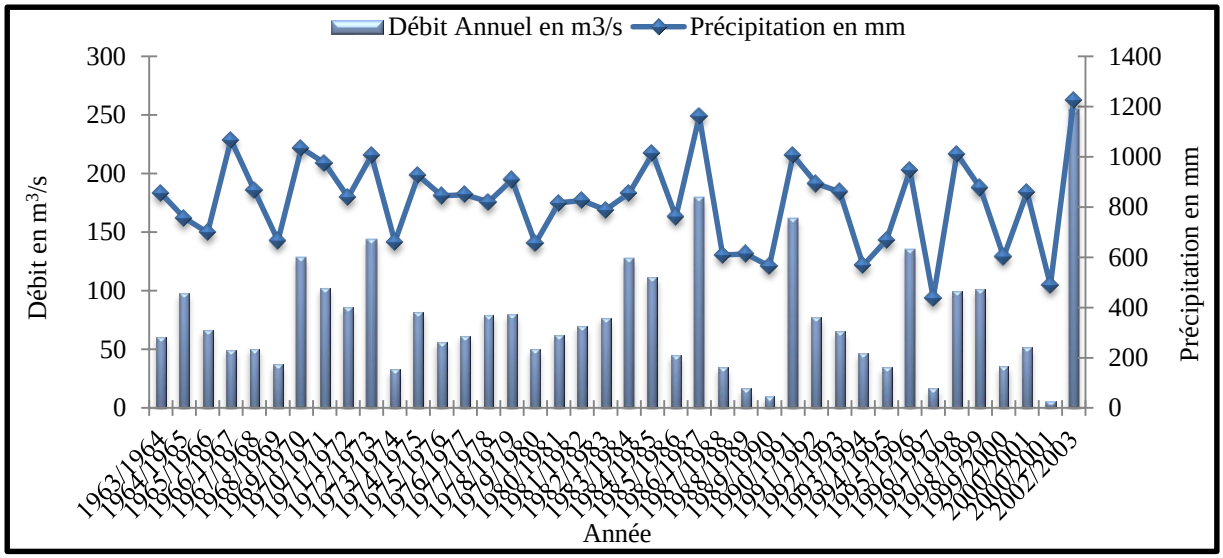

Figure. 37. Variation annuelle des débits en fonction des précipitations de l'Oued Kébir Est à la station d'Ain Assel (63/64-02/03).

VI.1.6. Variations mensuelles du débit à la station d'Ain Assel (1963-2003)

Le suivi mensuel a été étalé sur 40 ans (1963-2003) (Figure. 38), les débits observés pendant la période des hautes eaux (Décembre-Avril) sont importants variables (11,94 à 17,19 m^3/s) et qui produit une dilution des eaux de l'Oued. Par contre pendant la période des basses eaux (Mai-Novembre) le débit est faible (0 à 6 m^3/s), ce qui sous l'effet des rejets et de l'évaporation va jouer sur l'augmentation des concentrations des différents éléments chimiques.

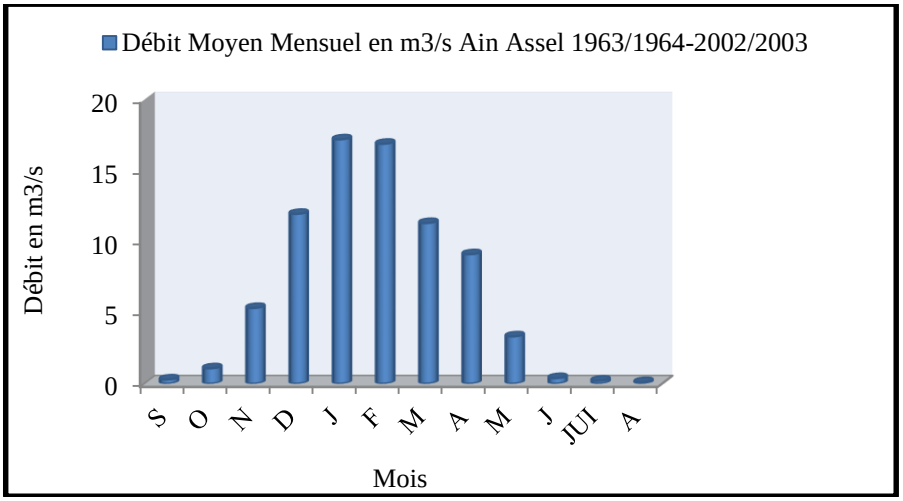

Figure. 38. Débits mensuels interannuels à la station d'Ain Assel 1963-2003.

VI.1.7. Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations

D'après cette analyse, on constate une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits, car les faibles débits enregistrés correspondent à la saison sèche à « faibles précipitations » et les forts débits correspondent à la saison pluvieuse à « fortes précipitations ». La représentation graphique des débits en fonction des précipitations exprime une évolution parallèle entre ces deux paramètres (débits et précipitations) durant toute l'année (Figure. 39).

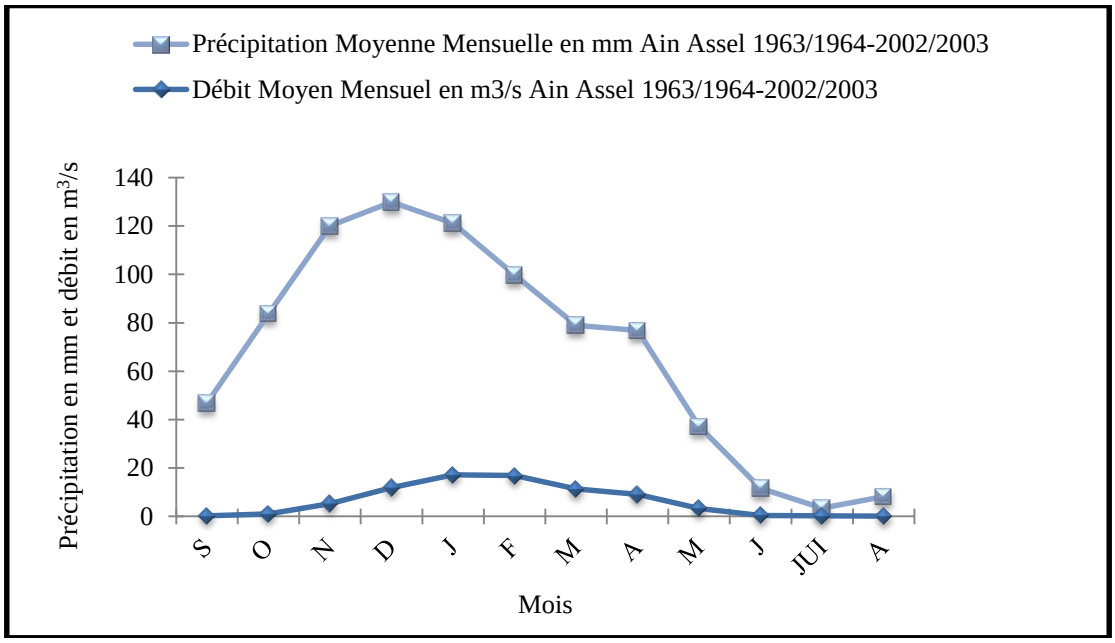

Figure. 39. Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations de l'Oued Kébir Est à la station d'Ain Assel (63/64-02/03).

A partir du mois de Septembre, on a une croissance des deux courbes, mais la courbe des débits est plus faible par rapport à celle des précipitations (période de recharge du sol).

Le fort débit au niveau de l'oued est enregistré au mois de Janvier avec une moyenne mensuelle de 17,19 m^3/s.

VI.1.8. Coefficient moyen de débit

Le régime d'un cours d'eau est définit 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 :

Qi : Débits moyens mensuels en m^3/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 Kébir Est sont récapitulées dans le Tableau. 37 :

Tableau. 37. Coefficient moyen des débits à la station d'Ain Assel (1963-2003).

Mois	Débits moyens mensuels en m^3/s	Coefficient moyen de débit	Nature de la période
Septembre	0,29	0,05	Basses eaux
Octobre	1,07	0,17	Basses eaux
Novembre	5,32	0,83	Basses eaux
Décembre	11,94	1,86	Hautes eaux
Janvier	17,19	2,68	Hautes eaux
Février	16,88	2,63	Hautes eaux
Mars	11,30	1,76	Hautes eaux
Avril	9,10	1,42	Hautes eaux
Mai	3,32	0,52	Basses eaux
Juin	0,39	0,06	Basses eaux
Juillet	0,20	0,03	Basses eaux
Août	0,10	0,02	Basses eaux

La représentation graphique des Coefficients Mensuels des Débits (CMD), établie pour la station d'Ain Assel, permet de visualiser le régime d'El Kébir Est, et ses principaux affluents (Figure. 40). En effet, le régime, à alimentation essentiellement pluviale de l'oued, souligné par une courbe en cloche dont le maximum se situe au mois de Janvier, comporte des hautes eaux de décembre à avril et des basses eaux de mai à novembre.

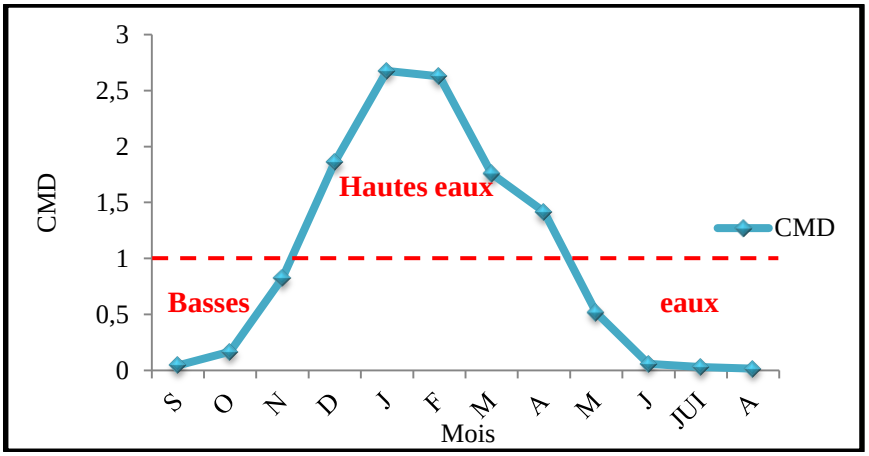

Figure. 40. Courbe des coefficients moyens des débits (CMD) de l'Oued Kébir Est à la station Ain Assel.

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 40 ans (1963-2003). Ces rapports permettent de connaître le degré de la variation interannuelle des débits moyens mensuels.

Tableau. 38. Les rapports des débits extrêmes mensuels à la station Ain Assel (1963/2003).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A
Q max	15,22	32,88	93,91	148,31	193,27	135,17	122,46	121,46	50,37	1,44	2,83	1,35
Q min	0,06	0,07	0,14	0,34	0,94	1,22	1,30	0,98	0,45	0,19	0,08	0,07
R	237,95	468,76	660,87	430,53	205,12	110,39	94,12	123,91	112,97	7,37	33,94	18,72

VI.1.9. Débits caractéristiques de l'Oued Kébir Est

L'analyse des débits journaliers permet d'apprécier le régime du cours d'eau et ça variation mensuelle et annuelle. Pour mieux comprendre ce régime, l'analyse a porté sur 40 années reflétant le comportement hydrologique du bassin (Tableau. 39).

Tableau. 39. Débit caractéristique d'étiage et maximal.

Bassin versant	Oued	Station	Année	Débit Caractéristique d'Étiage (DCE) m^3/s	Débit Caractéristique Maximal(DCM) m^3/s
Côtier Constantinois Est	Kébir Est	Ain Assel	1963/1964	0,01	42,77
			1964/1965	0,02	65,92
			1965/1966	0,11	34,89
			1966/1967	0,06	36,34
			1967/1968	0,02	37,31
			1968/1969	0,00	26,43
			1969/1970	0,01	111,98
			1970/1971	0,01	61,52
			1971/1972	0,00	56,36
			1972/1973	0,01	97,49
			1973/1974	0,00	19,78
			1974/1975	0,01	39,53
			1975/1976	0,00	32,04
			1976/1977	0,01	30,23
			1977/1978	0,00	75,72
			1978/1979	0,00	52,67
			1979/1980	0,00	36,52
			1980/1981	0,00	48,75
			1981/1982	0,00	55,53
			1982/1983	0,00	63,91
			1983/1984	0,00	87,67
			1984/1985	0,00	77,28
			1985/1986	0,00	35,96
			1986/1987	0,00	154,66
			1987/1988	0,00	23,61
			1988/1989	0,00	11,17
			1989/1990	0,00	6,75
			1990/1991	0,00	121,30
			1991/1992	0,00	72,32
			1992/1993	0,00	73,54
			1993/1994	0,00	46,95
			1994/1995	0,00	28,87
			1995/1996	0,00	152,36
			1996/1997	0,00	5,80
			1997/1998	0,00	53,76
			1998/1999	0,33	61,46
			1999/2000	0,41	13,39
			2000/2001	0,32	48,49
			2000/2001	0,01	2,10
			2002/2003	0,00	217,18

Les valeurs du débit caractéristique 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, est presque toujours nul, sinon très faible.

On a repérer le DCM et le DCE sur la courbe des débits classés, qui correspond au classement des débits par ordre décroissant sur une année considérée.

VI.1.10. Valeurs nulles des débits à la station hydrométrique d'Ain Assel

Pendant 31 années continues, des valeurs nulles de débits ont été enregistrées à la station Hydrométrique d'étude, le pourcentage de ces valeurs nulles varie d'une année à l'autre et passe de 1,37% à 46,58%. Ces valeurs sont en réalité liées aux phénomènes de remblaiement ou affouillement au niveau de l'Oued Kébir Est. 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).

Le pourcentage des valeurs des débits nuls observé à la station d'Ain Assel varie d'une année à l'autre, parfois il atteint 46,58% (cas de l'année 1993/1994) des valeurs journaliers enregistrées pendant une année. (Figure. 41).

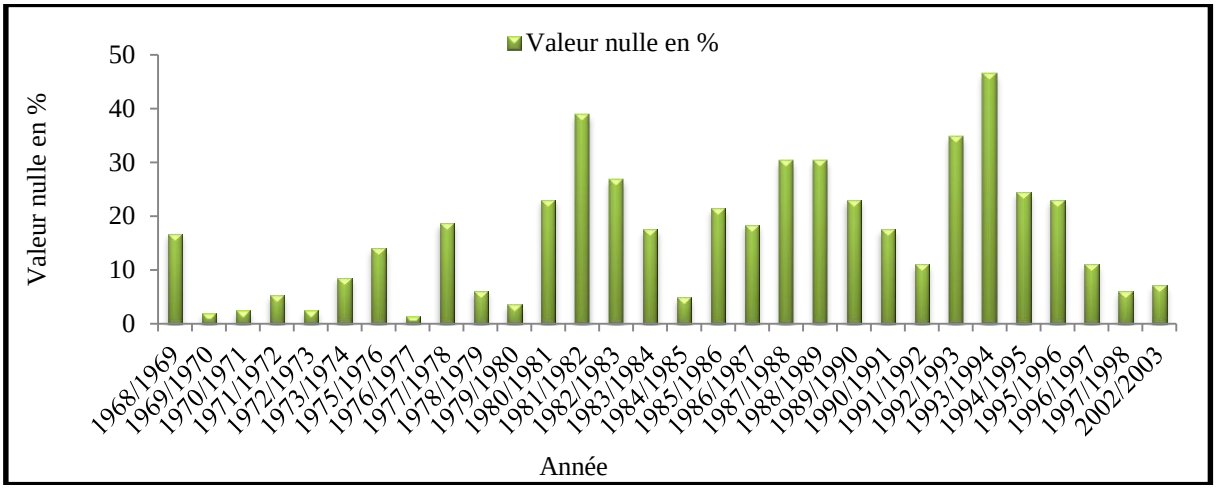

Figure. 41. Pourcentage des débits nuls à la station Ain Assel.

VII. CONCLUSION

La région d'étude, est soumise à un climat tempéré caractérisé par deux saisons, la première humide allant du mois de Septembre au mois de Mai, et une seconde sèche allant de mois de Mai au mois de Septembre.

Ce climat est influencé par :

- ❖ Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 745,46 mm/an à El Kala, 669,57 mm/an aux Salines et 760,09 mm/an à Ain Assel.
- ❖ Une température moyenne annuelle de 18,44 °C, 17,84 °C et 17,19 °C respectivement pour les stations El Kala, les Salines et Ain Assel.

L'estimation des paramètres constituant le bilan hydrologique, nous a permis de faire ressortir les résultats suivants d'après la formule de THORNTHWAITE :

- ❖ Une évapotranspiration potentielle (ETP) :
  - Pour la station d'El Kala, de 896,11 mm/an ;
  - Pour la station des Salines, de 873,82 mm/an ;
  - Pour la station d'Ain Assel, de 871,98 mm/an.
- ❖ Une évapotranspiration réelle (ETR) :
  - Pour la station d'El Kala, de 511,3 mm/an soit 68,59 % ;
  - Pour la station des Salines, de 464,7 mm/an soit 69,40 % ;
  - Pour la station d'Ain Assel, de 455,1 mm/an soit 59,86 %.

- Un ruissellement (R) :
  - De 130,07 mm soit 17,44 % au niveau de la station d'El Kala ;
  - De 100,04 mm soit 14,94 % au niveau de la station des Salines ;
  - De 146,37 mm soit 19,25 % au niveau de la station d'Ain Assel.
- Un taux d'infiltration (I) :
  - Pour la station d'El Kala, de 104,06 mm soit 13,95 % ;
  - Pour la station des Salines, de 104,79 mm soit 15,65 % ;
  - Pour la station d'Ain Assel, de 158,62 mm soit 20,86 %.

Le bilan hydrologique fait ressortir deux périodes distinctes, formant un bilan équilibré :

- ✓ La première caractérisée par un déficit pluviométrique.
- ✓ La deuxième par un excédent de la réserve souterraine.

Les débits enregistrés à la station d'Ain Assel, varient de 0 m^3/s (période d'étiage) à 300 m^3/s, pendant les périodes de fortes averses, il atteint des valeurs de l'ordre de 585,20 m^3/s, où on constate une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits, car les faibles débits enregistrés correspondent à l'année déficitaire à faibles précipitations et les forts débits correspondent à l'année excédentaire à fortes précipitations.

Les débits observés pendant la période des hautes eaux (Décembre-Avril) sont importants variables (11,94 à 17,19 m^3/s) et qui produit une dilution des eaux de l'Oued. Par contre pendant la période des basse eaux (Mai-Novembre) le débit est faible (0 à 6 m^3/s), ce qui sous l'effet des rejets et de l'évaporation va jouer sur l'augmentation des concentrations des différents éléments chimiques.

CHAPITRE III

CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES DU BASSIN CÔTIER CONSTANTINOIS EST

I. IDENTIFICATION DES RESSOURCES SOUTERRAINES

Les études réalisées dans la région d'étude, font ressortir l'existence de plusieurs systèmes aquifères repartis sur trois plaines (Figure. 42) :

- La plaine Annaba - Bouteldja.
- La plaine d'El Tarf - Ain Assel.
- La plaine d'Oum Teboul.

I.1.Différents types de nappe

I.1.1. La plaine Annaba-Bouteldja

I.1.1.1.Nappes superficielles

I.1.1.1.1 Nappe des terrasses

Localisée au Sud/Sud-Ouest de la plaine d'Annaba, elle est contenue par des cailloutis plus ou moins argileux et des galets. La transmissivité de cette nappe oscille entre 10^{-5} et 10^{-4} m^2/s. Etant donnée ses faibles potentialités hydrauliques, cette nappe n'est pas exploitée.

I.1.1.1.2. Nappe du cordon dunaire

La nappe du cordon dunaire s'étend entre Annaba et Oued Mafragh dont la largeur oscille entre 0,5 à 2 km. Elle est limitée :
Au sud par les argiles sableuses de la nappe phréatique,
Au nord par la mer Méditerranée.

Cette nappe est constituée de sables dunaires éoliens et repose sur un substratum argileux.

Elle a pour intérêt d'isoler la nappe phréatique de la plaine, des venues d'eau salée.

Cette nappe est alimentée par l'infiltration des pluies (porosité efficace 10 %). L'épaisseur mouillée moyenne oscille entre 5 et 15 m et la perméabilité entre 10^{-4} et 10^{-3} m/s. (B.Gaud 1976).

I.1.1.1.3. Nappe phréatique

Elle couvre l'ensemble de la superficie de la plaine. Elle est limitée :
Au Sud par les alluvions de haut niveau et les grès numidiens,
Au Nord par les sables du cordon dunaire et le massif dunaire de Bouteldja,
A l'Est par les argiles et les grès numidiens,
A l'Ouest par les sables dunaires d'El Kanthra (bordure du lac Fetzara), et les formations primaires (gneiss, micaschiste).

La nappe est contenue par des alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, argilo-limoneuse ou sablo-argileuse de porosité efficace de 2%.

La perméabilité de cette nappe varie entre 10^{-6} et 10^{-5} m/s et sa transmissivité très faible oscille entre 10^{-6} et 10^{-4} m^2/s.

I.1.1.1.4. Nappe du massif dunaire de Bouteldja

Le long du littoral un énorme massif dunaire s'amplifie de l'Ouest vers l'Est, il prend alors une orientation Nord-Ouest/Sud-Est conforme aux vents dominants. Cette nappe est limitée :
Au Nord limite imposé par la mer Méditerranée,

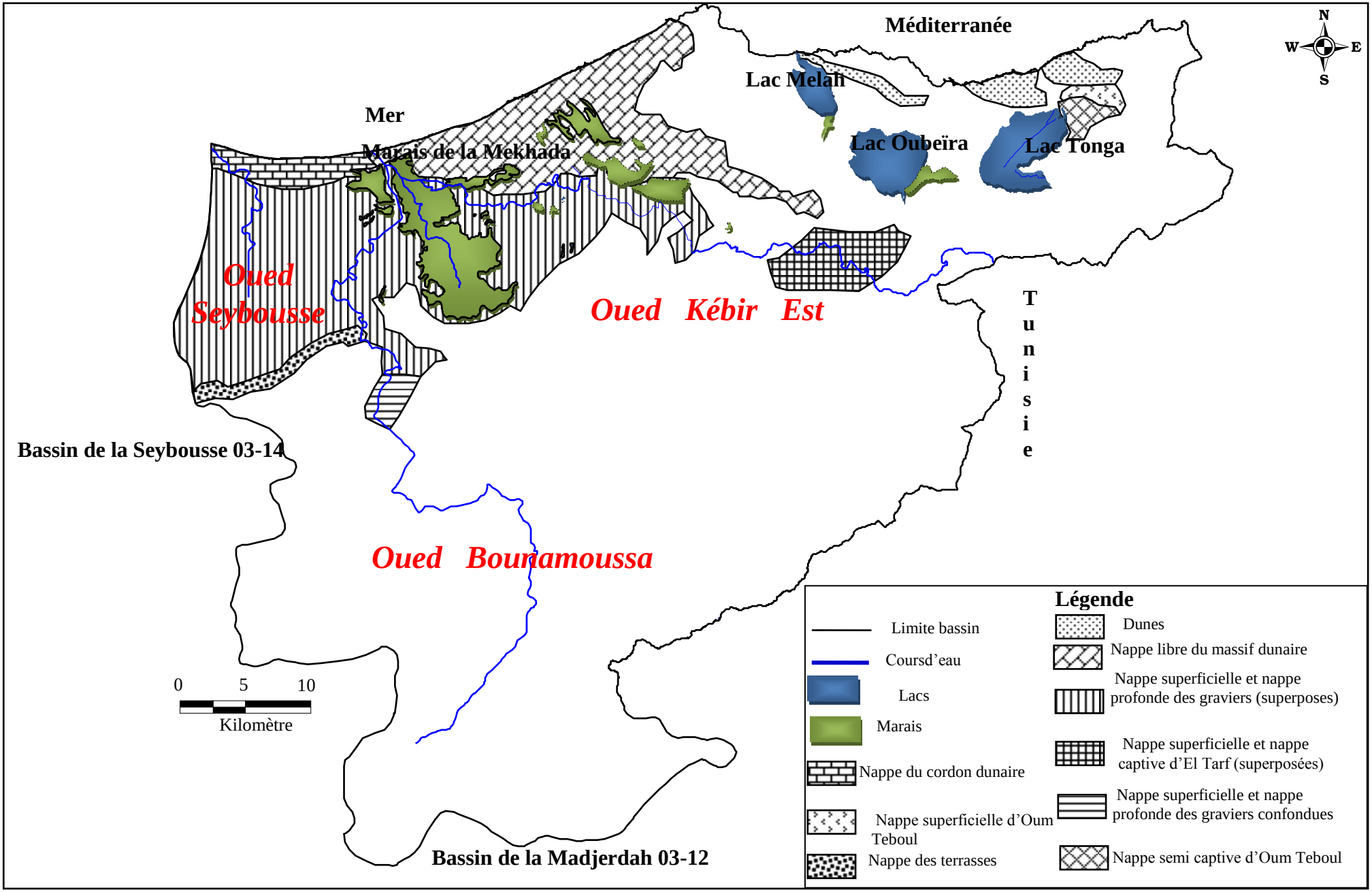

Figure. 42. Carte des ressources en eau du bassin.

Au Sud limite à potentiel perméable avec les terrasses de l'Oued Kébir Est, et avec la nappe profonde des graviers dans lesquelles elle se décharge,
A l'Ouest limite perméable avec les marécages.
A l'Est existe deux sortes de limites, une perméable au niveau des grès numidiens, et l'autre imperméable dans la zone argileuse.

Le massif dunaire de Bouteldja forme une nappe libre avec un substratum argilo-gréseux imperméable. Il est constitué de sables éoliens épais de 20 m à l'Est, à 120 m à l'Ouest souvent à intercalations argileuses sous forme de lentilles.

Cet aquifère est vulnérable du fait de la présence de la mer et des marécages salés à son pourtour.

La transmissivité varie entre 5.10^{-4} et $1,3\ 10^{-2}$ m^2/s, en général l'épaisseur crépinée est comprise entre 30 et 50 m, d'où une perméabilité qui varie entre 6.10^{-5} et 1.10^{-4} m/s. Selon la classification de CASTANY, la nappe du massif dunaire de Bouteldja a une bonne perméabilité.

I.1.1.2. Nappe profonde

I.1.1.2.1. Nappe profonde des graviers

C'est la nappe la plus intéressante, elle est située en dessous de l'aquifère superficiel.

Les études géophysiques menées par Strojexport en 1972 et 1975, ont montrées que la nappe profonde des graviers s'étend sur tout le système aquifère, entre El Kerma (Annaba) à l'Ouest et Bouteldja à l'Est. Seul le centre des marécages de Mekhrada laisse encore quelques incertitudes ; car aucun forage n'a pu être réalisé pour confirmer les études géophysiques. Cependant, certains forages (6917, 6902, 6920), ont montrés en effet l'existence des formations graveleuses présentant les mêmes caractéristiques hydrauliques que celles de la plaine centrale.

La nappe des graviers est limitée :
Au Nord une limite à potentiel imposé par la mer,
Au Sud une limite d'alimentation par la nappe des terrasses et les grès numidiens,
A l'Ouest une limite d'alimentation par les nappes secondaires des cipolins fissurés et des gneiss altérés des massifs de Bouhamra et Belieleta,
A l'Est le manque de sondage au niveau des marécages de Mekhrada, laisse des incertitudes sur la nature de la limite Est, mais elle reste toujours supposée comme étanche.

Le réservoir de la nappe est constitué par des graviers, sables et galets plio-quaternaire et encaissé dans un bassin d'effondrement.

Le toit de la nappe est semi-perméable à imperméable, formé d'argiles sableuses ou d'argiles. A travers ce toit intervient le phénomène de drainance dans la zone centrale. Ce toit disparaît complètement et laisse place à une nappe libre au Sud de Dréan et El Asfour et au pourtour de la butte de Daghoussa.

L'épaisseur de l'horizon aquifère varie de quelques mètres à 90 m.

La perméabilité de cette nappe varie de 10^{-4} m/s à 10^{-5} m/s. La transmissivité de l'aquifère oscille entre 4.10^{-2} et 5.10^{-3} au Nord de Ben M'Hidi et dans la région de la Mafragh et entre 1.10^{-3} et 2.10^{-3} m^2/s dans la région de Bouteldja.

I.1.2. La plaine d'El Tarf-Ain Assel

I.1.2.1. Nappe superficielle

Cette nappe couvre l'ensemble de la superficie de la plaine d'El Tarf. Elle est contenue dans des formations alluvionnaires et des argiles plus moins sableuses. Elle est séparée de la nappe captive par un horizon argileux grisâtre, qui forme à la fois le substratum de la nappe superficielle et le toit de la nappe captive des graviers. L'épaisseur de la nappe varie entre 2 et 20 m.

I.1.2.2. Nappe captive

Elle s'étend de l'Est vers l'Ouest. Le substratum de cet aquifère est marneux, imperméable. Le réservoir est constitué de galets et de graviers, surmonté par un toit argileux d'épaisseur importante. Dans la région Nord-Ouest, la nappe est en contact avec la nappe libre des sables dunaires d'Ain Khiar. La puissance de la nappe oscille entre 4 et 15 m.

La transmissivité de la nappe varie de $1{,}24.10^{-3}$ à $3{,}5.10^{-3}$ m^2/s à l'Ouest de la plaine et de $2{,}1.10^{-3}$ à $8{,}8.10^{-3}$ m^2/s à l'Est. La perméabilité de cette nappe oscille entre $1{,}5.10^{-5}$ à 7.10^{-5} m/s.

I.1.3. Plaine d'Oum Teboul

I.1.3.1. Nappe superficielle

Elle s'étend du massif dunaire jusqu'à la rive Sud d'Oued El Eurg. Elle est constituée d'un horizon graveleux très perméable surmonté d'un toit sableux et sablo-argileux.

I.1.3.2. Nappe semi-captive

Localisée dans le secteur Sud avec un toit argilo-sableux, constituée par des graviers. L'épaisseur de la couche aquifère varie entre 2 m et 40 m.

Le substratum tend à remonter influençant ainsi la morphologie de l'horizon graveleux qui subit un rétrécissement et tend à disparaître en laissant la place aux formations argileuses et marneuses.

Les caractéristiques hydrodynamiques de la région d'Oum Teboul donnent une valeur de transmissivité qui varie entre 5.10^{-5} et $7{,}2.10^{-4}$ m^2/s et une perméabilité qui oscille entre 0, 15.10^{-4} et 0, 15.10^{-5} m/s.

I.2. Les Sources

I.2.1. Les Sources froides

L'inventaire des sources d'eau naturelle (effectué par le Parc National d'El Kala (Annexe. 2)), nous a permis d'identifier un nombre important de sources ayant un débit important et une bonne qualité, malheureusement abandonnées (Figure. 43).

Trois grandes sources seulement sont captées et exploitées avec un débit total de 120 l/s « Bourdim, Oued Bahaim et Bougles ».Ces sources sont destinées pour l'alimentation des agglomérations situées dans le couloir Bouteldja - Annaba.

Les sources Boulif, Demet Rihana, El Aioun et Oum Teboul ont un faible débit. Elles servent au renforcement de l'AEP d'El Kala, El Aioun et Oum Teboul.

I.2.2. Les Sources thermales

En matière de thermalisme, la zone d'étude est dotée de six (06) sources thermales (Figure. 43), toutes situées dans sa partie Sud (Annexe. 3), dont deux méritent une attention particulière et une priorité à l'aménagement, à savoir :
Hammam Sidi-Trad avec un débit assez important (2,5 l/s)
Hammam Beni salah avec un débit moyen (1,5 l/s)

L'étude élaborée par l'ENET, dans le cadre du "Bilan Thermal de l'Algérie" précise les caractéristiques et les indications thérapeutiques de chaque source.

Tableau. 41. Caractéristiques et indications thérapeutiques des sources.

Commune	Désignation	Débit Moyen en l/s	Température de l'eau en °C	Indications Thérapeutiques
Zitouna	H. Sidi Trad	2,5	63	Affections : rhumatismales, neurologiques et respiratoires
Bougous	H. Mexna	0,9	38	Affections : rhumatismales, neurologiques et gynécologiques
Beni salah	H. Beni Salah	1,5	48	Affections : rhumatismales, Vasculaires et gynécologiques
Lac des oiseaux	H. Sidi Djaballah	0,4	37	Affections : Vasculaires et gynécologiques
Bouhadjar	H. Zatout	1,0	45	Affections : Appareil digestif - respiratoire – Voies biliaires et gynécologiques
	H. Sidi Zid	0,5	41,8	Affections : rhumatismales, neurologiques et gynécologiques

Ces sources sont exploitées de manière traditionnelle et nécessitent des aménagements, pour une éventuelle exploitation touristique. Notons que le site"Hammam Sidi Trad" a été proposé pour classement comme nouvelle Z.E.T et station de soins et de bien-être.

I.3. Les Forages

Le nombre des forages existants est de 41, totalisant un débit de 797 l/s (Annexe. 4).

Ce chiffre a augmenté par des forages illicites et des puits individuels destinés pour l'irrigation et l'industrie (Figure. 43), Dont le nombre des forages d'irrigation existants est de 86 totalisant un débit de 782 l/s (Annexe. 5).

I.4. Les Puits

La région compte, selon les données du plan national de l'eau, 222 puits, fournissant annuellement un volume moyen de 04 millions de m^3, soit environ 20 % des volumes d'eau

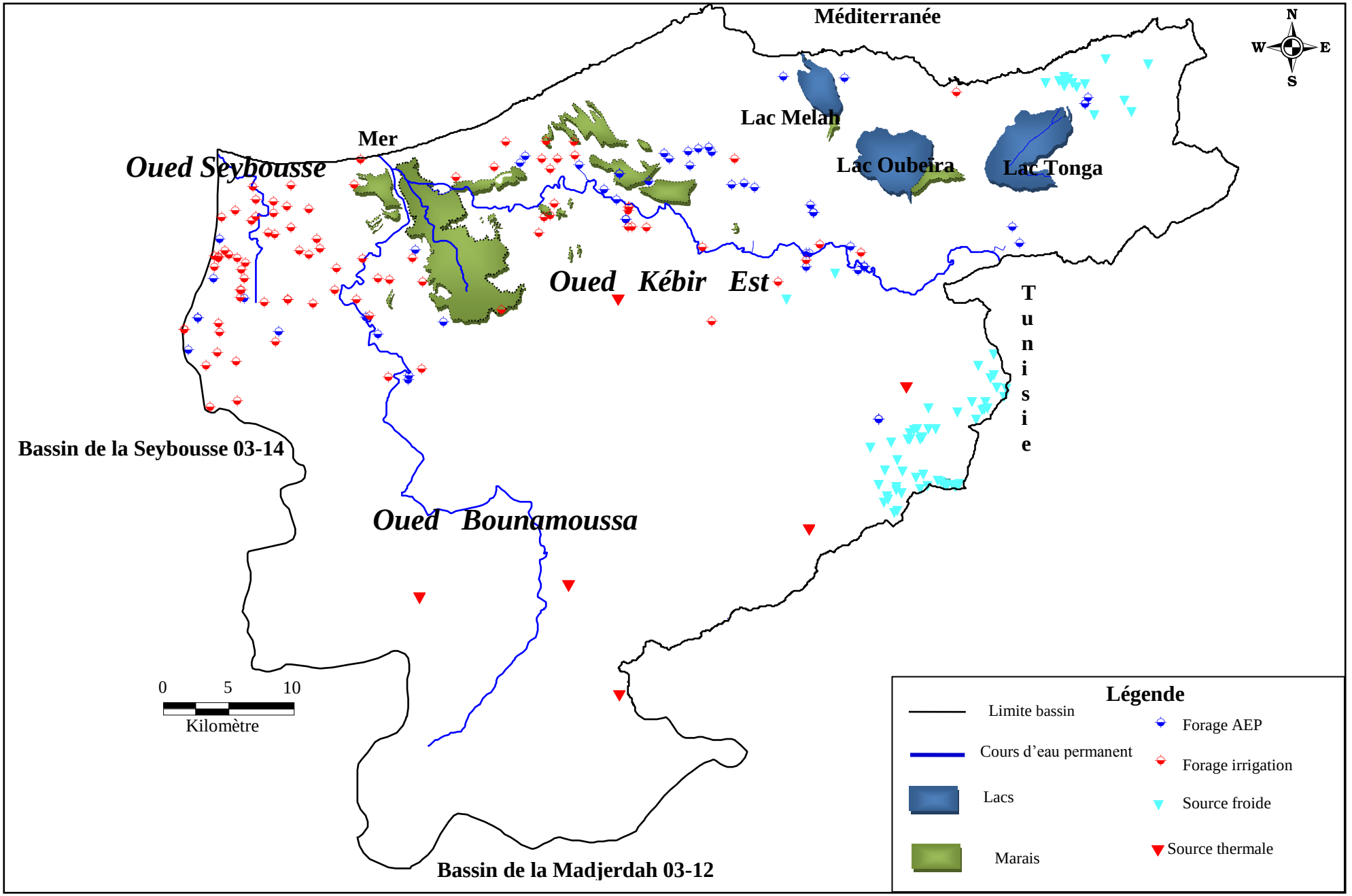

Figure. 43. Carte d'inventaire des points d'eaux dans le bassin pour l'année 2015.

souterraines mobilisées pour la PMH. En se basant sur les débits des forages et de puits, ainsi que des durées de production des équipements de forages qui avoisinent les 12 heures/jour, on estime les volumes des eaux souterraines mobilisés par les forages et les puits à 18 millions de mètres cubes.

II. IDENTIFICATION DES RESSOURCES SUPERFICIELLES

Les ressources en eaux superficielles de la région d'étude, sont constituées par un réseau hydrographique bien développé et des zones humides dont certaines sont classées par la convention de RAMSAR (Figure. 44).

II.1. Les Oueds

Les Oueds El Kébir Est, Bounamoussa et Seybousse, sont les principales sources d'eau sur le territoire de la région.

II.1.1. Oued Kébir Est

Son cours supérieur est formé par trois oueds :

Deux en Tunisie, le Kébir (BV=84 km^2) proprement dit et le Ballouta (BV= 201.6 km^2), et l'Oued Bougous (BV=256 km^2) en Algérie. Leur confluence est située dans la petite plaine pré-côtière de Mexa. Il draine un bassin versant de 1685 Km^2. Dans la plaine d'El Tarf, Oued El Kébir Est, reçoit Oued Guergour qui draine la partie méridionale du bassin d'El Tarf (BV=56 km^2). L'Oued Bou Halloufa (BV=211 km2) est le plus grand affluent de l'Oued Kébir Est ; avec Oued Boulathan (BV= 124 km^2). Au Nord Est, il reçoit Oued Messida (BV=23 km^2). Dans le massif dunaire de Bouteldja, Oued Kébir Est reçoit trois affluents : Oued Bourdim (BV =24.5 km^2), Oued Bouglez (BV =12.5 km^2) et Oued El Behaim (BV =69 km^2). Ces affluents jouent un rôle important dans l'écoulement superficiel et dans l'alimentation et le drainage des nappes. Le barrage « Mexa » est réalisé sur cet oued, il est destiné à l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Annaba et certaines agglomérations de la wilaya d'El Tarf (El Kala, El Tarf, Bouteldja, Ben M'hidi, Dréan, Besbes …).

II.1.2. Oued Bounamoussa

Il prend son origine sous le nom d'Oued El Kébir à Koudiat Ben Ahmed (1729 m). La confluence des Oueds El Kébir et Oued Bouhadjar donne naissance à Oued Bounamoussa. Dans son cours moyen, il reçoit l'Oued Souda (BV=85 km^2), puis avant de déboucher dans la plaine d'El Asfour l'Oued Guerriah (BV=120 km^2) et Chaabet El Arag (BV=50 km^2), ce qui porte alors le bassin versant total à plus de 255 km^2 jusqu'à sa confluence avec Oued Kébir Est. L'oued présente une pente régulièrement décroissante, dont la plaine constituerait le niveau de base, permettent d'emmagasiner les 140 hm^3 que débite en moyenne par an l'Oued Bounamoussa. Le barrage Cheffia sur cet oued, destiné à satisfaire la demande en eau pour la ville d'Annaba (AEP, AEI, irrigation), les agglomérations situées en amont du barrage pour la wilaya d'El Tarf (AEP) et pour le périmètre irrigué de Bounamoussa.

II.1.3. Oued Seybousse

Naît de la confluence des deux Oueds Bouhamdene et Cherf dans la région de Medjez Amar wilaya de Guelma et draine un bassin versant très hétérogène d'une superficie cumulée

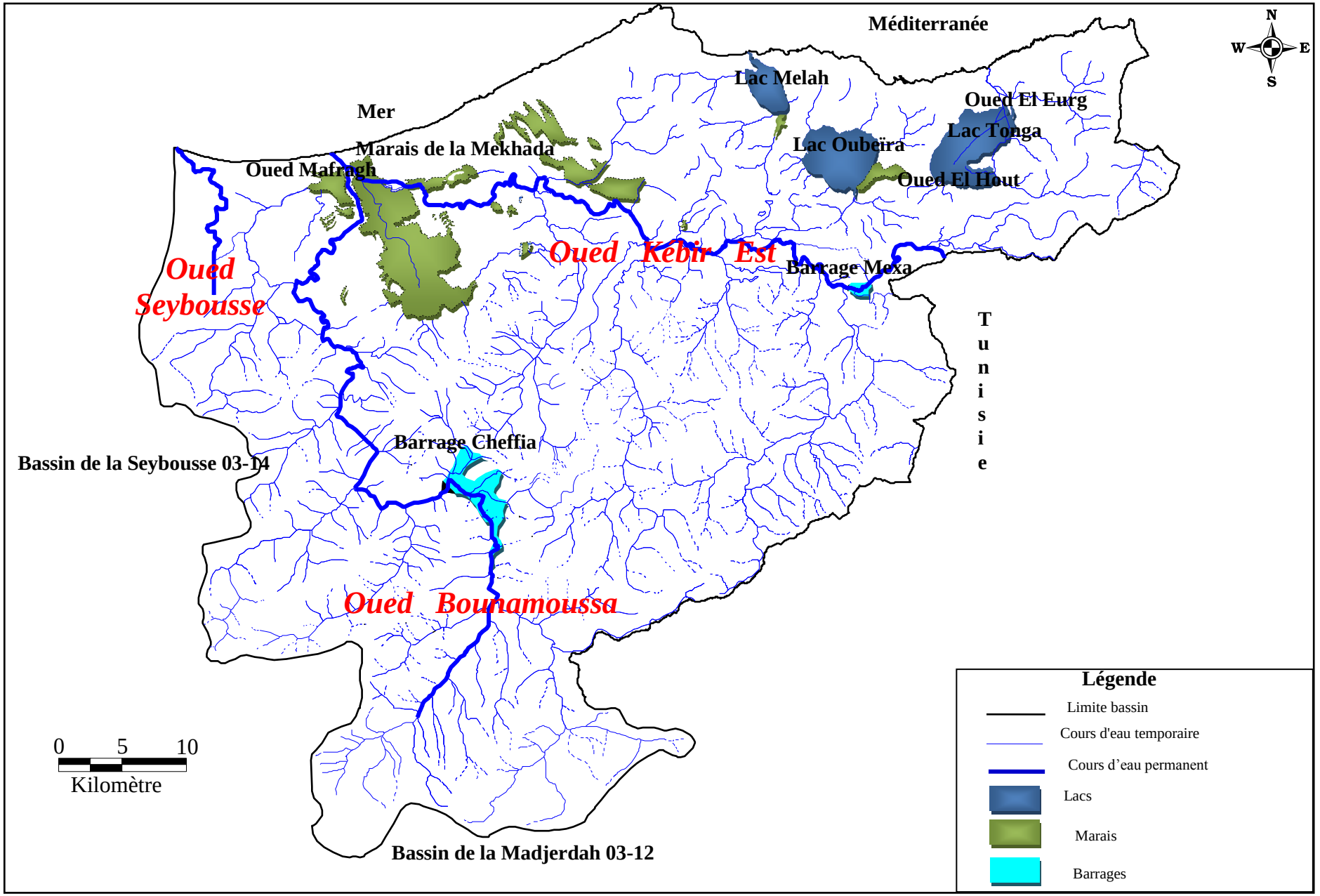

Figure. 44. Carte du réseau hydrographique du bassin.

de 6475Km^2. Oued Seybousse traverse le bassin Côtier Constantinois Est, dans la région Ouest. Son lit a une forme morphologique très intéressante du point de vue hydrogéologique ; cela grâce au contact direct entre la nappe profonde des graviers et l'oued (dans la zone située entre Chihani et Dréan).

II.1.4. Oued Mafragh

L'Oued Mafragh résulte de la conjonction de deux cours d'eaux importants, Oued Bounamoussa à l'Ouest et Oued Kébir Est à l'Est qui convergent vers les marais de Mekhada (9000 ha). Ils rejoignent la mer par un exutoire unique, l'Oued Mafragh.

II.1.5. Oued El Hout et Oued El Eurg

A l'extrême Est, du bassin Côtier Constantinois Est, Oued El Hout et Oued El Eurg sont les principaux oueds qui traversent la plaine d'Oum Teboul.

II.2. Les barrages

Les barrages actuellement en exploitation dans la région, sont au nombre de deux (02), une partie des volumes mobilisés par ces deux barrages (64 millions de m^3), est transférée à la wilaya limitrophe d'Annaba

II.2.1. Barrage de Mexa

Sur l'Oued Kébir Est, à 20 Km au Sud de la ville d'El Kala, ce barrage contrôlait initialement un bassin d'une superficie de 560 Km² (Tableau. 42), ramené à 393 Km² après la construction d'un barrage sur l'oued Barbara en Tunisie et réduit à 158 Km² après la réalisation du barrage Bougous. Cet ouvrage régularise un volume annuel de 30 hm^3 destiné à l'alimentation en eau potable du couloir : El Kala - Annaba (Agglomérations d'Annaba, El Bouni, Seraidi, El Hadjar, Sidi Amar et Ain Berda dans la wilaya d'Annaba et des agglomérations d'El Tarf, Ain El Assel et El Kala dans la Wilaya d'El Tarf).

II.2.2. Barrage de Cheffia

Sur l'Oued Bounamoussa, situé à environ 50 km au Sud-Est de la ville d'Annaba, il contrôle un bassin versant de 579 Km² (Tableau. 42), Il est destiné à :

L'alimentation en eau potable des agglomérations d'Annaba, El Bouni, Seraidi, El Hadjar, Sidi Amar et Ain Berda dans la wilaya d'Annaba et des agglomérations de Hammam Beni Salah, Bouhadjar, Oued Zitoun, Ain Kerma et Zitouna dans la Wilaya d'El Tarf.

L'approvisionnement en eau des complexes industriels (en particulier le complexe industriel d'El Hadjar). L'irrigation du périmètre d'irrigation de la Bounamoussa. Le barrage de Cheffia sert également à la régularisation des crues de l'Oued Bounamoussa pour la protection contre les inondations.

Tableau. 42. Caractéristiques des barrages (Source DHW 2009).

Barrage	Oued	Type	Année de mise en service	Superficie du BV en Km^2	Apport moyen annuel en hm^3	Capacité initiale en hm^3	Capacité dernier levé en hm^3	Volume régularisé en hm^3
Cheffia	Bounamoussa	Terre	1975	579	151	171	158, 83	101
Mexa	El Kébir	Terre	1998	158	35, 6	47	30, 3	20

II.3. Les retenues collinaires

Le bassin compte 33 retenues collinaires réalisées en majorité durant les années 80, dans le cadre d'un programme de petite et moyenne hydraulique, totalisant ainsi une capacité de 3, 215 hm^3. Cependant, un nombre important de ces aménagements a été endommagé par les crues et l'envasement et sont actuellement hors usages ou abandonnées. Par conséquent, le nombre de retenues collinaires réellement en exploitation est de 08 totalisant une capacité de stockage de 1,422 hm^3. Le Tableau. 43, donne la répartition par commune et l'état des retenues collinaires du bassin :

Tableau. 43. Etat des retenues collinaires par communes (Source DHW 2009).

Communes	Localisation	Capacité actuelle en hm^3	Etat de l'ouvrage
El Kala	Garouni	0,04	Moyen (à réhabiliter)
Ben M'hidi	Hasshassia	0,25	Moyen (à réhabiliter)
Bougous	Ben sebti	0,055	Moyen (à réhabiliter)
El Aioun	Khaldouni	0,065	Moyen (à réhabiliter)
	Oued djenane	0,05	Moyen (à réhabiliter)
Besbes	NajouaBakhouche	0,056	Moyen (à réhabiliter)
	Régahioua	0,056	Moyen (à réhabiliter)
Bouhadjar	Bibta	0,85	Bonne
Total Wilaya	08	1,422	

II.4. Les marais de Mekhada

Le marécage de Mekhada est l'espace de convergence des Oueds BouHallalah (venu de la région de Besbes), Bounamoussa et Kébir Est. Le creusement des deux derniers oueds forme les vallées de faibles altitudes qui se transforment en zone d'inondation lors des crues.

Cette dénivellation par rapport à la mer et la barrière sableuse toujours en évolution à l'embouchure, rendent cette partie basse de la plaine (faible perméabilité) mal drainée donnant ainsi un caractère très humide à cette région.

II.5. Les Lacs

Plusieurs lacs sont situés sur le filon des plaines littorales. Ils constituent un stockage dépressionnaire, car les eaux qu'ils contiennent proviennent des pluies et des affluents des oueds (Bahroun, 2007).

II.5.1. Lac Tonga

Le lac Tonga est situé à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, couvrant une superficie de 2700 ha, c'est un étang et marais d'eau douce qui communique avec la mer par le chenal de la Messida, il est alimenté par de nombreux affluents et par deux oueds importants El Hout au Sud et El Eurg au Nord. Le Tonga date du Quaternaire, des mouvements tectoniques ont permis le creusement de sa cuvette composée d'argiles de numidie.

II.5.2. Lac Oubeïra

Le lac Oubeïra est situé à 03 km vers l'Ouest d'El Kala entre le lac Mellah et le lac Tonga, couvre une superficie de 2200 ha, d'une profondeur de 04 m et d'un volume d'eau de 32535096,80 m^3. L'alimentation du lac se fait à partir de quatre oueds dont le plus important le Messida au Sud-Est recueille les eaux de crues de l'Oued Kebir Est, et les autres affluents sont au nombre de trois :

Oued Demnet Errihane au Nord, Oued Boumerchène au Nord-Est et Oued Degrah à l'Est ; le substratum du lac est entièrement composé d'argile de Numidie datant du Tertiaire avec tout autour du lac, des dépôts récents du Quaternaire (Bahroun, 2007b).

II.5.3. Lac des Oiseaux

Le lac des Oiseaux est situé à 45 km au Sud-Ouest de la ville d'El Kala, couvre une superficie de 170 ha, c'est un lac d'eau douce. L'apport en eau se fait naturellement par les eaux superficielles de ruissellement du bassin versant El Kébir et par les eaux souterraines, les principales formations géologiques sont représentées par les grés et les argiles de Numidie et les sols de marécages.

II.5.4. Lac Mellah

Le lac Mellah est une lagune marine en communication intermittente avec la mer par un étroit goulet, sa profondeur varie entre 5 à 6 m, son fond est sableux et graveleux. Le site, formé de sables et d'argiles laguno-marines du Néopleistocène, résulte de l'inclinaison de dépôts Siciliens suivis d'affaissements successifs. El Mellah est alimenté par les eaux des Oueds Erreguibet au Nord-Ouest et El Eurg au Sud-Ouest.

II.5.5. Tourbière du Lac Noir

Ce site fait partie de la commune de Berrihane, il est situé sur le chemin de la wilaya 109 reliant les villes Annaba et El Kala, qui était complètement desséché durant quelques années à cause de l'exploitation de la nappe par un double forage ; a retrouvé son ancien lit par suite de l'inexploitation de la nappe. Il couvre une superficie de 05 ha, l'origine géologique de la région remonte au Quaternaire ; elle comporte des terrains nummulitiques composés de grés et d'argiles, l'alimentation du lac se fait par un écoulement en nappe en raison de la nature sablonneuse des sols.

III. EVALUATION DES BESOINS EN EAU

III.1. Besoins en eau potable

III.1.1. Besoins actuels

La demande en eau potable est définie comme la somme des volumes à mobiliser pour satisfaire les différents besoins en eau potable, tout en tenant compte des pertes en réseaux des infrastructures hydrauliques. Ces besoins, correspondent à l'usage de l'eau pour 03 grandes familles de consommateurs :

Les besoins domestiques qui couvrent la consommation des particuliers ;

Les besoins « autres usages » qui couvrent la consommation des administrations, les commerces, l'artisanat et les petites industries ;

Les besoins touristiques qui couvrent les consommations spécifiques saisonnières, liées aux activités touristiques.

La détermination des volumes des besoins en eau potable de la wilaya d'El Tarf est déterminée sur la base des données démographiques issues du RGPH 2008 et des dotations unitaires domestiques, associées aux facteurs de majorations pour prendre en compte les autres usages (administrations, les commerces, l'artisanat et les petites industries)

La longueur du réseau d'AEP de la Wilaya est d'environ 985 Km, le taux de raccordement moyen au réseau d'AEP de la Wilaya est de 96 % (Ministère des ressources en eau, 2009).

Selon, les chiffres fournis par la DHW d'El Tarf, la dotation unitaire par commune varie de 58 à 300 l/j/hab ; correspondant à un débit de 57 788 m^3/j.

Les besoins de la Wilaya en eau potable, ainsi estimés, sont de 17 millions de m^3. On préconise une démarche d'évaluation des besoins en eau potable, qui tient compte à la fois de la distribution spatiale en populations agglomérées et populations éparses de la wilaya, des rendements des réseaux d'AEP. L'approche retenue basée sur l'exploitation et le traitement des données démographiques à partir du niveau de l'agglomération trouve sa justification pour la détermination des coefficients de majoration à appliquer à la dotation en « eau humaine » pour prendre en compte, les besoins relatifs aux : administrations, les commerces, l'artisanat et les petites industries (Tableau. 45). Suggestions régionales (tourisme dans le cas de la wilaya d'El Tarf) Afin de normaliser les dotations (Tableau. 44), les agglomérations chef-lieu de communes et les agglomérations secondaires sont classées en 5 types selon la taille de l'agglomération : Urbain - Semi urbain - Semi rural - rural aggloméré - rural épars.

Tableau. 44. Dotation en l/j/hab (Source DHW 2009).

Taille de l'agglomération	Dotation l/j /hab
Urbain : 20 000 < Pop< 100 000	200
Semi Urbain : 5 000< Pop< 20 000	150
Semi Rural : 3 000< Pop< 5 000	120
Rural aggloméré : 600< Pop< 3 000	100
Rural épars : Pop < 600	80

Tableau. 45. Taux de majorations liés aux autres usages (Source DHW 2009).

Type de l'agglomération	Dotation l/j /hab		
	Administration	Petite Industrie et artisanat	Commerce
Urbain	20	10	10
Semi Urbain	15	10	10
Semi Rural	15	7	7
Rural aggloméré	10	6	6
Rural épars	0	0	0

III.1.2 Besoins touristiques

Les besoins touristiques sont évalués à partir du surcroit que cette activité génère, on considère que les besoins annuels en eau caractérisant l'activité touristique reviennent à augmenter la population résidente d'un surplus saisonnier. Selon les données du ministère de l'aménagement du territoire et du tourisme, la wilaya d'El Tarf enregistre annuellement 2 528 952 estivants, avec un pic mensuel d'environ 24 000 estivants. Les agglomérations côtières de la Wilaya d'El Tarf qui accueillent des visiteurs supplémentaires sont indiquées dans le Tableau. 46 (Ministère des ressources en eau, 2009).

Tableau. 46. Agglomération côtière (Source DHW 2009).

Agglomération	Population 2008	Surcroit de population estivale (%)	Coefficient annuel d'augmentation des besoins
El Kala	24 189	100	0, 29
Sidi Embarek	4 714	100	0, 06
Echatt	20 787	20	0, 06

III.1.3 Rendement réseaux

Le facteur rendement des infrastructures hydrauliques représente la perte entre la ressource brute mobilisée en amont et le consommateur au robinet, il s'agit des pertes au niveau du réseau de distribution et au niveau des ouvrages de traitement et d'adduction. Faute de données par commune sur l'état du réseau, on considère un rendement moyen de 50% pour l'ensemble des réseaux de la Wilaya. Cette approche méthodologique a permis d'évaluer la demande en eau potable, pour l'année de référence 2008, à 25 millions de m^3/an.

IV. EVOLUTION DES BESOINS EN EAU

IV.1. Eau potable

L'importance de la croissance démographique au plan national (+ 50 % en 20 années) engendre une augmentation sans cesse croissante des besoins en eau potable, selon une cadence accélérée, le taux d'accroissement annuel moyen de la population de la wilaya d'El Tarf est de 1,5 % Cette situation doit favoriser l'augmentation de la dotation en eau domestique (amélioration des conditions de vie) et nécessite d'optimiser le service public de l'eau afin d'assurer un prélèvement maitrisé sur la ressource en eau. La stratégie future du secteur de l'eau de la wilaya, ne devrait pas se contenter de mobiliser des ressources nouvelles pour faire face aux besoins supplémentaires, mais doit également se pencher sur une amélioration des rendements des réseaux d'AEP et des ouvrages d'adduction et de stockage, afin de réduire les pertes en eau. Il est aussi, important, d'engager des actions de sensibilisation des bénéficiaires pour favoriser « une conduite citoyenne » de modération de la consommation, avec si nécessaires des tarifications adaptées (Ministère des ressources en eau, 2009).

L'évaluation des besoins (Tableau. 48) en eau potable de la Wilaya d'El Tarf est élaborée sur la base des projections démographiques à l'horizon 2010/2030 (Tableau. 47), en considérant un taux d'accroissement entre les deux derniers RGPH (1998/2008).

Tableau. 47. Projections de l'évolution démographique à l'horizon 2010/2030 (Souce DHW 2009).

Année	2010		2015		2020		2030	
	Pop Agglomérée	Pop éparse	Pop Agglomérée	Pop éparse	Pop Agglomérée	Pop éparse	Pop Agglomérée	Pop éparse
Pop Agglomérée ET Pop Éparse	367 740	56 984	406 351	59 890	447452	62 945	533 264	69 532
Total	424 724		466 241		510 397		602 796	

Tableau. 48. Besoins futurs de la wilaya en eau potable (Source DHW 2009).

Année	2010	2015	2020	2030
Besoinshm^3/an	29	33, 5	37, 6	43, 6

IV.2. Eau agricole

IV.2.1. Situation actuelle

La wilaya d'El Tarf dispose d'un potentiel agricole qui, s'il est bien exploité et de manière optimale, peut la propulser au premier rang des wilayas à même d'assurer non seulement son autosuffisance, mais exporter aussi vers les autres régions du pays. La surface agricole utile de la wilaya est de à 74 131 ha. Dans la wilaya, l'irrigation est assurée aussi bien par les eaux

superficielles que souterraines, un volume moyen annuel de 19,2 hm^3 est prélevé à partir des différents systèmes aquifères (Tableau. 49) (Ministère des ressources en eau, 2009).

Tableau. 49. Prélèvement à partir de différents aquifères (Source DHW 2009).

Système Aquifère	Volume prélevé hm^3/an	Taux (%)
Plaine d'Annaba	11, 56	60
Plaine d'El Tarf	3, 28	17
Plaine d'Oum Teboul	3, 28	17
Grés numidien	1, 16	6
Total	19, 2	100

Les prélèvements des eaux de surface pour l'irrigation (GPI et PMH) dans la wilaya d'El Tarf s'élèvent à 23,26 hm^3/an, fournies en majeure partie par les prises au fil de l'eau (Ministère des ressources en eau, 2009) (Tableau. 50).

Tableau. 50. Prélèvement des eaux de surface pour l'irrigation (Source DHW 2009).

Ouvrage	Volume prélevé hm^3/an	Taux (%)
Barrage Cheffia et retenues collinaires	0, 099	0, 4
Prises au fil de l'eau	22, 7	97, 5
Sources	0, 5	2, 1
Total	23, 29	100

Les besoins actuels en eau d'irrigation de la wilaya, à raison d'une dotation théorique, très optimiste, de 5000 m^3/ha sont estimés à environ 56 Millions de m^3 par an.

IV.2.2. Perspectives futures de développement agricole

Le programme de développement agricole de la wilaya portera à long terme sur la valorisation de plusieurs périmètres irrigués qui nécessitent la mobilisation de ressources en eau supplémentaires (Ministère des ressources en eau, 2009). Les périmètres irrigués projetés, ainsi que les besoins en eau agricole à mobiliser sont donnés dans le Tableau. 51.

Tableau. 51. Besoins en eau des périmètres irrigués (Source DHW 2009).

GPI	Superficie (ha)	Dose d'irrigation m^3/ha/an	Besoins hm^3/an
Périmètre de la Bounamoussa	14 100	3800	54
Périmètre d'el Frin	250	6000	1, 5
Périmètre de la Cheffia	250	8000	1, 3
Périmètre de Mouaissia	100	5200	0, 52
GPI El Tarf-ain El Assel-Bouteldja	14 000	4200	60
Périmètre de Bibeta	150	6600	1
Périmètre d'Oued El Hdjar	100	5700	4
Périmètre de Chihani	3 000	4000	12
Périmètre de Zbiri Meftah	100	5000	0, 5
Périmètre de Oum Teboul Oued El Hout	1750	5700	10
Total	**33 800**		144, 82

La mise en œuvre de cette stratégie de développement agricole couvrira 45,59 % de la SAU totale, les besoins en eau agricole qui en découleront seront de 145 millions de m^3. En plus de la nécessité d'accompagner ce programme par des mesures de renouvellement des équipements d'irrigation vétustes et d'entretien des réseaux d'irrigation, Le recours à la réutilisation des eaux usées épurées pour l'agriculture, notamment pour les périmètres irrigués situés à proximité des stations d'épuration de la Wilaya s'avère incontournable pour faire face à l'accroissement des besoins.

IV.3. Besoins en eau industrielle

IV.3.1. Consommations et demande en eau

La base industrielle s'articule autour de l'industrie des matériaux de construction (briques, tuiles, béton, granulats…) et la menuiserie (bois et métal). La wilaya compte de nombreuses entreprises de la PME basées dans les zones industrielles et d'activitées, le secteur de l'industrie reste le moins développé dans la wilaya par rapport aux autres secteurs. Dans les autres communes de la wilaya, l'activité agro-alimentaire prédomine. Elles se localisent dans les communes limitrophes à la région d'Annaba. Cela démontre bien le caractère attractif du pôle industriel d'Annaba (El Hadjar) (Ministère des ressources en eau, 2009).

Selon les résultats de l'étude du plan national de l'eau (Ministère des Ressources en eau) ; les besoins actuels en eau industrielle de la wilaya d'El Tarf s'élèvent à 432 800 m^3/an, réparties comme suit (Tableau. 52):

Tableau. 52. Demande en eau industrielle (Source DHW 2009).

Commune	Demande en eau industrielle (m^3)
El Tarf	12 500
Ben Mhidi	13 500
Bouteldja	13 500
Chabaita Mokhtar	232 800
Besbes	30 000
Echatt	117 000
Zerizer	13 500

Ces besoins sont évalués pour les industries grandes consommatrices d'eau.

IV.3.2. Evolution des besoins industriels à l'horizon 2015/2030

Les projections des besoins en eau industrielle (Tableau. 53), sont établies à partir des besoins actuels par branche, les entreprises recensées de la wilaya sont appelées à connaitre des évolutions compte tenu des potentiels de croissance propres à chaque branche (Ministère des ressources en eau, 2009). En regroupant les branches d'activités de la Wilaya dans 03 ensembles, on applique des taux de croissance prévisionnels pour chaque ensemble :
Agroalimentaire (+3% /an) ;
Mécanique, matériaux de constructions et chimie (+1% /an) ;
Cuirs, textiles, bois (+ 0,5 % /an).

Tableau. 53. Besoins en eau industrielle à l'horizon 2015/ 2030 (Source DHW 2009).

Année / Commune	2015	2020	2025	2030
El Tarf	12 813	13 133	13 461	13 798
Ben Mhidi	15 525	17 854	20 532	23 612
Bouteldja	15 525	17 854	20 532	23 612
Chabaita Mokhtar	267 720	307 878	354 060	407 169
Besbes	34 500	39 675	45 626	52 470
Echatt	134 550	154 733	177 942	204 634
Zerizer	15 525	17 854	20 532	23 612
Total	496 158	568 981	652 685	748 907

Bien que la wilaya soit à vocation agricole et touristique, la gestion des ressources en eau de la wilaya devrait inclure l'éventualité de l'émergence de nouvelles industries notamment dans les régions côtières.

V. CONFRONTATION RESSOURCES BESOINS

De la confrontation des ressources en eaux prélevées des différentes sources de mobilisation, aussi bien superficielles que souterraines des besoins en eaux actuels de la Wilaya (Tableau. 54), il ressort que les volumes des eaux superficielles mobilisés sont presque totalement exploités. Un volume de plus de 64 millions de m^3 est destiné à la wilaya d'Annaba, Les nappes souterraines subissent une surexploitation intense provoquant un rabattement alarmant de la nappe (cas de la nappe de Bouteldja) (Ministère des ressources en eau, 2009).

Tableau. 54. Confrontation ressources besoins (Source DHW 2009).

Ressource superficielle mobilisée (Hm^3)	143
Ressource souterraine mobilisée (Hm^3)	30
Eaux usées recyclées (Hm^3)	05
Ressource Totale mobilisée (Hm^3)	178
Part de la Ressource Totale mobilisée de la wilaya (Hm^3)	113
Demande AEP (Hm^3)	25
Demande AEI (Hm^3) « estimation »	0, 5
Demande Irrigation(Hm^3)	56
Demande totale (Hm^3)	81, 5

Actuellement, les besoins en eau de la Wilaya, pour les différents usages, sont satisfaits, bien que le quota alloué à l'AEPI est défini au détriment de l'irrigation, les volumes d'eau disponibles actuellement ne permettent pas un développement de l'agriculture. L'évolution de l'état des ressources et des besoins en eau de la wilaya, montre qu'à l'horizon 2020, la mobilisation des ressources supplémentaires est indispensable pour couvrir les besoins de la wilaya d'El Tarf et continuer à desservir la wilaya d'Annaba dans, au moins les taux actuels. En plus des deux barrages opérationnels de la wilaya, plusieurs projets de réalisation d'ouvrages de mobilisation des eaux de surface sont en cours de réalisation et d'inscription. Le barrage de Bougous, dans la commune éponyme, d'une capacité de 70 millions de m^3 est en voie d'achèvement des travaux. Cet ouvrage régularise un volume de 49 millions de m^3 destiné à l'alimentation en eau potable de toutes les agglomérations de la région Ouest de la wilaya d'El Tarf. Les daïras de Besbes, Drean et Ben M'hidi ainsi que la bande frontalière, en plus d'un apport supplémentaire pour la ville d'El Kala afin de répondre à la demande en eau de la ville d'El Kala, notamment durant la saison estivale. Il permettra aussi de combler le déficit enregistré dans l'approvisionnement en eau potable de la wilaya d'Annaba à partir des infrastructures hydrauliques existantes d'El Tarf, La wilaya a bénéficié de plusieurs opérations dans le secteur de l'hydraulique, il s'agit essentiellement de (Ministère des ressources en eau, 2009) :

1. La réalisation de deux barrages : Boukhroufa et de Boulathan, de capacités respectives de 125 et 25 millions de m^3 ;
2. Lancement d'étude pour la réalisation d'un deuxième barrage sur l'Oued Bounamoussa, le Bounamoussa 2**,** en amont de celui de Cheffia et qui pourra emmagasiner 120 millions de m^3 ;
3. La réalisation d'une station de traitement pour le barrage de Mexa ;
4. La réalisation d'une retenue collinaire près du lieu-dit Bouneffa, dans la commune de Chihani, d'une capacité de 60 000 m^3 ;

5. La réalisation d'une prise sur l'Oued Seybousse au Sud de Chihani, régularisant un volume annuel de 12 hm^3.

A court terme, la réception finale du barrage de Bougous portera les capacités de la wilaya en eaux de surface à 162 hm^3,

A moyen terme, la réalisation de ces projets portera les réserves en eau de surface à 222 millions de m^3, ainsi que les apports garantis par la station de dessalement d'Echatt (54 hm^3 /an) et les eaux usées recyclées (environ 5 hm^3) permettront de :

- sécuriser la wilaya en matière d'alimentation en eau potable pour les 24 communes de la wilaya et faire face aux divers aléas et imprévisibles ;
- Etendre la SAU irriguée et améliorer le potentiel hydro agricole,

A long terme, 03 sites potentiels de barrages, dans le bassin de la Seybousse sont retenus, il s'agit de :

- Barrage Chihani sur Oued Seybousse garantissant un volume annuel de 122 hm^3 ;
- Barrage Bouteldja sur Oued Zitoun garantissant un volume annuel de 37 hm^3 ;
- Barrage Guergour sur Oued Guergour garantissant un volume annuel de 8 hm^3. L'évolution de la disponibilité de l'eau et des besoins de la wilaya, se présente selon le Tableau. 55.

Tableau. 55. Besoins, ressources (Source DHW 2009).

Horizon	Besoins (Hm^3 /An)				Ressources (Hm^3 /An)		
	AEP	AEI	IRR	Total	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total
2010	29	0, 43	56	85, 43	113	18	131
Court terme	33, 5	0, 5	68	102	162	20	182
Moyen terme	37, 6	0, 65	74	112, 25	200	22	222
Long terme	43, 6	0, 75	145	189, 35	222	22	244

La mobilisation de ressources supplémentaires reste, tributaire, de la réalisation et de l'inscription de nouveaux projets ; de ce fait, il apparait clairement, que les ressources en eau de la wilaya, sont loin d'être négligeables, le facteur « eau », constituera un atout important pour le développement socio-économique de la Wilaya, et pourra même constituer un soutien pour les wilayas limitrophes, plus particulièrement, la wilaya d'Annaba.

VI. CONCLUSION

Les études réalisées dans la région d'étude, font ressortir l'existence de plusieurs systèmes aquifères repartis sur trois plaines à savoir :

La plaine Annaba-Bouteldja dont les systèmes aquifères sont ;

Les nappes superficielles constituées par :

La nappe des terrasses localisée au Sud/Sud-Ouest de la plaine d'Annaba, elle est contenue dans des cailloutis plus ou moins argileux et des galets, cette nappe n'est pas exploitée.

La nappe phréatique qui couvre l'ensemble de la superficie de la plaine, contenue par des alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, argilo-limoneuse ou sablo-argileuse.

La nappe du cordan dunaire s'étend entre Annaba et Oued Mafragh, elle a pour intérêt d'isoler la nappe phréatique de la plaine, des venues d'eau salée. Cette nappe est alimentée par l'infiltration des pluies.

Plus à l'Est le long du littoral, un énorme massif dunaire s'amplifie de l'Ouest vers l'Est « le massif dunaire de Bouteldja », il forme une nappe libre avec un substratum argilo-gréseux imperméable. Il est constitué de sables éoliens ; Cet aquifère est vulnérable du fait de la présence de la mer et des marécages salés à son pourtour.

La nappe profonde se forme de ;

La nappe profonde des graviers, elle est située en dessous de l'aquifère superficiel. Le réservoir de la nappe est constitué par des graviers, sables et galets plio-quaternaire et encaissé dans un bassin d'effondrement.

La plaine d'El Tarf-Ain Assel comprend ;

Une nappe superficielle couvrant l'ensemble de la superficie de la plaine d'El Tarf. Elle est contenue dans des formations alluvionnaires et des argiles plus ou moins sableuses.

Une nappe captive s'étend de l'Est vers l'Ouest. Le substratum de cet aquifère est marneux, imperméable. Le réservoir est constitué de galets et de graviers, surmonté par un toit argileux d'épaisseur importante.

La plaine d'Oum Teboul comprend ;

Une nappe superficielle très perméable, formée de gravier. Elle s'étend entre le massif dunaire de Bouteldjaet la rive Sud de l'Oued El Eurg.

Une nappe semi captive, localisée dans le secteur Sud avec un toit argilo-sableux, constituée par des graviers.

L'inventaire des sources d'eau naturelle nous a permis d'identifier un nombre important de sources ayant un débit important avec une qualité, malheureusement abandonnées. En matière de thermalisme, la région est dotée de six (06) sources thermales.

Le Nombre des forages existants pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, est de 127 totalisant un débit de 1579 l/s ; la région compte, selon les données du plan national de l'eau, 222 puits.

Les principales sources d'eau sur le territoire du bassin sont L'Oueds El Kébir Est, Bounamoussa et Seybousse. Les barrages actuellement en exploitation dans la zone d'étude, sont au nombre de deux (02) à savoir Mexa et Cheffia, une partie des volumes mobilisés par ces deux barrages (64 millions de m^3), est transférée à la wilaya d'Annaba. Plusieurs lacs sont situés sur le filon des plaines littorales. Ils constituent un stockage dépressionnaire, car les eaux qu'ils contiennent proviennent des pluies et des affluents des oueds.

La mobilisation des ressources supplémentaires reste, tributaire, de la réalisation et de l'inscription de nouveaux projets ; de ce fait, il apparait clairement, que les ressources en eau de la wilaya, sont loin d'être négligeables, le facteur « eau », constituera un atout important pour le développement socio-économique de la Wilaya, et pourra même constituer un soutien pour les wilayas limitrophes, plus particulièrement, la wilaya d'Annaba.

2 ème Partie

Chimisme et qualité des eaux de l'oued Kébir est

CHAPITRE IV

CONTEXTE HYDROCHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION

La composition chimique de l'eau joue un rôle important pour la détermination de sa qualité, et son attribution pour l'alimentation en eau potable, irrigation, industrie….etc ; (Debieche, 2002).

L'une des utilisations classiques de l'hydrochimie concerne l'obtention des informations de la qualité d'une eau et l'origine de son chimisme.

L'objet de ce chapitre, est :

- Le suivi des variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques des eaux de surface de l'Oued Kébir Est.
- L'évaluation, la quantification de la pollution et l'impact des rejets domestiques sans traitement préalable dans l'Oued. Cette qualité se trouve souvent influencée par l'effet de la dissolution des formations géologiques, les rejets domestiques et l'activité agricole (Guasmi, 2009).

II. MÉTHODOLOGIE

II.1. Echantillonnages

Afin d'avoir des analyses représentatives et fiables, la méthode d'échantillonnage exige une réflexion préalable et une précaution attentive de prélèvement, ainsi on a essayé de répondre aux critères suivants :

Types des échantillons prélevés (eaux de surface) ;
Période d'échantillonnage (basses eaux) ;
Lieux d'échantillonnage (Oued Kébir Est) ;
Paramètres analysés sur terrain ;
Paramètres analysés au laboratoire.

II.1.1. Type des échantillons prélevés

Pour suivre l'évolution des paramètres chimiques dans la région d'étude, on s'est intéressé uniquement aux eaux de surface de l'Oued Kébir Est. Ces eaux ont été prélevées sur l'Oued proprement dit.

II.1.2. La période d'échantillonnage

Pour l'étude et le suivi de la variation de la composition physico-chimique des eaux de surface de l'Oued Kébir Est, la composition des eaux résiduaires est plus ou moins variable selon les journées, les mois et les saisons.

Afin d'apprécier l'impact des effluents urbains, sur ces eaux de surface. Six campagnes de prélèvements mensuels ont été effectuées pendant la période du mois d'avril au mois de septembre 2011 au niveau de sept stations.

II.1.3. Lieux d'échantillonnage

Ces stations de prélèvement ont été choisies de façon à ce qu'elles soient situées au niveau de l'Oued Kébir Est, avant et après les points de déversements des rejets (domestiques). Leur répartition géographique est résumée dans le Tableau. 56.

La station S1 est prise comme station de référence, situé à l'amont de l'Oued Kébir Est, et loin de toute source de pollution.

Tableau. 56. Localisation des stations d'échantillonnages.

Station d'échantillonnage	Coordonnées géographiques	Activités en amont	Rejets éventuels
S1	X= 8°22'22'', Y=36°35'25''	Zone peu urbanisée	Absence de rejet
S2	X=8°21'27'', Y=36°46'30''	Zone peu urbanisée	Rejets urbains
S3	X=8°18'39'', Y=36°46'28''	Zone urbaine	Rejets urbains
S4	X=8°16'07'', Y=36°46'10''	Zone agricole et urbaine	Rejets urbain, Lessivage agricole
S5	X=8°09''57'', Y=36°48'08''	Zone agricole et urbaine	Rejets urbain, Lessivage agricole
S6	X=8°07'10'', Y=36°49'32''	Zone agricole et urbaine	Rejets urbain, Lessivage agricole
S7	X=8°05'05'', Y=36°49'06''	Zone agricole et urbaine	Rejets urbain, Lessivage agricole

Les eaux échantillonnées (Figures. 45 et 47) aux différentes stations sont réparties comme suit :
S1 à l'amont et sur le l'Oued ;
S2, S3, S4, S5 et S6 sur l'Oued Kébir Est;
S7 à l'aval et sur l'Oued.

II.1.4. Localisation des différents rejets

La connaissance des débits s'avère indispensable dès qu'il s'agit de réaliser des mesures quantitatives sur une substance quelle que soit sa nature polluante. De plus elle permet de calculer le flux polluant nécessaire pour apprécier le degré de pollution de l'effluent domestique et agricole.

De l'examen de l'ensemble des rejets (Figures. 46 et 47), il ressort que les agglomérations situées à proximité de l'Oued Kébir Est, rejettent des eaux usées domestiques et agricoles ; dont leurs débits varient selon l'accroissement des activités humaines.

Le résultat des débits de rejet obtenu est figuré au Tableau. 57.

Tableau. 57. Débit des différents rejets d'eaux usées.

Rejet	Coordonnées géographiques	Localisation	Débit d'eau usée (l/s)
R1	X= 8°22'45'', Y=36°37'08''	Ain Assel	9,71
R2	X= 8°18'06'', Y=36°47'14''	Guergour	130,45
R3	X= 8°15'24'', Y=36°46'59''	El Tarf	152,67
R4	X=8°10'02'', Y=36°48'42''	Bouteldja	197,94
R5	X= 8°03'19'', Y=36°48'48''	Berrihane + Sebaa	243,12

III. MATÉRIELS ET MÉTHODES

III.1. Lieu d'analyse des échantillons

Les différentes analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de surface de l'Oued Kébir Est, ont été effectuées dans deux laboratoires (Algérienne des eaux d'Annaba et laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux. Faculté des Sciences ; Université Badji Mokhtar d'Annaba). Les échantillons d'eau sont prélevés sur le terrain dans des bouteilles en polyéthylène et transportés à froid (4°C) dans une glacière jusqu'au laboratoire. Les analyses physicochimiques des eaux, ont porté sur les paramètres figurant dans les tableaux ci-dessous selon les normes préconisées par :

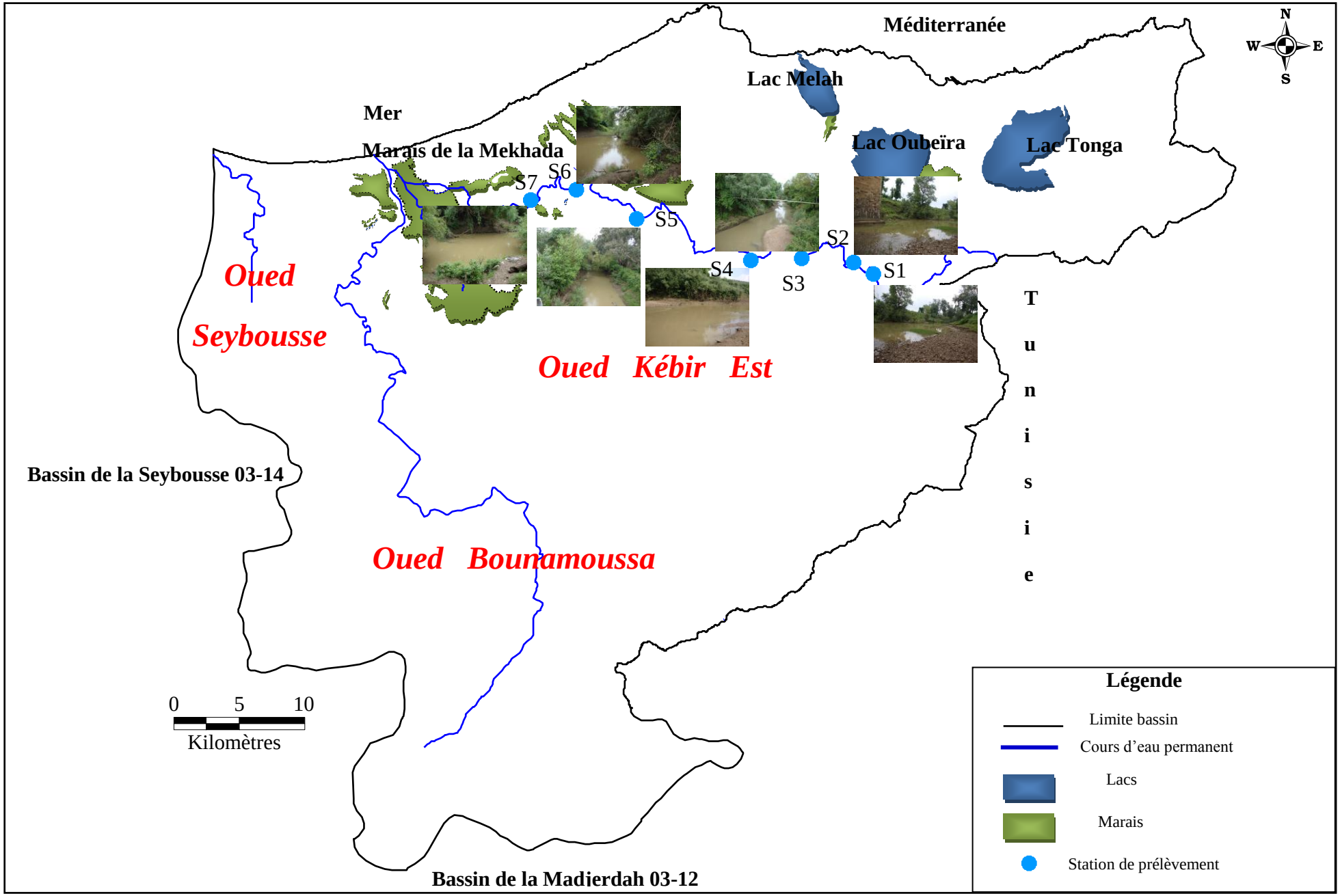

Figure. 45. Carte des stations d'échantillonnages.

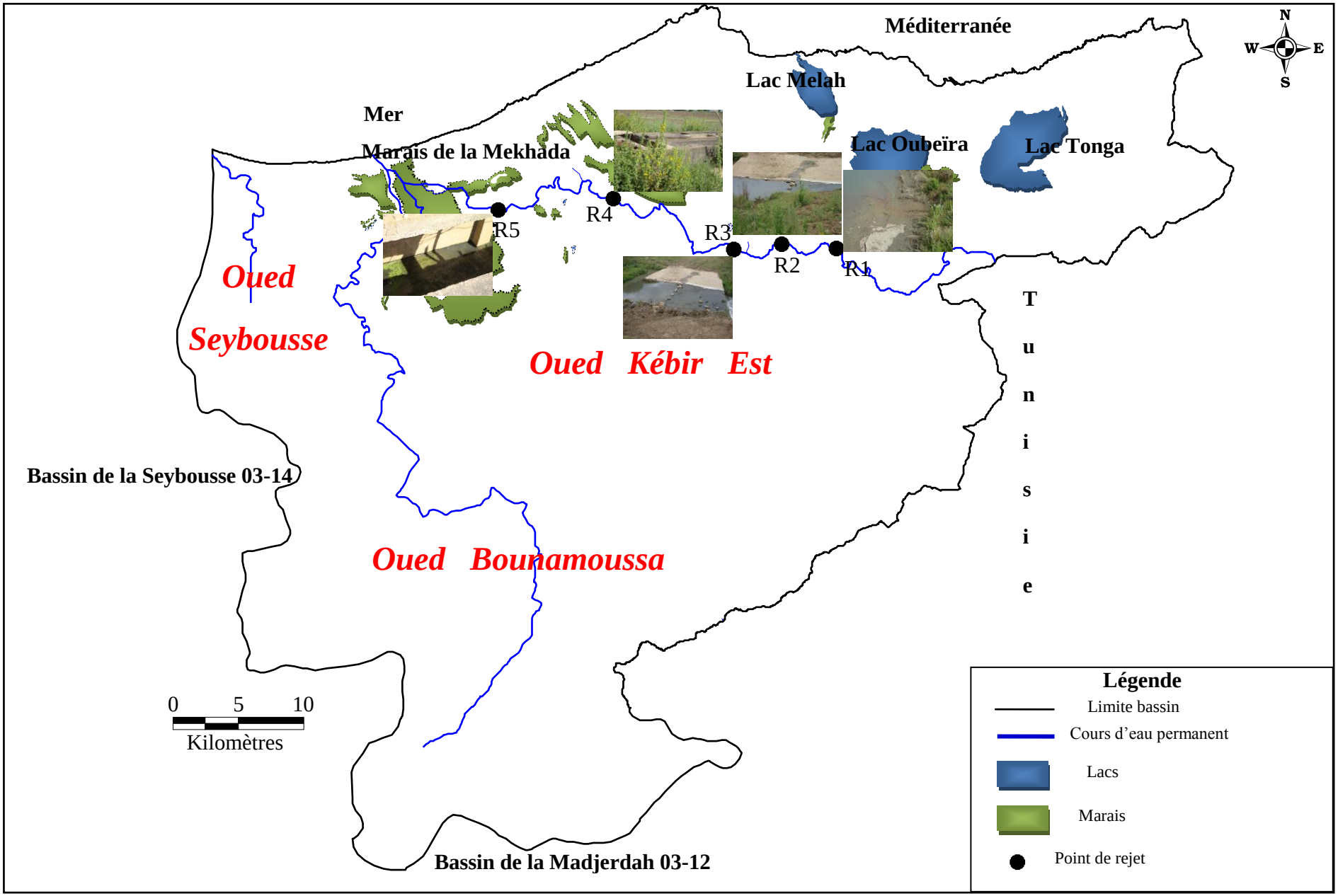

Figure. 46. Carte des points de rejets.

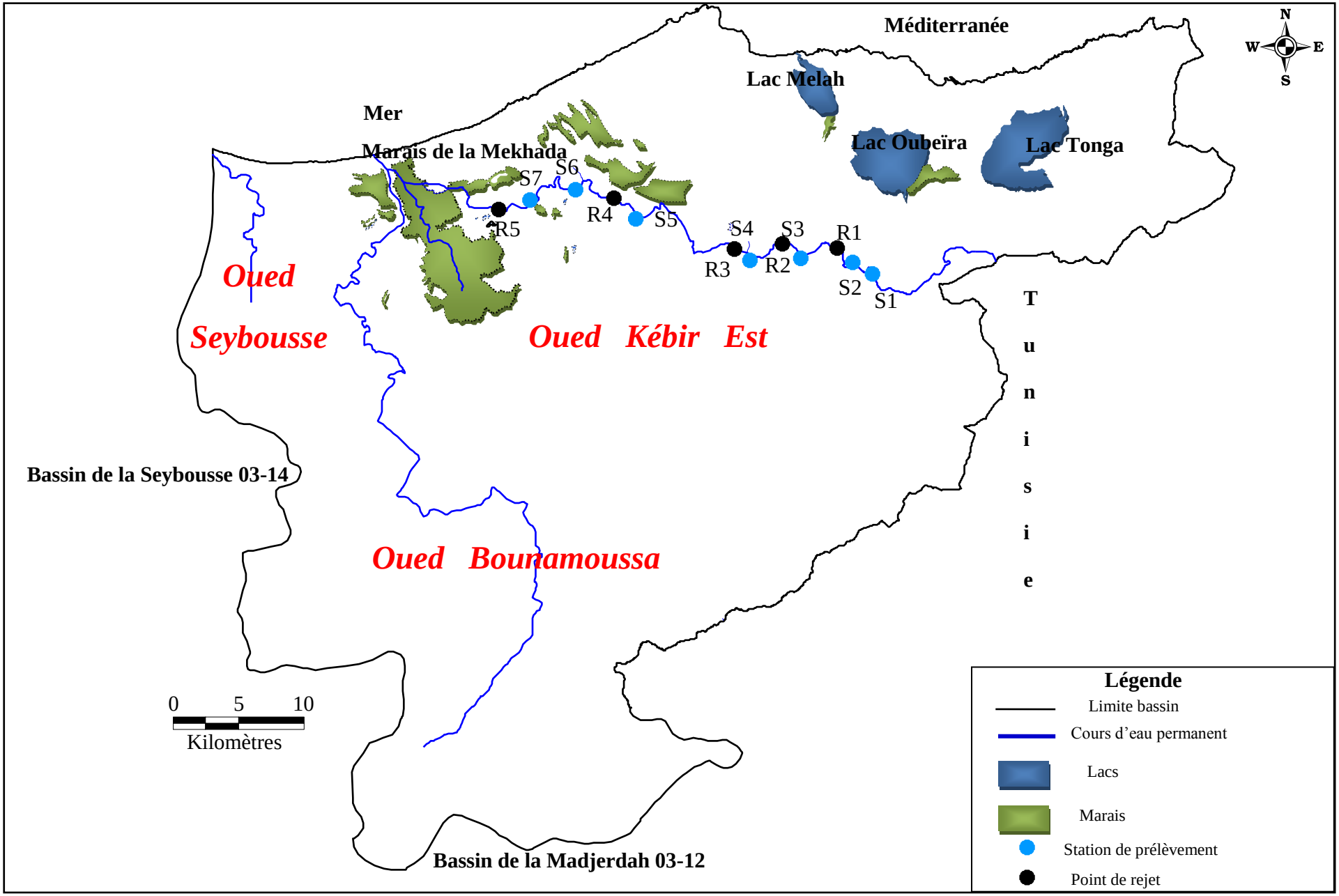

Figure. 47. Carte des stations d'échantillonnages et des points de rejets.

ISO et AFNOR (Afnor, 1999) ou celles homologuées par RODIER (Rodier, 2009).

III.2. Méthodes d'analyses

L'analyse des eaux étudiées et le suivi des composés détectables ont été réalisés à l'aide des techniques suivantes :

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-Werkstatten Gmbh & Co.KG. 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.

Aux laboratoires, les différents dosages volumétriques et colorimétriques ont été effectués selon Jean Rodier, Aminot et Keronel préconisés par les normes ISO, AFNOR et RODIER. Les paramètres organiques tels-que les nitrites, nitrates, l'ammonium et les phosphates, ont été mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS 6705 JENWAY ; à des longueurs d'onde respectivement de 543 nm, 630 nm et 880 nm pour les nitrites, ammonium et phosphates, les résultats obtenus sont en mg/l. Le paramètre de la DBO_5 a été mesuré à l'aide d'unOxiTop IS12

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Les paramètres physico-chimiques (Mesure in situ)

IV.1.1. Température (T en °C)

La température joue un rôle important dans la variation des paramètres chimiques, et bactériologiques. Elle varie en fonction des saisons et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Les valeurs de la température observées tout le long de l'oued ont permis de calculer les valeurs moyennes, minimales et maximales au cours de l'année 2011 (Tableau. 58).

Tableau. 58. Variation de la Température aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	28,00	24,00	25,90	25,60	27,50	27,90	28,00
	Moy	24,92	21,38	21,93	21,70	22,55	22,92	23,07
	Min	15,50	18,50	18,20	18,40	18,40	18,30	18,50
	Ecart type	04,88	02,27	03,23	03,12	03,82	03,96	03,90
Normes		< 25						

Parmi les valeurs de température mesurées sur les eaux de l'Oued Kébir Est, on note que la moyenne de température varie de 21 à 25 °C. On remarque que la température maximale est enregistrée aux stations S1 et S7 ; cette variation due à la faible lame d'eau de l'oued où les eaux sont directement influencée par la température de l'air.

IV.1.2. Conductivité électrique (CE en µs/cm)

La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électron, donc la mesure de la conductivité reflète assez fidèlement sa minéralisation. Elle augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température. La variation de la conductivité donne des informations importantes sur l'évolution de la qualité de l'eau.

Par rapport à la conductivité, la minéralisation de l'eau peut être considérée de la façon suivante :

CE (µs/cm) < 10 : eau de minéralisation très faible,
100 < CE (µs/cm) < 200 : eau de minéralisation faible,
200 < CE (µs/cm) < 400 : eau de minéralisation peu accentuée,
400 < CE (µs/cm) < 600 : eau de minéralisation moyenne,
600 < CE (µs/cm) < 1000 : eau de minéralisation importante,
CE (µs/cm) > 1000 : eau de minéralisation excessive.

Les valeurs des conductivités mesurées (Tableau. 59), montrent que tous les points d'eaux dépassent la norme maximale admissible des eaux destinées à la consommation humaine référencée au standard qui est de 400 µs/cm, elle atteint 837µs/cm pour certaines stations.

Tableau. 59. Variation de la Conductivité électrique aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	530,00	837,00	706,00	772,00	720,00	686,00	686,00
	Moy	443,33	707,33	599,67	651,17	656,33	627,17	641,83
	Min	400,00	625,00	558,00	584,00	596,00	580,00	589,00
	Ecart type	047,61	089,65	057,25	070,26	042,66	045,71	042,97
Normes		< 400						

Les maximums de la conductivité pendant six mois sont compris entre 530 et 837µs/cm dont les minimums sont compris entre 400 et 625µs/cm. Ces valeurs montrent clairement que les eaux de l'Oued Kébir Est, ont une minéralisation moyenne au niveau de la première station, dont le repère est loin de toute source de pollution. Au niveau de la deuxième station, la minéralisation est très importante par rapport aux autres stations, causée par une contamination des eaux par les détergents, car au niveau de cette station on a constaté que certains automobilistes pratiquent le lavage de leurs véhicules.

IV.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Castany, Margat, 1977).

Tableau. 60. Variation du Potentiel d'hydrogène aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	8,30	7,50	7,66	7,67	7,59	7,76	7,59
	Moy	7,87	7,42	7,49	7,58	7,51	7,56	7,47
	Min	7,50	7,30	7,24	7,47	7,39	7,36	7,30
	Ecart type	0,27	0,08	0,14	0,08	0,08	0,16	0,13
Normes		> 6,5 ; < 9,5						

Les valeurs du pH (Tableau. 60), sont dans la limite des normes de potabilité et elles sont dans l'intervalle des valeurs naturelles mais avec des valeurs variables.

IV.1.4. Potentiel d'oxydo-réduction (Eh en mV)

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 et sur l'évolution de la matière organique.

- ❖ Si le Eh est supérieur à 0: le milieu est oxydant en contact avec l'air (milieu aérien, aquatique superficiel ou agité).
- ❖ Si le Eh est inférieur à 0 : le milieu est réducteur à l'abri de l'air (milieu aquatique calme, eaux stratifiées, sols hydro morphes).

Tableau. 61. Variation du Potentiel d'oxydo-réduction aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	33,00	27,00	36,00	39,00	35,00	50,00	35,00
	Moy	24,00	04,83	00,17	- 03,67	07,83	06,83	08,83
	Min	17,00	- 34,00	- 30,00	- 42,00	- 37,00	- 42,00	- 35,00
	Ecart type	05,93	28,02	31,74	39,29	33,14	39,15	30,31
Normes								

Parmi les valeurs du Eh mesurées sur les eaux de l'Oued Kébir Est, on note que la moyenne du Eh varie de 24 et – 3,67. On remarque que le Eh maximal est enregistré à la station S1 traduit un milieu oxydant ; cette variation due à la forte concentration en oxygène dissous, d'autre part le Eh minimal est enregistré à la station S4 traduit un milieu réducteur ; cette variation due à la faible concentration en oxygène dissous.

IV.1.5. Évolution du potentiel redox en fonction du potentiel d'hydrogène (pH ET Eh)

Pour mieux connaitre la nature du milieu dans les différentes stations de prélèvement on a optée pour l'élaboration du diagramme Eh-pH pour toutes les compagnes. Notons que la variation du potentiel redox est liée à l'effet des pluies et des différents rejets.

Les valeurs des potentiels dans les eaux de l'Oued Kébir Est, ont été aménagées dans le diagramme binaire Eh-Ph (Figure.48).

Droites frontières des deux couples de l'eau et choix des conventions de tracé

Le diagramme Eh-pH de stabilité thermodynamique de l'eau est constitué de deux droites parallèles de pente -0,06 V et d'ordonnée à l'origine :

- 1,23 V pour le couple $O_2(g)/H_2O(l)$ pour une pression partielle en dioxygène fixée à 1 bar ;
- Et 0 V pour le couple $H^+(aq)/H_2(g)$ pour une pression partielle en dihydrogène fixée à 1 bar ;

La demi-équation redox et le potentiel d'oxydoréduction du couple redox $O_2(g)/H_2O(l)$ sont :

$$^1/_2\, O_{2(g)} + 2e^- + 2H^+aq \rightleftharpoons H_2O$$

$$E_{O_2}/_{H_2O} = E^\circ_{O_2/_{H_2O}} + \frac{0,06}{2}.\log_{(P_{O_2})}\frac{1}{2} \times [H^+]^2$$

La pression partielle en dioxygène étant fixée par la pression de travail (en général P° ou la pression partielle en dioxygène de l'air).

Le potentiel standard de ce couple étant de 1,23 V, on a une droite d'équation :

$$E_{O_2}/_{H_2O} = 1,23 - 0,06.PH$$

Pour une pression de travail en dioxygène fixée à P°, l'autre couple redox de l'eau $O_2(g)/H_2O(l)$ a pour demi-équation redox et le potentiel d'oxydoréduction du couple redox $O_2(g)/H_2O(l)$:

$$2H^+aq + 2e^- = H_2(g)$$

$$E_{H^+}/_{H_2} = 0 - 0{,}06.\,PH$$

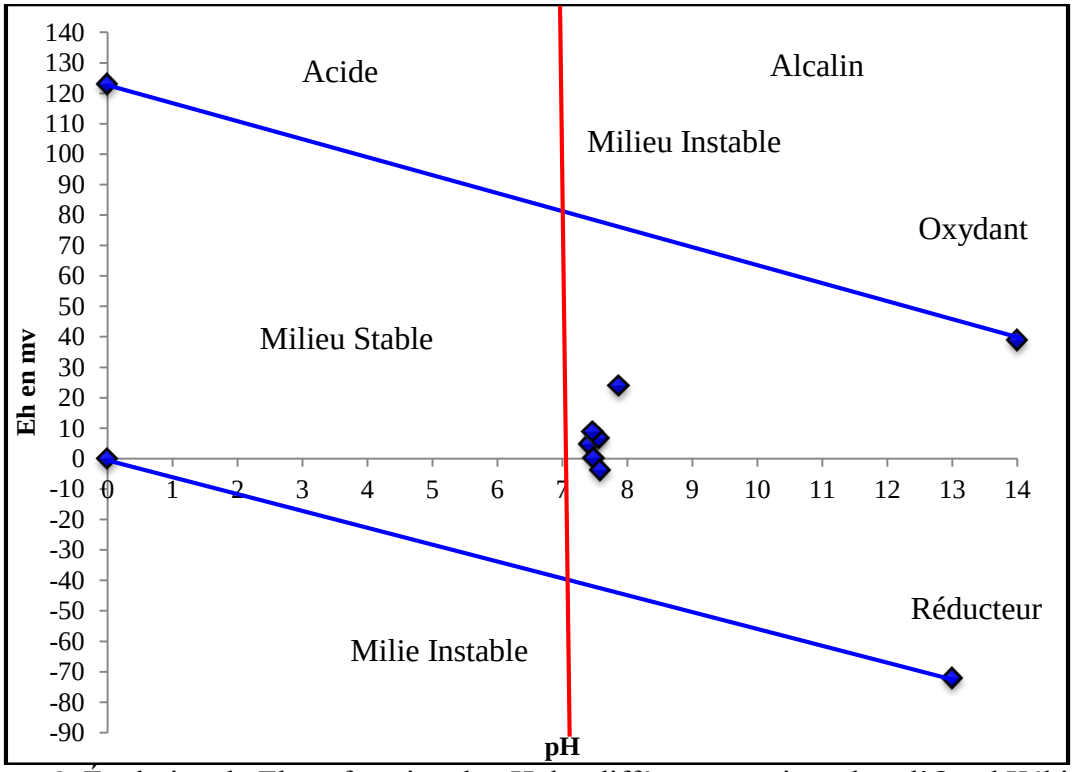

Figure. 48. Évolution du Eh en fonction du pH des différentes stations dans l'Oued Kébir Est.

Le diagramme Eh-pH de la Fgure.48, montre que pour la majorité des stations le milieu est oxydant et stable surtout au niveau de la première station où on constate que le milieu est bien oxydant dont la valeur du Eh est de 24 mv, ceci s'explique par l'apport élevé d'oxygène dissous.

Pour les stations S3 et plus précisément S4, le milieu est toujours stable mais devient réducteur, ceci est dû à la diminution du taux d'oxygène ; dont on remarque que les valeurs du Eh devient proche de zéro pour S3 et négative pour S4.

IV.1.6. Oxygène dissous (O_2 en mg/l)

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. A une température et une pression données, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute : c'est la teneur en O_2 pour laquelle l'eau est saturée à 100%. D'autre part, la présence de l'oxygène dans l'eau résulte d'une diffusion à partir de l'air au niveau de la surface et surtout de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques, notamment des algues. C'est un indicateur important de pollution organique des eaux (Sevrin-Reyssac et Valdeyron, 1989).

Tableau. 62. Variation d'Oxygène dissous aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	10,20	10,00	10,00	09,50	10,98	10,20	9,06
	Moy	08,08	05,56	04,93	04,86	05,65	05,64	06,17
	Min	06,90	02,10	01,30	01,60	01,70	01,90	02,38
	Ecart type	01,16	03,38	03,81	03,26	04,15	03,83	02,70
Normes		≥ 5						

D'après le Tableau. 62, les teneurs les plus élevées sont observées au niveau des stations S1 et S7 avec des moyennes respectives de 8,08 et 6,17mg/l. Les teneurs les plus faibles sont observées aux stations S3 et S4 avec des moyennes respectivement 4,93 et 4,86 mg/l, ceci est dû au rejet domestique qui provoque la consommation d'oxygène dissous par les micro-organismes. Les concentrations en oxygène dans l'eau de l'Oued Kébir Est, sont peu variables, l'oxygène dissous se présente sous de forte teneur pendant la période chaude (mois Juillet et Août) au niveau de la première station, cette augmentation provient de la forte activité photosynthétique des algues qui se développent pendant l'été dans les eaux de l'oued, selon la relation suivante (Redfield et al, 1963).

$$106C + 16N + P + nH_2O + mH^+ + Oligoéléments + lumière \xrightarrow{Photosynthèse} C106N16PH_XO_Y + 138O_2$$

Les rejets domestiques contribuent à la diminution de la teneur en oxygène, ce dernier étant consomme par les micro-organismes pour dégrader la matière organique. Quand la température est favorable, l'apport de nutriment par les effluents participent d'abord à un effet de sursaturation à la suite du développement, de végétaux verts, puis à la fin du cycle végétatif à un déficit qui peut être sévère pour la survie des organisme dont les macro invertébrés benthiques et par conséquent pour l'équilibre de l'écosystème lacustre. La qualité des eaux de l'Oued Kébir Est, en oxygène dissous d'après la grille de l'Agence du Bassin Adour Garonne (Monod, 1989), est mentionnée au Tableau. 63 :

Tableau. 63. Qualité des eaux en Oxygène dissous.

Oxygène dissous (mg/l)	Oxygène de saturation (%)	Qualité des eaux	Classe	Station
> 7	> 90	Normale	1A	S1
Entre 5 et 7	70 à 90	Bonne	1B	S2, S5, S6 et S7
Entre 3 et 5	50 à 70	Moyenne	2	S3 et S4
< 3	< 50	Médiocre	3	/

Il est à noter que la situation devient :
- Critique entre 30% et 50% de saturation,
- Dangereuse entre 30 et 10%,
- Létale pour la faune aquatique si le pourcentage est inférieur à 10%.

IV.1.7. Matières en suspension (MES en mg/l)

Elles sont des substances non solubles qui troublent l'eau. Elles interviennent dans la composition de l'eau par leur effet d'échange d'ions ou leur adsorption aussi bien sur les éléments chimiques que sur les micro-organismes.

Tableau. 64. Variation des Matières en suspension aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	120,00	288,09	63,20	101,80	71,00	79,60	52,60
	Moy	59,67	58,87	32,33	40,63	36,10	39,50	21,82
	Min	06,00	07,30	12,20	14,18	17,10	12,10	05,90
	Ecart type	46,02	112,42	18,93	32,28	19,97	28,42	18,28
Normes		30						

D'après le Tableau. 64, les concentrations en MES fluctuent entre 288,09 mg/l à la station S2 et 52,60 mg/l à la station S7, cette variation due au régime turbulent de l'oued au niveau des deux premières stations, au fort rejet domestique au niveau de la quatrième station et au régime laminaire au niveau des autres stations. Les valeurs sont supérieures aux normes exigées par l'OMS (2001) qui sont de 30 mg/l. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et une mauvaise odeur (Baumont et al, 2003).

IV.1.8. Titre hydrométrique (TH en °F)

L'eau est composée de nombreux éléments minéraux et organiques. Sa richesse en minéraux est fonction de la composition des sols qu'elle traverse. Le degré hydrotimétrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Il est surtout proportionnel à la concentration en calcium et magnésium. Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur en TH inférieure à 60 mg/l de $CaCO_3$ou à 30 mg/l de calcium est une eau douce. Des teneurs supérieures rendent l'eau dure (J. Rodier et Coll., 2005).

Tableau. 65. Variation du Titre hydrométrique aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	19,53	41,31	28,60	25,34	24,13	24,95	22,12
	Moy	17,45	28,69	22,77	21,08	21,37	21,15	19,94
	Min	14,98	19,10	15,68	17,68	18,49	18,49	17,89
	Ecart type	01,49	08,16	05,88	03,42	02,13	02,82	01,60
Normes		< 15 Eau douce, 15 < Eau dure < 30, > 30 Eau très dure						

D'après le Tableau. 65, pendant les six mois de prélèvement et au niveau de toutes les stations, l'Oued Kébir Est doté d'une eau dure ; sauf la station S2 l'eau est plus dure ceci s'explique par l'élévation de la teneur en calcium due à la présence des détergents utilisées dans le lavage des véhicules et probablement aux sols calcaires. Les ions qui sont responsables de la dureté sont les ions de calciums, en raison de leurs teneurs élevés dans les eaux de l'oued par rapport celle de magnésiums, donc la dureté totale est composée en grande parte par la dureté calcique.

IV.2. Éléments minéraux

La qualité de l'eau est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractéristiques organoleptiques immédiatement perceptibles pour l'usager (Fellrath, 1995 ; Debieche, 2001).

IV.2.1. Éléments majeurs

IV.2.1.1. Calcium (Ca^{2+} en mg/l)

la présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$), soit la dissolution des formations gypseuses ($CaSO_4$).

$$CaCO_3 = Ca^{2+} + {CO_3}^{2-}$$
$$CaSO_4, 2H_2O = Ca^{2+} + {SO_4}^{2-} + 2H_2O$$

Tableau. 66. Variation des teneurs en Calcium aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	58,10	115,43	60,92	64,92	64,12	60,92	61,72
	Moy	49,80	75,81	53,38	57,36	58,71	56,00	56,92
	Min	39,90	52,10	41,68	52,90	52,10	52,10	50,50
	Ecart type	05,95	22,94	07,83	04,80	05,24	03,87	04,40
Normes		< 100						

Le Tableau. 66, montre que les concentrations de calcium sont inférieures à la norme pour toutes les stations, sauf la station S2 où la concentration est supérieure à la norme, ceci s'explique par la présence des détergents.

IV.2.1.2. Magnésium (Mg^{2+} en mg/l)

Son origine est comparable à celle du calcium.

Tableau. 67. Variation des teneurs en Magnésium aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	14,00	32,08	32,08	21,87	19,44	23,33	17,01
	Moy	12,00	23,37	22,63	16,18	16,07	07,16	13,70
	Min	11,00	14,58	12,63	09,23	12,15	12,15	08,74
	Ecart type	01,10	06,57	09,58	05,81	02,69	04,67	02,95
Normes		50						

D'après le Tableau. 67, on note que l'évolution des teneurs en Mg^{2+}est identique à celle du calcium et restent inférieures aux normes de potabilité à travers toutes les stations.

IV.2.1.3. Potassium (K^+ en mg/l)

Le potassium provient généralement de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) (Seghir, 2008).

Tableau. 68. Variation des teneurs en Potassium aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	03,00	05,66	06,87	06,99	05,34	05,32	04,44
	Moy	02,17	03,99	05,39	05,82	03,48	03,18	03,48
	Min	01,00	02,88	03,09	04,32	02,55	02,12	02,38
	Ecart type	00,75	01,03	01,50	01,06	01,03	01,18	00,83
Normes		12						

Les résultats du Tableau. 68, montrent que toutes les stations ont des concentrations inférieures à la limite de potabilité. On peut constater que cet élément participe moins à la minéralisation des eaux, l'origine de potassium de l'oued sont les argiles numidien.

IV.2.1.4. Sodium (Na^+ en mg/l)

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante :

$$NaCl = Na^+ + Cl^- \; log\, K = 1{,}58$$

Tableau. 69. Variation des teneurs en Sodium aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	28,00	28,54	28,78	31,55	31,22	30,65	29,66
	Moy	21,25	22,65	23,57	26,88	25,03	24,12	22,95
	Min	17,30	18,54	19,56	21,99	21,76	20,44	19,04
	Ecart type	04,11	03,72	03,66	03,91	03,74	04,10	04,04
Normes		150						

Dans les eaux de l'Oued Kébir Est (amont et aval), les teneurs du sodium sont très faibles et les moyennes n'ont pas dépassées les normes (Tableau. 69), leur origine est similaire à celle du potassium, elle proviendra en partie des terrains argileux ou des rejets agricoles.

IV.2.1.5. Chlorures (Cl^- en mg/l)

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.

Tableau. 70. Variation des teneurs en Chlorures aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	40,00	82,36	90,05	90,75	92,17	96,32	91,89
	Moy	33,33	65,41	73,77	81,02	79,60	84,39	80,45
	Min	25,00	46,79	60,97	64,52	58,14	56,72	60,27
	Ecart type	05,16	13,51	11,27	09,88	12,18	15,74	11,28
Normes		200						

Les valeurs obtenues s'échelonnent entre 40 mg/l à l'Est (S1) et 96,32mg/1 à l'Ouest (S6). Les valeurs les plus élevées sont observées aux stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 dues aux rejets d'eaux usées (Tableau. 70). Les origines des chlorures des eaux de l'oued sont les argiles numidien, les mares et les marnes argileuses d'âge lutétien (Handouzi, 2011).

IV.2.1.6. Sulfates (SO_4^{2-} en mg/l)

La présence des ions sulfates dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses d'une part, et aux pesticides provenant des eaux d'irrigation d'autre part.

Tableau. 71. Variation des teneurs en Sulfates aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	90,00	97,92	79,04	76,80	87,66	69,12	77,43
	Moy	69,33	74,40	73,15	70,79	73,53	64,22	68,51
	Min	46,00	54,98	63,32	61,06	59,11	58,21	60,32
	Ecart type	14,84	15,90	06,66	06,28	09,48	04,78	06,21
Normes		250						

Le Tableau. 71, montre que tous les points d'eaux se présentent avec des teneurs inférieures aux valeurs guides des eaux superficielles qui est de 250 mg/l, et à la norme de potabilité. L'origine des sulfates des eaux de l'oued sont les alluvions d'âge plio-quaternaire (Handouzi, 2011).

IV.2.1.7. Bicarbonates (HCO_3^- en mg/l)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La réaction de dissolution est donnée par l'équation suivante :

$$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(2)} + CO_{2(g)} \leftrightarrow 2HCO_3^- + Ca^{2+}$$

Tableau. 72. Variation des teneurs en Bicarbonates aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	140,30	277,79	172,38	182,26	161,40	157,01	171,28
	Moy	125,05	159,79	138,42	155,91	148,82	146,77	151,07
	Min	103,70	110,02	103,33	128,10	134,20	131,76	128,83
	Ecart type	013,78	062,36	028,45	020,50	009,62	009,00	016,56
Normes		250						

Le Tableau. 72, montre une faible variation des concentrations des bicarbonates pendant les six mois et au niveau de toutes les stations ; sauf pour la station S2 le maximum égal à 277,79 mg/l ; cette concentration dépasse la norme, ceci est expliquée par la présence des détergents (lavage des véhicules).

IV.3. Éléments organiques

L'azote est un élément essentiel de la matière vivante. La quantité et la forme chimique de cet élément dans le milieu aquatique conditionnent le développement de la vie. Il peut se présenter sous deux formes :

- ✓ Une forme organique non oxydée et peu soluble (protéines, acides aminés, urée...) ;
- ✓ Une forme minérale soluble, résultant de la dégradation de la forme organique par hydrolyse.

IV.3.1. Éléments nutritifs

L'azote minéral se présente en solution ionique dans l'eau sous 3 formes principales :
• l'azote ammoniacal (ammoniac NH_3 et ammonium NH_4^+);
• les nitrites NO_2^-;
• les nitrates NO_3^-; l'azote ammoniacal et nitrites sont oxydables. Les nitrates constituent la forme oxydée finale.

IV.3.1.1. Les Nitrates (NO_3^- en mg/l)

Les nitrates sont naturellement présents dans la nature à des concentrations de quelques milligrammes par litres d'eau, qui sont des polluants très solubles et représentent la forme la plus oxydée de l'azote (Salamon, 2003).

Dans l'eau, les nitrates peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles et des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles (Adam, 1980 ; Egboka, 1984).

Tableau. 73. Variation des teneurs en Nitrates aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	3,00	1,17	1,51	1,93	1,63	1,30	1,93
	Moy	2,08	0,64	0,79	1,03	0,91	0,75	0,83
	Min	1,70	0,12	0,54	0,08	0,52	0,13	0,23
	Ecart type	0,47	0,46	0,37	0,71	0,53	0,49	0,71
Normes		50						

Les Tableau. 73, fait apparaître que la concentration moyenne en Nitrate dans les eaux du Kébir Est, est relativement faible et à peu près constante oscille entre 1,03 et 0,64 mg/l au niveau de toutes les stations sauf la première station où la teneur moyenne égal à 2,08 mg/l,

cette élévation est due à un apport d'azote lessivé par les eaux aux niveaux des parcelles agricoles. La densité de la faune et de la flore dans le bassin versant de l'Oued Kébir Est, et les matières organiques enfouies dans le sol sont l'origine des nitrates des eaux de l'oued après une transformation bactérienne appelée « minéralisation ». En plus des rejets des agglomérations pouvant aussi concourir à l'enrichissement significatif des nitrates dans les eaux.

IV.3.1.2. Les Nitrites (NO_2^- en mg/l)

L'azote nitreux (NO_2^-) représente une forme moins oxygénée et moins stable représentant ainsi la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique. Les nitrites sont dus à l'effet de l'oxydation de la forme ammonium (Mebarkia, 2011).

Les concentrations moyennes durant notre période d'observation montrent des teneurs moyennes en nitrites comprises entre 0,13 et 0,51 mg/l au niveau des différentes stations.

Tableau. 74. Variation des teneurs en Nitrites aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	0,20	0,31	0,95	0,73	0,71	0,55	0,65
	Moy	0,13	0,15	0,51	0,41	0,48	0,32	0,33
	Min	0,08	0,04	0,27	0,18	0,28	0,22	0,17
	Ecart type	0,05	0,13	0,31	0,23	0,18	0,12	0,16
Normes		0,1						

On remarque la présence des nitrites avec des fortes teneurs dépassent les normes dans l'eau de l'oued pendent presque tous les mois de prélèvement, cela est dû aux rejets urbains des agglomérations ; chargés en éléments organiques, aux détergents utilisés dans les activités ménagères et au lessivage des sols riches en matières fécales animales et humaines ainsi à l'effet de l'oxydation de la forme ammonium.

IV.3.1.3. L'Ammonium (NH_4^+ en mg/l)

Les concentrations en ammonium fournissent des informations sur la pollution des eaux suite au déversement des eaux usées ménagères ou à l'érosion et au lessivage des sols agricoles.

Tableau. 75. Variation des teneurs en Ammonium aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	0,10	0,09	0,59	3,04	0,60	0,77	0,57
	Moy	0,05	0,05	0,36	1,39	0,21	0,40	0,20
	Min	0,00	0,01	0,08	0,05	0,07	0,10	0,05
	Ecart type	0,04	0,03	0,24	1,43	0,20	0,32	0,19
Normes		0,5						

La présence d'ammonium serait liée au processus de dénitrification par consommation d'oxygène (Guasmi, 2009). La forte teneur en CO_2 et la faible teneur en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau.

Le Tableau. 75, montre que les valeurs les plus élevées dépassant les normes sont marquées dans les stations S3, S4, S5, S6 et S7 avec des valeurs qui atteignent 3,04 mg/l.

Ceci s'explique soit par la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) ou par contamination des eaux de l'oued (rejet urbain et lessivage agricole). Les faibles

concentrations marquées aux stations S1 et S2 sont dues respectivement à l'éloignement de la station de toute source de pollution et au faible rejet d'eau usée.

IV.3.2. Les nutriments

Les sources urbaines de nutriments incluent les eaux usées domestiques, les déchets industriels. Les sources rurales incluent celles de l'agriculture, de la gestion des forêts et des logements ruraux. Il s'agit d'un ensemble de substances organiques dont la dégradation implique une consommation de l'oxygène dissous dans l'eau (oxydation) ce qui a des conséquences directes sur la vie aquatique. L'importance de ces pollutions est estimée par deux mesures :

- ✓ La DCO (Demande Chimique en Oxygène) ;
- ✓ La DBO_5 (Demande Biochimique en Oxygène).

IV.3.2.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5 en mg/l)

La DBO_5 (Demande Biochimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène utilisée en 5 jours par la dégradation naturelle. Parmi les substances organiques consommatrices d'oxygène, on trouve l'azote, le phosphore et le carbone.

Tableau. 76. Variation des teneurs en DBO_5aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	05,40	10,00	20,00	40,00	10,00	10,00	10,00
	Moy	03,48	08,33	13,33	23,33	10,00	10,00	10,00
	Min	01,80	00,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	Ecart type	01,15	04,08	05,16	12,11	00,00	00,00	00,00
Normes		2 - 20						

Le Tableau. 76, montre que la plus forte valeur de la DBO_5 est marquée à la station S4 avec 40 mg/l, cette élévation est en relation directe avec le fort débit d'eaux usées et le lessivage agricole montrant une qualité médiocre dont baignade interdite. Les résultats obtenus au niveau des autres stations font remarquer que les valeurs de la DBO_5 sont moyennes : indiquant une qualité modérée, loisirs possibles, baignade pouvant être interdite.

IV.3.3. Les éléments mineurs naturels

IV.3.3.1. Phosphate (PO_4^{3-} en mg/l)

Les phosphates sont des éléments dont l'excès entraine des perturbations dans la vie d'un cours d'eau ; ils sont indicateurs de la productivité des eaux (Lamy, 1995).

Les composées phosphatées présents dans les eaux de surface ont différentes origines :

- ✓ Les engrais transportés par ruissellement ;
- ✓ Les matières fécales humaines et animales ;
- ✓ Les détergents et produits d'entretien (Bentouati, 2011).

Tableau. 77. Variation des teneurs en Phosphate aux différentes stations.

Paramètres		Oued Kébir Est (avril 2011 jusqu'au septembre 2011)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Paramètres statistiques	Max	0,60	0,21	0,26	0,44	0,23	0,20	0,26
	Moy	0,24	0,07	0,13	0,26	0,12	0,14	0,12
	Min	0,10	0,02	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04
	Ecart type	0,19	0,07	0,09	0,16	0,09	0,07	0,08
Normes		2,68 – 6,70						

Les valeurs restent toujours dans les normes et les teneurs sont stables d'une station à l'autre, Les concentrations moyennes durant la période d'observation au niveau des sept stations varient de 0,07 à 0,26 mg/l (Tableau. 77). Les moyennes au niveau des stations S1 et S4 sont forte par rapport à celles des autres stations, ceci est expliqué par un apport de phosphate lessivé par les eaux aux niveaux des parcelles agricoles pour la première station, et au fort rejet d'eau usée au niveau de la quatrième station.

V. FACIES CHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

V.1. Introduction

Pour une meilleure vision et une meilleure identification des faciès et de l'aspect qualitatif des eaux de surface, ainsi que l'évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse, reste un outil incontournable. Dans ce but, nous avons entrepris, dans notre cas cette démarche et choisi des diagrammes de représentation tels que celui de piper, Schöeller-Berkallof et la formule ionique, afin de mieux cerner les particularités des eaux étudiées.

V.2. Diagramme de Piper

Ce diagramme est un mode de représentation graphique permettant de caractériser le faciès hydrochimique d'une eau, l'évolution des éléments chimique ainsi que leur genèse (Piper, 1944).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun des deux triangles du diagramme permet de préciser en premier lieu la dominance anionique ou cationique d'une eau.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau concernée.

Un avantage de ce diagramme est qu'il permet de représenter sur un même graphique de nombreuses analyses autorisant des regroupements par famille présentant des faciès similaires. Ce point peut s'avérer particulièrement intéressant dans le cadre du suivi de la qualité d'une eau dans le temps, pour laquelle on dispose de plusieurs analyses physico-chimiques, ou dans le cadre d'études régionales de comparaison de divers points.

Les analyses d'eau de la région d'étude représentées sur le diagramme de piper (Figure.50) en utilisant le logiciel Diagramme (Logiciel d'hydrochimie en distribution libre par Roland SIMLER « Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon ») a permis de donner une idée sur le faciès chimique des eaux de l'Oued Kébir Est, et de mettre, ainsi, en évidence l'incidence de la géologie sur la qualité des eaux.

L'interprétation du diagramme de la Figure. 49, a permis de mettre en évidence une concentration très nette du nuage des points localisés dans la partie supérieure et gauche. Il montre donc un enrichissement en bicarbonates et en calciums d'une part et d'autre part un enrichissement en chlorures et en calciums. Un faciès dominant regroupant une famille

Bicarbonaté-Calcique et un faciès secondaire Chloruré-Calcique mettant en évidence des terrains riches en bicarbonates et calciums.

Notons que les cations calciques marquent la totalité des points représentés sur le triangle des cations, donnant des indications sur l'origine de ces eaux.

Les anions bicarbonatés marquent la totalité des points représentés sur le triangle des anions, donnant des indications sur l'origine de ces eaux

Ainsi, les bicarbonates et les calciums proviennent des détergents (lavage des véhicules), alors que les chlorures tirent leurs origines des argiles.

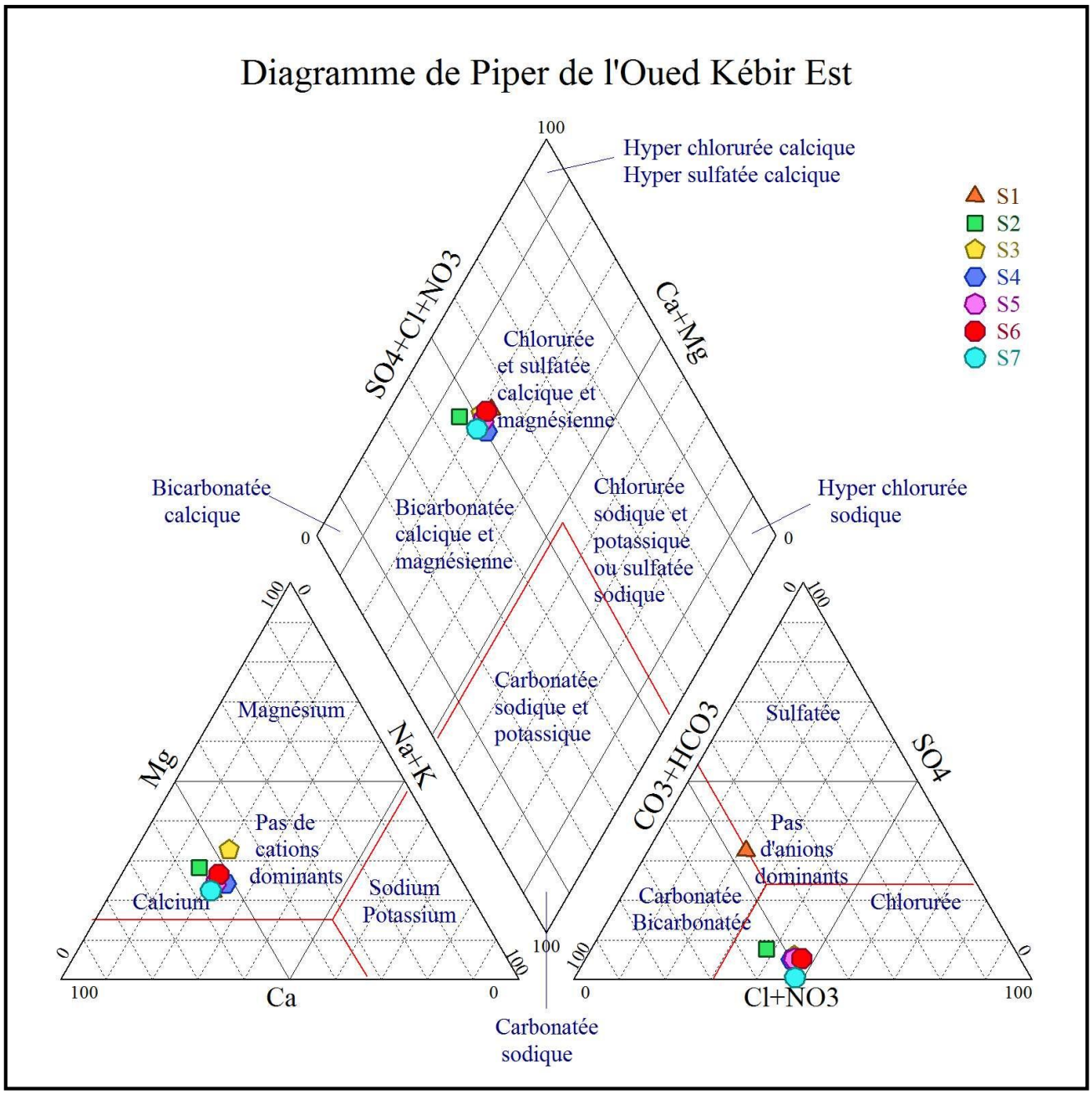

Figure. 49. Représentation des différentes stations de prélèvements sur le diagramme de Piper.

V.3. Diagramme de Schöeller-Berkallof

Le diagramme semi-logarithmique de Schöeller Berkalof, permet de distinguer les différentes familles des eaux et les comparer entre elles.

Pour déterminer le faciès chimique de chaque station nous allons utiliser le diagramme de Schöeller- Berkalof. Les résultats des analyses chimiques des eaux de l'Oued Kébir Est, ont été reportés sur le diagramme (Figure. 50), ce qui nous permet de déduire le faciès chimique suivant :

Le faciès Bicarbonaté Calcique, caractérise les eaux du Kébir Est.

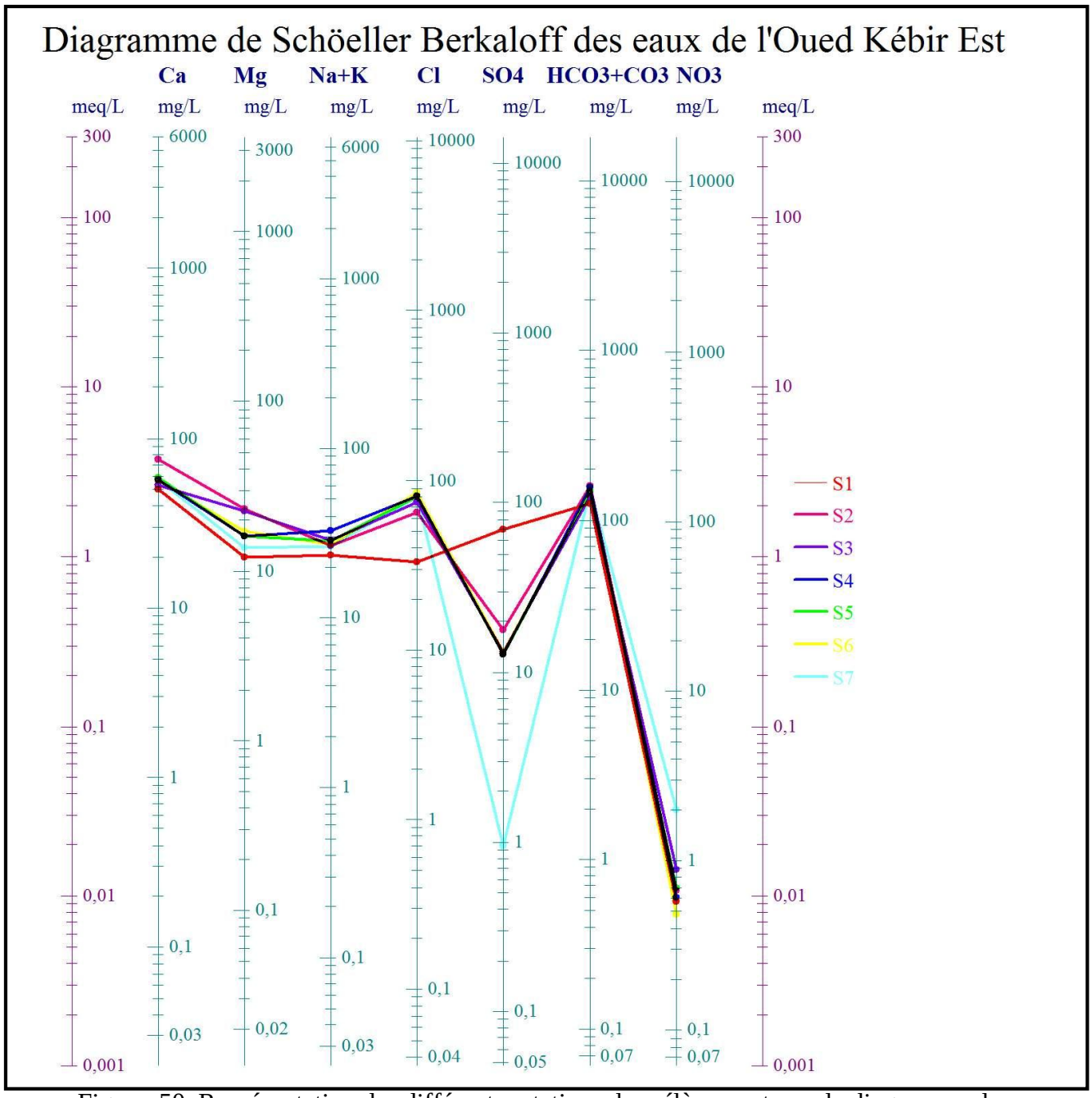

Figure. 50. Représentation des différentes stations de prélèvements sur le diagramme de Schöeller Berkaloff.

V.4. Formule ionique

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction en (méq/l) des groupes anions et cations. Cette formule permet de définir les caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'oued.

Le Tableau.78, donne les faciès chimiques de chaque station concernant pour la période de six mois qui échelonne du mois d'Avril au mois de Septembre de l'année 2011 pour les eaux de l'Oued Kébir Est.

D'après la formule ionique, une seule famille de faciès chimique se distingue, pendant la période pour toutes les stations.

Tableau.78. Formule ionique et faciès chimique des stations.

Station	Formule ionique		Faciès chimique
S1	$rHCO_3^-$> rSO_4^{--}> rCl^-	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S2	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S3	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S4	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S5	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S6	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique
S7	$rHCO_3^-$> rCl^-> rSO_4^{--}>	rCa^{++}> $r(Na^{++}K^+)$> rMg^{++}	Bicarbonaté Calcique

VI. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

La composition chimique des eaux superficielles est fonction de plusieurs facteurs notamment la nature géologique des formations à travers lesquelles l'eau a circulée, les variations saisonnières du climat et les éventuelles actions anthropiques. Dans le but de déterminer les paramètres pouvant influencer le comportement chimique des eaux nous avons utilisé l'analyse en composantes principales.

VI.1. Principes théoriques

L'ACP est une méthode d'analyse statistique multidimensionnelle. Il s'agit d'une méthode factorielle et linéaire qui traite des caractères numériques jouant tous le même rôle. Chaque échantillon d'eau d'une campagne de prélèvement constitue une unité statistique, les différents paramètres soumis à l'analyse constituent les variables qui caractérisent ces unités statistiques (Ghrieb, 2011).

VI.2. Résultats et interprétations

Pour observer les individus, on construit les plans à partir des composantes principales les plus importantes est le plan engendré par les axes 1 et 2, car par définition c'est le plan sur lequel le maximum d'information est visible. On examinera d'autres plans, selon la part d'information prise en compte par ces derniers. Les résultats de l'ACP sont influencés par l'ordre de grandeur des variables. Ainsi pour y remédier à cet inconvénient, il est recommandé de donner le même poids aux différentes variables en les réduisant. On réalise ainsi l'ACP soit sur des données centrées (variables de même nature) à partir de la « matrice des variances - covariances » entre variables, soit sur des données centrées réduites c'est-à-dire des variables de différentes natures « matrice de corrélation ».

Après l'élaboration des matrices des corrélations et de variances - covariances, il s'ensuit une diagonalisation basée sur :

- ✓ Une matrice de « vecteurs propres » qui contiennent des combinaisons linéaires des (P) variables initiales actives ;

✓ Une matrice de « valeurs propres » qui représentent les variances des individus sur les axes principaux correspondants.

Pour un axe donné, les variables qui ont les plus forts coefficients (en valeurs absolues) sont celles qui contribuent le plus à la formation de cet axe. Une variable est d'autant mieux représentée sur le plan qu'elle est proche du cercle. Le choix du nombre de composantes est exprimé en fonction des « valeurs propres » ou « les pourcentages de variation expliqués par chaque composante principale ». Sur chaque plan retenu, on regarde :

La structure des variables à partir de leurs corrélations avec les axes principaux, représentée par des « cercles de corrélation » ;

La répartition des individus, à partir de leurs coordonnées sur les axes principaux et d'indices.

VI.3. Application de l'ACP aux données des eaux de l'Oued Kébir Est

Pour réaliser cette étude nous avons utilisé comme variables les teneurs en éléments majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-},HCO_3^{-}(mg/l)), les paramètres physicochimique (CE en µs/cm et O_2en mg/l), les éléments nutritifs (NO_2^{-}, NO_3^{-} et NH_4^{+}(mg/l)) et enfin la DBO_5 et PO_4^{3-}(mg/l), en utilisant le logiciel STATISTICA 8.0. Cette analyse a été réalisée donc sur un tableau de données de quatorze (14) variables avec sept (7) individus, repartis tout le long de l'Oued Kébir Est.

VI.3.1. Matrice de corrélation

En se basant sur un coefficient de corrélation relativement significatif r = 0,50 ; l'examen du Tableau. 79, relatif à la matrice de corrélation, montre deux types de corrélations.

Tableau. 79. Coefficient de corrélation entre les variables.

	CE	O_2	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	DBO_5	HCO_3^-	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	K^+	Na^+
CE	1,00													
O_2	**-0,79**	1,00												
NO_2^-	0,32	**-0,68**	1,00											
NO_3^-	**-0,92**	**0,84**	-0,45	1,00										
NH_4^+	0,22	**-0,55**	0,41	-0,13	1,00									
PO_4^{3-}	**-0,63**	0,34	-0,09	**0,73**	**0,57**	1,00								
DBO_5	0,45	**-0,76**	**0,58**	-0,38	**0,95**	0,31	1,00							
HCO_3^-	**0,95**	**-0,69**	0,15	**-0,79**	0,35	-0,44	**0,50**	1,00						
Cl^-	**0,79**	**-0,83**	**0,69**	**-0,85**	0,43	-0,37	**0,61**	**0,70**	1,00					
Ca^{2+}	**0,74**	-0,35	-0,31	**-0,57**	-0,16	**-0,63**	-0,01	**0,76**	0,18	1,00				
Mg^{2+}	**0,56**	**-0,66**	0,16	**-0,66**	-0,05	**-0,64**	0,17	0,41	0,27	**0,62**	1,00			
SO_4^{2-}	**-0,86**	**0,83**	**-0,62**	**0,93**	-0,30	**0,54**	**-0,53**	**-0,77**	**-0,95**	-0,34	-0,39	1,00		
K^+	0,49	**-0,85**	**0,59**	**-0,50**	**0,73**	0,03	**0,89**	0,46	**0,52**	0,15	**0,54**	**-0,55**	1,00	
Na^+	**0,53**	**-0,74**	**0,67**	-0,42	**0,85**	0,22	**0,89**	**0,55**	**0,72**	0,01	0,07	**-0,57**	**0,68**	1,00

La première directe c'est le cas des couples suivants : CE-HCO_3^-, r = 0,95 ; CE-Cl^-, r = 0,79 ; CE-Ca^{++}, r = 0,74 ; CE-Mg^{++}, r = 0,56 ; CE-Na^+, r = 0,53 ; O_2-NO_3^-, r = 0,84 ; O_2-SO_4^{--}, r = 0,83 ; NO_2-DBO_5, r = 0,58 ; NO_2-Cl^-, r = 0,69 ;NO_2-K^+, r = 0,59 ; NO_2-Na^+, r = 0,67 ;NO_3^--PO_4^{---}, r = 0,73 ; NO_3^--SO_4^{--}, r = 0,93 ;NH_4^+-PO_4^{---}, r = 0,57 ; NH_4^+-DBO_5, r = 0,95 ; NH_4^+-K^+, r = 0,73 ; NH_4^+-Na^+, r = 0,85 ; PO_4^{---}-SO_4^{--}, r = 0,54 ; DBO_5-HCO_3^-, r = 0,50 ; DBO_5-Cl^-, r = 0,61 ; DBO_5-K^+, r = 0,89 ; DBO_5-Na^+, r = 0,89 ; HCO_3^--Cl^-, r = 0,70 ; HCO_3^--Ca^{++}, r = 0,76 ; HCO_3^--Na^+, r = 0,55 ; Cl^--K^+, r = 0,52 ; Cl^--Na^+, r = 0,72 ; Ca^{++}-Mg^{++}, r = 0,62 ; Mg^{++}-K^+, r = 0,54 ; K^+-Na^+, r = 0,68.

La deuxième inverse c'est le cas des couples suivants : CE-O_2, r = -0,79 ; CE-NO_3^-, r = -0,92 ; CE-PO_4^{---}, r = -0,63 ; CE-SO_4^{--}, r = -0,86 ; O_2-NO_2^-, r = -0,68; O_2-NH_4^+, r = -0,55 ; O_2-DBO_5, r = -0,76; O_2-HCO_3^-, r = -0,69 ; O_2-Cl^-, r = -0,83 ; O_2-Mg^{++}, r = -0,66 ; O_2-K^+, r = -0,85 ; O_2-Na^+, r = -0,74 ; NO_2^--SO_4^{--}, r = -0,62 ; NO_3^--HCO_3^-, r = -0,79 ; NO_3^--Cl^-, r = -0,85 ;NO_3^--Ca^{++}, r = -0,57 ; NO_3^--Mg^{++}, r = -0,66 ; NO_3^--K^+, r = -0,50 ; PO_4^{---}-Ca^{++}, r = -0,63 ; PO_4^{---}-Mg^{++}, r = -0,64 ; DBO_5-SO_4^{--}, r = -0,53 ; HCO_3^--SO_4^{--}, r = -0,77 ; Cl^--SO_4^{--}, r = -0,95 ; SO_4^{--}-K^+, r -0,55; SO_4^{--}-Na^+, r = -0,57.

Une valeur propre représente la variation des individus sur l'axe correspondant. Dans un but de faciliter leur interprétation, ces valeurs sont exprimées en pourcentage des valeurs propres totales.

Tableau. 80. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux.

Axes	Valeurs propres	Pourcentage de la variance	Pourcentage cumulé
F1	7,890	56,36	56,4
F2	3,482	24,87	81,2
F3	1,285	9,18	90,4
F4	1,002	7,16	97,6
F5	0,212	1,52	99,1
F6	0,129	0,92	100,0

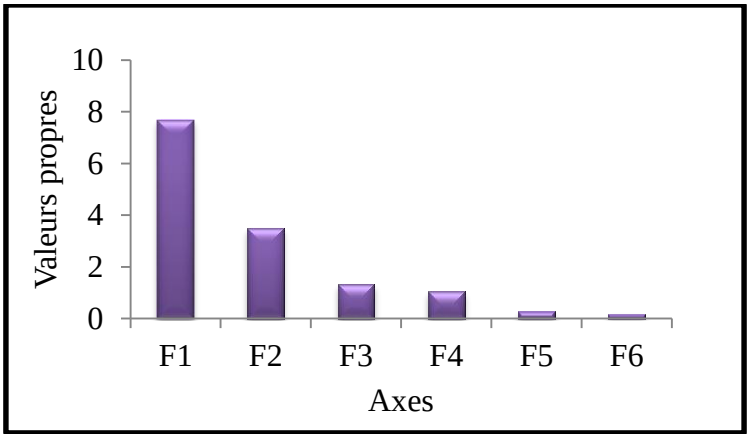

Figure. 51. Histogramme des valeurs propres.

Le Tableau. 80, montre que le premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales (ACP) s'est révélé suffisant pour traduire l'essentiel de l'inertie avec 81,20 %. L'axe 1 réunit 56,36 % de la variance totale, et le second axe 24,87 %.

VI.3.2. Cercle de corrélation

La Figure. 52, montre que l'axe d'inertie principal F1 exprime 56,36 % de l'information et il est définit positivement par ; l'oxygène dissous, les sulfates, les nitrates et les phosphates, représentent donc un milieu oxydant dont l'apport en oxygène dissous est élevé. Affichées sur la partie négative de l'axe deux groupes de paramètre, le premier contient les nutriments, Na^+, K^+ et DBO_5, de ce fait le milieu est réduit caractérisé par un fort débit de rejet. Le deuxième groupe renferme les chlorures, Ca^{++}, Mg^{++}, CE et HCO_3^- représentant un milieu minéralisé.

La Figure. 52, montre que l'axe d'inertie principal F2 exprime 24,87 % de l'information et il est définit positivement par deux groupes, le premier renferme l'oxygène dissous indiquant une bonne oxygénation du milieu, le deuxième groupe contient

les bicarbonates, la conductivité, Ca^{++} et Mg^{++} représente un milieu minéralisé. Affichées sur la partie négative de l'axe, deux groupes, le premier renferme les chlorures avec Na^{+}, K^{+}, nutriments et DBO_5 ; on a donc un milieu réduit, le deuxième groupe contient des sulfates, des nitrates et des phosphates, se caractérise par un apport d'oxygène dissous.

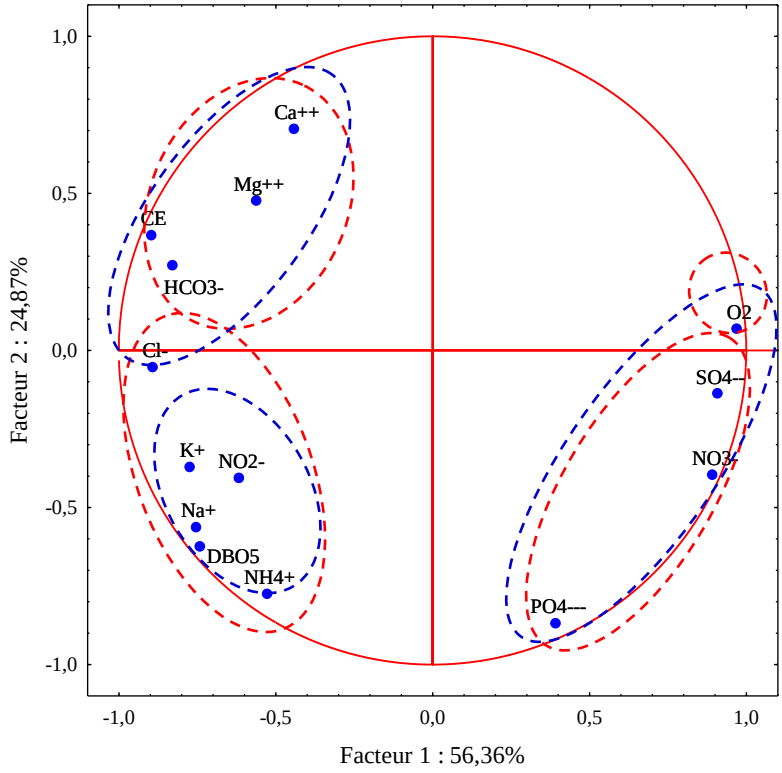

Figure. 52. Projection des variables sur le plan factoriel (F1-F2).

VI.3.3. Corrélation entre variable et poids factoriels

La conductivité électrique qui traduit la minéralisation est bien corrélée négativement avec le facteur 1 (Tableau. 81) à l'exception des phosphates et du calcium, les autres éléments majeurs et nutritifs présentent une bonne corrélation avec le facteur 1. Ce qui nous permet de considérer ce facteur comme facteur de minéralisation.

Tableau. 81. Corrélation entre variable et poids factoriels.

Paramètre	Facteur 1	Facteur 2
CE	-0,90	0,37
O_2	0,97	0,07
NO_2^-	-0,62	-0,41
NO_3^-	0,89	-0,40
NH_4^+	-0,53	-0,78
PO_4^{-3}	0,39	-0,87
DBO_5	-0,74	-0,63
HCO_3^-	-0,83	0,27
Cl^-	-0,89	-0,05
Ca^{+2}	-0,44	0,71
Mg^{+2}	-0,56	0,48
SO_4^{-2}	0,91	-0,14
K^+	-0,77	-0,37
Na^+	-0,75	-0,56

Les variables donnant les meilleures contributions sur l'axe factoriel 2 sont l'ammonium, les phosphates et le calcium (Tableau. 81), on considère ce facteur comme un facteur de pollution.

VI.3.4. Analyse de l'espace des individus

La projection des individus sur le plan F1-F2 montre l'existence de trois milieux (Figure. 53) :

- Milieu I : formé par la première station qui se trouve à l'amont de toutes les stations, caractérisée par une faible charge organique et une bonne oxygénation du milieu, ceci est expliquée par l'éloignement de cette station qui se trouve à l'amont de tout rejet. Cependant on note un apport d'azote et de phosphate lessivé par les eaux de l'oued aux niveaux des parcelles agricoles.

-Milieu II : formé par la deuxième station, caractérisée par une forte minéralisation due à l'augmentation de la conductivité électrique, du calcium et du magnésium ; ceci s'explique par la contamination des eaux par les détergents utilisés dans les lavages des véhicules.

- Milieu III : formé par les stations S3, S4, S5, S6 et S7 ; qui se caractérisent par une forte charge organique due aux rejets des eaux usées des agglomérations avoisinantes et au lessivage agricole. Le milieu III est dominé par les stations qui se trouvent en amont des rejets. On note ici une dégradation organique de la qualité des eaux. Des concentrations importantes sont enregistrées au niveau des valeurs de NH_4, NO_2 et de la DBO_5, elles révèlent un milieu réduit dont l'oxygène dissous est consommé par des bactéries réductrices.

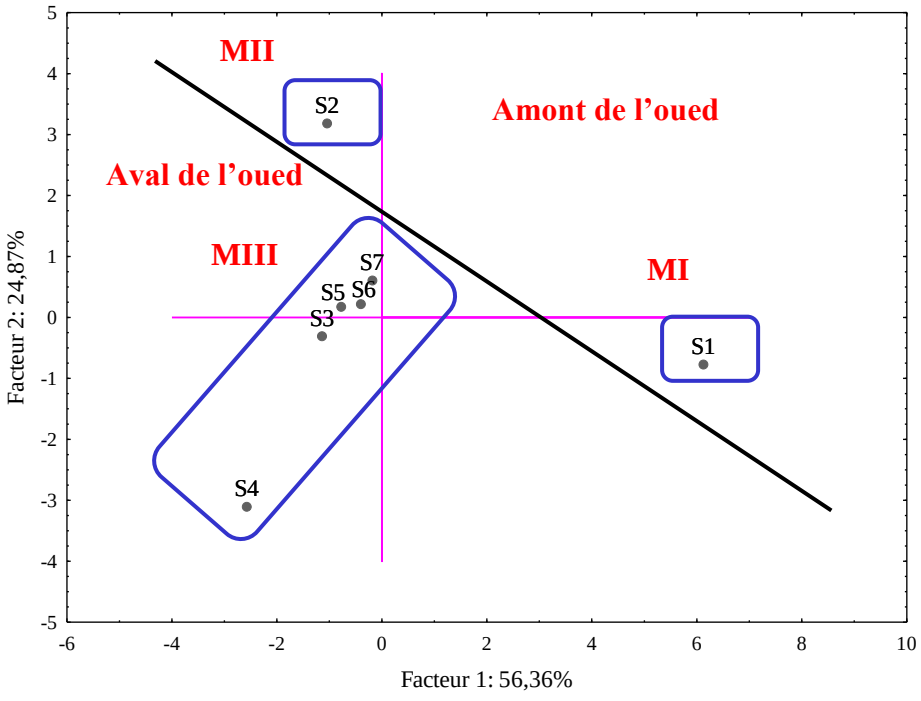

Figure. 53. Projection des individus dans le plan factoriel (F1-F2).

VII. CONCLUSION

la variation des paramètres physico-chimiques des eaux de surface de l'Oued Kébir Est, est due soit à la lithologie des terrains traversés (dissolution des formations géologiques),

soit à des facteurs externes (déversement anarchique des eaux urbaines non épurées sans aucun traitement préalable, le non-respect des normes de l'activité agricole suite à l'utilisation intensive des engrais chimiques).

De fortes teneurs en nitrites et ammonium polluent les eaux du Kébir Est. Leur provenance est multiple car on les retrouve au niveau des rejets urbains où les terres sont cultivées (activité agricole). En ce qui concerne les rejets urbains, ils proviennent des eaux ménagères (graisses, solvants, débris organiques, détergents, matières organiques azotées et de germes fécaux). Quant à la pollution agricole, les nitrites et ammonium sont dus à l'utilisation intensive des engrais. L'analyse physico-chimique des eaux en qualité des chlorures, calcium, magnésium, sodium et potassium des eaux de l'Oued Kébir Est, a montré que généralement leurs concentrations ne dépassent pas la norme sauf au niveau de la deuxième station où on constate une élévation des teneurs en calcium due aux détergents.

Globalement, les eaux de l'Oued Kébir Est, présentent un faciès Bicarbonaté Calcique.

L'analyse en composantes principales des eaux de l'Oued Kébir Est, nous a permis d'illustrer l'existence de trois milieux à savoir : le premier milieu formé par la première station qui se caractérise par une faible charge organique et une bonne oxygénation du milieu, ceci est expliquée par l'éloignement de cette station du lieu de rejet. Le deuxième milieu formé par la deuxième station caractérisée par une forte minéralisation due à l'augmentation de la conductivité électrique et par une pollution chimique suite aux détergents, enfin le troisième milieu formé par les stations S3, S4, S5, S6 et S7, se caractérise par une forte charge organique due au rejet des eaux usées des agglomérations avoisinantes et au lessivage agricole.

CHAPITRE V

QUALITÉ DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION

L'Oued Kébir Est, ainsi que ces principaux affluents sont utilisés pour l'irrigation, ce qui se traduit par un déplacement du polluant d'un milieu à un autre. L'Oued Kébir Est, est une ressource de production halieutique. De ce fait il devient impératif de déterminer la qualité de ces eaux selon des critères quantitatifs et qualitatifs.

II. CARACTERISATIONS PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST AVEC LES NORMES

Les organismes aquatiques dépendent pour leur croissance et leur reproduction de la qualité des eaux dans lesquelles ils vivent. En général, la qualité des eaux est déterminée selon des critères quantitatifs et qualitatifs tels que, par exemple, la présence en quantités suffisantes de certains nutriments, la teneur en oxygène, le pH, la température...etc.

II.1. La règlementation des normes des eaux

La réglementation des normes de qualité des eaux usées des oueds, est déterminée par les taux de concentration des micro-organismes :

II.1.1. Les normes de qualité des eaux de surface

- **Les normes de L'OMS**

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en phase de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Pourtant, ces normes sont aujourd'hui extrêmement loin d'être appliquées dans le monde. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement (Annexe. 6).

II.1.2. Les normes de qualité des eaux piscicoles

Les eaux de surface ont besoin d'être protégées ou améliorées pour être favorable à la vie des poissons et classées en eaux salmonicoles ou en eaux cyprinicoles, c'est le cas de l'Oued Kébir Est. Les normes de qualité des eaux piscicoles, visent la protection des écosystèmes piscicoles, donc la possibilité de vivre et de se reproduire dans cet oued pour des espèces nombreuses et diversifiées.

- **Normes marocaine**

Arrêté conjoint du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement n° 2027-03 du 5 novembre 2003 fixant les normes de qualité des eaux piscicoles. (Annexe. 7).

- **Normes Algérienne**

La législation Algérienne montre une insuffisance dans la réglementation par rapport à l'élevage, vu que l'aquaculture est une activité récente dans le pays. En Algérie, il n'existe aucun chiffre précis sur les paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux destinées à l'usage piscicole. A travers l'étude bibliographique que nous avons effectuée, nous avons

remarqué que les normes qui concernent la réutilisation des eaux en pisciculture sont très rares en Algérie. Il existe donc un déficit réglementaire important en ce qui concerne les possibilités de réutilisation des eaux en pisciculture, pour cette raison on va utiliser la norme marocaine.

II.2. Variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques

II.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (Gomella et al, 1978). Sa mesure doit s'effectuer sur place.

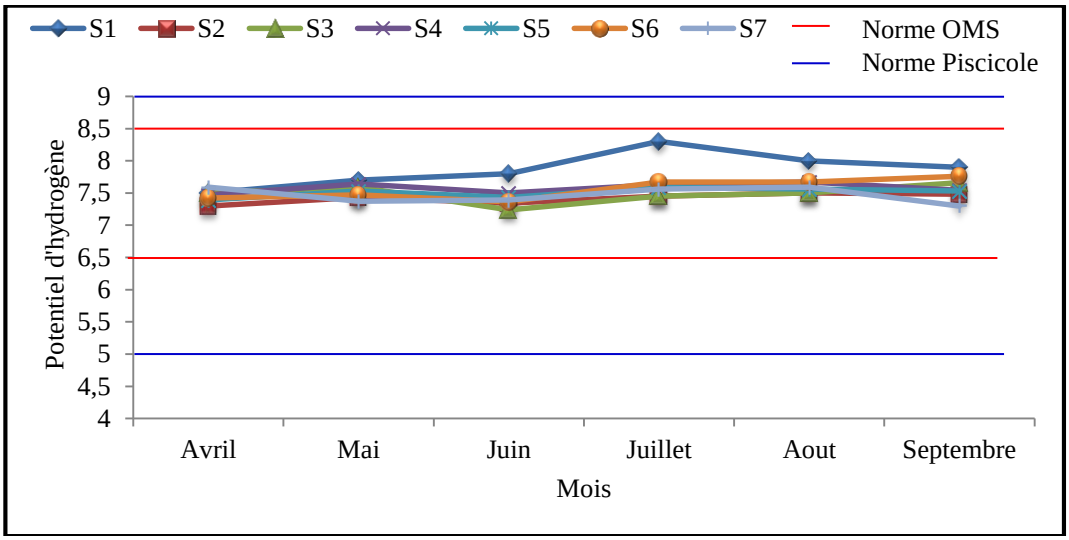

Figure. 54. Variabilité spatio-temporelle du Potentiel d'hydrogène.

Le graphe. 54, montre que le pH mesuré au niveau de toutes les stations et à travers tous les mois ; s'échelonne entre 7,3 et 8,3 ce qui traduit généralement un caractère d'eau légèrement neutre à basique. Reste dans les normes de l'OMS (entre 6,5 et 8,5), et la norme des eaux marocaine destinées à l'usage piscicole (entre 5 et 9). Au mois d'Août, Juillet et Septembre nous remarquons une valeur de pH plus basique au niveau de la première station, cela s'explique par une élévation de température qui engendre une augmentation du CO_2 dissous qui va provoquer une hausse du pH (Zerki, 2013).

II.2.2. Température (T)

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). La température est mesurée par thermo sonde ou par thermomètre (Gaujous, 1995).

D'après le graphe. 55, on constate que les températures aux niveaux de toutes les stations et à travers tous les mois ne dépassent pas la norme de l'OMS qui est inférieur à 30°C. On remarque aussi que les valeurs enregistrées ne dépassent pas la norme des eaux piscicoles (8 à 30°C). La température est particulièrement élevée dans la première station, ceci s'explique par la faible profondeur du lit où les eaux sont directement influencées par la température de l'air.

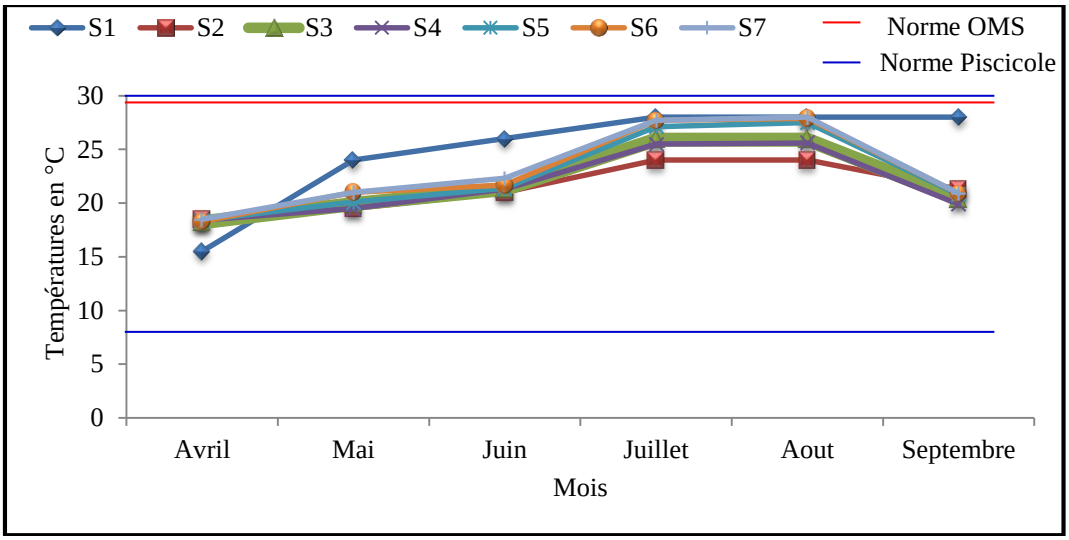

Figure. 55. Variabilité spatio-temporelle de la Température.

II.2.3. Conductivité

La conductivité électrique représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau, ainsi plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (Derwich E et al, 2010).

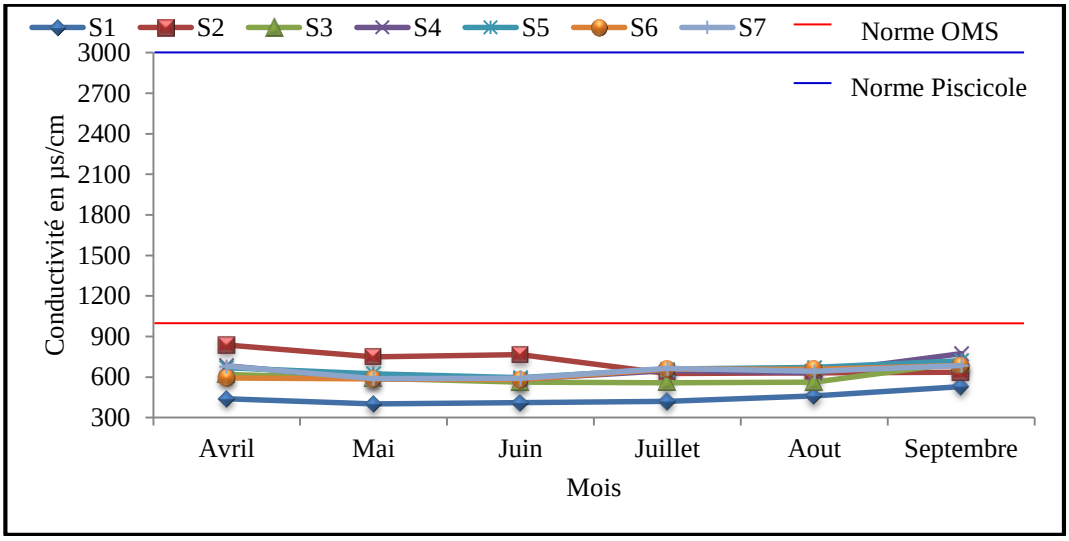

Figure. 56. Variabilité spatio-temporelle de la Conductivité.

En effet, comme le montre la Figure.56, les valeurs de la conductivité au niveau de toutes les stations et à travers tous les mois ne dépassent par la norme de l'OMS (1000 µs/cm), ainsi que la norme des eaux piscicoles (3000 µs/cm). Au niveau de la deuxième station on remarque que la conductivité est plus au moins élevée pendant les mois d'Avril, Mai et Juin ceci s'explique par l'existence des détergents dans ces eaux ; on constate aussi que la conductivité est plus au moins faible au niveau de la première station dont le repère est loin de toute source de pollution.

II.2.4. L'Oxygène Dissous

La quantification de la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau d'un hydro-système, est un facteur assez important du fait qu'il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques dans ces milieux aquatiques (Brahimi A et al, 2014).

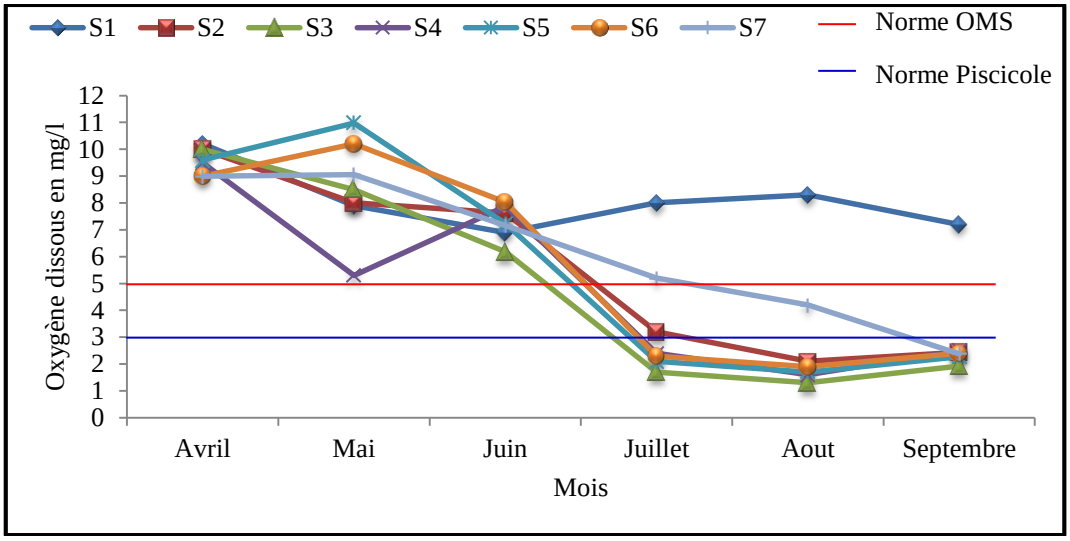

Figure. 57. Variabilité spatio-temporelle de l'Oxygène dissous.

La Figure.57, fais ressortir que l'évolution spatio-temporelle de la teneur en oxygène dissous au niveau de l'Oued Kébir Est, montre que la charge en matière organique biodégradable d'origine domestique et agricole, est rejetée et accumulée. Elle contribue à une chute sensible de l'oxygénation du milieu, surtout dans la station S4 pendant les mois les plus chauds (Juillet, Août et Septembre). Les eaux de l'Oued peuvent être classées dans la catégorie des eaux d'excellente qualité dans S1, moyenne dans S3 et S4, et bonne dans S2, S5, S6 et S7. Cette réoxygénation du milieu au niveau de l'Oued Kébir Est, pourrait être liée à un phénomène d'autoépuration qui pourrait être due au fort débit noté au mois d'Avril, et à la distance éloignée de S1 de toute source de pollution.

Alors que l'évolution mensuelle de l'oxygène dissous, nous montre des concentrations plus élevées durant les mois d'Avril, Mai et Juin par rapport aux mois de Juillet, Août et Septembre. Les valeurs les plus basses observées au niveau des stations S2, S3, S4, S5, S6 pendant les mois de Juillet ; Août et Septembre restent inférieures aux normes des eaux de l'OMS (5 mg/l) et piscicoles (3 mg/l). Pour la station S7, on remarque une élévation de l'oxygène dont la valeur est de 5,2 mg/l au mois de Juillet dépasse la norme d'OMS ; et de 4,2 mg/l au mois d'Août dépasse la norme des eaux piscicoles.

II.2.5. Matière En Suspension

Elle représente, la fraction constituée par l'ensemble des particules organique ou minérales non dissoutes de la pollution. Elle constitue un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou industriel.

Les valeurs des matières en suspension pendant les mois d'Avril, Mai et Septembre ; sont élevées dépassent la norme de l'OMS qui est inférieur à 20 mg/l et parfois la norme des eaux piscicoles qui est inférieur à 50 mg/l, par rapport à celles des mois de Juillet et Août (Figure.58) dont les valeurs sont inférieurs aux deux normes, sauf pour la première station on

constate que les valeurs dépassent les normes d'OMS ; mais restent toujours inférieurs au norme des eaux piscicoles.

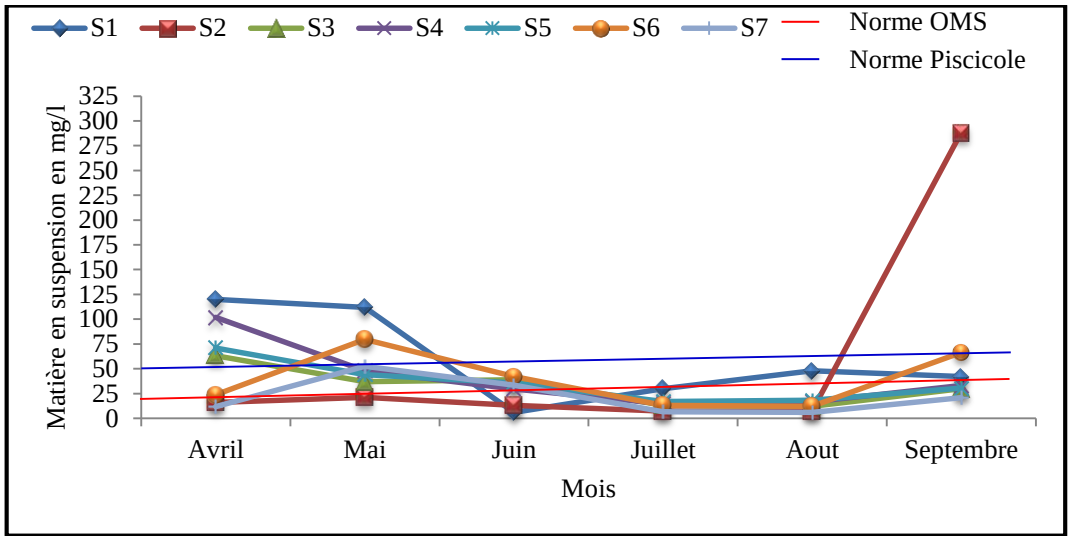

Figure. 58. Variabilité spatio-temporelle des Matières En Suspension.

Ces teneurs élevées peuvent être considérées comme une forme de pollution. Elles seraient liées d'une part aux apports issus des principaux collecteurs de la zone d'étude, et d'autre part à une intense érosion du bassin versant, suite à des pluies orageuses brutales provoquées au mois de Septembre. Une telle élévation peut aussi entrainer un réchauffement de l'eau, lequel aurait pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert S et al, 2000).

II.3. Variabilité spatiotemporelle des teneurs organiques

II.3.1. Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène 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 et inversement proportionnelle à la teneur en oxygène dissous.

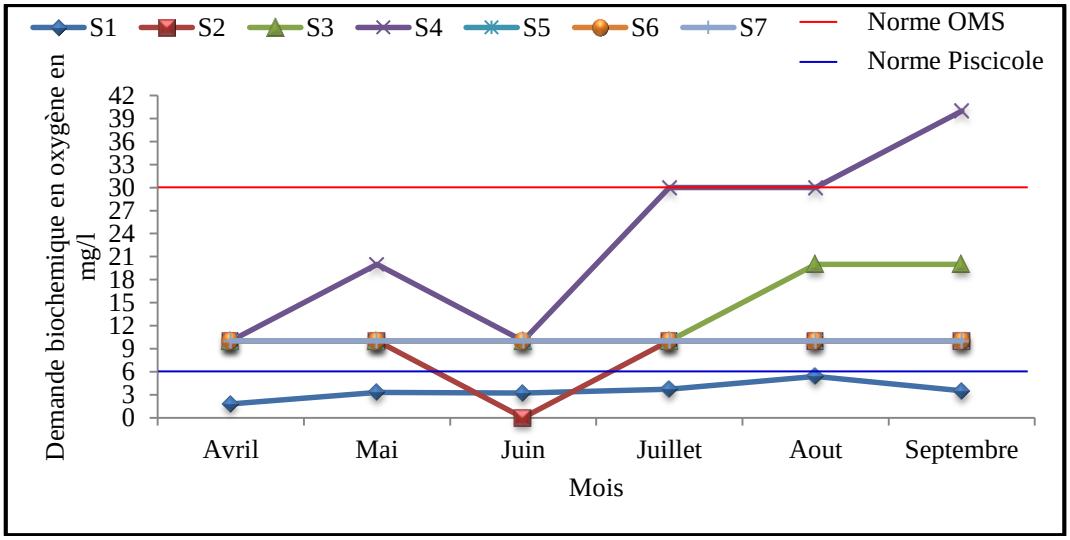

Figure. 59. Variabilité spatio-temporelle de la Demande Biochimique en Oxygène.

En effet, les profils spatiotemporels de la DBO_5 (Figure.59), montrent la présence d'une charge minérale importante. Ces valeurs peuvent atteindre 40 mg/l à la station S4.

L'évolution temporelle de la DBO_5 se caractérise par des valeurs plus importantes en période estivale qu'en période hivernale. La dilution provoquée par les eaux de pluie reste le facteur déterminant de cette constatation. Dans l'ensemble du site, la concentration de la DBO_5 d'une part est relativement élevée au niveau de toutes les stations par rapport à la norme des eaux piscicoles, qui est de 6 mg/l, à l'exception de la première station où les valeurs pendant tous les mois ne dépassent par la norme. D'autre part les concentrations de la DBO_5 sont inférieures à la norme de l'OMS qui est de 30 mg/l, sauf la quatrième station et pendant le mois de Septembre on a remarqué un dépassement de la norme OMS.

II.3.2. Ammonium

C'est la forme d'azote la plus toxique. Cet élément provient des rejets domestiques et de l'industrie chimique, notamment de la fabrication des engrais ou de leur utilisation excessive en agriculture.

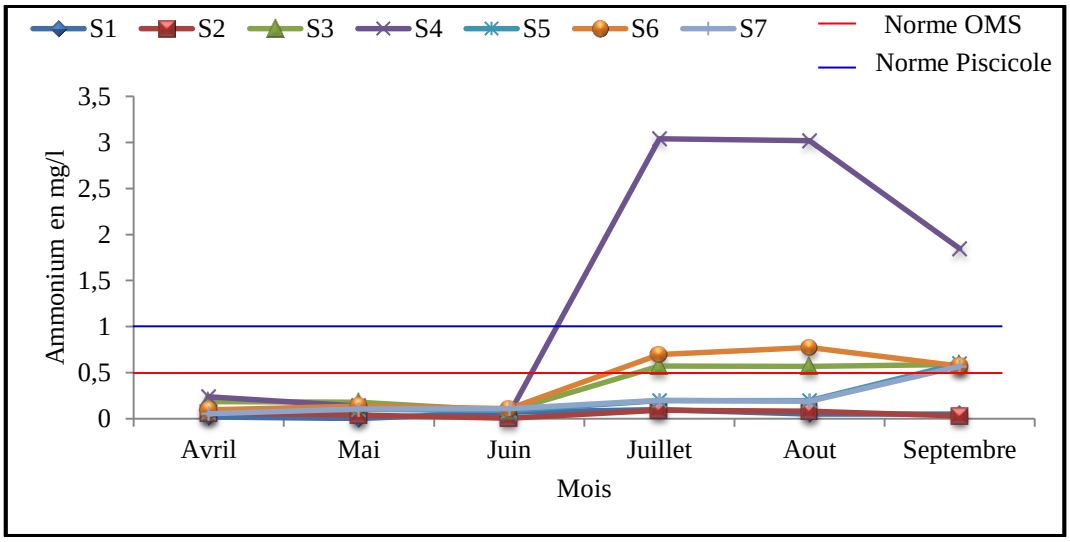

Figure. 60. Variabilité spatio-temporelle d'Ammonium.

Le graphe. 60, montre que la variation mensuelle d'ammonium au niveau de toutes les stations et pendant tous les mois ne dépasse pas la norme des eaux piscicoles qui est de 1 mg/l, à l'exception de la quatrième station, les concentrations en ammonium dépassent largement cette norme pendant les mois de Juillet, Août et Septembre.

La norme de l'OMS est fixée à 0,5 mg/l, on distingue que les concentrations en ammonium au niveau des stations S3, S4 et S6 pendant la période estivale, dépassent cette norme.

II.3.3. Nitrite

Dans l'ensemble et d'après la Figure. 61, on constate que les concentrations en nitrites ne dépassent pas la norme de l'OMS qui est fixée à 1 mg/l.

D'après la norme des eaux piscicoles qui est de 0,5 mg/l, on remarque qu'au niveau des stations S3, S4 et S5 et pendant la période estivale les concentrations des nitrites dépassent cette norme. Même remarque pour les stations S6 et S7 pendant le mois de Septembre.

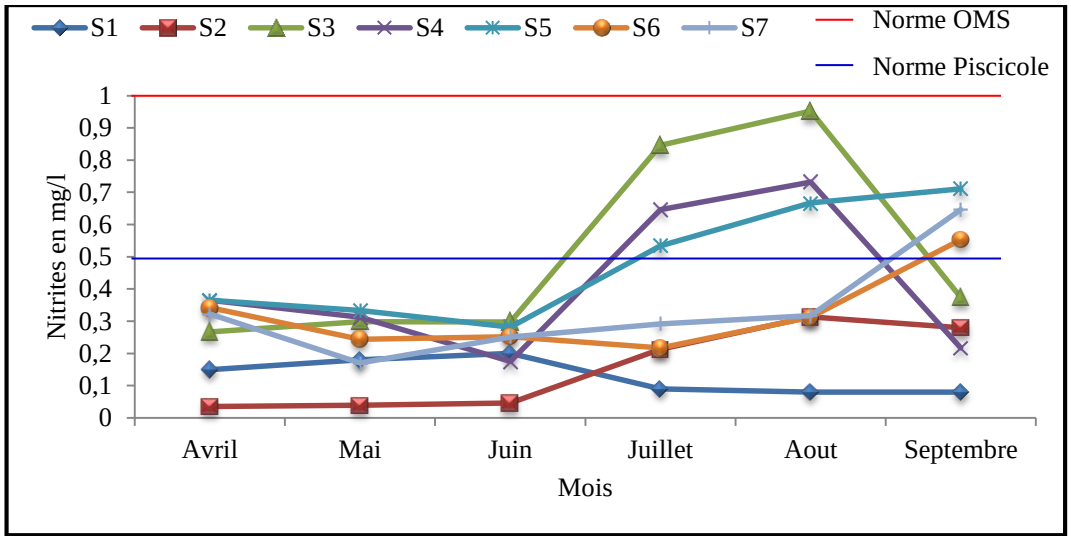

Figure. 61. Variabilité spatio-temporelle des Nitrites.

III. APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION

L'agriculture durable passe par le maintien de la qualité du sol et de l'eau. Certaines pratiques agricoles constituent un risque pour l'environnement dont les conséquences pourraient affecter les régions urbaines comme rurales. Les bonnes pratiques de gestion permettent de réduire les risques environnementaux de l'agriculture. Ces pratiques agricoles tiennent compte des connaissances actuelles en matière de conservation du sol et de l'eau, sans pour autant sacrifier la productivité.

Notre région d'étude est à vocation agricole, une activité qui demande beaucoup d'eau afin de subvenir aux besoins des diverses cultures. L'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques tolérables par les plantes.

III.1. Risque de salinité

La salinité a eu des effets sur l'agriculture depuis très longtemps. Les sels ont été reconnus comme un problème durant des milliers d'années. Les sels minéraux contenus dans l'eau ont des effets sur le sol et les plantes (Chaoui, 2007). La salinité peut entraîner des effets nocifs conséquents en raison de la fixation du sodium des sels de chlorure de sodium par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation, de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol. Sous cette action, les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes (Todd, 1980).

Richards en 1969 a établi une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique (Tableau. 82).

Tableau. 82. Classes de salinité selon Richards.

	Conductivité de l'eau (mmhos/cm)	**Sels correspondants estimés en NaCl (mg/l)**
Excellente	< 0,25	< 160
Faible salinité	0,25 - 0,75	160 - 500
Forte salinité	0,75 - 2,25	500 - 1500
Très forte salinité	2,25 - 5	1500 - 3600

Les eaux de l'Oued Kébir Est, au niveau de toutes les stations montrent une faible salinité comprise entre 250 et 750 µs/cm (Figure. 62). Selon le Tableau. 101, les sels solubles estimés en NaCl correspondant sont compris entre 160 et 500 mg/l.

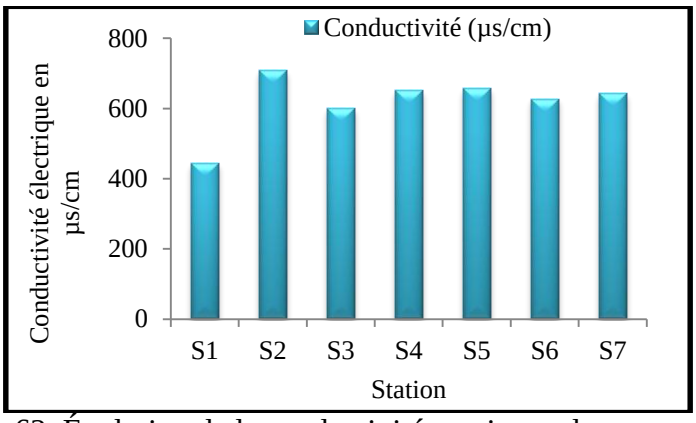

Figure. 62. Évolution de la conductivité au niveau des sept stations.

III.2. Risque de sodicité

L'accumulation du sodium sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols. Leur capacité de drainage donc leur perméabilité, conditionne la productivité des terres irriguées. Le sodium a un effet particulièrement néfaste sur la végétation. Les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes. Ce risque peut être déterminé par le SAR (Sodium Absorption Ratio), qui s'exprime par la relation suivante :

$$SAR = Na/\sqrt{Ca + Mg/2}$$

III.3. Classification de Richards

Les classes de potabilité des eaux (C1S1,...C4S4) correspondent, dans le diagramme de Richards au SAR (en ordonnées pour la lettre S) et à la conductivité (en abscisses pour la lettre C).Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C4S4 (coin haut à droite) est mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum (Richards, 1954).

La combinaison du SAR et de la conductivité électrique de l'eau permet de faire une classification de l'eau destinée à l'irrigation.

Selon les valeurs du SAR, il a été établi une classification des eaux :

SAR < 10 : Eau excellente ;
10 < SAR < 18 : Eau bonne ;
18 < SAR < 26 : Eau convenable ;
SAR > 26 : Eau médiocre.

Une classification plus détaillée des eaux destinées à l'irrigation a été établie par M. Louvier, (1976) (Tableau. 83).

III.4. Classification de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox (Wicox, 1984) fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau qui est exprimée en pourcentage, est définie par la relation :

$$Na\% = \left[\frac{(Na + K)}{(Ca + Mg + Na + K)}\right] \times 100$$

Cette classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre, mauvaise (Derradji, 2004).

Tableau. 83. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR (M. Louvier, 1976- B.R.G.M).

Degré	Qualité	Classe	Possibilité d'utilisation	Couleur
1	Excellente	C1S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures.	
2	Bonne	C2S1 C2S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.	
3	Admissible	C2S3 C3S1 C3S2	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes aux sels sur les sols drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.	
4	Médiocre	C3S3 C4S1 C4S2	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à certaines espèces bien tolérantes aux sels sur des sols bien drainés et lessivés.	
5	Mauvaise	C4S3 C4S4 C3S4	Eau ne convenant pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions.	

III.5. Interprétation des résultats

Sur le diagramme de Riverside (Figure. 64), on note une concentration de la totalité des stations dans la classe 2 1 ; cela signifie une moyenne salinité mais à faible danger d'alcalinisation des sols. Sur le diagramme de Wilcox (Figure. 91), la totalité des stations se trouve dans la classe C2S1, cela indique une moyenne salinité à faible danger d'alcalinisation des sols. D'après le diagramme on constate que la première station est décalée des autres, ceci est expliquée par la faible conductivité qui est due à l'éloignement de cette station de toute source de pollution, et aux lâchées des eaux de barrage.

III.6. Etablissement de la carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation

Les classifications de Richards et Wilcox ont permis de classer les eaux de la région, et montrer que la salinité reste toujours moyenne de l'amont vers l'aval (Figure. 63). Pour que l'interprétation ait un sens pratique, nous avons cartographié l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, l'établissement de la carte d'aptitude des eaux de l'oued Kébir Est, à l'irrigation confirme les résultats obtenus par les deux méthodes (Figure. 64). Ces eaux sont de bonne qualité au sein de toutes les stations. En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.

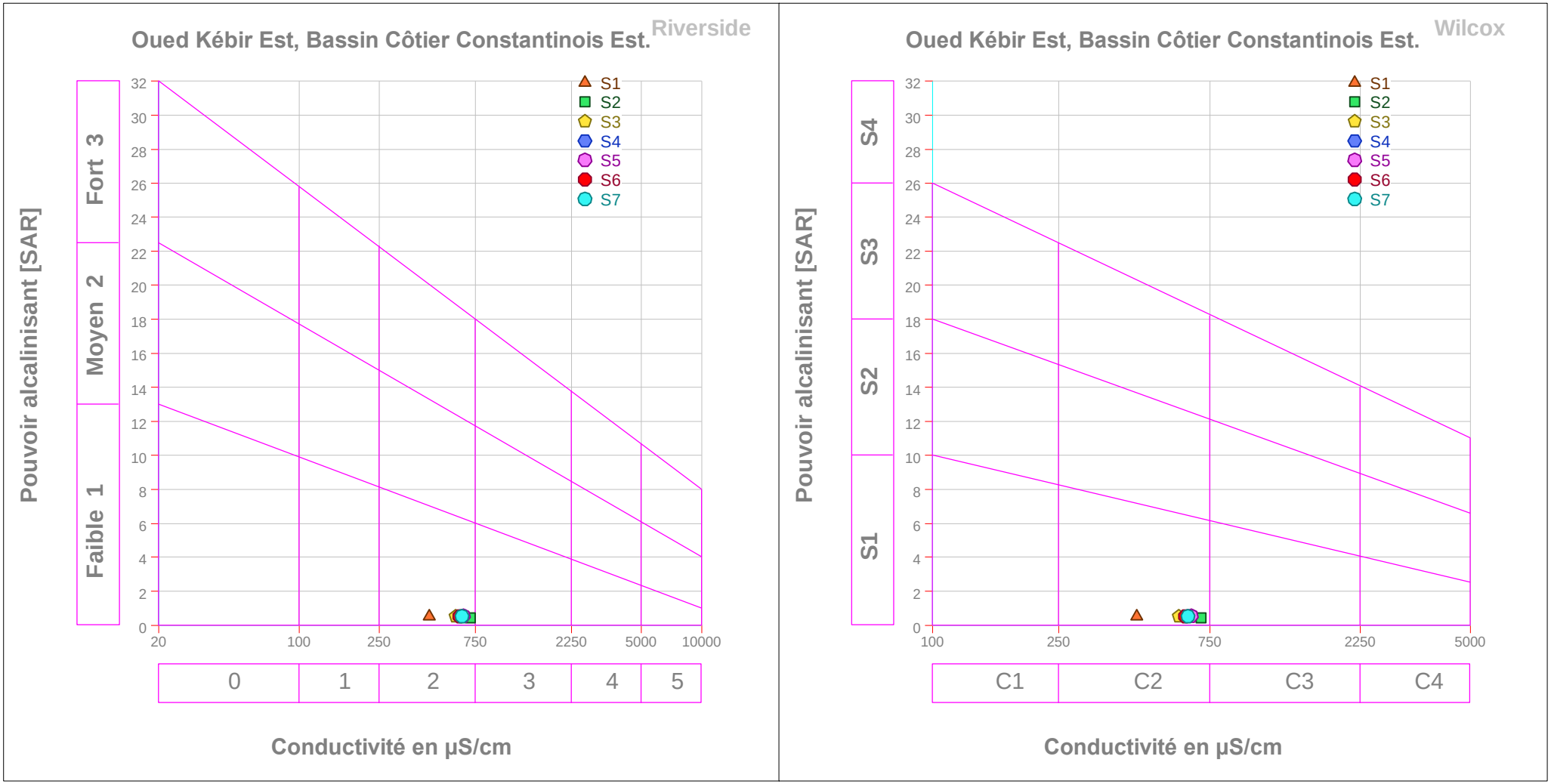

Figure. 63. Classification des eaux de l'Oued Kébir Est par diagramme de Riverside et de Wicox.

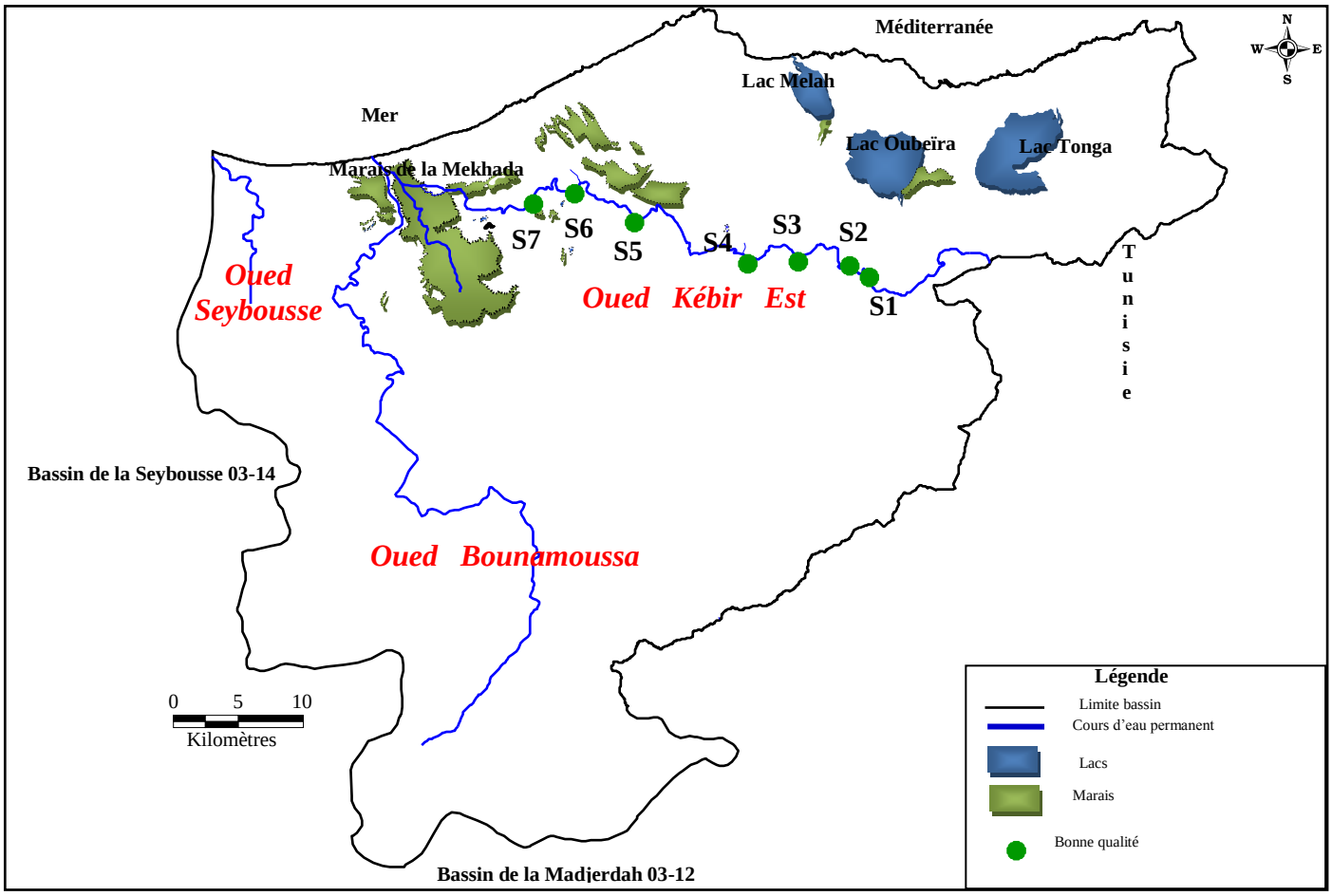

Figure. 64. Carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation.

IV. CONCLUSION

Les valeurs des paramètres physiques des eaux de l'Oued Kébir Est, comme le pH, la température ainsi que la conductivité, ne dépassent pas la norme de l'OMS et des eaux piscicoles.

Pour les matières en suspension et la teneur en oxygène dissous, les concentrations dépassent toujours la norme d'OMS et même parfois celle des eaux piscicoles.

Les teneurs organiques comme la demande biochimique en oxygène, l'ammonium et les nitrites ; dépassent la norme d'OMS ainsi que des eaux piscicoles. En générale les eaux de l'Oued Kébir Est, d'après les normes d'OMS et piscicoles ; montrent une bonne qualité pour les paramètres physiques, et une mauvaise qualité pour les paramètres organiques.

En ce qui concerne l'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est, à l'irrigation ; il a été nettement prouvé que durant cette période les eaux de cet oued sont de bonne qualité, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité. Donc les eaux de l'Oued Kébir Est, conviennent à l'irrigation.

3ÉMME PARTIE

POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR ET OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

CHAPITRE VI

POLLUTION ORGANIQUE ET ESTIMATION DU POUVOIR EUTO-ÉPURATEUR DES EAUX DE L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION

Pour confirmer la variation des concentrations et l'estimation du pouvoir auto-épurateur de l'oued Kébir Est, nous avons appuyé la méthode par celle de l'indice de pollution organique.

Depuis longtemps, l'existence de processus naturels d'amélioration de la qualité de l'eau est reconnue. En se fondant sur l'idée que les eaux usées ne peuvent pas causer de dommages sérieux aux hydrosystèmes, de tout temps, l'homme les a rejetées dans les oueds. Or, même après traitement, les effluents contiennent de la matière organique, des micro-organismes et des éléments fertilisants qui peuvent altérer les hydrosystèmes. Toutefois le déterminisme physico-chimique et biochimique sous-tendant cette épuration naturelle, ou autoépuration, fait encore l'objet de nombreuses controverses scientifiques, cela en partie du fait que, bien qu'elles soient des notions usuelles du vocabulaire de l'hydrobiologie, les notions d'autoépuration et de capacité d'assimilation n'en demeurent pas moins les supports d'interprétations multiples (Namour, 1999).

II. DÉFINITION DE LA POLLUTION ORGANIQUE

Les matières organiques ont longtemps étaient les principaux polluants des milieux aquatiques. Elles proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricoles (lisiers) ou industriels (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...). Certaines substances organiques sont facilement biodégradables et peuvent donc être décomposées et éliminées grâce aux capacités naturelles d'autoépurations des milieux aquatiques. Mais, lorsqu'elles sont en excès, leur décomposition peut entraîner l'asphyxie de la faune aquatique. Ce sont les poissons qui souffrent le plus du manque d'oxygène, les invertébrés étant moins affectés, et les bactéries encore moins. En cas de forte pollution, la vie végétale tend à disparaître.

II.1. Détermination et calcul de la pollution organique

Pour caractériser la pollution organique au niveau de l'Oued Kébir Est, On a procédé suivant trois méthodes le calcul de l'IPO (Bahroun, 2007).

II.1.1. Evaluation de la pollution organique : présentation des trois indices

Nous présentons ci-après trois méthodes d'Indice de pollution organique (Leclercq, 2001) :
a. la méthode de l'Indice de Pollution Organique (IPO) établi par Leclercq & Maquet, 1987 ;
b. la méthode de Lisec-index établi par Beckers& Steegmans, 1979 ;
c. la méthode de classification des paramètres de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie (IHE), 1986.

Elles comportent toutes cinq classes de qualité correspondant aux couleurs généralement admises (Figure. 65) :

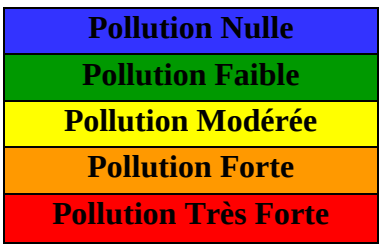

Figure. 65. Classe d'altération.

II.1.1.1. Indice de pollution organique (IPO, Leclercq & Maquet, 1987)

La première méthode est l'indice de pollution organique (IPO), le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en cinq classes (Tableau. 84), puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne (Bahroun, 2011).

Remarque : le seul paramètre en relation directe avec la pollution organique est la DBO_5 mais on peut considérer que les autres, qui sont des formes déjà minérales, résultent directement de la minéralisation des matières organiques et reflètent bien ce type de pollution.

Tableau. 84. Grille de qualité (IPO).

Paramètres / Classes	DBO_5 mg/l	Ammonium mg/l	Nitrites µg/l	Phosphates µg/l
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2 – 5	0,1 – 0.9	6 – 10	16 – 75
3	5,1 – 10	0,9 – 2,4	11 – 50	76 – 250
2	10,1 – 15	2,5 – 6,0	51 – 150	251 – 900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

$$IPO = (DBO_5 + NH_4 + NO_2 + PO_4)/4$$

IPO de 5.0 à 4.6 : pollution organique nulle ;
IPO de 4.5 à 4.0 : pollution organique faible ;
IPO de 3.9 à 3.0 : pollution organique modérée ;
IPO de 2.9 à 2.0 : pollution organique forte ;
IPO de 1.9 à 1.0 : pollution organique très forte.

II.1.1.2. Lisec-index (Beckers&Steegmans, 1979)

Le principe de la deuxième méthode est le même que celui de l'IPO mais on calcule la somme des valeurs de classe et non la moyenne (Tableau. 85).

Observation : les classes sont numérotées en sens inverse de celles de l'IPO : ainsi, un indice élevé correspondra à une pollution importante.

Tableau. 85. Grille de qualité (Lisec-Index).

Paramètres / Classes	Oxygène dissous % de saturation	DBO_5 mg/l	Ammonium mg/l	Phosphore total µg/l
1	91-110	3	< 0,5	50
2	71-90	3,1-6,0	0,5-1,0	51-249
3	51-70	6,1-9,0	1,1-2,0	250-899
4	31-50	9,1-15,0	2,1-5,0	900-1499
5	≤ 30	>15	> 5	≥1500

$$IPO = O_2 + DBO_5 + NH_4 + P_t$$

4 <Lisec-Index ≤ 6 : Qualité très bonne⟹ pollution organique nulle ;
6 <Lisec-Index ≤ 10 : Bonne qualité⟹pollution organique faible ;
10<Lisec-Index ≤ 14 : Qualité moyenne⟹ pollution organique modérée ;
14<Lisec-Index ≤18 : Mauvaise qualité⟹pollution organique forte ;
18<Lisec-Index ≤ 20 : Qualité très mauvaise⟹ pollution organique très forte.

II.1.1.3. Classification des paramètres (Institut d'Hygiene et d'Epidemiologie, 1986)

La troisième méthode, qui est la même que l'IPO (répartition des valeurs en cinq classes) mais il s'agit d'autres paramètres et d'autres classes (Tableau. 86).

Tableau. 86. Grille de qualité (IHE).

Paramètres / classes	Oxygène dissous %	DCO mg/l	BOD_5 mg/l	Ammonium mg/l	Phosphates µg/l	Phosphore total µg/l
5	90-110	≤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	>10,0	>2,00	>400	>400

$$IPO = (O_2 + DCO + DBO_5 + NH_4 + PO_4 + P_t)/6$$

IHE de 5.0 à 4.6 : pollution organique nulle ;
IHE de 4.5 à 4.0 : pollution organique faible ;
IHE de 3.9 à 3.0 : pollution organique modérée ;
IHE de 2.9 à 2.0 : pollution organique forte ;
IHE de 1.9 à 1.0 : pollution organique très forte.

III. DÉFINITION DE L'AUTO-ÉPURATION ET LA CAPACITÉ D'ASSIMILATION

Les cours d'eau reçoivent une large gamme de substances naturelles. La nature de ces apports varie de façons quantitative et qualitative, aussi bien localement qu'au rythme des saisons. Aussi, dans les hydrosystèmes se développe un ensemble de réactions de métabolisation de ces apports variés, cet ensemble de réactions est désigné sous le terme d'autoépuration.

L'autoépuration est définie comme la quantité de charge organique éliminée ou assimilée sur une distance de rivière ou pour un temps donné.

Le mot assimiler signifie « rendre semblable à soi et transformer en sa substance les matières alimentaires » (Littré, 1965). Cela implique que l'apport où ses produits de dégradation soient incorporés à l'écosystème, et non simplement transportés, avec plus ou moins de modifications de celui-ci, mais sans discontinuité avec l'état précédent, donc l'autoépuration est-elle l'effet global, et l'assimilation le moyen par lequel s'effectue cette autoépuration.

III.1. Facteurs influençant l'autoépuration

Plusieurs facteurs sont responsable de l'autoépuration en rivière, à savoir le débit, la température, le taux d'oxygène dans l'eau.

III.1.1. Débit de l'Oued

La dilution n'est pas en elle-même un mécanisme de purification ; en effet, elle ne diminue pas la masse de matière organique au sein de l'oued. Son intérêt tient à une réduction des effets polluants sur l'hydrosystème, durant la période d'assimilation proprement dite.

Les phases critiques sont les périodes d'étiage quand le rapport débit effluent/oued est grand. Ce sont ces phases qui doivent être cernées précisément.

L'élimination de la matière organique augmente avec la vitesse du courant, et cela indépendamment du type de substances à éliminer, Le débit varie d'un jour à l'autre, d'une saison à l'autre.

III.1.2. Température

Dans les limites physiologiques et toutes choses égales par ailleurs, la vitesse d'une réaction biologique augmente avec la température.

III.1.3. Oxygène dissous

La concentration en oxygène influe à deux niveaux sur l'autoépuration. D'une part, sur le métabolisme respiratoire des hétérotrophes aérobies et d'autre part, sur la composition des communautés.

IV. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA POLLUTION ORGANIQUE ET POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DE L'OUED KÉBIR EST

Les résultats des analyses réalisées durant chaque mois au niveau de chaque station, sont représentés dans le Tableau. 87.

IV.1. Application des trois méthodes de calcul

Pour un résultat plus significatif, on a choisi la valeur des différentes concentrations de chaque mois pour toute station.

D'après le Tableau. 87, les valeurs de l'indice de pollution organique au niveau de toutes les stations varient de 4,25 (pollution faible) à 1,50 (pollution très forte), dont on constate la dominance de la pollution modérée suivie par une pollution forte.

Pour Lisec-Index ; l'indice oscille entre 5 (pollution nulle) et 16 (pollution forte), où on remarque la dominance de la faible pollution.

L'indice d'IHE, fluctue entre 4,5 (pollution faible) et 1,4 (pollution très forte), on enregistre une dominance de la pollution modérée suivie par une pollution faible.

On appréciant les trois indices, on note que les valeurs de l'indice de pollution organique (IPO), présentent des résultats de pollution plus alarmante que celles des autres indices.

Tableau. 87. Valeurs mensuelles des indices et des classes de pollution selon les trois méthodes.

		IPO		Lisec-Index		IHE	
Station	**Mois**	**Indice**	**Classe**	**Indice**	**Classe**	**Indice**	**Classe**
S1	**Avril**	**3,75**	Modérée	**05**	Nulle	**4,2**	Faible
	Mai	**3,00**	Modérée	**08**	Nulle	**3,6**	Modérée
	Juin	**3,00**	Modérée	**08**	Faible	**2,8**	Forte
	Juillet	**3,25**	Modérée	**07**	Faible	**3,6**	Modérée
	Août	**3,25**	Modérée	**06**	Faible	**4,0**	Faible
	Septembre	**3,50**	Modérée	**06**	Nulle	**4,2**	Faible
S2	**Avril**	**3,75**	Modérée	**07**	Faible	**4,5**	Faible
	Mai	**3,50**	Modérée	**08**	Faible	**4,0**	Faible
	Juin	**4,25**	Faible	**05**	Nulle	**4,0**	Faible
	Juillet	**3,50**	Modérée	**10**	Faible	**3,6**	Modérée
	Août	**3,25**	Modérée	**11**	Modérée	**3,4**	Modérée
	Septembre	**3,00**	Modérée	**12**	Modérée	**2,8**	Forte
S3	**Avril**	**3,00**	Modérée	**07**	Faible	**4,0**	Faible
	Mai	**2,50**	Forte	**09**	Faible	**3,2**	Modérée
	Juin	**3,00**	Modérée	**10**	Faible	**3,2**	Modérée
	Juillet	**2,75**	Forte	**12**	Modérée	**2,8**	Forte
	Août	**2,25**	Forte	**13**	Modérée	**2,6**	Forte
	Septembre	**2,75**	Forte	**13**	Modérée	**3,0**	Modérée
S4	**Avril**	**3,00**	Modérée	**07**	Faible	**4,2**	Faible
	Mai	**2,00**	Forte	**11**	Modérée	**2,8**	Forte
	Juin	**3,00**	Modérée	**09**	Faible	**3,2**	Modérée
	Juillet	**1,50**	Très Forte	**15**	Forte	**1,8**	Très Forte
	Août	**1,50**	Très Forte	**16**	Forte	**1,4**	Très Forte
	Septembre	**2,00**	Forte	**14**	Modérée	**2,4**	Forte
S5	**Avril**	**3,50**	Modérée	**07**	Faible	**4,2**	Faible
	Mai	**2,75**	Forte	**11**	Modérée	**3,2**	Modérée
	Juin	**3,00**	Modérée	**09**	Faible	**3,2**	Modérée
	Juillet	**2,75**	Forte	**12**	Modérée	**2,8**	Forte
	Août	**2,75**	Forte	**12**	Modérée	**2,8**	Forte
	Septembre	**3,00**	Modérée	**12**	Modérée	**3,2**	Modérée
S6	**Avril**	**3,00**	Modérée	**08**	Faible	**4,0**	Faible
	Mai	**2,75**	Forte	**08**	Faible	**3,8**	Modérée
	Juin	**2,75**	Forte	**09**	Faible	**3,4**	Modérée
	Juillet	**2,75**	Forte	**13**	Modérée	**2,6**	Forte
	Août	**2,75**	Forte	**13**	Modérée	**2,6**	Forte
	Septembre	**3,25**	Modérée	**12**	Modérée	**3,2**	Modérée
S7	**Avril**	**3,25**	Modérée	**08**	Faible	**4,0**	Faible
	Mai	**2,75**	Forte	**07**	Faible	**3,8**	Modérée
	Juin	**2,50**	Forte	**09**	Faible	**3,2**	Modérée
	Juillet	**2,75**	Forte	**09**	Faible	**3,4**	Modérée
	Août	**2,75**	Forte	**10**	Faible	**3,2**	Modérée
	Septembre	**3,00**	Modérée	**12**	Modérée	**3,2**	Modérée

IV.2. Discussion des résultats obtenus

La Figure. 66, présente l'évolution de la pollution organique pendant les six mois au niveau des sept stations :

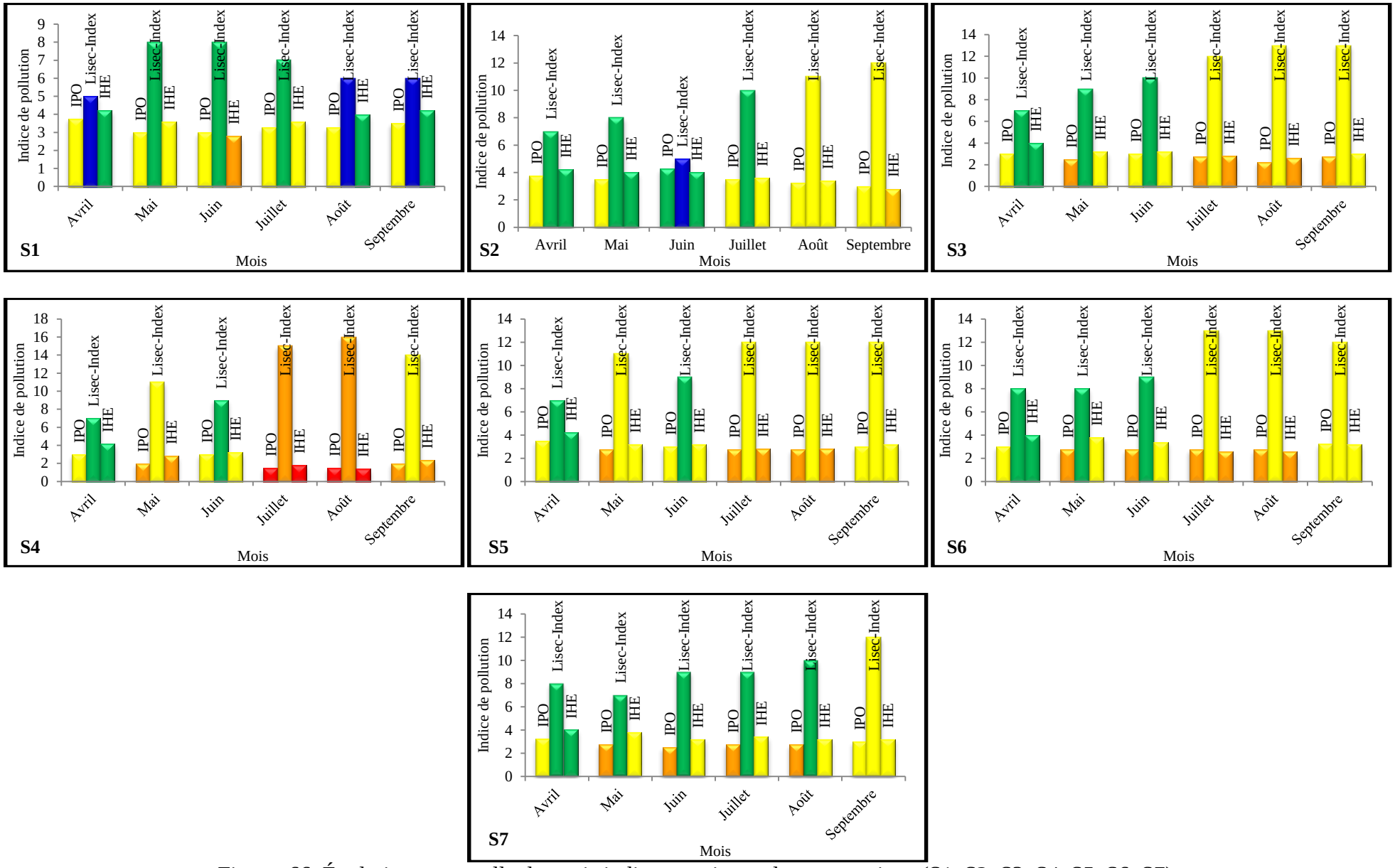

Figure. 66. Évolution temporelle des trois indices au niveau des sept stations (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7).

D'après la Figure. 66, et pour l'interprétation des résultats, on a choisi la méthode qui donne les résultats les plus pessimistes donné par l'Indice de pollution organique.

Pendant le mois d'Avril, on constate qu'au niveau de toutes les stations la pollution organique est modérée, cette situation s'explique par le fort débit de l'oued au mois d'avril dû à un apport d'eau par la pluie qui dilue les concentration des polluants (dilution) (Figure. 38), la première station se trouve à l'amont de tout rejet, cependant on note une pollution organique modérée due à un apport d'azote et de phosphate lessivé par les eaux aux niveaux des parcelles agricoles.

Au mois de Mai, la pollution est modérée pour les stations S1 et S2, cette situation est due pour S2 aux concentrations en nitrates qui dépassent largement celles des nitrites et pendant ce mois la concentration d'ammonium commence à diminuer progressivement, ceci s'explique par l'enrichissement du milieu en oxygène dissous (Figure. 48). La réoxygénation du milieu permet l'activation de l'oxydation qui est la transformation de l'ammonium en nitrate ce qui favorise la nitrification de l'ammonium, cette transformation se fait par la voie aérobie (Martin, 1979). L'IPO est faible pour les autres stations, ceci est expliqué par l'appauvrissement du milieu en oxygène dissous (milieu réduit), cette situation fait intervenir le processus de dénitrification.

Au mois de Juin, l'IPO est fort au niveau des stations S1, S3 et S4 par contre devient très fort au niveau de la deuxième station, cela s'explique par les faibles concentrations en phosphates, ammoniums, DBO_5 et nitrites (nitrification). Au niveau des stations S6 et S7, l'IPO devient faible, on remarque que l'oxygène diminue au fur et à mesure que la température augmente, devant cette situation ; le milieu devient réducteur (Figure. 48) d'où la présence de l'ammonium et des nitrites.

Au mois de Juillet et Août, la pollution reste modérée pour les deux premières stations, le milieu est bien oxygéné. La DBO_5 est faible, au niveau de la troisième station, les nitrites augmentent et dépassent les nitrates, face à cette situation l'IPO devient faible. Au niveau de la quatrième station, on remarque une augmentation brutale de l'ammonium ainsi que les phosphates avec une diminution remarquable des teneurs en oxygène ; cette situation peut s'expliqué par une augmentation de la population bactérienne ; la consommation de l'oxygène devient trop importante, c'est pour cette raison que l'IPO est très faible (1,5). Pour le reste des stations l'IPO redevient fort (2,75) à cause de la diminution des concentrations en ammoniums et en phosphates.

Pendant le mois de Septembre, la pollution est modérée au niveau des deux premières stations. Pour les stations S3 et S4 l'IPO devient faible ; la pollution est moins importante par rapport aux mois de Juillet et Août, ceci s'explique par la légère augmentation du taux d'oxygène. L'ammonium et les nitrites disparaissent par la suite pour donner naissance aux nitrates sous l'effet de la nitrification (Robertson, 1996 ; Recous, 2000) ; la nitritation qui est l'oxydation de l'ammoniac en nitrites et la nitratation correspondant à l'oxydation du nitrite en nitrate ce processus s'effectue quand le milieu est bien oxygéné (Daisy Bougard, 2004). Pour cette raison l'IPO redevient fort au niveau des stations S5, S6 et S7 à cause de la bonne oxygénation du milieu.

V. ÉVOLUTION SPATIALE DE LA POLLUTION ORGANIQUE ET POUVOIR AUTO-ÉPURATEUR DE L'OUED KÉBIR EST

Les résultats des analyses réalisées durant six mois au niveau de chaque station, sont représentés dans le Tableau. 88.

V.1. Application des trois méthodes de calcul

Afin d'avoir un résultat plus significatif, on a choisi la moyenne des différentes concentrations des six mois pour toutes les stations.

Tableau. 88. Valeurs des indices et des classes de pollution selon les trois méthodes.

	IPO		Lisec-Index		IHE	
Station	**Indice**	**Classe**	**Indice**	**Classe**	**Indice**	**Classe**
S1	3,50	Modérée	07	Faible	3,6	Modérée
S2	3,50	Modérée	07	Faible	4,0	Faible
S3	2,50	Forte	10	Faible	3,0	Modérée
S4	1,75	Très Forte	14	Modérée	2,2	Forte
S5	2,75	Forte	10	Faible	3,2	Modérée
S6	2,75	Forte	09	Faible	3,4	Modérée
S7	2,75	Forte	09	Faible	3,4	Modérée

Le Tableau. 88, représente les valeurs calculées de l'indice de la pollution organique suivant les trois méthodes au niveau des sept stations.

L'IPO enregistre des valeurs d'indice fluctuent entre 3,50 (pollution modérée) et 1,75 (pollution très forte), on note la dominance de la pollution forte.

Lisec-Index présente des valeurs varient de 07 (pollution faible) à 14 (pollution modérée), dont la pollution faible domine.

L'IHE indique des valeurs oscillent entre 4,0 (pollution faible) et 2,2 (pollution forte), où on remarque la dominance de la pollution modérée.

Donc l'indice de pollution organique présente une pollution plus au moins importante que les deux autres indices.

V.2. Discussion des résultats obtenus

Pour l'interprétation des résultats et d'après la Figure. 67, l'IPO indique un état de pollution modérée au niveau des stations S1 et S2. Et passe à un état de pollution forte (station 3) à très forte (station 4) et revient à l'état de pollution forte (station S5, S6 et S7).

Pour Lisec-Index, l'indice est plus optimiste ; la majorité des stations son marquées par une faible pollution, sauf la station S4 où on note une pollution modérée.

Pour l'indice d'IHE, on note une pollution faible à modérée au niveau de la plupart des stations ; pour la station S4 on remarque que la pollution est forte.

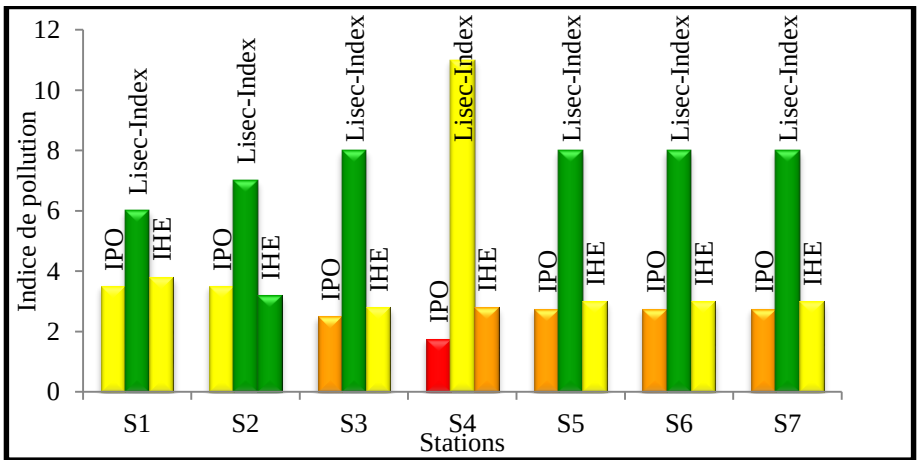

Figure. 67. Représentation graphique des trois indices.

V.3. Établissement de la carte de qualité des eaux de l'Oued Kébir Est

Pour l'établissement de la carte de qualité des eaux de l'Oued Kébir Est, on a choisi la méthode qui donne les résultats les plus alarmants qui est celle de l'Indice de pollution organique (IPO, Leclercq & Maquet, 1987). Car elle reflète la réalité des taux de pollution (Figure. 68).

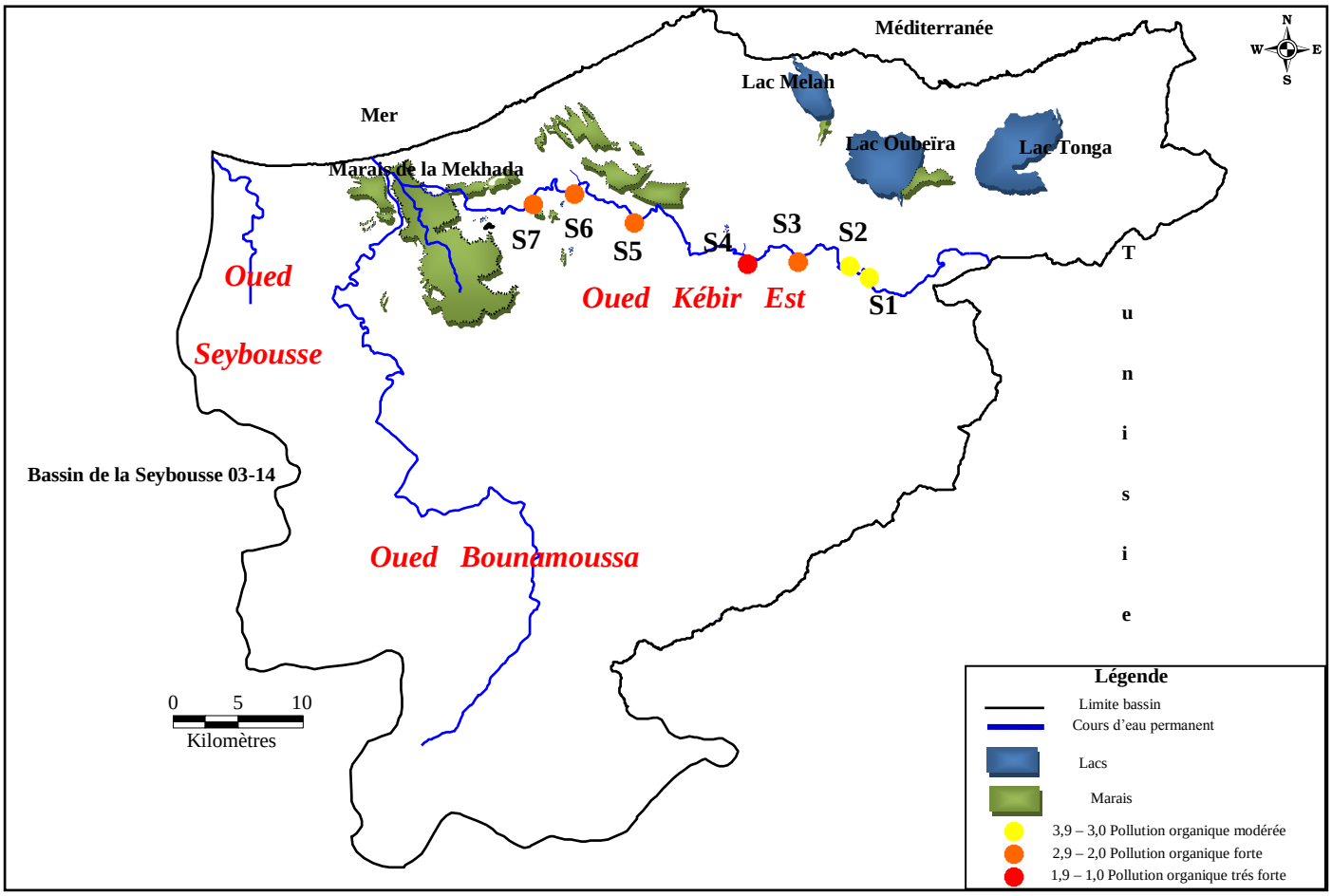

Figure. 68. Carte de qualité des eaux de l'Oued Kébir Est.

La carte indique clairement une dégradation progressive de la qualité de l'eau tout le long de l'oued, marquée par une pollution organique modérée, forte, très forte puis redevient forte, Les faibles valeurs de cet indice s'expliquent par les teneurs très élevées en nitrites, phosphate et DBO_5. L'évolution des valeurs de l'IPO le long des stations montrent que cet état dégradé de la qualité des eaux du Kébir Est, est dû aux rejets des eaux usées domestiques provenant des agglomérations ainsi qu'au lessivage agricole.

La station S1, présente une pollution organique modérée due à un apport d'azote et de phosphate lessivé par les eaux.

La station S2, présente un état de pollution relativement moins important par rapport à celle du S3. Cela s'explique par une lâchée des eaux du barrage qui ont permis la dilution des éléments polluants et au faible débit de rejet.

La station S3, présente un état de pollution relativement important par rapport aux deux premières stations, ceci est dû à l'augmentation du débit de rejet.

Pour la station S4, on remarque une pollution très forte. Cela s'explique par le fort débit de rejet, le lessivage des terrains agricoles et l'appauvrissement du milieu en oxygène.

Au niveau des stations S5, S6 et S7 la pollution devient forte malgré le fort débit de rejet et le lessivage agricole. Cela s'explique par le pouvoir auto-épurateur de l'oued, dont la valeur de l'IPO augmente de 1,75 pour S4 à 2,75 pour les stations citées précédemment ; car au niveau de ces stations on a constaté l'augmentation des taux d'oxygène dissous.

VI. CONCLUSION

L'application des trois méthodes de calculs permettant l'estimation du taux de pollution organique, a montré que l'indice le plus explicite est celui de l'IPO. Cette méthode démontre que la pollution est assez importante à modérée au sein de l'Oued Kébir Est, on constate que la majorité des stations sont à forte pollution (couleur orange).

La variation temporelle de la pollution organique au niveau des sept stations, montre des concentrations faibles en nitrates, nitrites, ammoniums, phosphates et DBO_5 pendant le mois d'Avril dues à l'augmentation du débit qui contribue à la dilution des fortes teneurs. Pendant les mois de Juin, Juillet et Août ; on remarque que les concentrations augmentent avec l'augmentation de la température surtout au niveau des stations S3, S4, S5, S6 et S7 ; ceci est due à l'activation des réactions biologiques telle que la dénitrification qui conduit à l'élévation des concentrations en nitrites. Dans un milieu bien oxygéné le processus de nitrification s'effectue ce qui explique la baisse des teneurs en ammonium au niveau des stations S5, S6 et S7 pendant le mois de Septembre.

La variation spatiale de la pollution organique au niveau des sept stations, montre que le milieu est bien oxygéné au niveau de la première station, or la pollution organique est modérée, due à un apport d'azote et de phosphate lessivé par les eaux aux niveaux des parcelles agricoles. Au niveau de la deuxième et troisième station le taux d'oxygène diminue, on note une dégradation du milieu par conséquent le pouvoir auto-épurateur devient faible (pollution organique modérée à forte). Pour la quatrième station, on constate une chute du taux d'oxygène, le milieu devient réducteur où on note une valeur d'IPO égale à 1,75 ; donc absence de l'autoépuration (pollution organique très forte). Plus à l'aval au niveau des dernières stations, on remarque une augmentation d'oxygène dissous d'une station à l'autre, ceci est expliqué par l'accomplissement de l'autoépuration de l'oued, dont on a observé que la valeur de l'IPO augmente à 2,75.

CHAPITRE VII

CALCUL ET INTERPRÉTATION DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET POUR LES POLLUANTS DANS L'OUED KÉBIR EST

I. INTRODUCTION

Les contaminants qui atteignent le milieu aquatique constituent toujours un problème environnemental majeur. En effet, la concentration de la plupart de ces contaminants s'élève parfois jusqu'à des niveaux qui sont toxiques pour la vie aquatique poissons, invertébrés et plantes aquatiques, tant dans la colonne d'eau que dans les sédiments. De plus, plusieurs de ces contaminants sont persistants et bioaccumulables, ce qui signifie qu'ils peuvent entraîner des effets nuisibles à tous les maillons de la chaîne alimentaire, incluant la faune terrestre et aviaire ainsi que l'humain, du fait que les contaminants sont transmis d'un maillon à l'autre par la consommation d'organismes aquatiques contaminés. D'autres contaminants, comme les substances nutritives, lorsqu'elles sont présentes en concentrations élevées, interfèrent dans l'équilibre naturel des écosystèmes. Finalement, certains contaminants peuvent altérer le goût, l'odeur ou la couleur de l'eau ou augmenter les coûts associés à la production d'eau potable (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec 2009).

Devant une telle situation, les gouvernements cherchent à atténuer la contamination des eaux par la proposition de plusieurs projets de décontamination ou de prévision. En Algérie également dans d'autre pays comme le canada le ministère de l'environnement propose d'évaluer des projets qui tiennent compte de la protection de la santé humaines et des ressources biologiques. Ainsi plusieurs agences de l'eau et le ministère de l'environnement ont essayé d'évaluer l'état actuel des impacts des rejets d'eau usée en milieux aquatiques. Il se dégage alors plusieurs méthodes d'évaluation, parmi lesquelles la méthode **des objectifs environnementaux de rejet (OER)** qui a été développée en 2007 par le ministère canadien du développement durable, cette méthode permet de déterminer les concentrations et les charges de contaminants pouvant être rejetées dans un milieu aquatique sans compromettre les usages de l'eau. (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec 2007a).

II. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'APPROCHE

Les objectifs environnementaux de rejet (OER), sont déterminés à partir :

- ✓ Des caractéristiques du milieu récepteur ;
- ✓ Du niveau de qualité nécessaire pour le maintien des usages de l'eau.

Les caractéristiques du milieu récepteur sont représentées par la qualité naturelle et la qualité actuelle du plan d'eau ainsi que par sa vulnérabilité et sa capacité de dilution et d'assimilation. Ainsi, un petit plan d'eau ne peut recevoir une charge de contaminants aussi importante qu'un grand plan d'eau sans voir sa qualité se dégrader. De même, un lac dont le taux de renouvellement est lent est moins en mesure de supporter une charge qu'une rivière à écoulement rapide. L'approche des OER est conçue pour tenir compte de ces différences.

Le niveau de qualité nécessaire pour le maintien des usages de l'eau est représenté par les critères de qualité de l'eau (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2007a).

La méthode d'établissement des OER intègre plusieurs paramètres : la qualité des eaux en amont du point de rejet, le débit ou le volume d'eau considéré pour la dilution en conditions critiques, le débit de l'effluent, la toxicité globale de l'effluent et les critères de qualité de l'eau pour chacun des usages. 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 (Figure. 69).

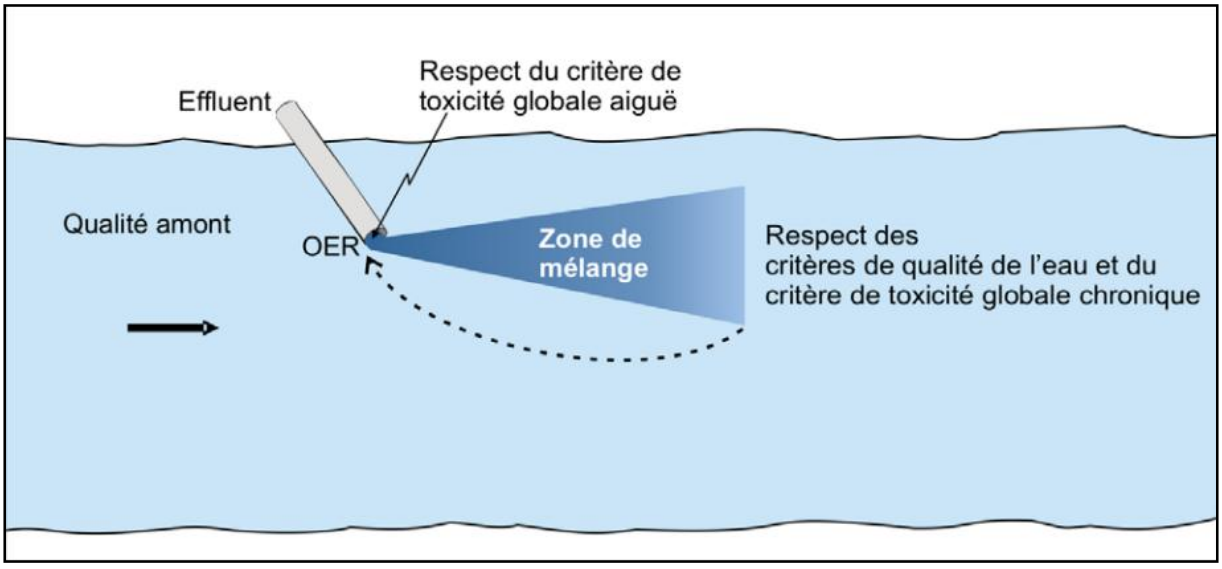

Figure. 69. Représentation du calcul à rebours effectué au moment de la détermination des OER (Rejet d'eau usée ; Oued Kébir Est).

III. ÉLEMENTS DE CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET

Les OER ont été calculés en utilisant les éléments suivant :

III.1. Description et usages du milieu récepteur

L'approche utilisée pour déterminer les OER pour les eaux usées rejetées dans le milieu aquatique vise à protéger les usages existants de l'eau de surface et à récupérer les usages qui ont été perdus. Usage de l'eau signifie toute utilisation nécessaire au développement, à la croissance et à la reproduction de la faune et de la flore ainsi que l'emploi de l'eau par l'homme à des fins utilitaires ou récréatives.

Pour prévenir les risques pour la santé humaine, les usages de l'eau de surface à protéger ou à récupérer sont :

- ✓ Les sources d'approvisionnement en eau potable ;
- ✓ La consommation des poissons, des mollusques et des crustacés ;
- ✓ Les activités récréatives.

Pour protéger les organismes vivants, les usages de l'eau de surface à protéger ou à récupérer sont :

- ✓ La vie aquatique ;
- ✓ La faune terrestre piscivore.

III.2. Les critères de qualité correspondant aux usages présents et potentiels dans le milieu

Les critères de qualité de l'eau de surface sont à la base du calcul des OER. Ils servent aussi de niveau de référence pour évaluer l'état de santé du milieu. Les critères de qualité de l'eau ont été établis afin de permettre de porter un jugement critique sur la qualité des plans d'eau et des rejets ponctuels à des fins d'évaluation ou de contrôle (Ministère du

Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 2007b). Pour les rejets continus, les OER sont principalement établis à partir des critères de qualité suivants :

- Les critères de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques ;
- Les critères de prévention de la contamination des organismes aquatiques ;
- Les critères de protection de la vie aquatique chroniques ;
- Les critères de protection de la faune terrestre piscivore ;
- Les critères d'activités récréatives et d'esthétique.

III.2.1. 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])

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 (Tableau. 82).

III.2.2. Critères de protection de la vie aquatique chronique (CVAC)

Les effets chroniques 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 (Tableau. 82).

III.2.3. Critères de protection de la faune terrestre piscivore (CFTP)

Sont déterminés pour les substances qui ont une très forte propension à se bioaccumuler dans les tissus des organismes aquatiques. Ils visent à protéger la population animale exposée par sa consommation d'eau ou son alimentation (Tableau. 82).

III.2.4. 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 (Tableau. 89).

Tableau. 89. Usage de l'eau et critère de qualité.

Usage	Symbole	Critère
Les sources d'approvisionnement en eau potable	CPC(EO)	Critère de prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques
La consommation de poissons, de mollusques et de crustacés	CPC(O)	Critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques
Les activités récréatives	CARE	Critère d'activités récréatives et d'esthétique
La vie aquatique	CVAC	Critère de protection de la vie aquatique chronique
La faune terrestre piscivore	CFTP	Critère de protection de la faune terrestre piscivore

III.3. Le débit d'effluent

Pour un rejet d'eaux usées industrielles, le débit d'effluent moyen est retenu lorsque le rejet est relativement stable et qu'il correspond à un taux de production représentatif de la réalité. Pour un rejet d'eaux usées municipales ou domestiques, le débit d'effluent retenu correspond généralement au débit moyen de conception des ouvrages d'assainissement ou, si celui-ci est dépassé, au débit moyen mesuré.

III.4. Débit d'étiage des cours d'eau

Les conditions critiques en rivière surviennent généralement en période d'étiage. Un étiage se définit comme la baisse périodique du débit d'un cours d'eau. L'étiage survient au moment de sécheresses pendant lesquelles l'apport en eau de ruissellement est faible ou nul et où seul l'écoulement souterrain alimente les eaux de surface (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005). Les OER calculés dans ces conditions assurent le respect des critères de qualité dans le milieu la majeure partie du temps. Les débits d'étiage ont été choisis afin de limiter la durée et la fréquence des dépassements d'un critère. De cette façon, les différents débits hydrologiques retenus permettent de prévenir les atteintes aux usages à protéger (Tableau. 90).

Tableau. 90. Débits hydrologiques des différents usages.

Critère de qualité	Usage protégé	Débit d'étiage
CPC(EO)	Les sources d'approvisionnement en eau potable	$Q_{5,30}$
CPC(O)	La consommation de poissons, de mollusques et de crustacés	$Q_{5,30}$
CARE	Les activités récréatives	$Q_{2,7}$
CVAC	La vie aquatique	$Q_{2,7}$
CFTP	La faune terrestre piscivore	$Q_{5,30}$

III.5. Concentration amont

La teneur d'un contaminant dans le cours d'eau doit être considérée afin d'évaluer la quantité qui peut être ajoutée sans porter atteinte aux usages de l'eau. Des valeurs médianes représentatives du plan d'eau sont généralement retenues à titre de concentration amont du milieu récepteur pour le calcul des OER.

IV. MÉTHODE DE CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET

Les OER sont déterminés à partir du bilan de charges suivant :

$$Chargeamont + Chargeallouéeà l'effluent = Chargemaximalepermiseàlalimitedelazonedemélange$$

$$C_{am}Q_{am} + C_eQ_e = C_c(Q_{am} + Q_e)(1)$$

Où

$C_e =$ Concentration allouée à l'effluent pour un contaminant donné. Cette concentration est exprimée en concentration totale ou extractible totale. Elle correspond à l'OER en concentration.

$Q_e =$ Débit de l'effluent.

$C_c =$ Concentration correspondant au critère de qualité de l'eau retenu pour un contaminant et un usage donnés. Cette concentration est exprimée en concentration totale ou extractible totale.

$C_{am} =$ Concentration amont du contaminant dans le milieu récepteur.

Q_{am} = Débit amont qui correspond à la portion du débit du milieu allouée pour le mélange de l'effluent.Q_{am}Prend en considération la fraction *(f)* du débit d'effluent prélevée dans le milieu récepteur en amont du point de rejet.

$Q_{am} = Q_r - fQ_e$

Q_r = Débit du milieu récepteur alloué pour le mélange de l'effluent.

f = Fraction du débit d'effluent prélevée dans le milieu récepteur en amont du point de rejet.

Le facteur f prend la valeur « 1 » si l'eau d'approvisionnement est entièrement tirée du cours d'eau en amont du point de rejet et est égal à « 0 » si l'approvisionnement en eau se fait à partir d'un autre bassin versant ou à partir de l'eau souterraine.

La charge allouée à l'effluent (C_eQ_e)correspond à la charge associée au respect du critère de qualité (charge maximale permise à la limite de la zone de mélange) de laquelle est soustraite la charge déjà présente dans le milieu (charge amont) (Figure. 70). Ces charges se définissent ainsi :

$$C_eQ_e = C_c(Q_{am} + Q_e) - C_{am}Q_{am}(2)$$

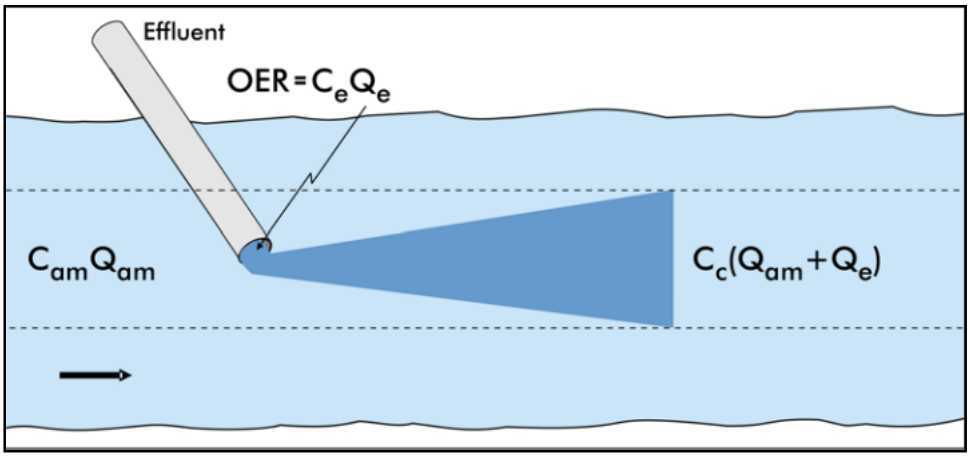

Figure. 70.Éléments du bilan de charges.

L'équation (2) peut être transformée en remplaçant Q_{am} par sa définition $(Q_r - fQ_e)$:

$$C_eQ_e = C_c[(Q_r - fQ_e) + Q_e] - C_{am}(Q_r - fQ_e)(2_a)$$

Il est possible de déterminer la concentration allouée à l'effluent (C_e) en résolvant l'équation suivante :

$$C_e = \frac{C_c(Q_r - fQ_e + Q_e) - C_{am}(Q_r - fQ_e)}{Q_e}(3)$$

C_eReprésente l'OER, exprimé en concentration, pour un contaminant donné.

V.CALCUL DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DE L'OUED KÉBIR EST

La détermination des OER a pour but le maintien et la récupération de la qualité de l'Oued Kébir Est. Des objectifs de rejet qualitatifs et quantitatifs et des exigences quant à la toxicité globale de l'effluent sont définis pour atteindre ce but (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Avril 2015).

V.1. Usage de l'Oued Kébir Est

L'Oued Kébir Est, est le tributaire le plus important du bassin Côtier Constantinois Est, Il draine un bassin versant de 1685 Km^2 dont la vocation agricole est prédominante. Au point de rejet, la vie aquatique et les activités récréatives sont les principaux usages à protéger. Dans le secteur de l'embouchure, des activités de contact indirect avec l'eau y sont observées (comme la pêche et baignade).

V.2. Les critères de qualité de l'Oued Kébir Est correspondant aux usages présents

Les critères de qualité retenus pour le calcul des OER de l'Oued Kébir Est, sont les critères de vie aquatique chronique (CVAC) ainsi que le critère d'activités récréatives et d'esthétique (CARE). Ces critères assurent respectivement : la protection de la vie aquatique et la protection des activités de contact direct ou indirect avec l'eau ainsi que des qualités esthétiques des plans d'eau.

V.3. Débit d'effluent de l'Oued Kébir Est

Les débits d'effluents retenus pour le calcul des OER des différentes stations sont :
Pour les stations S1 et S2, on a un débit de rejet qui est égale à 9,71 l/s ;
Pour la station S3, le débit de rejet est de 130,45 l/s ;
Pour la station S4, le débit est de 152,67 l/s ;
Pour la station S5, on a un débit d'effluent égale à 197,94 l/s ; finalement pour les stations S6 et S7, le débit égale à 243,12 l/s.

V.4. Calcul des débits d'étiages de l'Oued Kébir Est

L'étiage est défini soit comme la période de l'année durant laquelle le débit d'un cours d'eau est faible, soit comme un phénomène saisonnier et une composante à part entière du régime hydrologique d'un cours d'eau (Gailliez, 2013).

Le milieu récepteur considéré est l'Oued Kébir Est. Dans ce milieu, la zone de mélange qui définit le débit du cours d'eau alloué pour la dilution de l'effluent est égale à la moitié du débit en période d'étiage pour les contaminants toxiques et à la totalité du débit d'étiage pour les paramètres conventionnels. Pour la protection de la vie aquatique (critère CVAC) et la protection des qualités esthétiques du milieu aquatique (critère CARE), le débit d'étiage retenus est le $Q_{2,7}$ pour les paramètres conventionnels. Ce débit est basé sur des étiages d'une durée de sept jours qui se produisent une fois tous les deux ans.

V.4.1. Analyse fréquentielle des débits

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. 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). La validité des résultats d'une analyse fréquentielle dépend du choix du modèle fréquentiel et plus particulièrement de son type (Khoualdia, 2015).

Il est préférable de baser notre analyse sur une série de données réellement observées. Pour cette raison une période d'observation a été sélectionnée afin de procéder à l'analyse statistique des données hydrométriques.

V.4.2. 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 (Sayad, 2014), 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 (Sayad, 2015).

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 (Abi Zied et al, 1999).

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 égaler 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 :

$$F(X) = 1 - exp\left[-exp\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right]$$

Avec :$x \in]-\infty, +\infty[; \alpha > 0; \mu > 0$

Et la densité de probabilité :

$$F(X) = \frac{1}{\alpha} exp\left[-\frac{x-\mu}{\alpha} - exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right]$$

Avec α le paramètre d'échelle et μ le paramètre de position (mode).

La méthode des moments

Les moments sont :

$$\mu_x = \mu + 0{,}5772\alpha$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6}$$

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), elle est liée à la probabilité au dépassement $P(X \geq x_0)$ par la relation$T = 1/P(X \geq x_0)$. Autrement dit on a :

$$T = 1/P(X \geq x_0) = 1/[1 - F(X)] = 1/[1 - P(X \leq x_0)]$$

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 comme l'Ammonium.

L'application des lois de distribution et des méthodes d'ajustements statistiques, aux valeurs des débits journaliers enregistrés au niveau de la station d'Ain Assel sur une série d'échantillons de N= 40 ans (1963 -2003) (Annexe. 1), pour le calcul de ($Q_{2,7}$).

Le classement des valeurs débits journaliers enregistrés à la station d'Ain Assel 1963-2003 (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 jours consécutifs pour chaque année, les résultats sont portés sur le Tableau. 91.

Tableau. 91. Faibles débits moyens de sept jours consécutifs enregistrés à la station d'Ain Assel 1963-2003.

Année	Q_{min} 7jours (m^3/s)	Année	Q_{min} 7jours (m^3/s)
1963 - 1964	0,01	1983 - 1984	0,00
1964 - 1965	0,02	1984 - 1985	0,00
1965 - 1966	0,11	1985 - 1986	0,00
1966 - 1967	0,06	1986 - 1987	0,00
1967 - 1968	0,01	1987 - 1988	0,00
1968 - 1969	0,00	1988 - 1989	0,00
1969 - 1970	0,01	1989 - 1990	0,00
1970 - 1971	0,00	1990 - 1991	0,00
1971 - 1972	0,00	1991 - 1992	0,00
1972 - 1973	0,00	1992 - 1993	0,00
1973 - 1974	0,00	1993 - 1994	0,00
1974 - 1975	0,00	1994 - 1995	0,00
1975 - 1976	0,00	1995 - 1996	0,00
1976 - 1977	0,00	1996 - 1997	0,00
1977 - 1978	0,00	1997 - 1998	0,00
1978 - 1979	0,00	1998 - 1999	0,33
1979 - 1980	0,00	1999 - 2000	0,41
1980 - 1981	0,00	2000 - 2001	0,32
1981 - 1982	0,00	2001 - 2002	0,01
1982 - 1983	0,00	2002 - 2003	0,00

L'analyse statistique de ce faible moyen débit de Q 7 jours consécutifs a permet le calcul de la moyenne $\overline{X}$ et de l'écart type σ de cette série. À partir de ces deux paramètres on calcul les variables réduites de Gumbel par les formules ci-dessous (Tableau. 84).

$$\mu = \bar{X} + \frac{0{,}577}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{1{,}282}{\sigma}$$

Avec :

μ : paramètre de position (mode).

α : Paramètre d'échelle

Tableau. 92. Variables réduites de Gumbel pour les valeurs extrêmes minimales Q7jours.

Moyenne $\overline{X}$		0,033
Ecart type σ		0,096
Variables réduites de Gumbel	μ	0,076
	α	13,35

L'application de la loi de Gumbel permet de calculer les plus faibles débits moyen avec la période de récurrence deux ans (Tableau. 93).

Pour $Q_{2,7}$:

$$T = 2ans \Longrightarrow F(X) = \frac{1}{T}$$
$$F(X) = P(X \leq x_0) = 0{,}5$$
$$\omega = \alpha(x - \mu)$$
$$\omega = 13{,}35(x - 0{,}076)$$
$$F(\omega) = 1 - e^{-e^{\omega}}$$
$$1 - F(\omega) = e^{-e^{\omega}}$$
$$-ln\left[-ln\left(1 - F(\omega)\right)\right] = +e^{\omega}$$
$$\omega = ln\left[-ln\left(1 - F(\omega)\right)\right]$$
$$\omega_{0,5} = ln[-ln(1 - 0{,}5)]$$
$$\omega_{0,5} = -0{,}366$$
$$x_{0,5} = \frac{\omega_{0,5}}{\alpha} + \mu = \frac{-0{,}366}{13{,}35} + 0{,}076 = 0{,}04$$

$Q_{2,7}$= 0,04 m^3/s.

$Q_{2,7}$= 40 l/s.

Tableau. 93. Résultats de l'analyse fréquentielle du débit de retour annuel.

Période de retour	**Débit d'étiage (l/s)**
$Q_{2,7}$	40

L'analyse statique descriptive de de la série Q7j à permet de déterminer les paramètres statistiques ci-dessous (Tableau. 94) :

Tableau. 94. Paramètres statistiques de la série Q 7j.

Paramètre	**Valeur**
Débit d'étiage	$Q_{2,7}$
Moyenne	0,033
Erreur type	0,015
Médiane	0,000
Mode	0,000
Écart type	0,096
Variance de l'échantillon	0,009
Kurstosis (Coefficient d'applatissement)	9,492
Coefficient d'assymétrie	3,228
Plage	0,410
Minimum	0,000
Maximum	0,410
Somme	1,290
Nombre d'échantillon	40
Maximum (1)	0,410
Minimum (1)	0,000
Niveau de confiance (95,0%)	0,030

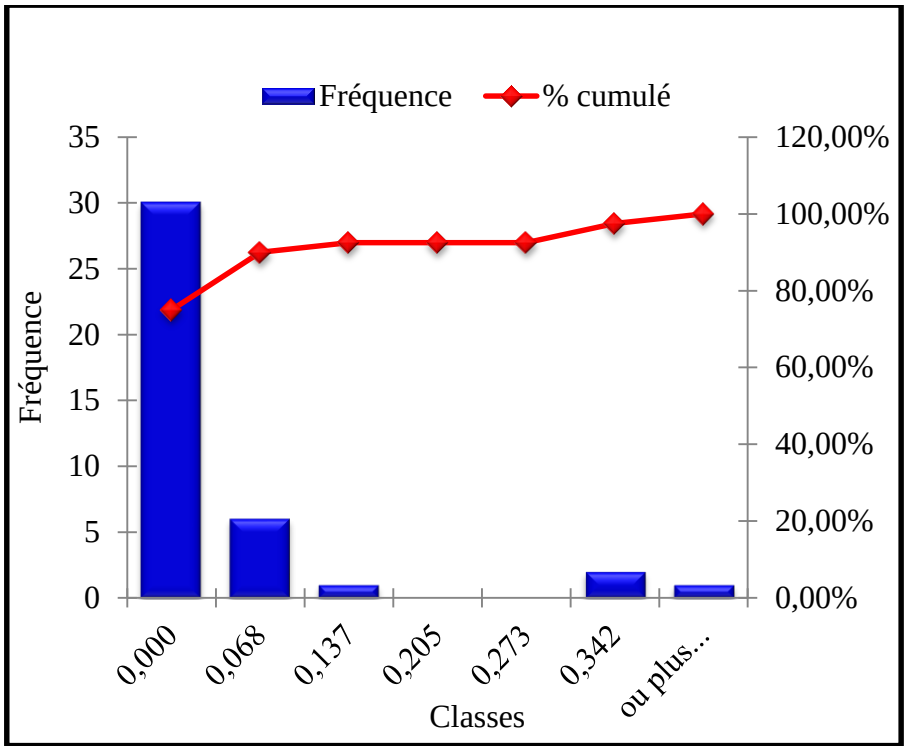

Figure. 71. Histogramme du plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs à la station d'Ain Assel.

V.5. Concentration amont

Les teneurs médianes ont été obtenues à partir des données des stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7, située sur l'Oued Kébir Est. Les élément ont été échantillonnés avec des méthodes qui évitent la contamination des échantillons lors du prélèvement.

La liste des contaminants pour lesquels des OER ont été établis, apparaisse au Tableau. 95.

Tableau. 95. Médiane des différents contaminants.

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Cl^- (mg/l)	35,00	63,30	70,78	81,70	79,25	92,39	82,13
MES (mg/l)	45,00	13,20	33,30	31,35	33,15	32,80	16,25
PO_4^{3-} (mg/l)	0,05	0,04	0,14	0,26	0,16	0,18	0,12
NO_2^- (mg/l)	0,12	0,05	0,34	0,34	0,45	0,28	0,30
NO_3^- (mg/l)	2,00	0,57	0,67	0,89	0,61	0,69	0,48
DBO_5 (mg/l)	03,40	10,00	10,00	25,00	10,00	10,00	10,00
O_2 (mg/l)	7,95	7,63	4,05	3,90	4,75	5,22	6,18
SO_4^{2-} (mg/l)	70,00	70,02	75,63	72,28	74,60	65,05	68,14

La toxicité de certains contaminants pour la vie aquatique varie avec les caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur, tels le pH, la dureté, la température, les matières en suspension et la concentration en chlorures. Pour ces contaminants, le critère de qualité de l'eau varie alors en fonction d'une ou de plusieurs caractéristiques de l'eau. (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013b).

V.6. Résultat et discussion de calcul des objectifs environnementaux de rejet de l'Oued Kébir Est pour les différents usages

Les calculs des OER pour les deux usages du Kébir Est ; ont permis de dresser les tableaux suivants :

V.6.1. Protection de la vie aquatique effet chronique

Le critère de la 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 (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013a).

V.6.1.1. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Chlorures

Le Tableau. 96, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Chlorures pour un critère de protection de la vie aquatique effet chronique égal à 230 mg/l (U.S.EPA, 1988b ; U.S.EPA, 2006a), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 96. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Chlorures pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	230	40	0	9,71	35,00	1033,33	866,88	Atteint
S2	230	40	0	9,71	63,30	916,74	769,09	Atteint
S3	230	40	0	130,45	70,78	278,82	3142,58	Atteint
S4	230	40	0	152,67	81,70	268,86	3546,38	Atteint
S5	230	40	0	197,94	79,25	260,46	4454,47	Atteint
S6	230	40	0	243,12	92,39	252,64	5306,88	Atteint
S7	230	40	0	243,12	82,13	254,33	5342,32	Atteint

Le Tableau reflète que les objectif environnementaux pour la protection de la vie aquatique effet chronique des Chlorures sont tributaires des concentrations amont de l'Oued Kébir Est, ils augmentent avec la diminution de la concentration amont et diminuent avec l'augmentation de cette dernière ; le calcul des OER marque des valeurs et des charges journalières très élevées, elles oscillent respectivement entre 1033,33 - 252,64 mg/l et 769,09 - 5342,32kg/j. On remarque aussi que la charge journalière augmente avec l'augmentation du débit d'effluent. le critère de qualité de cet usage est supérieur à la concentration amont dans l'Oued Kébir Est, face à cette situation l'OER adopté est le critère de cet usage (230 mg/l).

V.6.1.2. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Matières En Suspension

Le Tableau. 97, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Matières En Suspension pour un critère de protection de la vie aquatique égal à 5 mg/l (CCME, 1999, 2002), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 97. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Matières En Suspension pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	5	40	0	9,71	45,00	- 158,78	- 134,05	Non atteint
S2	5	40	0	9,71	13,20	- 28,78	- 24,14	Non atteint
S3	5	40	0	130,45	33,30	- 3,68	- 41,45	Non atteint
S4	5	40	0	152,67	31,35	- 1,90	- 25,11	Non atteint
S5	5	40	0	197,94	33,15	- 0,69	- 11,78	Non atteint
S6	5	40	0	243,12	32,80	0,43	8,95	Non atteint
S7	5	40	0	243,12	16,25	3,15	66,15	Non atteint

Le Tableau ci-dessus montre un large dépassement des objectifs environnementaux pour la protection de la vie aquatique effet chronique des Matières En Suspension surtout au niveau des stations S1 et S2, ceci est expliqué par la forte concentration amont. Pour la station S5, la concentration amont est de 33,15 mg/l et l'objectif égal à – 0,69 mg/l, on comparant cette concentration avec celle de la première station les valeurs se rapprochent mais on voie clairement que les objectifs sont trop différents ; dû probablement à la profondeur de l'oued. Les stations S6 et S7, l'objectif est supérieur à zéro ; reste toujours inferieur au critère de qualité qui est égal à 5 mg/l, les valeurs des objectifs des Matières En Suspension varient de – 158, 78 à 3,15 mg/l.

V.6.1.3. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Phosphates

Le Tableau. 98, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Phosphates pour un critère de protection de la vie aquatique égal à 0,03 mg/l (OMOEE, 1994), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 98. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Phosphates pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	0,03	40	0	9,71	0,05	- 0,05	- 0,04	Non atteint
S2	0,03	40	0	9,71	0,04	- 0,01	0,00	Non atteint
S3	0,03	40	0	130,45	0,14	0,00	- 0,03	Non atteint
S4	0,03	40	0	152,67	0,26	- 0,03	- 0,39	Non atteint
S5	0,03	40	0	197,94	0,16	0,00	0,07	Non atteint
S6	0,03	40	0	243,12	0,18	0,01	0,12	Non atteint
S7	0,03	40	0	243,12	0,12	0,02	0,33	Non atteint

Les résultats du Tableau indiquent, qu'au niveau de toutes les stations les objectifs environnementaux de rejet en concentration de ce contaminant présentent des valeurs négatives, nulles et même parfois positives, mais restent toujours inférieures au critère de qualité qui est égal à 0,03 mg/l, ceci s'explique par l'élévation des concentrations amont dépassant le critère de qualité, ces teneurs élevées sont à l'origine des engrais transportés par ruissellement et des matières fécales humaines et animales, concluant un dépassement d'objectif.

V.6.1.4. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Nitrites

Le Tableau. 99, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Nitrites pour un critère de protection de la vie aquatique égal à 0,2 mg/l (Annexe. 8)

(B.C.MEO, 1986), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 99. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Nitrites pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	0,2	40	0	9,71	0,12	0,53	0,44	Atteint
S2	0,2	40	0	9,71	0,05	0,82	0,69	Atteint
S3	0,2	40	0	130,45	0,34	0,16	1,78	Non atteint
S4	0,2	40	0	152,67	0,34	0,16	2,16	Non atteint
S5	0,2	40	0	197,94	0,45	0,15	2,56	Non atteint
S6	0,2	40	0	243,12	0,28	0,19	3,92	Non atteint
S7	0,2	40	0	243,12	0,30	0,18	3,84	Non atteint

Selon le Tableau, les deux premières stations S1 et S2 affichent des objectifs environnementaux de rejet respectivement de 0,53 et 0,82 mg/l ; avec une charge journalière de 0,44 et 0,69 kg/j, dont l'objectif est supérieur au critère de protection de la vie aquatique qui est égal à 0,2 mg/l, on ne constate aucun dépassement des objectifs au niveau des deux stations. À travers les autres stations, S3, S4, S5, S6 et S7 ; on note un dépassement des objectifs environnementaux qui s'explique par l'augmentation de la concentration amont en nitrites qui oscille entre 0,28 et 0,45 mg/l, c'est des concentrations plus élevées que le critère de qualité de l'eau de cet usage, la présence de ces éléments polluants en forte teneurs est due aux rejets urbains des agglomérations ; chargés en éléments organiques, aux détergents utilisés dans les activités ménagères et au lessivage des sols riches en matières fécales animales et humaines.

V.6.1.5. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Nitrates

Le Tableau. 100, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Nitrates pour un critère de protection de la vie aquatique égal à 2,9 mg/l (CCME, 2003), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 100. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Nitrates pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	2,9	40	0	9,71	0,55	12,58	10,55	Atteint
S2	2,9	40	0	9,71	0,57	12,48	10,47	Atteint
S3	2,9	40	0	130,45	0,67	3,58	40,40	Atteint
S4	2,9	40	0	152,67	0,89	3,43	45,19	Atteint
S5	2,9	40	0	197,94	0,61	3,36	57,50	Atteint
S6	2,9	40	0	243,12	0,64	3,26	68,55	Atteint
S7	2,9	40	0	243,12	0,48	3,30	69,28	Atteint

Le Tableau, fait apparaitre des objectifs environnementaux calculés à partir du critère de protection de la vie aquatique effet chronique qui oscillent entre 3,26 et 12,58 mg/l avec des charges variant de 10,47 à 69,28 kg/j ; ces valeurs sont supérieures au critère de qualité égal à 2,9 mg/l. Le critère de qualité de cet usage est supérieur à la concentration amont dans l'Oued Kébir Est, devant cette situation l'OER adopté est le critère de cet usage (2,9 mg/l). On constate que les objectifs environnementaux augmentent avec la diminution de la

concentration amont sauf pour la station S7 ; bien que la concentration à diminuée l'objectifs reste toujours faible suite au fort rejet d'eau usée.

V.6.1.6. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour la Demande Biochimique en Oxygène-5jours

Le Tableau. 101, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets de la Demande Biochimique en Oxygène - 5jours pour un critère de protection de la vie aquatique égal à 3 mg/l (Inhaber, 1975), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 101. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	3	40	0	9,71	3,4	1,35	1,13	Non atteint
S2	3	40	0	9,71	10	- 25,84	- 21,68	Non atteint
S3	3	40	0	130,45	10	0,85	9,62	Non atteint
S4	3	40	0	152,67	25	- 2,76	- 36,46	Non atteint
S5	3	40	0	197,94	10	1,59	27,11	Non atteint
S6	3	40	0	243,12	10	1,85	38,82	Non atteint
S7	3	40	0	243,12	10	1,85	38,82	Non atteint

Les résultats obtenus dans le Tableau pour le calcul des concentrations allouées à l'effluent, montrent en premier lieu des valeurs négatives pour la Demande Biochimique en Oxygène et des valeurs positives qui restent toujours inférieures au critère de qualité égal à 3 mg/l. On note un dépassement des objectifs environnementaux de rejet au niveau de toutes les stations, qui s'explique par la forte concentration amont de l'Oued Kébir Est, qui variant de 3,4 à 25 mg/l, ces fortes concentrations sont dues probablement à la présence de forte teneur en matière organique.

V.6.1.7. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour l'Oxygène Dissous

Pour protéger l'usage de la vie aquatique, Les concentrations en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs suivantes :

Le Tableau. 102, illustre les Concentration en Oxygène Dissous (OMOE, 1984a ; OMOEE, 1994).

Tableau. 102. Concentration en Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique (Effet chronique).

Concentration d'Oxygène Dissous				
	Biote d'eau froide		**Biote d'eau chaude**	
Température	**Saturation**	**mg/l**	**Saturation**	**mg/l**
0	54	8	47	7
5	54	7	47	6
10	54	6	47	5
15	54	6	47	5
20	57	5	47	4
25	63	5	48	4

Dans les eaux de l'Oued Kébir Est, les concentrations médianes en Oxygène Dissous et au niveau toutes les stations oscillent entre 7,95 et 3,90 mg/l. Les objectifs environnementaux pour cet usage sont variables.

V.6.1.8. Critère de protection de la vie aquatique chronique pour les Sulfates

Le Tableau. 103, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Sulfates pour un critère de protection de la vie aquatique effet chronique, Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté et de la concentration en chlorures dans l'eau. Les valeurs des critères des sept stations sont calculées avec des duretés et des concentrations en chlorure respectivement de 175,86 – 35 mg/l, 273,37 – 63,3 mg/l, 234,16 – 70,78 mg/l, 210,13 – 81,70 mg/l, 215,62 – 79,25 mg/l, 202,21 – 92,39 mg/l et 203,06 – 81,13 mg/l (IDNR, 2009).

Tableau. 103. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Sulfates pour CVAC.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	1431,26	40	0	9,71	70,00	7038,92	5905,26	Atteint
S2	1748,89	40	0	9,71	70,03	8664,94	7269,40	Atteint
S3	1601,34	40	0	130,45	75,63	2069,17	23321,36	Atteint
S4	1532,21	40	0	152,67	72,28	1914,72	25256,42	Atteint
S5	1526,83	40	0	197,94	74,60	1820,30	31130,78	Atteint
S6	1466,21	40	0	243,12	65,05	1696,74	35640,98	Atteint
S7	1480,06	40	0	243,12	68,14	1712,36	35969,10	Atteint

Pour calculer la dureté totale des sept stations, on converti d'abord les valeurs des concentrations de Calcium et de Magnésium en mg/l de $CaCo_3$:

$$C_a = \frac{C_a \times 2 \times 50}{40} = X$$

$$M_g = \frac{M_g \times 2 \times 50}{24} = y$$

$$Dt = X + Y = Z(mg/l)C_aCo_3$$

Et suite à une méthode d'interpolation en fonction d'Annexe. 9, on a pu calculer le critère de qualité en se basant sur la dureté et la concentration en chlorure de chaque station. D'après le Tableau. 103, on remarque que les objectifs environnementaux pour la protection de la vie aquatique effet chronique des Sulfates affichent des teneurs très élevées qui varient entre 8664,94 et 1696,74 mg/l, ces fortes teneurs sont dues aux faibles concentrations amonts des Sulfates, dans ce cas le critère de qualité de cet usage est supérieur à la concentration amont ; face à cette situation l'objectif adopté est le critère de cet usage.

V.6.2. Protection des activités récréatives

Les critères de qualité pour la protection des activités récréatives visent principalement à prévenir les dangers pour la santé liés au contact direct (eau piscicole) ou indirect (eau d'irrigation) avec l'eau mais ils couvrent aussi les aspects esthétiques de la ressource (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2012).

V.6.2.1. Critère d'activités récréatives et d'esthétique pour les Phosphates

Le Tableau. 104, illustre les résultats de calcul des objectifs environnementaux des rejets des Phosphates pour un critère d'activité récréative et d'esthétique égal à 0,03 mg/l (OMOEE, 1994), avec un débit d'étiage $Q_{2,7}$ égal à 40 l/s ; fraction du débit de l'effluent prélevée « f » est nul parce que l'approvisionnement en eau se fait à partir d'eau souterraine ; Qe : débits de rejet ; C amont : concentration amont.

Tableau. 104. Objectifs environnementaux de rejet en concentration (mg/l) et en charge (Kg/j) des Phosphates pour CARE.

Station	Critère mg/l	Qr l/s	f	Qe l/s	C amont mg/l	OER mg/l	Charge kg/j	Objectif
S1	0,03	40	0	9,71	0,05	- 0,05	- 0,04	Non atteint
S2	0,03	40	0	9,71	0,04	- 0,01	0,00	Non atteint
S3	0,03	40	0	130,45	0,14	0,00	- 0,03	Non atteint
S4	0,03	40	0	152,67	0,26	- 0,03	- 0,39	Non atteint
S5	0,03	40	0	197,94	0,16	0,00	0,07	Non atteint
S6	0,03	40	0	243,12	0,18	0,01	0,12	Non atteint
S7	0,03	40	0	243,12	0,12	0,02	0,33	Non atteint

D'après le Tableau. 104, et au niveau de toutes les stations les objectifs environnementaux de rejet calculés pour l'usage d'activité récréative ; font ressortir un dépassement au niveau des Phosphates cela est dû à la concentration amont élevée de ce contaminant dont les valeurs oscillent entre 0,05 et 0,26 mg/l, ce sont des concentrations plus élevées que le critère de qualité de l'eau de cet usage, ces teneurs élevées sont d'origine agricole (lessivage agricole) et anthropique suite aux rejets domestiques (eaux usées).

D'après le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013 aucun critère de protection des usages des activités récréatives n'est adopté pour les Chlorures, Matières En Suspension, Nitrites, Nitrates, Demande Biologique en Oxygène, Oxygène Dissous et Sulfates.

VI. ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE DES OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET DE L'OUED KÉBIR EST

L'établissement de la carte des objectifs environnementaux de rejets de l'Oued Kébir Est, pour la protection de la vie aquatique et des activités récréatives effet chronique des différents contaminants, se base sur les résultats de calcul des objectifs environnementaux de rejets au niveau de toutes les stations.

Le bon état pour un paramètre est atteint lorsque l'ensemble des OER est respecté ;

Le mauvais état pour un paramètre n'est pas atteint lorsque l'ensemble des OER est non respecté. Les modalités de respect ainsi que le non-respect des OER sont précisées ci-après.

- Si l'OER est supérieur ou égal au critère de qualité, l'OER est atteint donc respect d'OER qui conduira à un bon état de l'oued ;
- Si l'OER est inférieur ou égal à zéro et inferieur au critère de qualité, l'OER n'est pas atteint donc c'est le non-respect des OER qui conduira à un mauvais état de l'oued.

Suivant la représentation schématique ci-dessous, il a été établi des cartes d'objectifs environnementaux de rejet (Figure. 72).

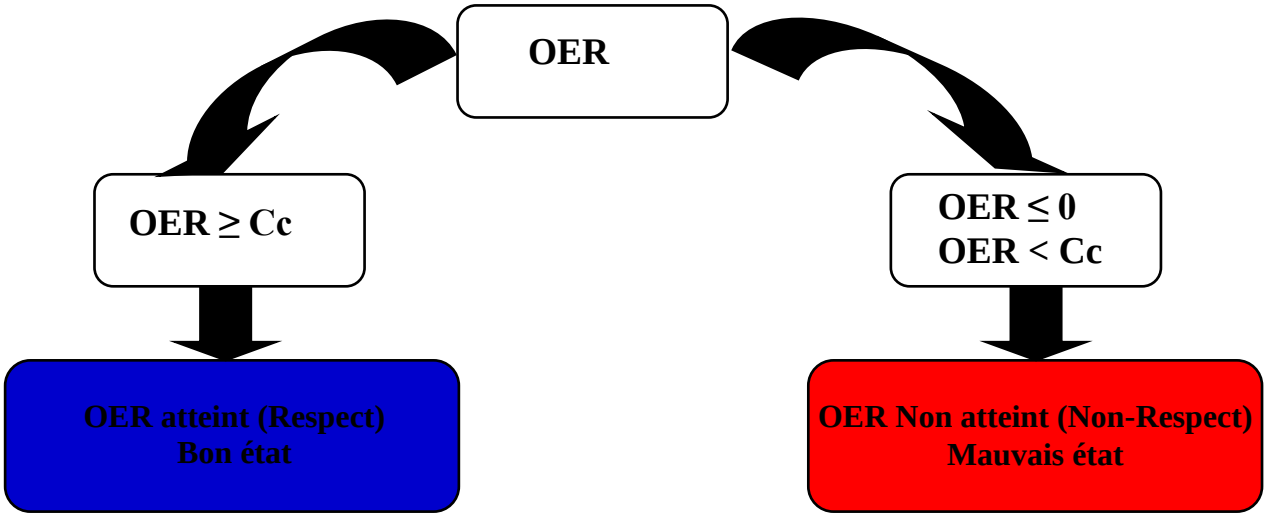

Figure. 72. Représentation schématique du respect et non-respect des OER.

VI.1. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Chlorures pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 73, montre que des objectifs environnementaux de rejet des Chlorures calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique sont atteints.

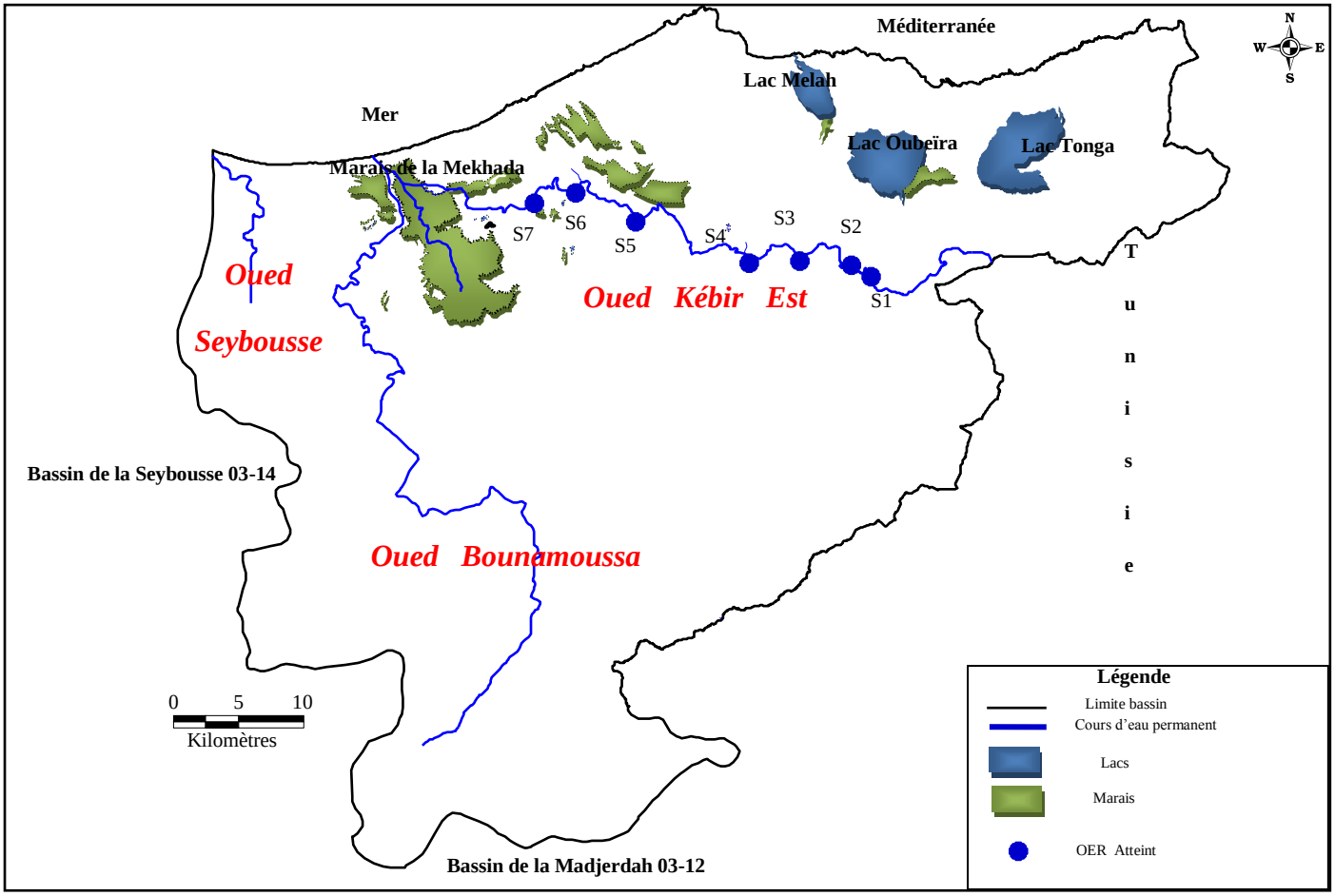

Figure. 73. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Chlorures pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Chlorures donne des valeurs supérieures au critère de qualité qui est égal à 230 mg/l, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux respectés en matière des Chlorures.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en matière des chlorures est classée en bon état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont inférieures à 250 mg/l ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant est atteint (Bahroun, 2016).

VI.2. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Matières En Suspension pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 74, montre les objectifs environnementaux de rejet des Matières En Suspension calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique sont non atteints pour toutes les stations.

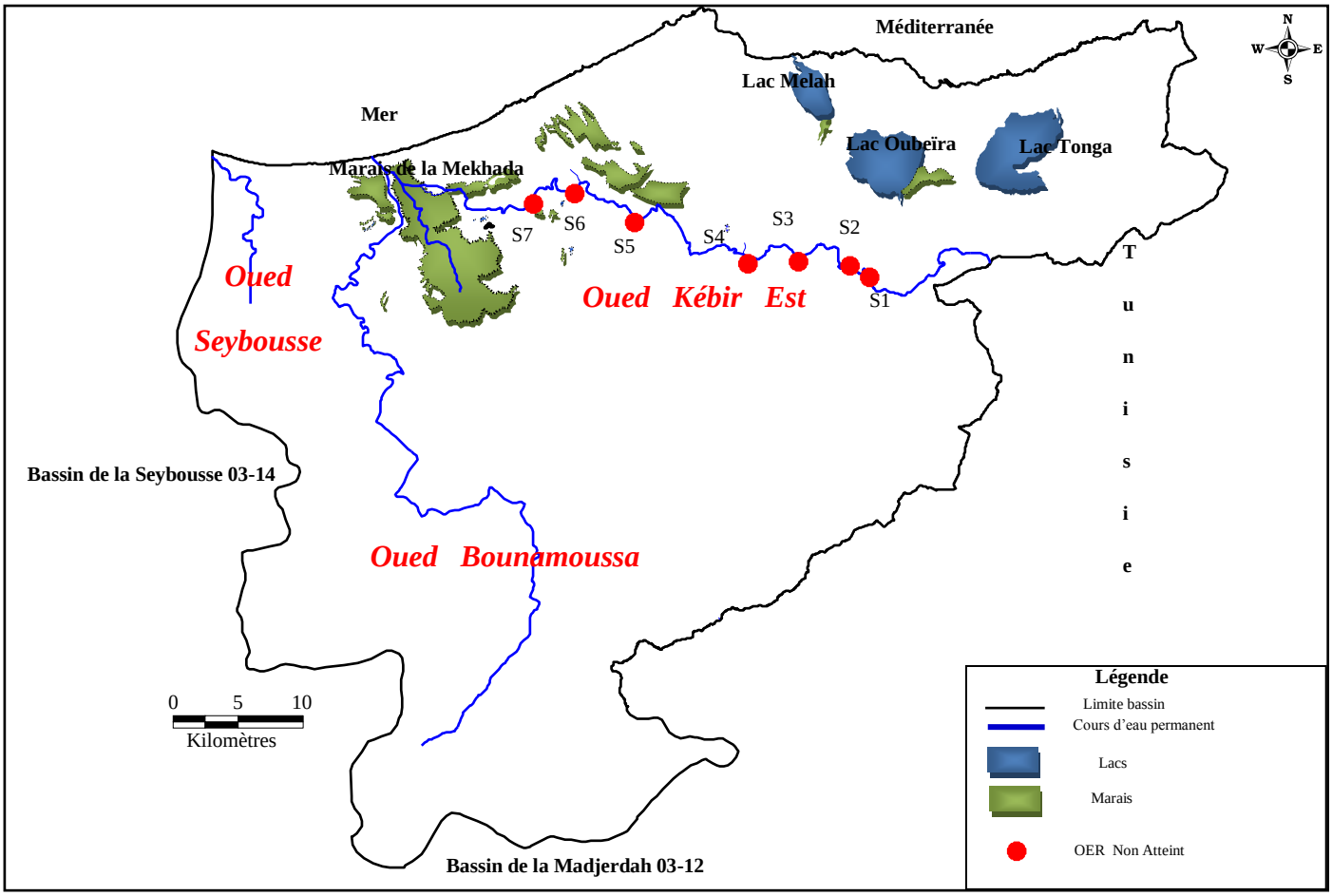

Figure. 74. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Matières En Suspension pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Matières En Suspension donne des valeurs inférieures au critère de qualité qui est égal à 5 mg/l, parfois nulles et même négatives, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux non respectés en qualité des Matières En Suspension.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité des Matières En Suspension est classée en mauvais état environnemental parce qu'elle

présente des teneurs en concentration amont élevées ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant n'est pas atteint.

VI.3. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Phosphates pour la protection de la vie aquatique chronique et de l'activité récréative

La Figure. 75, montre des objectifs environnementaux de rejet des Phosphates calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique et du critère de l'activité récréative sont non atteints pour toutes les stations.

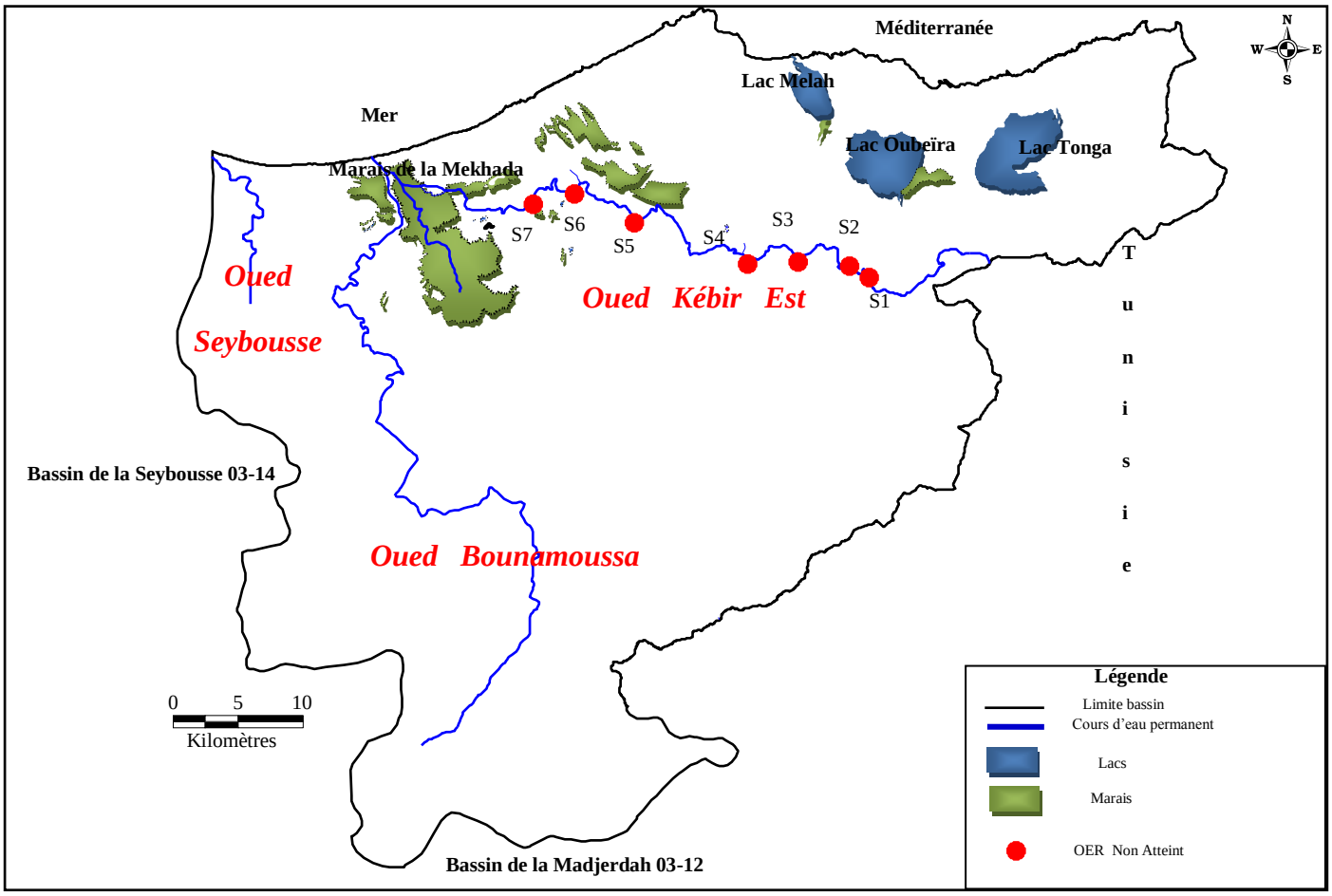

Figure. 75. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Phosphates pour la protection de la vie aquatique effet chronique et de l'activité récréative.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Phosphates donne des valeurs inférieures au critère de qualité qui est égal à 0,03 mg/l, parfois nulles et même négatives pour la protection de la vie aquatique et de l'activité récréative, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux non respectés en qualité des Phosphates.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité des Phosphates est classée en mauvais état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont élevées dépassant toujours le critère de qualité ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant n'est pas atteint (Bahroun, 2016).

VI.4. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Nitrites pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 76, montre une variation dans les objectifs environnementaux de rejet des Nitrites calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique.

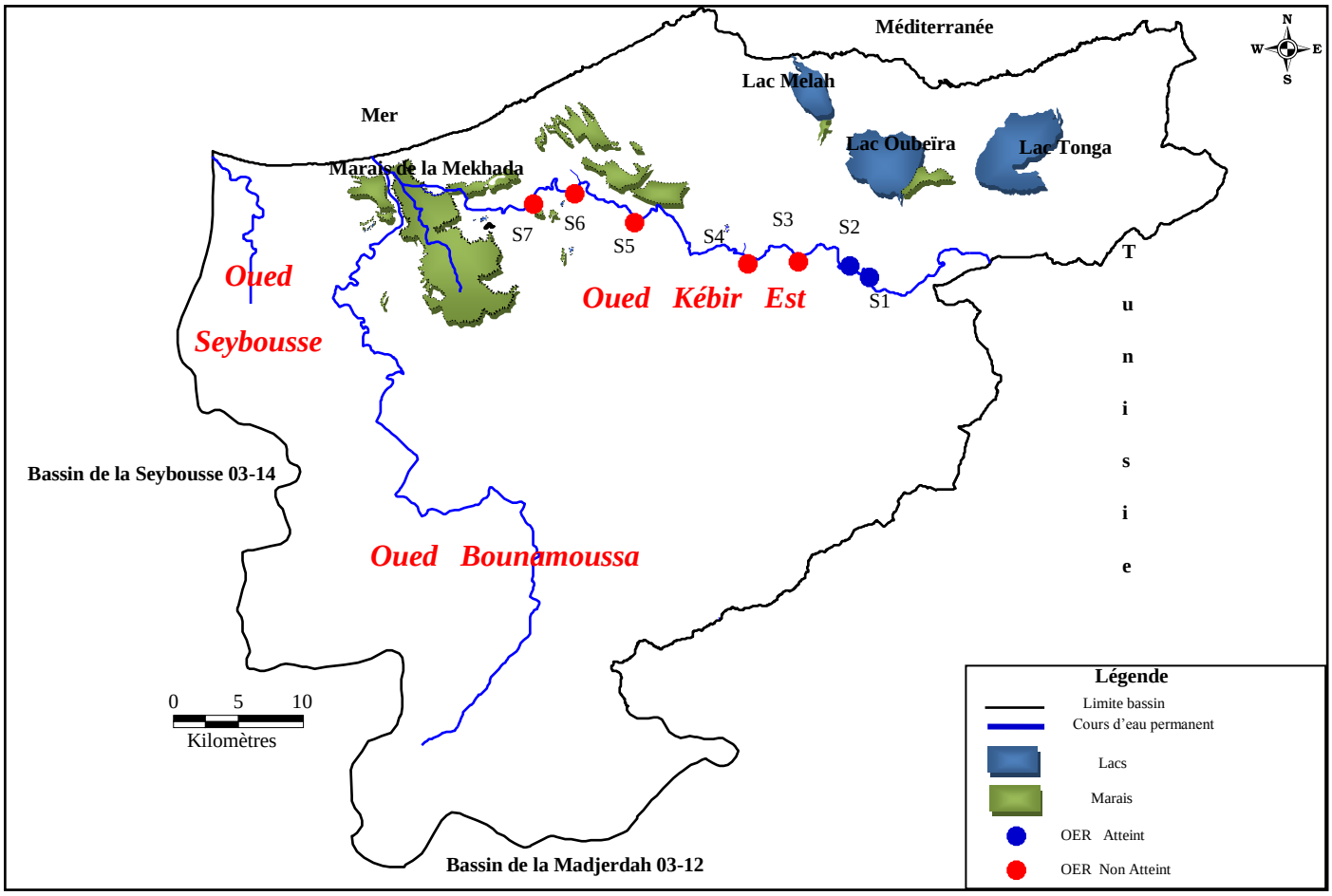

Figure. 76. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Nitrites pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Nitrites, donne des valeurs supérieures au critère de qualité égal à 0,2 mg/l au niveau des deux premières stations pour la protection de la vie aquatique effet chronique, et des valeurs inférieures au critère de qualité pour les autres stations, cette figure fait ressortir d'amont en aval des objectifs environnementaux respectés en qualité des Nitrites pour les deux premières stations et des objectifs environnementaux non respectés pour les autres stations.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité des Nitrites est classée en bon état environnemental à l'amont, parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont inférieures au critère de qualité, c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant à l'amont est atteint, malheureusement l'eaux de l'Oued Kébir Est, en qualité des Nitrites est classée en mauvais état environnemental pour les autres stations, parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont supérieures au critère de qualité, c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant vers l'aval n'est pas atteint.

VI.5. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Nitrates pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 77, montre que les objectifs environnementaux de rejet des Nitrates calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique sont atteints pour toutes les stations.

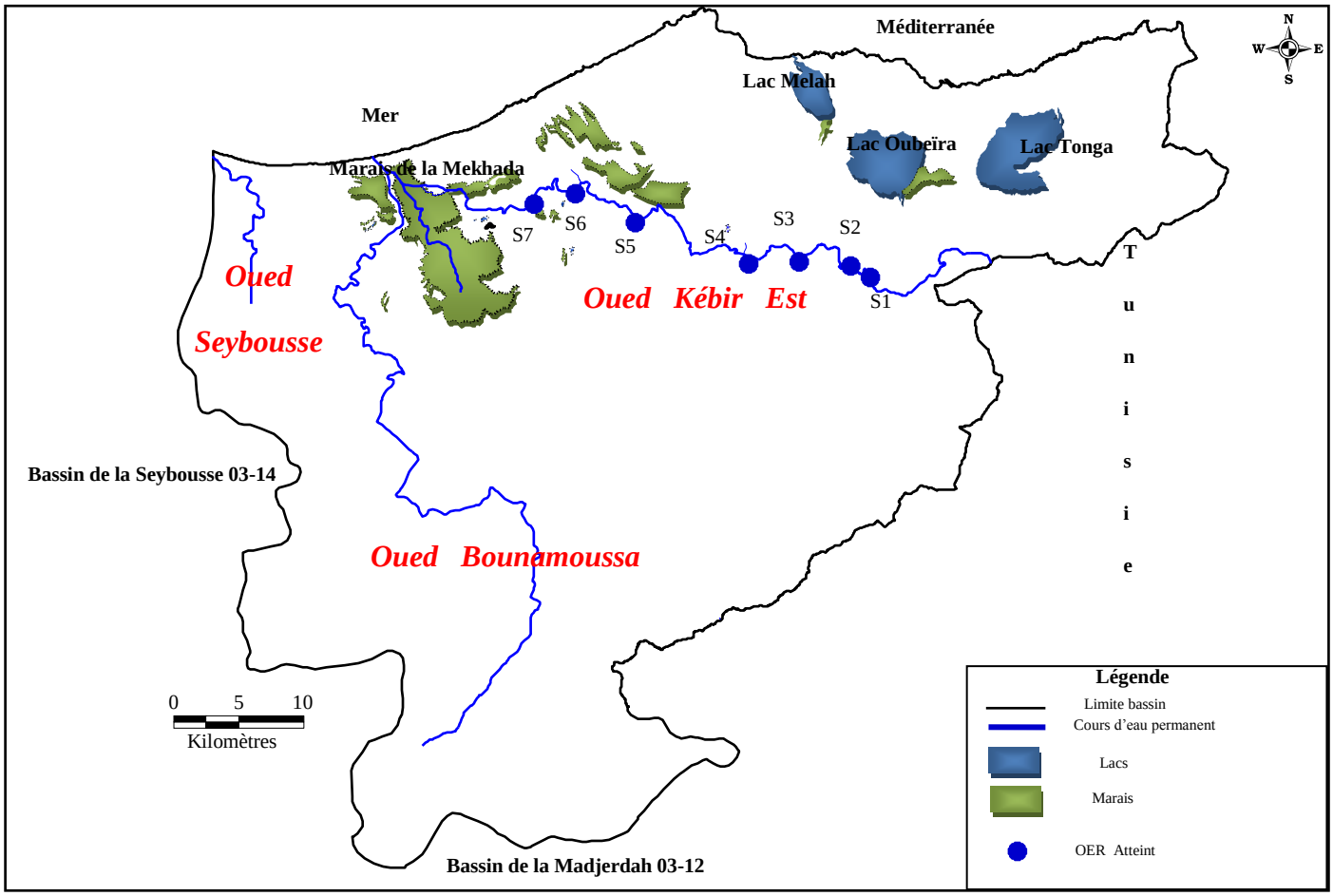

Figure. 77. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Nitrates pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Nitrates, donne des valeurs supérieures au critère de qualité égal à 2,9 mg/l, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux respectés en matière des Nitrates.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en matière des Nitrates est classée en bon état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont inférieures à 50 mg/l ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant est atteint (Bahroun, 2016).

VI.6. Carte des objectifs environnementaux de rejets de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 78, montre les objectifs environnementaux de rejet de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique sont non atteints pour toutes les stations.

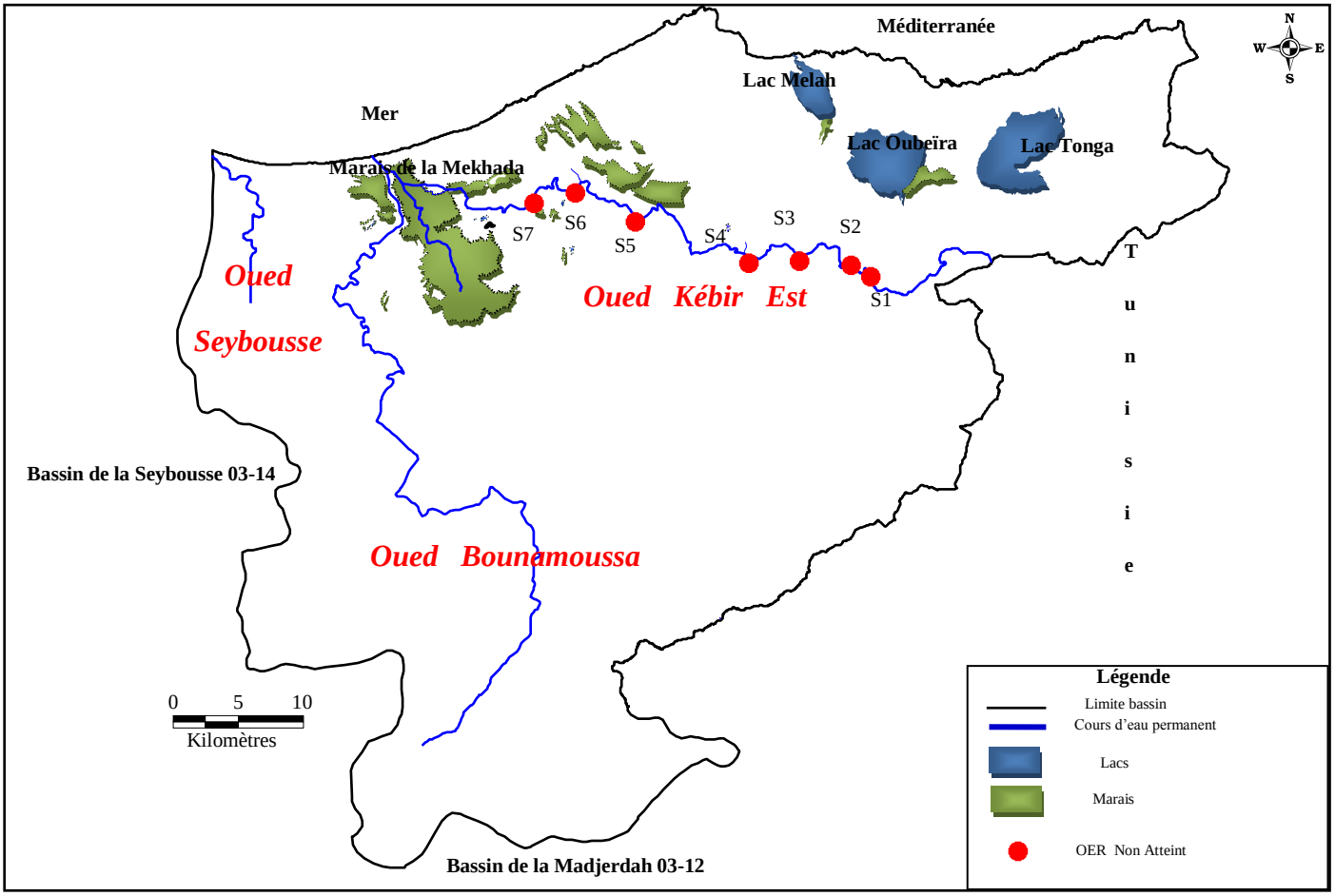

Figure. 78. Carte des objectifs environnementaux de rejet de la Demande Biochimique en Oxygène-5jours pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour la Demande Biochimique en Oxygène, donne des valeurs inférieures au critère de qualité qui est égal à 3 mg/l, parfois négatives pour la protection de la vie aquatique effet chronique, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux non respectés pour la Demande Biochimique en Oxygène.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité de la Demande Biochimique en Oxygène est classée en mauvais état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont élevées dépassant toujours le critère de qualité et parfois la norme fixée entre 2 et 20 mg/l ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant n'est pas atteint.

VI.7. Carte des objectifs environnementaux de rejets de l'Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 79, montre une variation dans les objectifs environnementaux de rejet de l'Oxygène Dissous calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique.

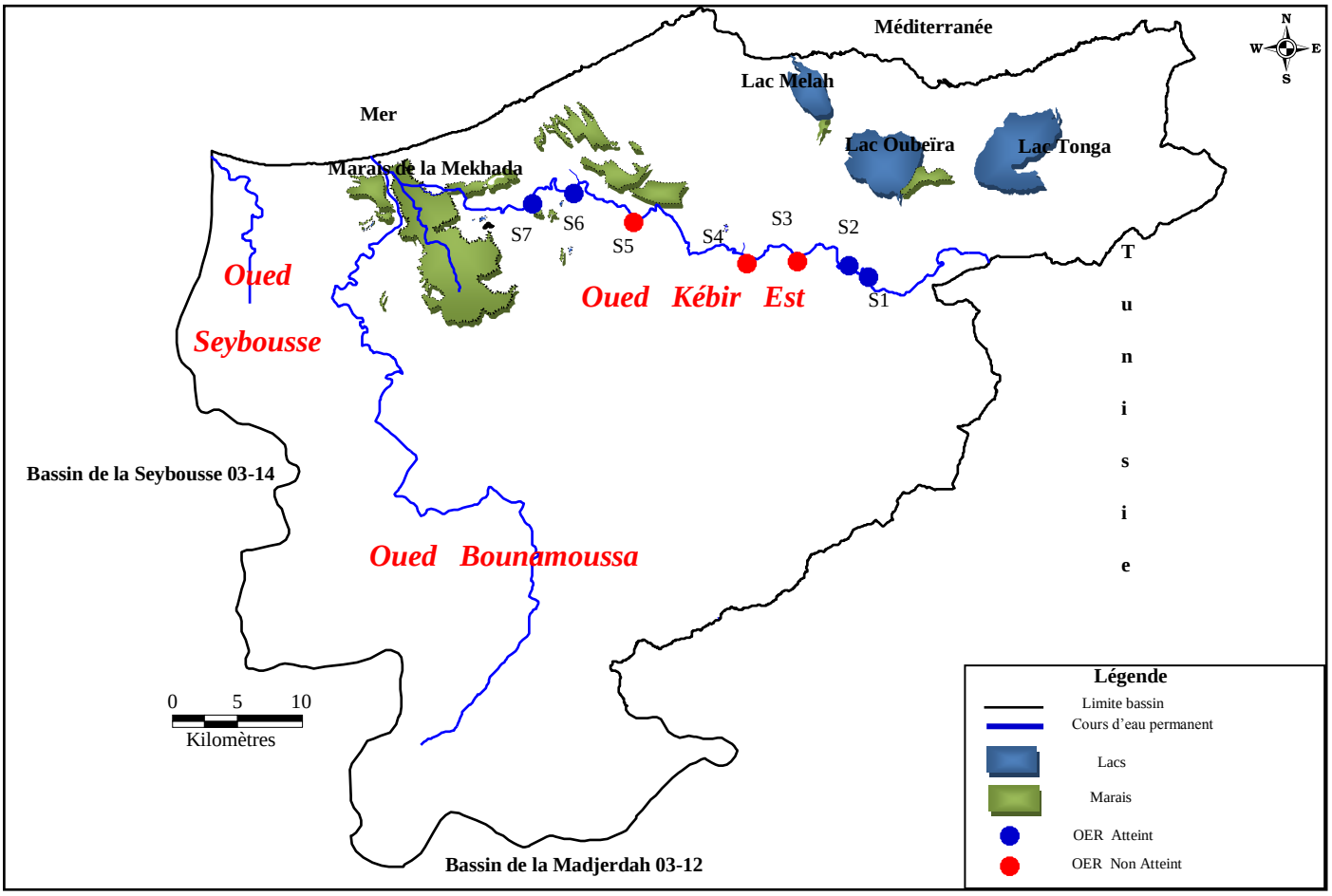

Figure. 79. Carte des objectifs environnementaux de rejet de l'Oxygène Dissous pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Pour protéger l'usage de la vie aquatique effet chronique des eaux de l'Oued Kébir Est, Les concentrations en oxygène dissous au niveau de toutes les stations ne devraient pas être inférieures à 5 mg/l pour une température supérieure à 20 °C, d'après nos résultats les valeurs d'Oxygène Dissous au niveau des stations S1, S2, S6 et S7 dépassent les 5 mg/l. Donc la figure fait ressortir d'amont et en aval des objectifs environnementaux respectés pour l'Oxygène Dissous, par contre au milieu de l'oued ; les concentrations en Oxygène Dissous des stations S3, S4 et S5 sont inférieures à 5 mg/l ; face à cette situation les objectifs environnementaux de ces stations ne sont pas respectés.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité d'Oxygène Dissous est classée en bon état environnemental pour les stations S1, S2, S6 et S7 parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration élevées ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant est atteint. Pour ce qui est des stations S3, S4 et S5 ; l'eau de l'Oued Kébir Est, en qualité d'Oxygène Dissous est classée en mauvais état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration faibles ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant n'est pas atteint.

VI.8. Carte des objectifs environnementaux de rejets des Sulfates pour la protection de la vie aquatique chronique

La Figure. 80, montre les objectifs environnementaux de rejet des Sulfates calculés à partir du critère de la protection de la vie aquatique effet chronique sont atteints.

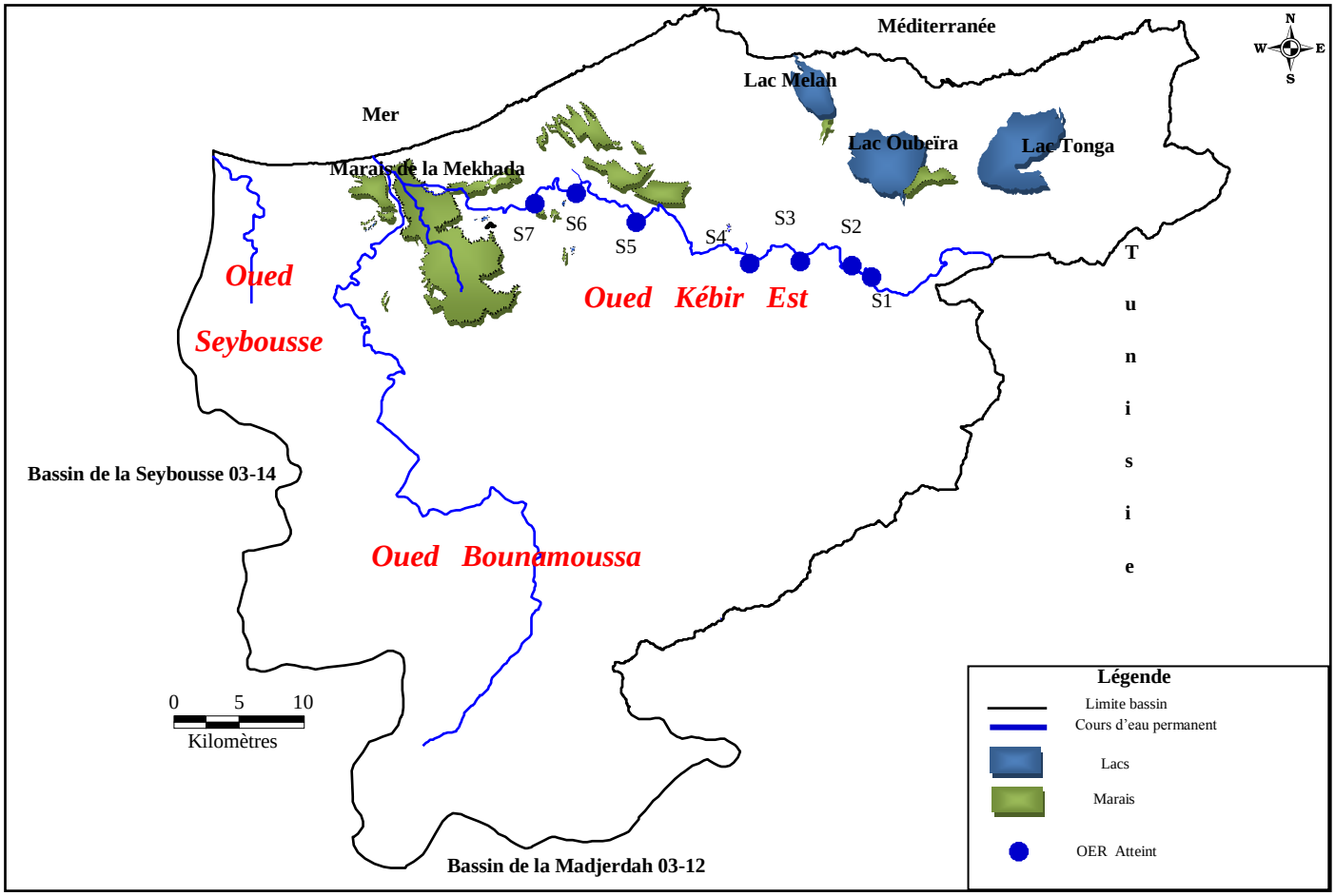

Figure. 80. Carte des objectifs environnementaux de rejet des Sulfates pour la protection de la vie aquatique effet chronique.

Le calcul des objectifs environnementaux de rejets pour les Sulfates, donne des valeurs supérieures au critère de qualité, cette figure fait ressortir d'amont en aval et au niveau de toutes les stations des objectifs environnementaux respectés en matière des Sulfates.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que l'eau de l'Oued Kébir Est, en matière des Sulfates est classée en bon état environnemental parce qu'elle présente toujours des teneurs en concentration amont inférieures à 250 mg/l ; c'est pour cette raison que l'OER pour ce contaminant est atteint.

VII. CONCLUSION

Le bon état des eaux de l'Oued Kébir Est, est justifié par le calcul des objectifs environnementaux ; ce calcul fait ressortir des objectifs respectés et des objectifs non respectés. D'après les résultats ci-dessus on constate que l'usage de la vie aquatique effet chronique est en bon état en matière des Chlorures, Nitrates et Sulfates au niveau de toutes les stations ; le respect des OER signifie que la qualité de l'eau est protégée pour la faune et la

flore 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.

D'après les résultats ; on remarque que l'usage de la vie aquatique effet chronique est en bon état en matière des nitrites pour les stations S1 et S2. Et en mauvais état pour les autres stations.

En qualité d'Oxygène, pour l'usage de la vie aquatique, on distingue un bon état au niveau des stations S1, S2, S5, S6 et S7. Et un mauvais état pour les stations S3 et S4.

Le dépassement occasionnel d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y a un danger immédiat pour la santé ou l'environnement. Il signifie 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, donc en qualité des Phosphates, Matières En Suspension, Demande Biochimique en Oxygène-5jours, pour l'usage de la vie aquatique et l'activité récréative, on remarque toujours un dépassement des objectifs au niveau de toutes les stations.

Suite à ses résultats, on constate que les objectifs environnementaux des contaminants indicateurs de la pollution organique tels-que les Nitrites, Phosphates et Demande Biochimique en Oxygène ne sont pas respectés, ils présentent toujours des dépassements au niveau de la majorité des stations d'où l'existence d'une pollution organique; par contre les paramètres minéraux tels-que les Chlorures et Sulfates dont le calcul du critère de ce dernier dépend des concentrations en Calcium et Magnésium, présentent toujours des objectifs environnementaux respectés. Ces paramètres réintègrent dans le calcul du Sodium Absorption Ratio (SAR), dont le calcul de ce dernier a montré une eau de bonne qualité pour des fins d'irrigation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le bassin des Côtiers Constantinois Est, d'une superficie de 2.870 km^2, est drainé par deux oueds importants : l'Oued Kébir Est à l'Est et l'Oued Bounamoussa à l'Ouest. Bien que la vocation essentielle du bassin soit l'agroalimentaire, la superficie agricole est de 83 995 Ha dont l'activité industrielle est moins importante que les autres secteurs.

Les massifs forestiers occupent une superficie de plus de 167 425 Ha représentant un taux de 57% du territoire du bassin. Ce dernier est partagé essentiellement entre deux entités totalement opposées, mais appartenant toutes les deux au domaine tellien. Les sols les plus répandus dans la zone d'étude, particulièrement à l'Est, et au sud sont les sols podzoliques, les sols dunaires, les sols de marais et les sols salins de type solontchak ou solonetz.

L'étude morphologique de la région d'étude, nous a permis de déterminer les caractéristiques du bassin versant de l'Oued Kébir Est. Celui-ci est de forme allongée favorisant des faibles débits de pointe. Les altitudes qui sont, dans l'ensemble, fortes à faibles reflètent parfois un relief fort, elles sont comprises entre 0 à 1406 m.

L'étude stratigraphique des principaux affleurements rencontrés montre bien que les terrains les plus anciens sont ceux du Secondaire, quant aux terrains les plus dominants à travers le territoire de la région, surtout dans le domaine montagneux, ce sont ceux de l'Eocène et l'Oligocène qu'on peut regrouper sous le nom de terrains numidiens. Ces derniers affleurent avec une série d'argiles et de grès, sur lesquels reposent des terrains miocènes argilo -sablo conglomératiques datés du Pontien.

Notons enfin que les terrains les plus récents dans l'espace de cette région sont ceux du Quaternaire, à la fois marins et continentaux.

Du point de vue climatique, la zone d'étude est soumise à un climat tempéré caractérisé par deux saisons : une humide allant du mois de Septembre au mois de Mai et une sèche allant du mois de Mai au mois de Septembre.

Le suivi des débits enregistrés à la station d'Ain Assel fait par les services de l'ANRH, s'étend sur 40 ans d'observation (1963-2003) dont le débit de l'Oued Kébir Est, varie de 0 m^3/s (période d'étiage) à 300 m^3/s (1982 /1983, 2002/2003….etc), pendant les périodes de fortes averses. Il atteint des valeurs de l'ordre de 585 m^3/s. Une étroite relation entre les précipitations et le régime des débits est observée pendant que le débit augmente pour participer à la dilution des eaux de l'oued. Par contre pendant la période des basses eaux le débit est faible, ce qui est en faveur de la pollution.

Du point de vue hydrogéologique, les études réalisées dans la zone d'étude, font ressortir l'existence de plusieurs systèmes aquifères repartis sur trois plaines à savoir :

La plaine Annaba-Bouteldja dont les systèmes aquifères sont ;
Les nappes superficielles constituées par :
La nappe des terrasses localisée au Sud/Sud-Ouest de la plaine d'Annaba, elle est contenue dans des cailloutis plus ou moins argileux et des galets, cette nappe n'est pas exploitée.
La nappe phréatique qui couvre l'ensemble de la superficie de la plaine, contenue par des alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, argilo-limoneuse ou sablo-argileuse.

La nappe du cordan dunaire s'étend entre Annaba et Oued Mafragh, elle a pour intérêt d'isoler la nappe phréatique de la plaine, des venues d'eau salée. Cette nappe est alimentée par l'infiltration des pluies.

Plus à l'Est le long du littoral, un énorme massif dunaire s'amplifie de l'Ouest vers l'Est « le massif dunaire de Bouteldja », il forme une nappe libre avec un substratum argilo-gréseux imperméable. Il est constitué de sables éoliens ; Cet aquifère est vulnérable du fait de la présence de la mer et des marécages salés à son pourtour.

La nappe profonde se forme de ;

La nappe profonde des graviers, elle est située en dessous de l'aquifère superficiel. Le réservoir de la nappe est constitué par des graviers, sables et galets plio-quaternaire et encaissé dans un bassin d'effondrement.

La plaine d'El Tarf-Ain Assel comprend ;

Une nappe superficielle couvrant l'ensemble de la superficie de la plaine d'El Tarf. Elle est contenue dans des formations alluvionnaires et des argiles plus ou moins sableuses.

Une nappe captive s'étend de l'Est vers l'Ouest. Le substratum de cet aquifère est marneux, imperméable. Le réservoir est constitué de galets et de graviers, surmonté par un toit argileux d'épaisseur importante.

La plaine d'Oum Teboul comprend ;

Une nappe superficielle très perméable, formée de gravier. Elle s'étend entre le massif dunaire de Bouteldjaet la rive Sud de l'Oued El Eurg.

Une nappe semi captive, localisée dans le secteur Sud avec un toit argilo-sableux, constituée par des graviers.

L'inventaire des sources d'eau naturelle nous a permis d'identifier un nombre important de sources ayant un débit important avec une bonne qualité, malheureusement abandonnées. En matière de thermalisme, la région, est dotée de six (06) sources thermales.

Le Nombre des forages existants pour l'alimentation en eau potable et d'irrigation, est de 127 totalisant un débit de 1579 l/s ; la région compte, selon les données du plan national de l'eau, 222 puits.

Pour ce qui est des Oueds Kébir Est, Bounamoussa et Seybousse, ce sont les principales sources d'eau sur le territoire du bassin. Les barrages actuellement en exploitation sont au nombre de deux (02) à savoir : Mexa et Cheffia.

L'étude de la qualité chimique des eaux de surface de l'Oued Kébir Est, nous a permis d'apprécier leur qualité chimique, qui constitue un point essentiel pour notre étude dans la région. La qualité des eaux de surface de l'Oued Kébir Est, dépend de plusieurs paramètres physiques, chimiques et biologiques. Leur variation est due soit à la lithologie des terrains traversés (dissolution des formations géologiques), soit à des facteurs externes (déversement dans l'oued anarchique des eaux urbaines non épurées sans aucun traitement préalable, le non-respect des normes de l'activité agricole suite à l'utilisation intensive des engrais chimiques).

L'aspect qualitatif des eaux de l'Oued Kébir Est, a pris une bonne part dans la présente thèse. Des analyses ont été faites tout le long de l'oued.

Le traitement des données acquises, nous a permis d'utiliser plusieurs méthodes comparatives et complémentaires à la fois.

Les diagrammes dans le temps et dans l'espace ont été dressés pour évaluer l'évolution spatio-temporelle de la pollution le long de l'oued. Il ressort que la pollution est variable d'une station à l'autre, et selon les mois d'observation ; on note que les teneurs maximums en nitrite et ammonium fluctuent respectivement de 0,2 à 0,95 mg/l, et de 0,1 à 3,04 mg/l au niveau des stations de prélèvement, ces valeurs dépassent la norme. L'analyse physico-chimique des eaux en qualité des chlorures, calcium, magnésium, sodium et potassium des eaux de l'Oued Kébir Est, a montré que généralement leurs concentrations ne dépassent pas la norme sauf au niveau de la deuxième station, où on constate une élévation des teneurs en calcium atteignant les 115,43 mg/l.

Globalement, les eaux de l'Oued Kébir Est, présentent un faciès chimique Bicarbonaté Calcique.

L'analyse statistique en composante principale révèle trois milieux différents où on note :

Une zone bien oxygénée avec des teneurs importantes en oxygène dissous dont la moyenne est de 8,08 mg/l, des teneurs en sulfate, en nitrate et en phosphates respectivement de 90 ; 3 et 0,6 mg/l. cette zone caractérise le point situé à l'aval du barrage Mexa c'est la stations S1.

Une zone réduite où les éléments nitrites, ammoniums et la demande biochimique en oxygène sont importants, dont on note des teneurs en nitrites oscillent entre 0,55 et 0,95 mg/l, des concentrations en ammoniums varient de 0,59 à 3,04 mg/l ; et des valeurs en DBO_5 fluctuent de 20 à 40 mg/l. Cette zone caractérise les points se trouvant en aval des rejets où les débits de rejet sont importants (de130 à 198 l/s).

Une zone où les éléments chimiques majeurs dominent, dont les teneurs en calcium sont de l'ordre de 115,43 mg/l ; montrant une pollution anthropique due aux détergents (lavage de véhicule).

En générale les eaux de l'Oued Kébir Est, d'après les normes d'OMS et piscicoles ; montrent une bonne qualité pour les paramètres physiques, et une mauvaise qualité pour les paramètres organiques.

En ce qui concerne l'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est, à l'irrigation ; il a été nettement prouvé que durant cette période les eaux de cet oued sont de bonne qualité, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité. Donc les eaux de l'Oued Kébir Est, conviennent à l'irrigation.

La variation temporelle de la pollution organique au niveau des sept stations, montre des concentrations faibles en nitrates, nitrites, ammoniums, phosphates et DBO_5 pendant le mois d'Avril dues à l'augmentation du débit qui contribue à la dilution des fortes teneurs. Pendant les mois de Juin, Juillet et Août, on remarque que les concentrations augmentent avec l'augmentation de la température surtout au niveau des stations S3, S4, S5, S6 et S7 ; ceci est dû à l'activation des réactions biologiques telle que la dénitrification qui conduit à l'élévation des concentrations en nitrites. Dans un milieu bien oxygéné le processus de nitrification

s'effectue ce qui explique la baisse des teneurs en ammonium au niveau des stations S5, S6 et S7 pendant le mois de Septembre.

La variation spatiale de la pollution organique au niveau des sept stations, montre que le milieu est bien oxygéné au niveau de la première station, or la pollution organique est modérée, due à un apport d'azote et de phosphate lessivé par les eaux aux niveaux des parcelles agricoles. Au niveau de la deuxième et troisième station le taux d'oxygène diminue, on note une dégradation du milieu par conséquent le pouvoir auto-épurateur devient faible (pollution organique modérée à forte). Pour la quatrième station, on constate une chute du taux d'oxygène, le milieu devient réducteur où on note une valeur d'IPO égale à 1,75 ; donc absence de l'autoépuration (pollution organique très forte). Plus à l'aval au niveau des dernières stations, on remarque une augmentation d'oxygène dissous d'une station à l'autre, ceci est expliqué par l'accomplissement de l'autoépuration de l'oued, dont on observe que la valeur de l'IPO augmente à 2,75.

Le bon état des eaux de l'Oued Kébir Est, est justifié par le calcul des objectifs environnementaux ; ce calcul fait ressortir des objectifs respectés et des objectifs non respectés. D'après les résultats, on constate que l'usage de la vie aquatique effet chronique est en bon état en matière des Chlorures, Nitrates et Sulfates au niveau de toutes les stations ; le respect des OER signifie que la qualité de l'eau est protégée pour la faune et la flore 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.

D'après les résultats ; on remarque que l'usage de la vie aquatique effet chronique est en bon état en matière des nitrites pour les stations S1 et S2. Et en mauvais état pour les autres stations.

En qualité d'Oxygène, pour l'usage de la vie aquatique, on distingue un bon état au niveau des stations S1, S2, S5, S6 et S7 et un mauvais état pour les stations S3 et S4.

Le dépassement occasionnel d'un OER ne signifie pas nécessairement qu'il y a un danger immédiat pour la santé ou l'environnement. Il signifie 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, donc en qualité des Phosphates, Matières En Suspension, Demande Biochimique en Oxygène-5jours, pour l'usage de la vie aquatique, et l'activité récréative, on remarque toujours un dépassement des objectifs au niveau de toutes les stations.

Suite à ses résultats, on perçoit que les objectifs environnementaux des contaminants indicateurs de la pollution organique tels-que les Nitrites, Phosphates et Demande Biochimique en Oxygène ne sont pas respectés, ils présentent toujours des dépassements au niveau de la majorité des stations d'où l'existence d'une pollution organique; par contre les paramètres minéraux tels-que les Chlorures et Sulfates dont le calcul du critère de ce dernier dépend des concentrations en Calcium et Magnésium, présentent toujours des objectifs environnementaux respectés.

SIGLES ET ACRONYMES

Km^2	: Kilomètre carré
Km	: Kilomètre
m^3	: mètre cube
m	: mètre
cm	: centimètre
mm	: millimètre
mm/an	: millimètre par an
m/km	: mètre par kilomètre
km/km^2	: kilomètre par kilomètre carré
m/s	: mètre par seconde
m^2/s	: mètre carrée par seconde
m^3/s	: mètre cube par seconde
hm^3	: hectomètre cube
Ha	: Hectare
l/s	: litre par seconde
l/j/hab	: litre par jour par habitant
m^3/j	: mètre cube par jour
hab/Km^2	: habitant par kilomètre carré
hab	: habitant
m^3/an	: mètre cube par an
hm^3/an	: hectomètre cube par an
m^3/ha	: mètre cube par hectare
$m^3/ha/an$	: mètre cube par hectare par an
Kg/j	: Kilogramme par jour
mg/l	: milligramme par litre
µg/l	: microgramme par litre
mmhos/cm	: milli mhos par centimètre
µs/cm	: microsiemens par centimètre
mV	: millivolt
nm	: nanomètre
%	: Pourcent
≥	: Supérieur ou égal
≤	: Inférieur ou égal
>	: Supérieur
<	: Inférieur
=	: égal
°	: Degré
′	: Minute
″	: Seconde
°C	: degré Celsius
°F	: degré français
S	: Sud
N	: Nord
E	: Est
W	: Ouest
P	: Précipitation

T : Température
$Q_{max\ /j}$: Débit maximum journalier
Q_{max} : Débit maximum
Q_{min} : Débit minimum
X : Longitude
Y : Latitude
Z : Altitude
Max : Maximum
Min : Minimum
Moy : Moyenne
S : Station de prélèvement
R : Rejet
CE : Conductivité
pH : potentiel d'hydrogène
Eh : potentiel d'oxydoréduction
O_2 : Oxygène dissous
MES : Matière En Suspension
TH : Titre Hydrométrique
Ca^{2+} : Calcium
Mg^{2+} : Magnésium
K^+ : Potassium
Na^+ : Sodium
Cl^- : Chlorure
HCO_3^- : Bicarbonate
NH_3 : Ammoniac
NH_4^+ : Ammonium
NO_2^- : Nitrite
CO_2 : Dioxyde de Carbone
$CaCO_3$: Dureté
PO_4^{3-} : Phosphate
DCO : Demande Chimique en Oxygène
DBO_5 : Demande Biochimique en Oxygène-5jour
NO_3^- : Nitrate
SO_4^{2-} : Sulfate
ETR : Évapotranspiration réelle
ETP : Évapotranspiration potentielle
RFU : Réserve Facilement Utilisable
DA : Déficit Agricole
SE : Surplus d'Eau
RSE : Recharge du Sol en Eau
ES : Épuisement de Stocke
Def : Déficit
Exc : Excédent
R : Ruissellement
I : Infiltration
MI : Milieu Un
MII : Milieu Deux
MIII : Milieu Trois
F : Facteur
N° : Numéro

BV : Bassin Versant
ACP : Analyse en Composante Principale
ABH : Agence des Bassins Hydrographiques
Pop : Population
DSA : Direction du Service Agricole
SAU : Surface Agricole Utile
ONM : Office Nationale de la Météo
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
DPAT : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
DHW : Direction d'Hydraulique de la Wilaya
PNEK : Parc National d'El Kala
DMI : Direction de l'Énergie et des Mines
ZET : Zone d'Expansion Touristique
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques
ENET : Entreprise Nationale des Etudes Touristiques
PMH : Petite et Moyenne Hydraulique
AEP : Alimentation en Eau Potable
AEI : Alimentation en Eau Industrielle
RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
GPI : Grands Périmètres Irrigués
PME : Petites et Moyennes Entreprises
OER : Objectif Environnementaux de Rejets
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 aquatique
CARE : Critère d'Activités Récréatives et d'Esthétique
CVAC : Critère de protection de la Vie Aquatique Chronique
CFTP : Critère de protection de la Faune Terrestre Piscivore
IPO : Indice de Pollution Organique
IHE : Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie
SAR : Sodium Absorption Ratio
IFN : Inventaire Forestier National
BNEDER : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural
Dj : Djebel

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abi Zied I, Bobée B., 1999, Modélisation stochastique des étiages Revue des sciences de l'eau RevSci Eau 12/3, pp459-484.

Adam J., 1980, Health aspects of nitrate in drinking water and possible means of denitrification, literature review, water SA, 6, p79.

Affoun S., 2006, Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la mafragh, Mémoire de magister, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Université de Constantine, 186p.

Afnor., 1999, Recueil de normes françaises: qualité de l'eau. 3° édition.

Agence de Bassin Hydrographique., Septembre 2000, Constantinois-Seybouse-Mellegue, Les cahiers de l'Agence, Cahier numéro 4, 75p.

Audet D., Boucher C., Caumartin A., Skeene C., 2000, Probabilités et statistiques 2ème édition, Editions Gaétan Morin, 411p.

Bagnouls F et Gaussen H., 1957, Les climats biologiques et leur classification, Annales de Géographie, 66 année, N° 335, pp22-193.

Bahroun S., 2007, Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'El Tarf, Mémoire de magister, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 122p.

Bahroun S et Kherici Bousnoubra H., 2011, Évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'el Tarf (Nord-Est Algerien), Larhyss Journal, N°9, pp171-178.

Bahroun S., Bousnoubra H., Drouiche N., Kherici N., 2016, Analysis of wastewater discharges to the wadikebir east river by the environmental discharge objectives (EDO) method, Desalination and water treatment, Volume 57 , Issue 54 , pp.

Baumont S., Camard, J.P., Lefranc, A., Franconi, A., 2003, Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 222p.

Bentouati L., 2011, Etude de la pollution des eaux souterraines de la région de sétif et d'oued Bousselam par les rejets industriels et urbains, Mémoire de magister, Faculté des Sciences, Université d'Annaba, pp39-104.

Brahimi A., Chafi A et J. Mater., 2014, Étude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent oued Tizeghrane (basse Mouloya, Maroc oriental), Environ. Sci. 5, pp1671-1682.

Cann A.J., 2000, Virus Culture - A practical approach. The Practical Approach Series n°208, Oxford University Press, 296p.

Castany G et Margat., 1977, Dictionnaire français d'hydrogéologie, géologie minière, 249p.

Chaoui W., 2007, impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued seybouse et de l'oued mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de bouchegouf (guelma), Mémoire de magister, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, pp79-84.

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.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME)., 2003, Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, mise à jour 3.2, décembre 2003, Winnipeg, le Conseil.

CoutagneA., 1954, Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum, La Houille blanche, 360 – 369p.

Daizy B., 2004,Traitement biologique des effluents azotés avec arrêt de la nitrification au stade nitrite. Thèse de doctorat, Ecole doctorale, Science et procédé biologique et industriels.

Debieche T. H., Mania J et Mudry J., 26 - 28 avril 2001, Impacte des rejets industriels et urbains sur la qualité des eaux superficielles (Fer, Manganèse et Ammonium), application à la basse vallée de la Seybouse (Nord-Est algérien), Colloque National d'Hydrogéologie et d'Environnement, (présentation orale), Fès – Maroc, p. 102.

Debieche T.H., 2002, Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, Thèse Doctorat, Université Franche Compte, 199p.

De Martonne E., 1926, Aréisme et indice aridité, Comptes Rendus de L'Acad Sci, Paris, 182, 1395 - 1398.

Derradji E F., Kerici N., Romeo M et Caruba R., 2004, Aptitude des eaux de la vallée de la Seybouse à l'irrigation (Nord-Est algérien), Revue Sécheresse ; volume 15 N°4, pp353-360.

Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O et Belghity D., 2010, Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fes, Larhyss Journal, 08 pp101-112.

Direction d'hydraulique de la wilaya., 2009, Les objectifs du plan d'aménagement du territoire de la wilaya, El Tarf, Phase 1, 400p.

Dubreuil P., 1974, Initiation à l'analyse hydrologique, Masson, 216p.

Egboka B.C.E., 1984, Nitrate contamination of shallow groundwaters in Ontario, Canada, sci. Totale environ, pp35-53.

Fellrath M., 1995, Qualité des eaux. Monographies en écologie des polluants (2). Institut de Génie de l'environnement, laboratoire de Génie Sanitaire. Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne, 220p.

Fustec E., Lefeuvre J C et Coll., 2000, Fonctions et valeurs des zones humides, Dunod Paris, 426p.

Gailliez S., 2013, Estimation des débits d'étiage pour des sites non jaugés. Application en région wallonne, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Liège, 199p.

Gaujous D., 1995, La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.

Ghadbane N., 2003, Les eaux usées urbaines, Mémoire de Magistère, université Mohamed Boudiaf M'sila, 147p.

Ghrien L., 2011, impact de la minéralisation des formations triasiques sur la qualité de l'eau et du sol en zone semi- aride : cas de la plaine bekkaria-tébessa (extrême nord-est algérien), Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 134p.

Gomella C et Guerree H., 1978, Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.

Guasmi I., 2009, Pollution des eaux et pouvoir auto-épurateur de l'oued medjerda (Nord - Est Algerien), Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 205p.

Hadj Said S., 2007, Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : Cas de la nappe de guerbes, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 180p.

Haid N., 2015, Evaluation quantitative d'une réalimentation de la nappe libre du massif dunaire de Bouteldja dans la région de Bordj Ali Bey et son impact sur la qualité des eaux souterraines, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 166p.

Hamzaoui S., 2011, Gestion et impact des déchets Solides urbains sur l'environnement, El tarf commune, Mémoire de magister,Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 105p.

Handouzi M., 2011, Evolution du chimisme des eaux du barrage Mexanna (Nord-Est Algérien), mémoire de magister, IST, Université de Annaba, 103p.

Hani A., 2003, Analyse méthodologique de la structure et des processus anthropiques : application aux ressources en eau d'un bassin côtier méditerranéen, Thèse de doctorat d'état, Es. Sciences, IST, Université d'Annaba, 213p.

Hébert S et Légaré S., 2000, Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec 24. Envirodoq no ENV-2001-0141. Rapport n° QE-123p.

Inhaber H., 1975, An Approach to a Water Quality Index for Canada, Water Research, vol. 9, pp821-833.

Iowa Department of Natural Resources., 2009, Water Quality Standards Review: Chloride, Sulfate and Total Dissolved Solids, Iowa Department of Natural Resources, 79p.

Jacobs K et R Pulwarty., 2002, Water Resource Management, Science, Planning and Decision-Making, American Geophysical Union Monograph.

Kerdoud S., 2006, le bassin versant de beniharoun eau et pollution, Mémoire de magister,Faculté des Sciences de la terre, Université de Constantine, 125p.

Khérici N., 1985, Aquifère sableux de bord de mer, hydrodynamique et hydrochimie. Exemple de la nappe de Bouteldja (N-E Algérie), Thèse de 3ème cycle, U.S.T.L, Montpellier, 202p.

Khoualdia W., 2015, Contribution à l'étude de la variabilité climatique et son impact sur les ressources hydriques « cas d'oued Medjerda Nord-Est Algérie », Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'ingéniorat, Université d'Annaba, 142p.

Labar S., 2003, Contribution à l'identification des aires inondables et qualité physico-chimiques des eaux stagnantes temporaires dans la vallée de la Mafragh « Extrême Nord Est Algérien », Mémoire de magister,Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 106p.

Leclercq L., 2001, Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau, Station scientifique des hautes-Fagnes, Belgique, 55p.

Maidment D.R., 1993, Handbook of hydrology. McGraw- Hil, New York, 1424p.

Martin G., 1979, Le problème de l'azote dans les eaux. Technique et Documentation, Paris éd, 279p.

Mébarkia A.E.H., 2011, Etudes des caractéristiques physico-chimiqes des eaux de surface, cas du barrage de ain zada Wilaya de bordj bou-arreridj, nord-est algérien, Mémoire de magister,Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 195p.

Meylan P., Favre A.C. et Musy A., 2008, Hydrologie fréquentielle, une science prédictive, Presse polytechniques et universitaires romandes, 173p.

Ministère des Ressources en Eau., 2009, Direction de l'hydraulique agricole, Inventaire de la PMH Rapport définitif RA3 Wilaya d'El Tarf, partie 1, N° 234 0074, 50p.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs., 2005, Guide sommaire des méthodes d'estimation des débits d'étiage pour la province de Québec, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Centre d'expertise hydrique du Québec, 7p.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs., 2007,Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique, 2e édition, Québec, 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, 57p et 4 annexes.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs., 2007, Document synthèse sur le calcul et l'interprétation des objectifs environnementaux de rejet, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-978-2-550-53911-7, 10p et 1 annexe.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs., 2009, 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, ISBN 978-2-550-57559-7, 506p et 16 annexes.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs., 2012, 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, ISBN-978-2-550-64798-0, 510p et 16 annexes.

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, Québec, ISBN-978-2-550-68533-3, 510p et 16 annexes.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs., Mai 2013, Mise à jour des objectifs environnementaux de rejet du LET de Hébertville-Station suite aux audiences du BAPE, Direction du suivi de l'état de l'environnement,V/Réf: 3211-23-085, 16p.

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs., Avril 2015, Objectifs environnementaux de rejet pour le lieu d'enfouissement de sols contaminés écolosolinc. de mascouche, 15p.

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, 11p.

Olioso A., 2006, Monitoring of irrigated wheat in a semi-arid climate using crop modeling and remote sensing data: Impact of satellite revisit time frequency. Int J. Remote Sens, 27, pp1093-1117.

Oluduro A.O et Aderiye B.I., 2007, Efficiency of Moringa oleifera sead extract on the microflora of surface and ground water. J. Plant Sci., 6: pp438-453.

Ontario Ministry of the Environment (OMOE)., 1984a, Water Management- Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures of the Ministry of the Environment, Revised edition, 70p.

Ontario Ministry of Environment and Energy (OMOEE)., 1994, Water Management. Policies, Guidelines, Provincial Water Quality Objectives of the Ministry of Environment and Energy, Toronto, 32p.

Piper A. M., 1944, Agraphique procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Trans. Amer. Geophys. Union, 25, pp 914-923.

Ramdani A., 1996, Etude hydrogéologique et simulation par modèle mathématique de la nappe dunaire de la région de Bouteldja, Thèse de magistère, IST, Université d'Annaba. 139p.

Recous S., Robin D., Darwis D et Mary B., 1995, Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition, Soil Biol, Biochem. 27, pp1529-1538.

Recous S., Trinsoutrot I., Bentz B., Lineres M., Cheneby D et Nicolardot B., 2000, Biochemical quality of crop residues and Carbon and Nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting Nitrogen conditions. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. n°: 64, pp918–926.

Redfield A.C., Ketchum B. H et Richards F. A., 1963, The Sea. Hell M. N. Ed. Wiley-Interscience, New York.

Riad S., 2003, Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du maroc, Thèse en cotutelle, Université de Lille, 147p.

Richards L.A., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils Agric. Handbook 60, USDA, Washington D.C, 160p.

Robertson W.D., Russell B.M et Cherry J.A., 1996, Attenuation of nitrate in aquitard sediments of southern Ontario. J. Hydrol., N°180, pp267-281.

Roche M., 1963, Hydrologie de surface Gauthier Villars, Paris, 430p.

Rodier J., Legube B., Merlet N et Coll., 2005, L'analyse de l'eau", 9ème Edition, Edition Dunod, Paris, 1529p.

Rodier J., 2009, L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer.9èmé édition. Dunod. Paris. 1579p.

Salamon J.N., 2003, Danger pollution. ! Collection « Scieteren » presse universitaire de bordeaux, pessac, France, pp46-47.

Sayad L., Kherici-Bousnoubra H., Drouiche N., Houhamdi M., Kherici N., 2014, Calculation and interpretation of effluent discharge objectives of dairy industry: Case Edough's dairy – Annaba (Algeria) , Ecological Engineering 73, pp421-424.

Sayad L., 2015, Le pouvoir autoepurateur de l'oued seybouse sur les rejets de la laiterie de l'edough (annaba algerie) et les objectifs environnementaux des rejets, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 145p.

Schoeller H., 1962, Les eaux souterraines, éd. Masson & Cie, 642p.

Seghir K., 2008, Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, 142p.

Seltzer P., 1946, Le climat d'Algérie, Tra. Inst. Métiorol. Phys. Globe, Alger, 1 vol, 219p.

Sevrin. Reyssac J et Valdeyron A., 1989, L'oxygène dissous dans les étangs piscicoles. Ecosystème, le magazine de l'étang, n° 11, pp3-19.

Thornthwaite C W et Mather J R., 1955, The water balance, Climatology 8 (1), 104p.

Todd K., 1980, Groundwater hydrology, J. Wiley & Sons, 2nd Edition, New York, USA.

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, pp19028-19030.

Ven Te Chow., D. Maidment and L. W. Mayx., 1988, Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Copany, 572p.

Wilcox L.V., 1948, The quality of water for agricultural use. US Dept Agriculture Tech. Bull. 1962, Washington DC.

Villa J M., 1980, La chaine alpine d'algérie orientale et des confins algéro-tuunisiens, Thèse de doctorat des sciences naturelles, Université Piérre et Marie Curie Paris VI, 665p.

Zerki N., 2013, apport de la chimiometrie pour l'analyse et l'interprétation de quelques paramètres physicochimiques influençant la répartition des métaux lourds, des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'oued de bouregreg, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Rabat, 149p.

ANNEXE

Annexe. 1. Débits journaliers m^3/s observés à la station d'Ain Assel 1963/1964-2002/200 (Source ANRH Constantine 2010).

1963 - 1964	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,03	0,08	0,14	0,30	13,53	68,20	2,80	2,47	0,20	0,14	0,09	0,02	
2	0,03	0,08	0,12	0,14	10,02	28,85	2,14	1,32	0,20	0,13	0,08	0,02	
3	0,03	0,12	0,11	0,10	7,44	18,86	1,32	1,15	0,20	0,12	0,08	0,02	
4	0,03	0,49	0,10	0,10	26,71	13,10	18,70	1,15	0,20	0,12	0,07	0,02	
5	0,03	0,16	0,10	0,09	126,33	9,65	10,90	0,96	0,19	0,10	0,06	0,02	
6	0,02	0,14	0,10	0,85	96,56	6,77	5,54	0,96	0,18	0,10	0,06	0,02	
7	0,04	0,10	0,10	0,18	42,77	5,98	5,84	0,96	0,18	0,09	0,06	0,02	
8	0,03	0,10	0,10	0,13	19,59	43,45	4,00	0,77	0,17	0,08	0,05	0,02	
9	0,03	0,10	0,10	0,11	10,58	22,72	20,30	0,58	0,16	0,08	0,05	0,02	
10	0,03	0,39	0,09	0,10	6,44	13,92	16,13	0,49	0,15	0,08	0,04	0,02	
11	0,03	0,86	0,09	46,29	5,84	15,43	6,44	0,30	0,14	0,08	0,04	0,01	
12	0,04	1,26	0,09	9,26	4,60	11,50	4,80	10,61	0,14	0,08	0,03	0,01	
13	0,10	0,96	0,09	2,80	4,00	6,93	4,00	10,01	0,14	0,09	0,03	0,01	
14	0,68	0,19	0,08	1,06	3,00	5,69	3,00	2,80	0,13	0,08	0,03	0,01	
15	8,57	0,18	0,08	0,68	2,64	6,23	2,31	1,65	0,13	0,08	0,03	0,01	
16	6,60	0,15	0,08	0,39	2,14	17,37	19,73	0,96	0,13	0,08	0,02	0,01	
17	1,65	0,13	0,09	7,09	1,48	10,33	7,83	0,68	0,13	0,08	0,02	0,01	
18	1,06	0,12	0,09	9,36	1,32	6,13	4,20	0,58	0,13	0,07	0,02	0,01	
19	0,12	0,11	0,09	15,23	1,65	4,80	3,00	0,49	0,13	0,07	0,02	0,01	
20	0,20	0,10	0,09	4,40	1,15	4,00	2,31	0,39	0,13	0,07	0,02	0,01	
21	0,13	0,10	0,09	4,00	0,96	2,80	1,48	0,30	0,12	0,06	0,02	0,01	
22	0,11	0,10	0,08	1,48	0,96	2,47	1,32	0,20	0,12	0,06	0,02	0,01	
23	0,10	0,09	0,08	2,31	3,00	1,98	1,15	0,20	0,12	0,06	0,02	0,01	
24	0,09	0,09	0,08	131,44	3,40	2,14	1,15	0,19	0,12	0,06	0,02	0,01	
25	0,07	0,09	0,08	11,37	1,48	6,93	0,96	0,19	0,12	0,05	0,02	0,04	
26	2,28	0,09	0,08	14,26	1,15	26,29	0,86	0,19	0,11	0,05	0,02	3,91	
27	0,15	4,92	0,08	7,25	0,96	10,53	0,77	0,19	0,12	0,06	0,02	8,69	
28	0,11	2,31	0,09	5,83	5,48	4,80	4,80	0,20	0,20	0,07	0,02	16,88	
29	0,10	2,83	0,49	5,84	208,08	3,00	2,64	0,20	0,30	0,10	0,02	0,30	
30	0,08	0,30	0,18	3,60	102,90		1,32	0,20	0,18	0,10	0,02	0,58	
31		0,16		2,47	167,24		9,10		0,16		0,02	0,19	
Q max m^3/s	34,75	7,90	0,49	419,00	306,80	112,00	49,00	33,50	0,30	0,14	0,09	50,50	419,00
Q min m^3/s	0,02	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,77	0,19	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01
Q mens. m^3/s	0,75	0,54	0,11	9,31	28,50	13,13	5,51	1,38	0,16	0,08	0,04	1,00	5,04
Apport hm^3	1,95	1,46	0,28	24,93	76,33	32,90	14,76	3,57	0,42	0,22	0,10	2,67	159,57

1964 - 1965	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,18	0,03	8,33	0,18	0,16	2,80	15,60	4,95	4,20	0,96	0,16	0,12	
2	0,16	0,03	3,78	0,18	0,15	2,47	13,50	4,80	4,00	0,96	0,16	0,12	
3	0,15	0,03	0,49	0,19	1,24	2,14	10,95	4,60	4,00	0,86	0,16	0,12	
4	0,13	0,03	0,17	0,18	10,86	1,48	5,24	4,40	4,80	0,86	0,15	0,12	
5	0,12	0,02	0,15	2,71	9,58	16,90	4,60	4,00	3,80	0,77	0,15	0,12	
6	0,10	0,02	0,16	1,32	49,13	32,24	4,60	4,00	3,20	0,77	0,15	0,12	
7	0,10	0,02	0,19	1,32	10,40	65,92	4,40	3,80	3,00	0,77	0,15	0,12	
8	0,09	0,02	0,19	0,30	4,80	22,18	5,24	5,02	2,80	0,77	0,14	0,12	
9	0,08	0,02	0,18	0,18	2,80	45,23	23,21	15,02	2,80	0,77	0,14	0,12	
10	0,07	0,02	0,15	0,16	1,15	52,31	11,01	21,83	2,64	0,68	0,14	0,12	
11	0,07	0,02	0,58	0,15	1,06	112,78	4,80	8,66	2,64	0,68	0,14	0,12	
12	0,06	0,02	9,78	0,15	12,48	97,73	3,80	5,39	2,31	0,68	0,14	0,11	
13	0,06	0,02	31,50	0,18	6,42	78,68	4,20	4,40	2,14	0,58	0,14	0,11	
14	0,05	0,02	15,28	0,18	42,56	58,30	4,20	4,80	1,98	0,58	0,14	0,11	
15	0,04	0,02	5,24	0,18	210,74	127,96	21,44	4,95	1,81	0,58	0,13	0,11	
16	0,04	0,02	0,58	0,15	48,01	79,12	46,33	20,69	1,65	0,58	0,13	0,11	
17	0,04	0,02	0,20	0,14	52,36	71,13	24,90	13,72	1,48	0,49	0,13	0,11	
18	0,04	0,02	0,30	0,18	20,58	53,86	18,79	7,48	1,48	0,39	0,13	0,12	
19	0,03	0,05	0,20	0,18	59,14	40,08	29,88	6,60	1,32	0,39	0,13	0,12	
20	0,03	0,06	0,19	0,18	63,22	34,92	22,06	5,98	1,15	0,30	0,12	0,12	
21	0,03	0,13	0,18	0,17	96,19	22,73	13,59	4,95	1,15	0,20	0,12	0,12	
22	0,03	0,12	0,17	0,17	94,69	18,37	10,39	4,80	1,15	0,20	0,12	0,12	
23	0,03	0,12	0,16	0,17	43,29	19,63	4,95	4,80	1,15	0,20	0,12	0,12	
24	0,03	0,10	0,16	0,16	47,97	22,26	4,95	4,60	1,15	0,20	0,12	0,12	
25	0,04	0,11	0,20	0,17	21,86	22,93	4,80	4,00	1,06	0,19	0,12	0,12	
26	0,04	0,98	0,19	0,16	15,08	22,65	5,69	4,00	1,06	0,18	0,12	0,12	
27	0,04	0,16	0,19	7,96	11,13	31,80	6,13	9,01	1,06	0,18	0,12	0,12	
28	0,04	0,15	0,19	1,32	6,60	20,39	5,10	6,13	1,06	0,17	0,12	0,12	
29	0,04	0,14	0,19	0,20	8,30		5,10	5,54	1,06	0,17	0,12	0,12	
30	0,03	0,14	0,19	0,18	5,54		5,10	5,10	0,96	0,16	0,12	0,12	
31		8,96		0,18	4,00		4,95		0,96		0,12	0,12	
Q max m^3/s	0,18	19,80	44,50	14,76	455,00	183,00	96,10	52,00	4,80	0,96	0,16	0,12	455,00
Q min m^3/s	0,03	0,02	0,02	0,14	0,15	1,48	1,48	2,47	0,96	0,16	0,12	0,11	0,02
Q mens. m^3/s	0,07	0,37	2,65	0,62	31,01	42,11	11,27	6,93	2,10	0,51	0,13	0,12	8,16
Apport hm^3	0,17	1,00	6,87	1,66	83,07	101,86	30,19	17,97	5,61	1,32	0,36	0,32	250,41

1965 - 1966	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,12	0,12	0,14	0,58	9,43	3,40	1,98	4,39	17,39	1,94	0,60	0,24	
2	0,12	0,12	0,14	0,77	6,60	3,20	5,45	4,13	34,89	1,70	0,60	0,24	
3	0,12	0,12	0,14	0,58	5,54	3,20	9,45	4,13	11,86	1,70	0,60	0,24	
4	0,12	0,12	0,14	2,14	4,95	3,00	4,40	10,45	7,30	1,38	0,60	0,24	
5	0,12	0,11	0,14	4,00	4,95	3,40	27,60	4,00	4,26	1,30	0,54	0,18	
6	0,12	0,11	0,14	1,81	3,80	4,80	80,33	4,78	3,50	5,80	0,54	0,18	
7	0,12	0,11	0,14	1,15	5,10	3,80	29,97	4,13	7,91	4,56	0,54	0,18	
8	0,12	0,11	0,14	0,86	4,80	3,20	16,65	4,13	11,63	2,55	0,54	0,18	
9	0,12	0,11	0,14	0,77	4,40	3,00	21,44	4,00	4,65	1,78	0,54	0,18	
10	0,12	0,12	0,18	0,68	6,64	2,80	14,13	3,90	3,20	1,46	0,48	0,18	
11	0,12	0,11	0,16	4,17	5,73	2,80	9,30	3,60	2,82	1,38	0,48	0,18	
12	0,13	0,11	0,58	13,06	5,24	6,11	4,20	3,60	2,55	1,30	0,48	0,18	
13	0,12	0,12	0,39	5,54	6,40	2,80	4,00	3,50	2,46	1,23	0,48	0,18	
14	0,12	0,11	0,20	3,00	2,80	4,00	24,68	3,00	20,94	1,16	0,48	0,18	
15	0,12	0,11	0,20	1,98	5,10	4,20	37,88	3,70	4,13	1,16	0,48	0,18	
16	0,12	0,11	0,20	1,48	4,60	3,80	37,28	3,40	51,07	1,09	0,36	0,18	
17	0,12	0,11	0,20	1,48	4,20	3,20	46,80	3,20	21,64	1,02	0,36	0,18	
18	0,12	0,12	0,19	1,48	10,56	3,00	15,60	3,10	9,16	0,95	0,36	0,18	
19	0,12	0,11	0,18	1,48	5,24	2,80	10,10	3,10	18,99	0,88	0,36	0,18	
20	0,12	0,11	0,18	1,15	32,78	2,80	4,65	3,00	9,67	0,81	0,36	0,18	
21	0,12	0,11	0,18	1,15	10,95	2,64	5,04	3,00	5,30	0,81	0,36	0,18	
22	0,12	0,11	0,18	21,51	3,20	2,47	6,99	197,08	3,70	0,74	0,36	0,18	
23	0,12	0,11	0,19	9,96	7,08	2,31	24,75	208,88	3,00	0,74	0,36	0,12	
24	0,12	0,11	0,61	4,95	3,20	2,31	60,88	32,92	2,64	0,67	0,36	0,12	
25	0,12	0,20	2,80	3,60	4,95	2,14	24,67	13,04	2,55	0,60	0,30	0,12	
26	0,12	0,18	1,15	2,80	4,80	2,14	14,75	18,11	2,10	0,60	0,30	0,12	
27	0,12	0,16	0,77	2,14	4,40	2,14	11,36	9,77	2,02	0,60	0,30	0,12	
28	0,12	0,15	0,58	1,81	4,80	2,14	8,08	5,04	1,86	0,60	0,24	0,12	
29	0,12	0,14	0,49	1,65	4,20		3,70	7,58	1,78	0,60	0,24	0,12	
30	0,12	0,14	0,49	98,69	4,00		3,30	18,79	1,78	0,60	0,24	0,12	
31		0,14		24,71	3,60		4,00		1,86		0,24	0,12	
Q max m^3/s	0,13	0,20	2,80	410,00	67,40	13,50	108,00	514,00	91,80	11,90	0,60	0,24	514,00
Q min m^3/s	0,12	0,11	0,14	0,20	0,20	2,14	1,98	3,00	1,78	0,60	0,24	0,12	0,11
Q mens. m^3/s	0,12	0,12	0,38	7,13	6,26	3,13	18,50	19,85	8,99	1,39	0,42	0,17	5,54
Apport hm^3	0,31	0,33	0,98	19,10	16,77	7,57	49,54	51,45	24,07	3,60	1,13	0,46	175,31

1966 - 1967	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,12	0,12	0,30	1,62	3,60	2,10	3,80	20,20	0,49	0,12	0,06	0,06	
2	0,12	0,12	0,30	1,23	2,82	2,10	3,70	2,13	0,47	0,11	0,06	0,06	
3	0,12	0,12	0,30	1,16	2,37	2,02	3,60	2,06	0,45	0,11	0,06	0,06	
4	0,12	0,12	2,99	1,16	2,10	2,02	3,50	1,98	0,43	0,10	0,06	0,06	
5	0,12	0,12	1,38	2,96	2,28	1,94	3,40	1,90	0,41	0,10	0,06	0,06	
6	0,12	0,12	0,74	32,00	40,41	7,11	3,40	1,81	0,40	0,09	0,06	0,06	
7	0,12	0,12	0,60	78,57	47,14	23,33	3,40	1,73	0,38	0,09	0,06	0,06	
8	0,12	0,12	0,48	33,02	26,75	201,96	3,30	1,65	0,36	0,08	0,06	0,06	
9	0,12	0,42	0,42	18,51	12,69	60,37	3,20	1,57	0,34	0,08	0,06	0,06	
10	0,12	0,30	0,42	27,03	8,24	48,14	3,00	1,50	0,32	0,08	0,06	0,06	
11	0,12	0,24	0,48	17,34	4,52	20,43	3,20	1,43	0,31	0,08	0,06	0,06	
12	0,12	0,12	0,48	4,91	36,34	13,31	3,50	1,37	0,29	0,07	0,06	0,06	
13	0,12	0,18	0,48	3,30	52,93	10,82	3,20	1,29	0,28	0,07	0,06	0,06	
14	0,12	0,18	0,48	6,22	39,28	8,40	3,00	1,23	0,27	0,07	0,06	0,06	
15	0,12	0,18	0,48	4,79	18,33	4,39	3,10	1,15	0,25	0,07	0,06	0,06	
16	0,12	0,18	0,54	2,73	11,54	4,13	3,00	1,09	0,24	0,07	0,06	0,06	
17	0,12	0,36	8,11	2,19	8,74	19,85	3,00	1,03	0,23	0,07	0,06	0,06	
18	0,12	0,67	4,50	1,94	4,65	17,19	3,00	0,96	0,22	0,07	0,06	0,06	
19	0,12	0,48	1,23	1,70	3,90	8,83	3,30	0,90	0,20	0,07	0,06	0,06	
20	0,12	0,36	0,95	1,54	3,60	4,26	4,13	0,83	0,19	0,06	0,06	0,06	
21	0,12	0,36	0,74	1,46	6,00	3,80	12,09	0,80	0,18	0,06	0,06	0,06	
22	0,12	0,36	0,67	10,11	5,42	3,20	6,66	0,77	0,18	0,06	0,06	0,06	
23	0,12	0,30	0,60	22,47	3,20	3,00	3,40	0,73	0,17	0,06	0,06	0,06	
24	0,12	0,24	0,60	64,21	2,82	3,00	3,19	0,70	0,16	0,06	0,06	0,06	
25	0,12	0,24	0,74	21,15	2,55	3,00	3,06	0,67	0,16	0,06	0,06	0,06	
26	0,12	0,24	0,60	9,25	2,37	3,00	2,93	0,64	0,15	0,06	0,06	0,06	
27	0,12	0,30	0,74	4,78	2,19	3,60	2,81	0,61	0,14	0,06	0,06	0,06	
28	0,12	0,24	5,30	3,50	2,10	3,80	2,68	0,57	0,14	0,06	0,06	0,06	
29	0,12	0,24	3,07	3,40	2,10		2,56	0,54	0,13	0,06	0,06	0,06	
30	0,12	0,24	4,17	4,13	1,94		2,43	0,51	0,13	0,06	0,06	0,06	
31		0,24		3,60	1,94		2,30		0,12		0,06	0,06	
Q max m^3/s	0,12	0,67	16,50	132,00	103,60	337,00	18,54	20,20	0,49	0,12	0,06	0,06	337,00
Q min m^3/s	0,12	0,12	0,30	1,16	1,94	1,94	2,30	0,51	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06
Q mens. m^3/s	0,12	0,25	1,43	12,64	11,77	17,47	3,58	1,81	0,26	0,08	0,06	0,06	4,13
Apport hm^3	0,31	0,66	3,71	33,87	31,52	42,26	9,58	4,70	0,71	0,19	0,16	0,16	127,82

1967 - 1968	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,06	0,12	1,30	2,55	3,20	3,70	38,84	1,85	0,56	0,07	0,03	0,03	
2	0,06	0,12	2,02	1,62	3,40	3,80	17,81	1,76	0,52	0,07	0,03	0,03	
3	0,06	0,12	1,86	2,10	47,35	3,60	24,01	1,65	0,48	0,07	0,03	0,03	
4	0,06	0,18	1,46	1,78	20,22	5,67	12,31	1,56	0,44	0,07	0,03	0,03	
5	0,06	0,18	1,30	1,62	19,76	54,89	8,12	1,48	0,40	0,06	0,03	0,03	
6	0,06	0,18	1,30	1,38	5,82	15,61	7,36	1,37	0,36	0,06	0,03	0,03	
7	0,06	0,18	0,88	1,30	3,50	7,98	4,39	1,28	0,32	0,06	0,03	0,03	
8	0,06	0,18	0,88	1,16	8,06	4,39	5,77	1,18	0,28	0,06	0,03	0,03	
9	0,62	0,12	0,74	1,30	4,26	4,00	3,80	1,09	0,24	0,05	0,03	0,02	
10	3,04	0,12	0,67	1,94	6,74	4,26	3,50	1,00	0,20	0,05	0,03	0,02	
11	1,86	0,12	0,67	1,54	19,70	4,26	3,30	0,90	0,19	0,05	0,03	0,02	
12	1,62	0,12	0,67	22,00	41,69	4,65	11,32	0,99	0,18	0,05	0,03	0,02	
13	1,23	0,12	0,54	56,14	37,31	4,52	20,88	1,07	0,18	0,05	0,03	0,02	
14	0,88	0,12	0,54	4,59	19,48	4,39	8,10	1,17	0,17	0,05	0,03	0,02	
15	0,74	0,12	0,54	15,32	10,56	4,26	4,39	1,26	0,16	0,05	0,03	0,02	
16	0,67	0,12	0,54	22,99	4,52	4,13	3,60	1,34	0,15	0,04	0,03	0,02	
17	0,48	0,12	0,48	4,22	3,50	12,93	4,52	1,40	0,14	0,04	0,03	0,02	
18	0,24	0,12	0,48	4,13	3,70	10,95	4,13	1,34	0,14	0,04	0,03	0,02	
19	0,12	0,12	0,42	3,20	20,27	3,60	3,40	1,28	0,13	0,04	0,03	0,02	
20	0,12	0,12	0,36	2,64	45,39	3,30	3,30	1,21	0,12	0,04	0,03	0,02	
21	0,12	0,12	0,36	4,43	136,38	4,24	3,15	1,15	0,12	0,04	0,03	0,02	
22	0,12	0,12	0,36	3,50	77,67	21,02	3,00	1,09	0,11	0,04	0,03	0,02	
23	0,12	0,12	0,30	3,20	30,45	4,13	2,84	1,03	0,11	0,04	0,03	0,02	
24	0,12	0,12	0,60	3,00	17,31	3,30	2,69	0,97	0,10	0,04	0,03	0,02	
25	0,12	0,12	0,54	3,00	17,10	3,70	2,55	0,91	0,10	0,04	0,03	0,01	
26	0,12	2,23	0,48	3,00	22,75	4,26	2,40	0,85	0,09	0,04	0,03	0,01	
27	0,12	3,92	0,48	3,00	31,59	4,00	2,25	0,78	0,09	0,03	0,03	0,01	
28	0,12	1,54	0,74	45,83	15,20	29,24	2,09	0,72	0,09	0,03	0,03	0,01	
29	0,12	1,54	1,97	22,59	9,38	33,18	1,95	0,66	0,08	0,03	0,03	0,01	
30	0,12	1,30	2,65	5,31	5,04		1,79	0,60	0,08	0,03	0,03	0,01	
31		1,16		2,82	4,00		1,95		0,08		0,03	0,01	
Q max m³/s	6,80	24,20	3,50	152,00	400,00	114,00	58,00	1,85	0,56	0,07	0,03	0,03	400,00
Q min m³/s	0,06	0,12	0,30	1,16	3,20	3,00	1,79	0,60	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01
Q mens. m³/s	0,44	0,48	0,87	8,17	22,43	9,38	7,08	1,16	0,21	0,05	0,03	0,02	4,19
Apport hm³	1,15	1,29	2,26	21,88	60,07	23,50	18,96	3,02	0,55	0,12	0,08	0,05	132,94

1968 - 1969	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,00	3,34	17,06	3,20	2,81	1,25	2,59	0,18	0,02	0,01	
2	0,00	0,00	0,00	1,17	29,01	2,81	3,20	2,42	2,30	0,17	0,02	0,01	
3	0,00	0,00	0,00	0,35	91,96	2,81	2,81	2,03	1,95	0,16	0,02	0,01	
4	0,00	0,00	0,04	0,20	140,08	2,62	3,84	1,84	1,73	0,14	0,02	0,01	
5	0,00	0,00	0,11	0,17	26,43	8,27	8,83	4,98	1,62	0,13	0,02	0,01	
6	0,00	0,00	0,11	0,17	13,92	32,59	1,45	2,81	3,59	0,12	0,02	0,01	
7	0,00	0,00	0,05	0,15	6,40	16,14	1,84	10,19	2,80	0,11	0,02	0,01	
8	0,00	0,00	0,08	0,11	4,00	9,39	9,36	28,73	2,30	0,10	0,02	0,01	
9	0,00	0,00	0,08	0,09	8,46	6,00	13,65	13,27	1,78	0,09	0,02	0,01	
10	0,00	0,00	2,30	0,09	6,80	2,42	3,20	3,80	1,78	0,08	0,01	0,01	
11	0,00	0,00	0,65	0,09	6,00	8,76	1,15	7,65	1,62	0,08	0,01	0,01	
12	0,00	0,00	0,23	34,36	3,60	5,00	2,81	1,84	1,31	0,07	0,01	0,01	
13	0,00	0,00	0,35	42,19	5,60	2,03	3,01	2,81	1,14	0,07	0,01	0,01	
14	0,00	0,00	0,23	5,06	4,80	4,00	2,81	7,38	0,95	0,06	0,01	0,01	
15	0,00	0,00	0,14	13,43	7,01	5,40	3,20	34,28	0,75	0,06	0,01	0,01	
16	0,00	0,00	0,11	4,58	21,42	4,40	1,45	15,72	0,70	0,05	0,01	0,01	
17	0,04	0,00	0,08	2,42	63,04	3,80	2,81	4,00	0,62	0,05	0,01	0,01	
18	0,16	0,00	0,06	1,25	13,38	3,20	2,42	1,84	0,56	0,04	0,01	0,01	
19	0,01	0,00	0,11	1,25	6,00	3,01	2,23	1,84	0,48	0,04	0,01	0,01	
20	0,00	0,00	0,08	2,33	3,60	2,62	1,84	2,81	0,44	0,04	0,01	0,01	
21	0,00	0,00	0,06	3,04	2,62	2,81	1,84	3,20	0,40	0,04	0,01	0,01	
22	0,00	0,00	0,05	2,06	2,62	2,62	1,64	3,01	0,36	0,04	0,01	0,01	
23	0,00	0,00	0,05	2,03	5,40	2,42	1,64	2,42	0,33	0,03	0,01	0,01	
24	0,00	0,00	0,05	1,15	5,20	2,62	1,64	2,23	0,30	0,03	0,01	0,01	
25	0,00	0,00	0,06	1,06	4,80	1,84	1,45	2,03	0,28	0,03	0,01	0,01	
26	0,00	0,00	0,05	1,84	4,40	2,81	1,45	1,64	0,26	0,03	0,01	0,01	
27	0,00	0,00	0,04	1,06	4,00	2,62	2,03	1,45	0,24	0,03	0,01	0,01	
28	0,00	0,00	0,04	5,06	3,80	3,05	1,84	1,25	0,22	0,02	0,01	0,01	
29	0,00	0,00	0,04	7,60	3,60		2,03	1,15	0,20	0,02	0,01	0,01	
30	0,00	0,00	0,55	3,30	3,40		2,23	1,15	0,20	0,02	0,01	0,01	
31		0,00		3,20	3,20		2,81		0,19		0,01	0,01	
Q max m³/s	0,45	0,00	5,00	136,50	344,40	48,40	29,50	91,66	3,59	0,18	0,02	0,01	344,40
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,15	1,15	0,19	0,02	0,01	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,01	0,00	0,19	4,65	16,83	5,33	3,07	5,70	1,10	0,07	0,01	0,01	3,08
Apport hm³	0,02	0,01	0,50	12,46	45,07	12,89	8,23	14,77	2,94	0,18	0,03	0,03	97,13

1969 - 1970	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,60	4,40	0,77	10,56	40,30	29,86	3,63	2,25	0,51	0,06	0,03	
2	0,01	0,49	1,15	21,46	10,14	21,75	22,75	4,30	2,25	0,56	0,06	0,03	
3	0,01	0,42	2,23	11,32	9,72	20,39	21,52	7,49	2,25	0,45	0,06	0,03	
4	0,01	0,38	2,23	8,87	9,72	12,66	58,02	3,96	2,25	0,40	0,06	0,03	
5	0,01	0,31	2,03	51,19	9,30	9,72	30,09	3,96	1,85	0,40	0,06	0,03	
6	0,01	1,25	2,03	129,04	9,30	6,40	20,27	3,63	1,72	0,31	0,06	0,03	
7	0,01	0,49	1,84	41,68	9,30	6,60	16,44	3,63	3,82	0,31	0,06	0,03	
8	0,01	0,42	1,45	113,03	9,09	6,00	15,60	3,35	4,66	0,28	0,06	0,03	
9	0,01	0,35	1,25	202,47	8,67	5,80	15,18	3,08	2,25	0,28	0,05	0,02	
10	0,01	0,28	1,25	173,28	7,83	5,80	14,34	2,94	1,85	0,28	0,05	0,02	
11	0,01	0,87	1,06	156,61	7,20	5,60	14,34	35,79	1,72	0,25	0,04	0,00	
12	0,01	2,99	0,96	36,00	7,00	5,20	17,68	14,76	2,25	0,22	0,04	0,00	
13	0,00	1,45	0,87	22,95	16,94	5,20	13,92	7,10	1,72	0,22	0,04	0,00	
14	0,01	1,15	0,87	17,07	9,51	5,20	19,40	5,30	1,46	0,22	0,04	0,01	
15	0,01	26,21	0,77	18,75	7,83	5,20	13,50	4,63	1,19	0,22	0,04	0,01	
16	0,01	9,06	0,77	14,55	29,46	5,00	46,94	3,63	0,93	0,16	0,04	0,01	
17	0,01	15,99	0,71	24,44	46,42	5,80	168,00	3,35	0,88	0,13	0,03	0,01	
18	0,01	8,61	0,71	13,08	21,15	5,00	45,18	2,94	0,77	0,13	0,03	0,01	
19	0,00	2,62	0,71	212,83	13,08	4,80	22,55	2,80	0,72	0,10	0,03	0,01	
20	0,00	1,25	0,66	123,26	10,98	5,20	21,85	2,53	3,76	0,10	0,03	0,01	
21	0,00	0,87	0,66	58,50	3,60	5,00	13,27	2,25	3,81	0,10	0,02	0,01	
22	0,01	17,10	0,66	23,16	12,35	4,40	9,66	9,72	1,99	0,10	0,01	0,01	
23	0,01	10,14	0,60	30,12	10,14	4,40	7,82	3,63	1,46	0,10	0,01	0,01	
24	0,01	0,87	0,60	107,72	4,80	4,00	6,74	3,08	0,93	0,09	0,00	0,01	
25	111,98	164,48	0,49	87,13	6,40	4,00	5,84	2,66	0,82	0,09	0,03	0,01	
26	14,03	36,63	0,55	33,50	6,20	4,00	5,66	2,39	0,72	0,08	0,03	0,01	
27	7,68	10,82	0,71	21,06	6,00	35,63	5,66	2,12	0,72	0,08	0,03	0,01	
28	4,14	2,62	2,23	16,65	5,60	68,22	4,97	1,99	0,67	0,08	0,00	0,01	
29	1,84	6,38	1,25	16,02	5,20		4,30	2,80	0,61	0,07	0,00	0,01	
30	2,62	1,25	0,87	14,97	5,20		4,97	2,39	0,51	0,06	0,01	0,01	
31		14,70		12,87	38,85		3,96		0,51		0,02	0,01	
Q max m³/s	353,20	397,40	4,40	419,00	153,00	116,00	284,60	76,12	7,82	0,56	0,06	0,03	419,00
Q min m³/s	0,00	0,28	0,49	0,77	3,20	3,20	3,20	1,99	0,51	0,06	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	4,75	11,00	1,22	58,53	11,86	11,33	22,59	5,19	1,72	0,21	0,03	0,01	10,70
Apport hm³	12,31	29,46	3,16	156,76	31,76	27,41	60,50	13,46	4,60	0,56	0,09	0,03	340,11

1970 - 1971	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,01	0,16	0,10	0,88	2,25	10,53	15,52	1,43	0,72	0,10	0,02	
2	0,01	0,02	0,10	0,10	22,77	2,25	43,75	37,70	1,29	0,67	0,10	0,01	
3	0,01	0,01	0,10	0,10	9,52	2,25	26,65	21,26	3,43	0,67	0,09	0,01	
4	0,01	0,01	0,10	0,10	4,47	2,12	27,30	12,32	1,29	0,56	0,09	0,01	
5	0,01	0,01	0,10	0,10	9,22	61,52	24,93	9,28	1,01	0,56	0,09	0,01	
6	0,01	0,01	0,10	0,10	54,84	43,37	18,78	7,82	0,87	0,56	0,09	0,01	
7	0,01	0,01	0,10	0,10	27,97	12,71	15,89	6,38	0,82	0,56	0,09	0,01	
8	0,01	0,01	0,10	0,10	13,95	8,00	13,46	5,30	0,76	0,56	0,09	0,01	
9	0,01	0,01	0,10	0,10	7,44	6,05	13,71	133,15	0,66	0,51	0,09	0,01	
10	0,01	0,01	0,10	0,10	4,47	125,11	10,04	324,67	0,55	0,45	0,10	0,01	
11	0,01	0,01	0,10	0,10	3,63	119,98	8,00	84,07	1,88	0,40	0,10	0,01	
12	0,01	0,01	0,10	0,10	3,22	31,44	6,92	29,44	11,32	0,40	0,08	0,01	
13	0,01	0,01	0,10	0,10	3,08	15,86	6,02	18,46	7,05	0,37	0,07	0,01	
14	0,01	0,01	0,10	0,10	6,19	11,56	5,48	11,88	3,63	0,34	0,07	0,01	
15	0,01	9,88	0,10	0,10	3,08	8,90	5,13	9,40	2,94	0,34	0,06	0,01	
16	0,01	1,64	0,19	14,41	94,31	8,00	16,27	7,80	2,25	0,31	0,06	0,01	
17	0,01	1,19	0,19	8,00	57,51	10,17	11,94	7,60	1,72	0,28	0,06	0,01	
18	0,01	1,59	0,16	2,66	15,28	8,00	11,63	6,60	1,33	0,28	0,06	0,01	
19	0,01	0,77	0,16	1,59	53,65	7,10	7,10	6,00	1,06	0,28	0,06	0,01	
20	0,01	0,40	0,16	1,06	19,59	53,35	5,13	5,20	1,19	0,28	0,05	0,01	
21	0,01	0,31	0,13	187,37	15,24	16,35	5,46	4,60	1,19	0,28	0,05	0,01	
22	0,01	0,25	0,13	61,27	8,28	12,91	13,02	4,01	1,06	0,25	0,04	0,01	
23	0,01	0,25	0,10	25,24	15,02	35,26	8,07	3,81	0,93	0,25	0,03	0,00	
24	0,01	0,28	0,10	11,27	10,86	116,89	38,38	3,62	0,88	0,22	0,03	0,00	
25	0,01	1,18	0,10	6,74	6,20	37,14	13,12	3,04	0,82	0,19	0,03	0,00	
26	0,01	0,72	0,10	4,63	3,96	32,55	8,72	2,46	1,47	0,19	0,02	0,00	
27	0,01	0,34	0,10	3,49	3,63	17,03	7,28	2,27	3,32	0,16	0,02	0,00	
28	0,01	0,19	0,10	2,53	3,35	11,94	18,91	1,99	1,46	0,16	0,02	0,00	
29	0,01	0,16	0,10	1,85	3,08		70,26	1,71	0,93	0,16	0,02	0,00	
30	0,01	0,16	0,10	1,59	2,66		36,11	1,71	0,82	0,10	0,02	0,00	
31		0,16		1,46	2,39		18,07		0,77		0,02	0,00	
Q max m³/s	0,01	41,14	0,19	432,50	327,60	222,80	94,25	433,40	22,40	0,72	0,10	0,02	433,40
Q min m³/s	0,01	0,01	0,10	0,10	0,82	2,12	2,12	1,71	0,55	0,10	0,02	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,01	0,63	0,12	10,86	15,80	29,29	16,97	26,30	1,94	0,37	0,06	0,01	8,53
Apport hm³	0,02	1,69	0,31	29,09	42,31	70,85	45,45	68,18	5,20	0,96	0,16	0,02	264,23

1971 - 1972	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	3,54	0,71	0,46	0,40	6,20	10,14	4,60	10,29	0,82	0,30	0,05	
2	0,00	36,98	0,65	0,59	0,40	4,60	12,28	3,81	64,11	0,82	0,30	0,05	
3	0,00	5,44	0,52	0,90	0,40	3,62	23,14	3,04	46,63	0,76	0,30	0,05	
4	0,00	1,86	0,46	0,71	0,40	2,85	10,52	2,27	16,54	0,76	0,26	0,04	
5	0,00	7,60	0,46	1,94	0,46	2,27	7,67	1,99	11,58	0,76	0,26	0,04	
6	0,00	2,66	0,46	0,90	0,46	2,13	19,51	1,85	9,44	0,82	0,23	0,04	
7	0,00	1,85	0,40	0,71	0,40	1,99	9,10	1,57	7,40	0,66	0,20	0,04	
8	0,00	0,77	0,33	3,18	0,40	64,38	6,60	1,29	6,20	0,66	0,18	0,04	
9	0,00	0,65	0,33	2,11	0,40	18,50	4,60	1,29	5,20	4,00	0,16	0,03	
10	0,00	0,52	0,33	3,35	0,66	40,30	25,22	4,48	4,80	1,29	0,16	0,03	
11	0,00	0,46	0,27	3,50	8,92	35,36	13,88	154,30	4,01	0,82	0,14	0,02	
12	0,00	0,40	0,25	1,85	15,45	33,23	7,45	63,04	3,81	1,29	0,14	0,02	
13	0,00	0,33	0,23	1,31	9,75	24,97	5,00	167,67	3,43	1,01	0,12	0,02	
14	0,00	0,27	0,23	1,04	4,07	17,29	4,20	56,36	2,85	0,76	0,12	0,02	
15	0,00	0,27	0,23	0,90	2,25	13,47	3,24	22,66	2,46	0,66	0,12	0,02	
16	0,29	6,18	0,23	0,77	1,71	9,34	2,46	31,56	3,72	0,61	0,12	0,02	
17	0,86	3,50	0,23	0,71	1,44	7,00	7,56	30,54	2,85	0,61	0,12	0,02	
18	0,18	1,17	0,25	0,71	1,17	33,04	23,57	25,84	2,27	0,55	0,12	0,02	
19	0,04	0,71	0,25	0,65	7,49	24,84	11,62	26,27	2,27	0,55	0,10	0,02	
20	0,01	0,59	0,27	0,65	61,19	10,58	6,60	23,67	2,27	0,50	0,10	0,02	
21	0,01	0,46	0,59	0,59	14,65	7,37	4,80	12,93	1,85	0,50	0,08	0,02	
22	0,01	0,40	0,46	0,59	16,04	5,00	3,43	9,80	1,71	0,45	0,08	0,02	
23	0,00	0,40	0,77	0,59	70,50	3,81	2,66	8,40	1,57	0,45	0,08	0,02	
24	0,00	0,33	1,73	0,52	140,49	3,53	2,46	7,80	1,43	0,45	0,08	0,02	
25	0,00	0,33	0,90	0,52	37,89	42,33	3,81	9,00	1,29	0,45	0,07	0,02	
26	0,00	0,27	0,65	0,52	55,78	53,23	2,85	9,00	1,29	0,39	0,07	0,02	
27	0,01	0,27	1,52	0,46	34,18	14,54	3,04	12,02	1,15	0,34	0,06	0,02	
28	0,27	0,71	0,90	0,46	46,91	9,82	3,24	55,99	1,01	0,34	0,06	0,02	
29	1,45	6,11	0,65	0,46	17,11	8,20	2,27	15,37	0,87	0,34	0,06	0,02	
30	0,40	4,10	0,59	0,46	10,79		4,32	10,45	0,87	0,34	0,06	0,02	
31		0,90		0,46	8,20		10,91		0,87		92,40	0,02	
Q max m³/s	2,66	78,34	5,30	7,64	200,00	195,20	70,20	358,00	164,00	8,00	92,40	0,05	358,00
Q min m³/s	0,00	0,00	0,23	0,46	0,40	1,29	1,29	1,15	0,87	0,34	0,06	0,02	0,00
Q mens. m³/s	0,12	2,90	0,53	1,05	18,40	17,37	8,33	25,96	7,29	0,76	3,12	0,03	7,15
Apport hm³	0,31	7,78	1,37	2,81	49,28	43,53	22,30	67,29	19,53	1,96	8,35	0,08	224,60

1972 - 1973	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,02	0,18	0,34	0,14	2,97	11,00	28,27	51,04	3,20	0,42	0,05	0,02	
2	0,02	0,14	0,26	3,33	2,09	8,93	16,54	43,13	2,76	0,42	0,04	0,02	
3	0,02	0,12	0,23	0,87	18,82	9,05	36,96	26,47	2,54	0,42	0,04	0,02	
4	0,02	0,12	0,20	0,50	4,16	16,07	55,97	20,09	2,43	0,42	0,04	0,01	
5	0,02	0,10	0,18	3,64	22,97	38,30	19,04	16,97	2,32	1,44	0,04	0,01	
6	0,14	0,10	0,18	4,21	6,28	18,78	12,51	13,62	2,32	0,83	0,04	0,01	
7	0,12	0,12	0,16	0,87	3,24	9,88	9,80	11,64	2,21	0,54	0,04	0,01	
8	0,12	0,23	0,16	0,66	2,46	7,40	7,80	10,38	2,21	0,34	0,03	0,01	
9	0,60	0,50	0,14	0,45	2,13	6,40	6,60	9,52	2,10	0,29	0,03	0,01	
10	0,48	0,30	0,14	0,39	1,99	5,80	5,80	8,50	2,10	0,29	0,03	0,01	
11	0,18	0,23	0,14	0,39	3,86	5,60	5,00	7,60	2,10	0,23	0,03	0,01	
12	0,14	0,18	0,14	0,34	22,68	26,98	70,92	7,30	2,10	0,16	0,03	0,01	
13	0,14	0,20	0,14	0,34	17,14	10,68	86,26	6,61	1,88	0,16	0,03	0,01	
14	0,14	0,16	0,14	0,34	5,80	7,00	35,54	6,35	1,77	0,13	0,02	0,01	
15	0,12	0,18	0,14	0,45	3,81	13,15	27,22	5,96	1,66	0,12	0,02	0,01	
16	0,16	0,14	0,14	0,50	3,24	7,78	17,83	5,70	1,44	0,12	0,02	0,01	
17	0,12	0,14	0,14	0,50	2,85	15,52	58,76	5,57	1,22	0,12	0,02	0,00	
18	0,12	0,14	0,14	0,45	5,61	18,04	61,15	5,97	1,11	0,10	0,02	0,00	
19	0,12	0,14	0,14	0,39	2,85	14,40	25,77	16,70	1,11	0,10	0,02	0,00	
20	0,12	0,12	0,14	0,34	12,01	25,15	15,81	7,33	1,00	0,10	0,02	0,00	
21	0,12	0,79	0,14	0,34	4,36	41,30	12,51	5,96	0,88	0,10	0,02	0,00	
22	0,12	0,30	0,12	0,34	4,00	46,61	10,20	5,18	0,88	0,10	0,02	0,00	
23	0,08	0,23	0,12	0,45	97,49	28,01	11,84	4,66	0,77	0,10	0,02	0,00	
24	0,07	0,26	0,12	0,45	134,70	15,72	22,57	12,02	0,71	0,10	0,02	0,00	
25	0,06	0,34	0,12	0,76	313,78	14,17	89,36	6,33	0,59	0,09	0,02	0,00	
26	0,06	0,26	0,14	0,55	224,24	32,32	197,19	5,18	0,59	0,09	0,02	0,02	
27	0,06	0,20	0,14	0,50	47,49	112,94	467,92	4,28	0,48	0,08	0,02	0,02	
28	0,23	0,23	0,14	0,45	64,98	75,04	388,87	3,80	0,48	0,08	0,02	0,02	
29	0,40	0,26	0,14	0,39	37,73		188,89	3,56	0,42	0,05	0,02	0,02	
30	0,39	1,02	0,14	0,50	17,06		131,19	3,44	0,42	0,05	0,02	0,02	
31		0,66		10,15	12,07		55,39		0,42		0,02	0,04	
Q max m³/s	0,82	2,13	0,34	17,48	484,00	167,00	558,00	81,18	3,20	1,44	0,05	0,04	558,00
Q min m³/s	0,02	0,10	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,42	0,05	0,02	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,15	0,26	0,16	1,10	35,64	22,93	70,31	11,36	1,49	0,25	0,03	0,01	11,97
Apport hm³	0,39	0,70	0,41	2,93	95,46	55,47	188,31	29,45	3,99	0,66	0,07	0,03	377,86

1973 - 1974	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,04	0,28	0,81	0,67	0,72	0,48	4,52	36,58	4,54	0,28	0,04	0,00	
2	0,04	0,28	0,67	0,67	1,93	0,48	3,64	15,16	4,26	0,24	0,04	0,00	
3	0,03	0,34	0,58	13,20	1,85	0,48	3,16	5,12	3,76	0,21	0,04	0,00	
4	0,03	0,34	0,53	24,21	0,76	0,43	15,32	5,83	3,04	0,21	0,03	0,00	
5	0,02	0,34	0,53	4,58	0,67	0,81	12,91	11,00	2,56	0,21	0,03	0,00	
6	0,02	0,34	0,43	2,56	0,58	2,30	7,72	10,02	1,85	0,18	0,03	0,00	
7	0,02	0,39	0,39	1,73	0,58	4,80	4,52	7,57	1,73	0,16	0,03	0,00	
8	0,02	0,39	0,39	1,21	0,48	7,01	3,52	4,76	2,56	0,16	0,03	0,00	
9	0,02	0,34	0,39	0,97	0,48	2,32	3,16	3,40	1,85	0,14	0,02	0,00	
10	0,02	0,34	0,34	0,81	1,74	1,37	4,13	3,04	1,45	0,14	0,02	0,00	
11	0,02	0,34	0,34	0,72	2,56	1,13	2,56	3,75	1,21	0,14	0,02	0,00	
12	0,02	0,34	0,34	0,72	1,21	0,89	2,09	3,28	1,13	0,14	0,02	0,00	
13	0,02	0,34	0,34	7,33	0,81	0,81	2,32	3,76	0,89	0,14	0,02	0,00	
14	0,02	0,43	0,34	19,78	0,72	9,10	1,85	16,87	0,81	0,14	0,02	0,00	
15	0,02	0,48	0,43	10,82	0,67	8,60	22,74	18,60	0,76	0,12	0,02	0,00	
16	0,02	0,48	0,43	6,05	0,67	2,92	37,84	8,91	0,72	0,14	0,02	0,00	
17	0,02	0,53	0,58	3,04	0,67	12,87	11,39	11,40	0,67	0,14	0,02	0,00	
18	0,02	0,53	0,43	2,32	0,62	12,34	5,43	17,58	0,62	0,14	0,02	0,00	
19	0,01	0,53	0,39	1,73	0,62	3,76	4,26	6,09	0,58	0,12	0,02	0,00	
20	0,01	0,53	0,34	1,45	1,79	2,80	3,52	4,78	0,58	0,10	0,02	0,00	
21	0,01	0,53	0,34	1,13	0,97	2,44	2,56	3,88	0,53	0,10	0,02	0,00	
22	0,01	0,53	0,34	1,05	0,72	2,00	2,32	4,06	0,48	0,08	0,02	0,00	
23	0,01	0,53	0,34	0,97	0,67	15,64	1,97	6,86	0,48	0,08	0,02	0,00	
24	0,01	0,53	0,34	0,89	0,62	25,44	1,61	24,98	0,43	0,07	0,02	0,00	
25	0,01	0,62	0,31	0,81	0,58	23,92	1,45	81,95	0,39	0,07	0,02	0,00	
26	0,14	8,18	0,31	0,72	0,58	15,89	1,29	14,80	0,39	0,06	0,02	0,00	
27	0,18	30,11	0,31	0,72	0,53	14,53	1,13	8,45	0,34	0,06	0,02	0,00	
28	0,18	14,12	0,34	0,67	0,62	6,74	1,05	5,56	0,34	0,06	0,02	0,00	
29	0,18	3,09	0,97	0,81	0,81		1,05	4,52	0,31	0,06	0,02	0,00	
30	0,21	1,45	0,97	1,13	0,67		1,05	6,34	0,31	0,05	0,01	0,00	
31		1,05		0,81	0,58		1,29		0,28		0,01	0,00	
Q max m³/s	0,21	74,06	1,53	58,84	4,39	48,14	82,26	162,00	7,16	0,28	0,04	0,00	162,00
Q min m³/s	0,01	0,28	0,31	0,67	0,48	0,43	1,05	1,05	0,28	0,05	0,01	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,05	2,21	0,45	3,69	0,89	6,51	5,59	11,96	1,28	0,13	0,02	0,00	2,73
Apport hm³	0,12	5,93	1,17	9,87	2,37	15,75	14,98	31,01	3,44	0,34	0,06	0,00	85,05

1974 - 1975	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,18	0,18	19,52	7,08	2,95	2,24	6,14	24,62	1,00	0,59	0,14	0,01	
2	0,05	0,18	4,24	7,70	2,64	2,24	5,62	24,66	0,91	0,54	0,11	0,01	
3	0,05	0,18	1,68	4,49	2,33	2,05	5,36	8,70	0,85	0,54	0,11	0,01	
4	0,05	0,15	1,18	3,06	2,05	4,45	4,95	6,01	0,78	0,54	0,11	0,01	
5	0,05	0,15	1,10	2,43	2,33	5,65	4,80	4,66	1,00	0,54	0,11	0,01	
6	0,05	0,15	3,17	2,71	1,86	3,61	4,22	3,68	1,78	0,44	0,09	0,01	
7	0,05	0,20	239,47	10,00	1,68	2,85	4,09	3,56	1,67	0,40	0,07	0,01	
8	0,05	0,29	184,49	8,01	1,68	2,43	3,95	3,56	2,11	0,36	0,07	0,01	
9	0,05	0,20	71,21	7,46	1,59	1,86	4,51	3,18	1,35	0,36	0,07	0,01	
10	0,04	0,15	14,29	4,27	1,59	1,86	10,96	3,18	1,09	0,32	0,07	0,01	
11	0,04	0,15	7,36	3,28	1,59	1,68	5,19	3,06	0,91	0,32	0,07	0,01	
12	0,04	0,15	5,80	42,63	1,50	1,68	4,09	2,82	1,00	0,40	0,07	0,01	
13	0,04	0,20	4,84	29,72	1,42	6,52	3,68	2,34	92,63	0,36	0,07	0,01	
14	0,04	0,34	4,27	40,99	1,34	3,06	3,56	2,23	20,56	0,32	0,07	0,01	
15	0,04	0,61	3,94	19,87	1,26	2,33	3,43	2,23	6,46	0,32	0,07	0,01	
16	0,04	1,09	3,50	9,91	1,10	3,12	3,92	2,23	4,23	0,28	0,05	0,01	
17	0,04	0,67	3,28	7,36	1,03	368,79	4,91	2,23	2,58	0,28	0,04	0,01	
18	0,04	0,43	3,28	6,19	0,95	191,70	3,68	2,11	2,00	0,28	0,03	0,01	
19	0,04	0,34	3,17	4,96	18,57	39,53	3,43	2,11	1,35	0,25	0,03	0,01	
20	0,09	0,29	2,95	4,60	133,93	20,50	3,95	2,00	1,17	0,25	0,03	0,01	
21	0,05	0,51	2,64	4,05	18,70	14,63	5,62	1,77	1,09	0,25	0,03	0,01	
22	0,15	1,67	2,64	3,72	14,44	11,02	17,40	1,46	1,00	0,25	0,03	0,01	
23	0,07	0,61	2,53	3,17	13,68	9,06	19,76	2,80	1,00	0,25	0,03	0,01	
24	0,07	0,34	2,43	2,85	6,19	7,94	39,00	2,70	0,85	0,21	0,03	0,01	
25	1,72	0,25	2,24	2,64	4,84	9,39	15,99	2,00	0,85	0,21	0,03	0,01	
26	0,96	0,20	2,24	2,64	4,05	17,94	8,67	1,56	0,85	0,21	0,03	0,01	
27	0,43	0,20	2,43	2,53	3,50	11,19	6,40	1,46	0,91	0,21	0,03	0,01	
28	0,29	1,00	2,33	2,33	3,28	7,24	5,62	1,17	0,78	0,18	0,03	0,01	
29	0,20	3,30	2,24	4,47	3,17		4,80	1,00	0,65	0,18	0,03	0,01	
30	0,25	11,00	2,05	4,38	2,85		4,09	1,00	0,59	0,18	0,02	0,01	
31		0,09		3,28	2,33		3,90		0,59		0,02	0,01	
Q max m³/s	4,60	18,93	488,20	135,00	324,80	462,00	69,24	77,72	244,84	0,59	0,14	0,01	488,20
Q min m³/s	0,04	0,02	0,00	0,00	0,95	1,68	2,82	1,00	0,59	0,18	0,02	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,17	0,82	20,22	8,48	8,40	27,02	7,28	4,20	4,99	0,33	0,06	0,01	6,83
Apport hm³	0,45	2,18	52,40	22,71	22,50	65,37	19,50	10,89	13,35	0,84	0,15	0,02	210,37

1975 - 1976	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,00	0,00	1,09	0,54	2,70	1,56	2,82	0,72	1,55	0,54	0,11	
2	0,01	0,00	0,00	51,34	0,49	10,64	1,46	2,82	0,49	1,46	0,43	0,09	
3	0,01	0,00	0,00	19,79	0,44	12,33	1,26	2,58	0,49	1,38	0,38	0,09	
4	0,01	0,00	0,08	4,32	0,40	4,62	1,26	2,23	0,65	1,30	0,34	0,09	
5	0,01	0,00	0,65	2,11	0,40	2,94	1,17	2,11	0,54	1,22	0,67	0,07	
6	0,01	0,00	4,30	1,46	0,40	2,23	1,09	2,11	0,49	1,14	6,67	0,07	
7	0,01	0,00	1,36	1,17	0,36	7,21	1,00	2,00	0,54	1,06	3,23	0,06	
8	0,01	0,00	0,59	0,78	2,76	11,75	0,85	1,67	0,44	0,99	1,55	0,06	
9	0,01	0,00	0,49	0,65	6,98	8,83	0,98	1,46	0,32	0,92	0,92	0,05	
10	0,01	0,00	0,49	0,59	2,46	8,88	3,73	1,67	0,25	0,85	0,60	0,05	
11	0,01	0,00	0,36	0,54	1,46	6,96	5,26	7,16	0,18	0,78	0,48	0,05	
12	0,01	0,00	0,28	0,78	1,17	15,07	5,37	4,48	0,14	0,72	0,43	0,04	
13	0,01	0,00	0,25	0,72	1,17	24,15	2,23	2,82	0,14	0,66	0,38	0,04	
14	0,01	0,00	0,25	0,65	0,85	13,16	38,28	2,11	0,14	0,60	0,34	0,03	
15	0,00	0,00	0,21	0,49	0,72	16,81	43,53	1,77	19,85	0,54	0,29	0,03	
16	0,00	0,00	0,18	0,40	0,97	32,04	18,41	1,46	241,49	0,54	0,25	0,03	
17	0,00	0,00	0,18	0,40	19,46	12,46	127,65	1,17	90,33	0,54	0,20	0,02	
18	0,00	0,00	0,18	0,49	2,94	7,80	213,93	1,00	61,69	0,54	0,18	0,02	
19	0,00	0,00	0,18	0,40	2,81	6,27	27,64	0,78	9,02	0,54	0,18	0,02	
20	0,00	0,01	3,04	0,32	1,35	5,10	15,25	3,08	8,18	0,54	0,15	0,02	
21	0,00	0,00	4,85	0,28	1,26	4,22	10,70	1,67	7,71	0,54	0,15	0,02	
22	0,00	0,00	3,46	0,44	1,00	3,82	11,09	1,26	4,67	0,54	0,15	0,01	
23	0,00	0,00	4,31	0,44	0,78	3,06	6,40	1,00	3,17	0,54	0,13	0,01	
24	0,00	0,00	5,65	0,32	0,65	2,82	7,24	0,78	3,17	0,54	0,13	0,01	
25	0,00	0,00	1,35	0,28	0,65	3,56	5,23	0,72	2,76	0,54	0,13	0,01	
26	0,00	0,00	0,85	2,98	0,59	4,22	5,10	0,72	2,76	0,54	0,11	0,01	
27	0,00	0,00	0,65	5,77	16,43	2,94	6,14	0,65	2,18	0,54	0,11	0,01	
28	0,00	0,00	1,07	23,45	26,14	2,46	5,10	0,54	1,90	0,54	0,11	0,01	
29	0,00	0,00	11,81	1,09	9,85	1,88	4,49	0,59	1,72	0,54	0,11	0,01	
30	0,00	0,00	2,64	0,72	37,74		6,15	1,17	1,72	0,54	0,11	0,00	
31		0,00		0,65	3,43		4,09		1,64		0,11	0,00	
Q max m³/s	0,01	0,01	36,30	260,95	398,90	47,58	449,00	14,51	564,80	1,55	13,10	0,11	564,80
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,28	0,21	1,88	0,72	0,54	0,14	0,54	0,11	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,00	1,66	4,03	4,73	8,31	18,83	1,88	15,14	0,78	0,63	0,04	4,67
Apport hm³	0,01	0,01	4,29	10,79	12,67	20,82	50,43	4,87	40,56	2,01	1,69	0,10	148,25

1976 - 1977	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,02	0,85	5,36	2,28	4,01	1,64	2,09	2,18	0,54	0,13	0,01	
2	0,00	0,01	0,85	5,12	2,18	4,78	1,64	1,81	2,18	0,92	0,11	0,01	
3	0,00	0,01	0,78	16,14	2,18	6,12	1,55	1,46	1,99	1,22	0,11	0,01	
4	0,00	0,02	0,66	37,73	2,18	10,98	1,55	1,30	1,72	1,72	0,11	0,01	
5	0,00	0,02	1,69	12,62	8,40	13,43	1,46	1,14	1,64	3,34	0,09	0,01	
6	0,01	0,01	7,01	7,28	3,69	6,32	1,38	0,92	1,55	2,92	0,09	0,01	
7	0,01	0,18	2,56	6,20	6,57	5,12	1,38	0,78	1,46	1,38	0,09	0,01	
8	0,54	0,11	1,38	5,24	8,79	4,56	1,30	0,66	1,30	1,06	0,09	0,01	
9	0,43	0,13	1,06	4,56	28,53	3,90	1,22	0,66	1,22	0,85	0,09	0,01	
10	0,25	0,13	0,92	4,12	30,23	3,59	1,14	0,66	1,14	0,78	0,07	0,01	
11	0,18	0,11	0,78	3,80	9,22	3,28	1,06	0,92	1,14	0,54	0,07	0,01	
12	0,13	0,11	1,55	3,69	9,27	3,07	1,06	3,67	1,06	0,54	0,06	0,01	
13	0,11	0,13	0,85	5,00	7,30	2,96	1,14	11,23	1,06	0,54	0,06	0,01	
14	0,11	1,19	0,99	3,69	5,12	3,73	1,14	5,50	1,06	0,43	0,06	0,01	
15	0,13	1,19	1,90	3,69	4,45	4,50	1,06	2,47	0,92	0,38	0,05	0,01	
16	0,13	0,56	1,30	3,59	9,55	6,64	1,06	1,90	0,92	0,34	0,04	0,01	
17	0,13	0,60	10,20	3,59	8,81	4,72	0,99	1,55	1,06	0,29	0,04	0,01	
18	0,09	3,58	307,88	3,48	8,31	3,17	0,92	1,22	3,16	0,25	0,02	0,01	
19	0,07	3,16	126,83	3,48	7,40	2,96	0,92	1,22	2,37	0,20	0,02	0,01	
20	0,05	1,95	81,46	3,28	4,78	2,76	0,85	12,41	1,46	0,20	0,02	0,01	
21	0,04	27,96	40,05	2,96	4,34	2,37	0,85	132,54	1,22	0,18	0,02	0,01	
22	0,04	19,78	21,15	2,86	4,01	2,18	0,78	28,24	1,22	0,18	0,02	0,01	
23	0,04	4,14	72,20	3,07	69,39	1,99	0,78	7,84	1,14	0,15	0,02	0,01	
24	0,03	2,44	22,73	3,38	21,65	1,90	0,72	5,60	1,06	0,13	0,02	0,01	
25	0,03	1,22	39,40	2,96	28,31	1,90	0,72	4,23	0,99	0,13	0,02	0,01	
26	0,03	0,99	14,30	2,86	10,22	1,90	0,66	3,48	0,85	0,13	0,01	0,01	
27	0,02	2,10	10,00	7,64	7,02	1,81	0,66	3,07	0,78	0,13	0,01	0,01	
28	0,02	3,33	7,92	4,01	5,96	1,64	0,66	2,86	0,54	0,13	0,01	0,01	
29	0,02	1,38	6,68	3,17	3,07		0,72	2,66	0,54	0,13	0,01	0,01	
30	0,02	1,14	6,20	3,07	4,56		5,23	2,09	0,54	0,13	0,01	0,01	
31		0,92		2,66	4,23		3,43		0,54		0,01	0,01	
Q max m³/s	0,85	82,98	585,20	59,46	186,20	39,36	10,56	300,80	5,12	8,31	0,13	0,01	585,20
Q min m³/s	0,00	0,01	0,43	1,55	2,18	1,64	0,66	0,66	0,54	0,13	0,01	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,09	2,54	26,40	5,82	10,71	4,15	1,28	8,21	1,29	0,66	0,05	0,01	5,10
Apport hm³	0,23	6,79	68,44	15,58	28,69	10,05	3,43	21,27	3,46	1,72	0,14	0,02	159,80

1977 - 1978	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,00	0,00	1,13	0,44	51,84	4,08	36,15	2,56	0,00	0,09	0,01	
2	0,01	0,00	0,01	1,13	0,51	115,69	18,94	27,92	6,25	0,00	0,08	0,01	
3	0,01	0,00	0,01	1,13	0,44	75,72	5,96	86,15	4,56	0,00	0,08	0,01	
4	0,01	0,00	0,00	1,22	0,65	108,66	5,20	47,52	2,68	0,00	0,08	0,01	
5	0,01	0,00	0,00	1,13	1,79	90,63	4,58	17,49	2,32	0,00	0,08	0,01	
6	0,01	0,00	0,00	1,04	2,96	33,11	5,07	11,09	2,09	0,00	0,06	0,01	
7	0,01	0,00	0,01	1,04	1,22	111,13	9,77	15,55	1,86	0,00	0,06	0,01	
8	0,01	0,00	3,09	1,04	0,89	88,25	12,82	29,22	1,86	0,00	0,06	0,01	
9	0,01	0,00	1,14	0,89	0,74	30,77	19,88	26,61	1,75	0,00	0,06	0,01	
10	0,01	0,00	0,72	5,11	0,66	19,08	8,70	11,84	1,75	0,00	0,05	0,01	
11	0,01	0,01	0,48	3,17	0,51	13,72	5,73	7,96	1,86	0,00	0,05	0,01	
12	0,01	0,01	0,54	1,41	0,51	9,96	4,83	6,13	1,75	0,00	0,04	0,01	
13	0,01	0,01	0,43	1,13	0,59	77,96	4,20	9,97	1,65	0,00	0,04	0,01	
14	0,00	0,01	0,38	1,04	0,74	85,27	3,95	8,23	1,55	0,00	0,04	0,01	
15	0,00	0,01	0,34	0,96	0,51	63,71	3,70	8,47	1,45	0,00	0,02	0,01	
16	0,00	0,01	0,34	0,89	0,51	40,17	3,46	17,19	1,35	0,00	0,02	0,01	
17	0,00	0,01	0,34	0,74	0,44	20,75	3,22	8,44	1,16	0,00	0,02	0,01	
18	0,00	0,01	0,34	0,66	0,44	14,67	3,22	6,13	1,07	0,00	0,01	0,01	
19	0,00	0,01	0,34	0,66	1,51	10,70	6,39	7,33	0,97	0,00	0,01	0,01	
20	0,00	0,01	0,78	0,66	7,46	8,91	4,45	6,47	0,88	0,00	0,01	0,01	
21	0,00	0,01	0,92	0,59	37,72	7,53	3,46	5,56	0,79	0,00	0,01	0,01	
22	0,00	0,00	0,54	0,59	31,61	6,87	4,70	10,49	0,79	0,00	0,01	0,01	
23	0,00	0,00	0,60	0,74	68,45	6,06	3,58	5,33	0,79	0,00	0,01	0,01	
24	0,00	0,00	8,52	1,04	31,84	5,20	3,10	4,28	0,79	0,00	0,01	0,01	
25	0,00	0,00	8,52	0,81	10,33	4,70	3,10	23,75	0,79	0,00	0,01	0,01	
26	0,00	0,00	28,77	0,66	9,41	4,58	3,10	8,13	0,79	0,00	0,01	0,01	
27	0,00	0,00	28,50	0,59	8,85	4,45	2,99	5,33	0,74	0,00	0,01	0,01	
28	0,01	0,00	4,08	0,44	5,32	4,08	2,76	4,14	0,74	0,00	0,01	0,01	
29	0,00	0,01	2,21	0,44	4,20		2,64	3,18	0,74	0,00	0,01	0,01	
30	0,00	0,01	1,60	0,44	52,45		2,42	2,68	0,69	0,00	0,01	0,01	
31		0,00		0,44	80,31		32,23		0,79		0,01	0,01	
Q max m³/s	0,01	0,01	54,90	12,80	170,00	280,00	69,05	167,50	11,28	0,00	0,09	0,01	280,00
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,44	0,44	0,44	2,42	2,42	0,69	0,00	0,01	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,00	3,12	1,06	11,74	39,79	6,52	15,62	1,61	0,00	0,03	0,01	6,63
Apport hm³	0,01	0,01	8,08	2,85	31,45	96,26	17,47	40,50	4,30	0,00	0,09	0,01	201,05

1978 - 1979	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,00	0,22	5,12	0,38	0,97	11,90	2,30	6,63	0,64	0,12	0,01	
2	0,01	0,00	0,22	4,82	1,30	0,97	9,44	9,40	5,45	0,57	0,12	0,01	
3	0,01	0,01	0,22	2,68	2,66	0,88	29,68	18,98	4,37	0,52	0,12	0,01	
4	0,01	0,01	0,22	2,68	0,97	2,30	31,57	5,80	4,10	0,48	0,12	0,01	
5	0,01	0,00	0,22	13,68	0,88	1,07	24,34	3,32	3,98	0,48	0,12	0,01	
6	0,01	0,00	0,15	14,41	0,69	2,18	28,84	11,61	3,85	0,43	0,12	0,01	
7	0,01	0,00	0,15	4,65	0,48	1,25	12,16	4,97	11,63	1,16	0,12	0,01	
8	0,01	0,00	0,15	2,69	0,38	1,07	8,81	3,18	6,78	1,32	0,10	0,01	
9	0,01	0,00	0,12	1,55	0,38	0,97	7,12	2,92	4,37	0,98	0,10	0,01	
10	0,01	0,00	0,12	1,75	0,43	0,97	5,80	2,56	12,39	0,77	0,10	0,01	
11	0,01	0,00	0,12	1,07	0,38	0,88	5,18	2,44	10,21	0,64	0,10	0,01	
12	0,01	0,00	0,09	0,97	19,59	1,98	4,58	9,92	5,71	0,52	0,08	0,01	
13	0,01	0,00	1,45	0,88	21,92	3,16	3,72	3,72	4,24	0,43	0,08	0,01	
14	0,01	0,00	0,48	0,79	18,07	2,69	3,18	2,68	3,98	0,39	0,08	0,01	
15	0,01	0,00	0,33	0,79	5,05	2,12	3,11	175,19	3,60	0,43	0,07	0,01	
16	0,01	0,00	0,28	0,79	13,58	1,32	15,39	248,90	3,24	0,43	0,07	0,01	
17	0,01	0,20	0,25	0,69	9,25	71,02	5,01	252,59	2,87	0,39	0,07	0,01	
18	0,01	0,58	0,25	0,63	4,28	126,20	3,72	123,35	2,32	0,34	0,07	0,01	
19	0,01	0,53	0,48	0,63	3,18	63,41	3,18	37,88	1,90	0,34	0,07	0,01	
20	0,01	0,43	0,48	0,63	2,44	21,61	4,90	53,16	1,80	0,34	0,06	0,01	
21	0,01	1,67	0,43	0,58	1,98	33,33	4,00	36,93	1,61	0,31	0,05	0,01	
22	0,01	4,24	0,22	0,53	1,65	17,87	3,18	24,85	1,42	0,31	0,05	0,01	
23	0,00	1,48	0,18	0,48	1,55	9,96	2,68	15,60	1,42	0,31	0,05	0,01	
24	0,00	0,69	0,18	0,43	5,67	52,67	2,44	11,70	1,32	0,28	0,04	0,01	
25	0,00	0,48	0,18	0,43	3,11	80,08	2,32	31,24	1,15	0,24	0,04	0,01	
26	0,00	0,33	0,18	0,38	2,44	46,37	1,98	15,00	1,38	0,24	0,04	0,01	
27	0,00	0,28	0,22	0,38	1,65	26,78	1,75	9,62	1,51	0,21	0,03	0,01	
28	0,00	0,28	4,16	0,38	1,45	18,47	1,75	8,82	1,07	0,18	0,03	0,01	
29	0,00	0,25	24,05	0,38	2,71		1,65	8,50	0,98	0,18	0,03	0,01	
30	0,00	0,25	13,64	0,38	1,75		1,55	6,20	0,77	0,16	0,03	0,01	
31		0,22		0,38	1,16		1,55		0,70		0,02	0,01	
Q max m³/s	0,01	7,45	48,90	31,40	70,20	180,80	54,00	544,88	20,58	2,01	0,12	0,01	544,88
Q min m³/s	0,00	0,00	0,08	0,08	0,38	0,79	0,79	0,79	0,70	0,16	0,02	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,39	1,65	2,15	4,24	21,16	7,95	38,11	3,77	0,47	0,07	0,01	6,66
Apport hm³	0,01	1,03	4,27	5,76	11,35	51,20	21,29	98,78	10,09	1,21	0,19	0,02	205,21

1979 - 1980	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,08	0,28	1,89	3,86	0,80	2,54	0,32	33,40	2,09	0,22	0,02	
2	0,01	0,08	0,24	1,63	4,01	0,63	2,28	0,32	16,77	1,86	0,18	0,02	
3	0,01	0,07	26,76	1,50	6,15	0,55	2,02	0,19	7,69	1,64	0,18	0,02	
4	0,01	0,07	78,48	1,28	2,41	0,55	1,76	0,15	5,75	1,42	0,18	0,02	
5	0,01	0,07	77,17	1,18	1,76	0,55	2,98	0,11	4,91	1,31	0,14	0,02	
6	0,01	0,06	10,97	1,18	2,42	0,55	58,90	0,32	4,64	1,20	0,14	0,02	
7	0,01	0,06	3,81	1,07	2,41	0,55	36,74	0,57	6,14	1,09	0,14	0,02	
8	0,01	0,06	1,89	1,07	1,63	0,49	10,19	5,04	5,29	0,98	0,12	0,02	
9	0,01	0,06	1,50	0,88	1,28	0,49	19,95	11,39	4,24	0,87	0,12	0,02	
10	0,01	0,06	0,99	0,71	1,07	0,49	22,31	40,27	3,60	0,87	0,12	0,01	
11	0,01	0,06	15,27	0,71	4,48	0,43	8,47	11,81	3,24	0,76	0,12	0,01	
12	0,01	0,05	5,02	0,63	26,94	20,32	11,38	7,03	2,88	0,76	0,11	0,01	
13	0,01	0,05	2,68	0,71	5,35	8,21	16,92	5,18	2,65	0,65	0,11	0,01	
14	0,01	0,05	1,89	0,71	3,58	4,44	22,41	4,37	2,65	0,59	0,11	0,01	
15	0,01	0,05	1,50	0,63	2,80	2,80	25,49	3,73	4,00	0,59	0,09	0,01	
16	0,01	0,05	1,50	0,55	5,51	2,28	56,53	41,40	3,78	0,53	0,09	0,01	
17	0,01	0,05	11,47	0,55	4,82	2,28	36,52	13,11	2,65	0,53	0,09	0,01	
18	0,01	0,06	20,06	0,55	2,54	10,56	14,28	8,39	2,42	0,46	0,08	0,01	
19	0,01	0,06	42,47	0,49	1,76	9,10	9,25	13,62	2,20	0,46	0,08	0,00	
20	0,01	0,06	76,12	0,49	1,76	4,39	7,59	20,74	2,09	0,40	0,08	0,00	
21	0,01	0,06	25,28	0,43	1,63	4,64	4,97	8,89	2,20	0,40	0,06	0,00	
22	0,01	0,06	8,24	0,43	1,63	23,88	3,98	7,53	1,97	0,34	0,06	0,00	
23	0,01	0,06	8,04	0,37	1,50	8,20	3,09	7,22	1,97	0,34	0,06	0,00	
24	0,01	0,06	9,73	0,37	1,28	5,45	2,32	5,96	1,64	0,30	0,05	0,00	
25	0,01	0,06	5,16	0,43	1,07	5,18	1,87	4,78	1,53	0,30	0,05	0,00	
26	0,01	0,07	4,64	0,43	0,96	5,18	1,66	4,37	1,53	0,30	0,04	0,00	
27	0,01	0,70	3,71	0,43	0,88	4,37	1,25	3,98	1,42	0,26	0,04	0,00	
28	0,76	0,48	3,32	1,99	0,71	3,45	1,05	3,60	1,31	0,26	0,04	0,00	
29	0,18	0,28	2,80	0,71	0,63	2,80	0,67	3,12	3,29	0,26	0,03	0,00	
30	0,12	0,28	2,28	0,63	0,55		0,57	3,00	5,39	0,22	0,03	0,00	
31		0,28		1,76	0,96		0,57		3,03		0,03	0,00	
Q max m³/s	1,51	1,07	155,00	6,35	80,40	37,95	122,80	81,45	92,30	2,09	0,22	0,02	155,00
Q min m³/s	0,01	0,05	0,14	0,37	0,37	0,43	0,57	0,11	0,11	0,22	0,03	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,04	0,11	15,11	0,85	3,17	4,61	12,60	8,02	4,72	0,73	0,10	0,01	4,17
Apport hm³	0,11	0,31	39,16	2,28	8,50	11,54	33,74	20,78	12,64	1,90	0,26	0,02	131,25

1980 - 1981	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	3,03	0,22	12,09	38,40	3,10	3,10	26,11	0,70	0,15	0,12	0,00	
2	0,00	0,80	0,18	7,85	29,32	2,78	2,89	7,46	0,70	0,12	0,10	0,00	
3	0,00	0,18	0,18	6,74	29,75	3,82	2,78	3,75	0,70	0,12	0,08	0,00	
4	0,00	0,14	0,18	14,97	14,67	3,58	2,38	2,68	7,78	0,10	0,04	0,00	
5	0,00	0,11	0,90	84,82	8,23	19,47	2,19	2,19	2,52	0,10	0,02	0,00	
6	0,00	0,09	1,82	18,86	5,54	59,35	1,85	2,02	1,39	0,08	0,02	0,00	
7	0,00	0,09	0,53	3,80	36,29	29,37	1,54	1,61	0,92	0,08	0,01	0,00	
8	0,00	0,08	0,30	3,52	27,35	13,29	1,39	1,32	0,78	0,08	0,01	0,00	
9	0,00	0,11	0,26	3,49	8,90	7,98	1,32	1,14	0,70	0,08	0,00	0,00	
10	0,00	0,22	0,26	1,99	5,80	5,65	1,20	1,02	0,70	0,08	0,00	0,00	
11	0,00	0,53	0,22	1,20	4,60	4,60	1,02	0,97	1,14	0,06	0,00	0,00	
12	0,00	0,26	0,46	0,97	3,58	3,82	0,97	0,88	0,83	0,06	0,00	0,00	
13	0,00	0,22	0,22	0,88	3,10	3,34	0,92	0,78	0,70	0,04	0,00	0,00	
14	0,00	0,53	0,53	0,74	30,49	3,04	0,88	0,74	0,66	0,04	0,00	0,00	
15	0,00	0,40	0,53	0,66	83,36	8,49	0,88	0,78	0,62	0,02	0,00	0,00	
16	0,00	0,26	0,34	0,62	65,63	3,28	0,83	0,78	0,55	0,02	0,00	0,00	
17	0,00	0,18	0,22	0,58	25,56	20,28	0,78	0,88	0,51	0,02	0,00	0,00	
18	0,00	0,14	0,18	0,55	24,30	29,43	2,99	4,51	0,48	0,02	0,00	0,00	
19	0,00	0,14	22,69	68,70	60,37	12,97	23,41	2,66	0,44	0,01	0,00	0,00	
20	0,00	0,22	2,98	78,74	23,19	5,40	5,57	7,54	0,41	0,01	0,00	0,00	
21	0,00	0,26	1,42	11,68	29,66	5,16	2,99	2,67	0,38	0,01	0,00	0,00	
22	0,00	0,18	0,98	48,75	16,99	43,77	2,19	1,47	0,32	0,01	0,00	0,00	
23	0,00	0,14	0,76	28,83	9,68	19,18	3,47	1,14	0,32	0,01	0,00	0,00	
24	0,00	0,14	0,53	5,51	7,03	12,20	1,93	2,61	0,29	0,00	0,00	0,00	
25	0,00	0,12	0,53	3,28	5,50	6,06	1,46	1,64	0,29	0,01	0,00	0,00	
26	0,00	1,63	0,46	3,10	4,60	3,45	1,14	1,02	0,26	0,08	0,00	0,00	
27	0,00	1,78	0,53	2,57	3,34	4,90	0,92	0,78	0,23	0,18	0,00	0,00	
28	0,00	0,87	0,65	2,29	6,63	3,94	1,02	0,74	0,23	0,15	0,00	0,00	
29	0,00	0,53	8,01	1,61	7,17		0,88	0,70	0,20	0,15	0,00	0,00	
30	0,00	0,40	36,10	59,35	3,85		0,83	0,70	0,18	0,12	0,00	0,00	
31		0,30		125,63	6,81		16,93		0,15		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	6,95	55,80	338,24	150,00	119,60	51,00	45,60	13,72	0,18	0,12	0,00	338,24
Q min m³/s	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	2,68	0,78	0,70	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,45	2,77	19,49	20,31	12,20	2,99	2,78	0,84	0,07	0,01	0,00	5,16
Apport hm³	0,00	1,22	7,18	52,22	54,40	29,52	8,00	7,19	2,25	0,17	0,03	0,00	162,20

1981 - 1982	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,00	0,51	0,55	11,52	11,91	4,30	3,10	0,70	0,06	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,48	0,48	7,06	9,13	20,33	8,18	0,70	0,04	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,55	0,48	4,71	5,65	14,48	5,50	0,66	0,02	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	6,98	0,48	3,81	4,87	5,56	3,82	0,66	0,02	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	8,47	0,48	2,89	3,94	3,34	3,10	0,62	0,02	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	8,20	0,44	2,68	84,30	3,10	2,57	0,58	0,01	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	2,42	0,41	2,29	135,97	3,10	2,19	0,58	0,01	0,00	
8	0,00	0,00	0,00	1,47	0,41	2,02	36,74	2,89	2,02	0,55	0,00	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	0,70	0,41	1,76	19,16	2,48	2,10	0,51	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	0,00	0,48	0,38	1,61	11,34	2,10	34,14	0,51	0,00	0,00	
11	0,00	0,00	0,00	0,44	0,38	1,46	7,55	1,61	18,06	0,48	0,00	0,00	
12	0,00	0,00	0,00	0,41	0,38	1,39	5,23	1,39	9,94	0,44	0,00	0,08	
13	0,00	0,00	0,00	0,41	0,38	1,32	3,84	1,20	5,16	0,41	0,00	0,02	
14	0,00	0,00	0,00	0,38	0,35	1,26	3,82	1,08	4,30	0,35	0,00	0,00	
15	0,00	0,00	0,00	0,38	0,35	1,82	3,34	1,06	3,10	0,32	0,00	0,00	
16	0,00	0,00	0,00	0,32	0,35	1,26	2,89	2,93	2,48	0,29	0,00	0,00	
17	0,00	0,00	0,00	0,29	0,32	77,76	2,68	1,76	2,02	0,29	0,00	0,00	
18	0,00	0,00	0,00	0,29	0,32	33,99	2,29	1,26	1,46	0,26	0,00	0,00	
19	0,00	0,00	0,00	0,32	0,76	14,11	2,78	1,10	1,32	0,26	0,00	0,00	
20	0,00	0,00	0,00	3,23	0,81	7,80	3,10	82,51	1,20	0,23	0,00	0,00	
21	0,00	0,00	0,00	1,79	4,35	28,73	50,33	48,94	1,20	0,20	0,00	0,00	
22	0,00	0,00	0,00	14,69	6,40	121,29	87,71	23,41	1,14	0,20	0,00	0,00	
23	0,00	0,00	0,00	24,24	46,50	24,82	55,90	10,51	1,08	0,18	0,00	0,00	
24	0,00	0,00	0,00	3,76	29,69	28,68	21,39	6,52	1,02	0,15	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	0,00	2,57	49,63	54,51	11,99	4,75	1,02	0,12	0,00	0,00	
26	0,00	0,00	0,00	2,10	17,41	29,56	6,97	7,24	1,02	0,12	0,00	0,00	
27	0,00	0,00	0,01	1,68	13,51	66,73	5,06	4,18	0,97	0,10	0,00	0,00	
28	0,00	0,00	0,12	1,30	44,73	19,89	3,76	17,33	0,88	0,08	0,00	0,00	
29	0,00	0,00	0,20	0,88	71,69		4,45	28,49	0,83	0,06	0,00	0,00	
30	0,00	0,00	0,88	0,74	55,53		3,82	8,63	0,78	0,06	0,00	0,00	
31		0,00		0,66	31,27		3,67		0,70		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	0,00	0,88	45,00	103,20	237,44	193,32	141,45	83,20	0,70	0,06	0,18	237,44
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,29	0,29	0,29	0,29	0,55	0,70	0,06	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,00	0,04	2,94	12,25	19,88	19,86	10,59	4,08	0,36	0,01	0,00	5,83
Apport hm³	0,00	0,00	0,10	7,87	32,80	48,10	53,18	27,44	10,92	0,92	0,01	0,01	181,36

1982 - 1983	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	1,08	8,24	9,13	1,32	0,97	25,99	0,78	0,32	0,06	0,00	
2	0,00	0,00	0,78	9,41	7,24	1,26	1,52	14,98	0,78	0,23	0,04	0,00	
3	0,00	0,00	0,62	4,27	5,98	1,20	1,72	7,89	0,74	0,23	0,04	0,00	
4	0,00	0,00	0,51	2,99	7,65	1,20	2,06	6,18	0,74	0,20	0,02	0,00	
5	0,00	0,00	0,48	3,10	5,02	1,14	1,20	4,60	0,70	0,20	0,02	0,00	
6	0,00	0,00	0,44	2,19	3,94	1,14	1,08	3,82	0,78	0,18	0,02	0,00	
7	0,00	0,00	0,41	3,37	3,10	1,14	1,02	3,10	0,74	0,18	0,02	0,00	
8	0,00	0,00	0,38	2,19	2,99	1,14	1,02	2,99	0,70	0,15	0,02	0,00	
9	0,00	0,00	0,38	1,85	70,08	1,14	1,02	2,68	0,66	0,15	0,02	0,00	
10	0,00	0,00	1,55	3,61	55,06	1,08	0,97	2,38	0,66	0,12	0,01	0,00	
11	0,00	0,00	2,77	7,63	15,05	14,85	0,97	2,19	0,58	0,12	0,01	0,00	
12	0,00	0,00	1,24	26,13	8,74	3,20	13,94	2,02	0,58	0,10	0,01	0,00	
13	0,00	0,00	0,92	5,66	5,65	1,74	4,45	1,93	0,55	0,10	0,01	0,00	
14	0,00	0,00	0,70	3,18	4,60	1,61	2,53	1,61	0,51	0,08	0,01	0,00	
15	0,00	0,00	1,60	2,89	3,94	1,39	1,32	1,46	0,48	0,08	0,01	0,00	
16	0,00	0,00	23,49	2,78	3,58	1,26	4,85	1,32	0,44	0,08	0,01	0,00	
17	0,00	0,00	134,43	2,19	3,70	1,26	50,14	1,32	0,41	0,06	0,01	0,00	
18	0,00	0,00	101,38	1,98	3,34	1,20	106,75	1,26	0,41	0,06	0,01	0,00	
19	0,00	0,00	29,90	141,27	2,78	1,20	22,35	1,20	0,41	0,06	0,01	0,00	
20	0,00	0,00	12,89	43,21	4,13	1,20	11,96	1,20	0,41	0,06	0,00	0,00	
21	0,00	0,00	6,20	18,99	12,80	1,14	7,41	1,14	0,38	0,04	0,00	0,00	
22	0,00	0,00	2,99	11,73	4,66	1,08	5,20	1,08	0,38	0,04	0,00	0,00	
23	0,00	0,00	3,10	32,77	3,10	1,08	3,82	1,02	0,41	0,08	0,00	0,00	
24	0,00	0,00	2,68	59,32	2,68	1,08	3,34	1,02	0,55	0,06	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	2,38	96,87	2,29	1,02	3,12	0,97	0,51	0,08	0,00	0,00	
26	0,00	1,91	2,10	232,81	2,10	0,97	25,73	0,92	0,48	0,08	0,00	0,00	
27	0,00	21,46	2,19	61,97	1,85	0,97	15,55	0,88	0,44	0,08	0,00	0,00	
28	0,00	60,38	141,02	42,38	1,68	1,02	9,48	0,88	0,44	0,06	0,00	0,00	
29	0,00	63,91	17,55	22,91	1,93		6,84	0,83	0,41	0,06	0,00	0,00	
30	0,00	3,16	6,80	18,22	1,39		5,07	0,78	0,38	0,06	0,00	0,00	
31		1,20		13,20	1,32		64,56		0,35		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	172,40	348,08	353,00	251,84	32,21	275,20	42,00	0,78	0,32	0,06	0,00	353,00
Q min m³/s	0,00	0,00	0,35	0,35	0,35	0,97	0,97	0,78	0,35	0,04	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	4,90	16,77	28,69	8,44	1,75	12,32	3,32	0,54	0,11	0,01	0,00	6,40
Apport hm³	0,00	13,14	43,46	76,84	22,59	4,24	33,00	8,61	1,45	0,29	0,03	0,00	203,65

1983 - 1984	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,32	82,36	22,88	2,68	24,86	7,20	4,20	0,24	0,14	0,01	0,00	
2	0,00	7,59	139,73	17,13	2,48	15,91	13,77	5,70	0,21	0,14	0,01	0,00	
3	0,00	3,04	13,34	9,10	2,48	63,79	13,38	5,70	0,14	0,17	0,01	0,00	
4	0,00	1,23	4,57	13,58	2,29	251,38	20,63	6,60	0,14	0,17	0,01	0,00	
5	0,00	0,70	2,96	9,61	5,44	87,63	85,75	13,30	0,12	0,28	0,01	0,00	
6	0,00	0,51	2,29	13,18	14,52	25,63	35,14	19,07	0,11	0,21	0,01	0,00	
7	0,00	0,82	12,00	29,38	117,11	15,68	23,06	10,37	0,11	0,17	0,01	0,00	
8	0,00	0,88	26,81	47,63	43,27	11,08	15,90	7,05	0,11	0,14	0,02	0,00	
9	0,00	0,62	3,54	33,40	17,60	30,68	25,44	5,55	0,11	0,14	0,01	0,00	
10	0,00	0,41	2,46	14,94	34,38	34,92	188,00	5,10	0,12	0,14	0,01	0,00	
11	0,00	0,35	38,87	9,23	72,34	19,43	40,37	4,50	0,11	0,12	0,01	0,00	
12	0,00	0,35	5,28	7,05	87,67	14,41	20,10	4,20	0,11	0,12	0,01	0,00	
13	0,00	0,32	3,51	5,35	155,76	14,45	14,84	3,81	0,11	0,11	0,01	0,00	
14	0,00	0,29	2,78	6,29	116,54	12,93	10,90	3,16	0,69	0,11	0,01	0,00	
15	0,00	0,29	2,29	7,52	39,92	9,70	105,29	3,03	0,61	0,11	0,01	0,00	
16	0,00	0,26	2,02	4,06	25,63	55,22	44,18	2,78	0,61	0,11	0,01	0,00	
17	0,00	0,23	1,68	3,34	17,67	104,51	20,10	9,76	0,54	0,09	0,01	0,00	
18	0,00	0,79	2,45	2,99	13,76	104,01	12,89	5,85	0,46	0,09	0,01	0,00	
19	0,00	3,50	6,43	2,89	11,37	32,71	11,95	4,80	0,46	0,09	0,01	0,00	
20	0,00	1,64	4,50	3,10	10,08	21,39	10,50	3,68	0,39	0,09	0,01	0,00	
21	0,00	1,02	2,48	2,78	8,22	18,43	9,10	2,90	0,39	0,07	0,01	0,00	
22	0,00	0,83	2,91	62,49	7,06	17,38	10,38	2,30	0,39	0,06	0,01	0,00	
23	0,00	0,58	8,86	16,49	21,41	34,81	10,18	2,18	0,28	0,05	0,01	0,00	
24	0,00	0,55	3,97	7,37	18,12	17,62	8,05	1,95	0,28	0,05	0,01	0,00	
25	0,00	0,44	2,48	5,20	24,88	13,56	6,90	1,72	0,28	0,04	0,01	0,00	
26	0,00	0,38	1,85	4,30	11,83	13,00	6,00	1,29	0,24	0,02	0,00	0,00	
27	0,00	0,35	1,68	3,70	7,81	10,45	5,70	1,18	0,21	0,02	0,00	0,00	
28	16,16	0,35	8,88	3,10	7,06	6,90	5,25	0,98	0,21	0,02	0,00	0,00	
29	1,64	0,32	9,27	2,99	5,98	6,60	4,95	0,46	0,17	0,01	0,00	0,00	
30	0,67	0,29	51,10	2,99	6,37		4,50	0,28	0,17	0,01	0,00	0,00	
31		4,90		2,78	28,34		4,35		0,14		0,00	0,00	
Q max m³/s	50,70	33,35	268,40	145,05	214,60	339,88	338,24	25,79	0,69	0,28	0,02	0,00	339,88
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	2,29	4,35	0,28	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,62	1,10	15,11	12,16	30,32	37,55	25,64	4,78	0,27	0,10	0,01	0,00	10,64
Apport hm³	1,60	2,95	39,17	32,56	81,22	94,10	68,67	12,39	0,71	0,27	0,02	0,00	333,65

1984 - 1985	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,03	1,95	0,46	169,48	8,18	2,18	2,28	0,94	0,40	0,04	0,01	
2	0,00	0,02	0,79	0,46	163,12	6,40	1,97	2,07	0,82	0,37	0,04	0,01	
3	0,00	0,02	0,39	2,05	137,60	5,10	3,91	2,07	0,71	0,33	0,04	0,01	
4	0,00	0,02	0,24	17,28	71,51	3,94	2,18	1,86	0,65	0,33	0,03	0,01	
5	0,00	0,02	0,17	141,07	27,00	3,29	1,97	1,76	0,75	0,30	0,03	0,01	
6	0,00	0,02	0,17	19,40	25,70	2,90	2,90	1,67	4,42	0,26	0,03	0,01	
7	0,00	0,01	0,14	8,35	55,74	2,65	11,88	1,48	6,41	0,26	0,03	0,01	
8	0,00	0,03	0,14	5,36	44,42	2,28	9,13	1,39	2,50	0,26	0,02	0,01	
9	0,00	1,31	0,12	3,89	40,04	4,99	7,09	1,30	1,76	0,23	0,02	0,01	
10	0,00	0,46	0,11	3,29	33,83	3,36	3,94	1,30	1,39	0,23	0,02	0,01	
11	0,00	0,54	0,09	2,90	22,17	1,97	3,29	1,16	1,16	0,23	0,03	0,01	
12	0,00	0,21	0,70	2,66	13,58	34,82	7,55	1,01	1,01	0,23	0,02	0,01	
13	0,00	12,50	0,24	2,42	13,58	53,27	3,94	1,01	1,35	0,20	0,02	0,01	
14	0,00	3,58	0,17	2,18	9,10	13,97	3,16	0,94	2,66	0,20	0,02	0,01	
15	0,00	1,18	0,14	1,84	4,95	7,85	6,41	1,08	1,58	0,18	0,02	0,01	
16	0,00	2,18	0,17	1,38	9,58	5,83	3,16	11,18	1,23	0,18	0,02	0,01	
17	0,00	0,89	0,24	2,45	187,73	4,95	2,53	5,80	1,08	0,13	0,02	0,01	
18	0,00	0,39	0,17	1,50	29,27	4,07	8,37	2,90	1,01	0,10	0,02	0,01	
19	0,04	0,24	0,14	1,50	60,29	3,81	11,15	2,53	0,88	0,09	0,02	0,01	
20	1,58	0,21	11,17	3,69	29,43	3,55	4,20	1,97	0,82	0,09	0,02	0,01	
21	4,05	0,17	10,46	9,65	14,74	3,29	7,08	1,76	0,82	0,09	0,01	0,01	
22	0,09	1,61	3,16	17,85	9,41	3,43	9,77	1,48	0,82	0,10	0,01	0,01	
23	0,11	0,98	1,72	161,96	6,29	7,81	4,20	1,39	0,77	0,09	0,01	0,01	
24	0,09	0,54	1,29	77,28	4,20	5,67	3,03	1,23	0,77	0,09	0,01	0,01	
25	0,07	0,31	1,08	28,82	3,29	3,42	2,78	1,16	0,82	0,09	0,01	0,01	
26	0,06	0,24	0,89	51,10	3,16	2,78	2,65	1,08	0,77	0,07	0,01	0,01	
27	0,05	0,21	0,79	20,99	7,09	2,40	2,53	0,94	0,77	0,07	0,01	0,01	
28	0,05	0,17	0,69	20,05	20,99	2,28	2,40	0,88	0,60	0,06	0,01	0,01	
29	0,06	1,95	0,61	180,56	37,87		7,17	1,01	0,55	0,06	0,01	0,01	
30	0,04	2,92	0,54	383,46	36,51		3,03	1,01	0,50	0,06	0,01	0,01	
31		3,62		412,65	12,13		2,65		0,45		0,01	0,01	
Q max m³/s	7,20	35,88	39,31	497,00	362,00	120,80	31,61	21,18	10,90	0,40	0,04	0,01	497,00
Q min m³/s	0,00	0,01	0,06	0,46	0,46	0,46	1,97	0,88	0,45	0,06	0,01	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,21	1,18	1,29	51,24	42,06	7,44	4,78	1,96	1,32	0,18	0,02	0,01	9,31
Apport hm³	0,54	3,16	3,34	137,25	112,65	17,99	12,80	5,07	3,52	0,46	0,06	0,02	296,87

1985 - 1986	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,01	0,03	0,30	2,75	1,57	1,97	2,43	57,42	0,24	0,00	0,00	
2	0,00	0,01	0,03	0,23	8,38	0,96	1,75	2,08	13,98	0,31	0,00	0,00	
3	0,00	0,01	0,03	0,20	2,40	0,90	1,48	1,86	7,14	0,38	0,00	0,00	
4	0,00	0,01	0,03	0,20	2,07	2,06	1,39	1,75	4,94	0,38	0,00	0,00	
5	0,00	0,01	0,03	0,20	2,28	2,24	1,30	1,75	4,94	0,34	0,00	0,00	
6	0,00	0,01	0,03	0,26	1,97	6,60	1,23	1,66	3,76	0,27	0,00	0,00	
7	0,00	0,01	0,07	6,37	5,90	13,28	2,11	1,57	2,82	0,19	0,00	0,00	
8	0,00	0,01	0,33	1,83	2,51	4,51	16,84	1,48	2,56	0,21	0,00	0,00	
9	0,00	0,01	0,26	0,88	35,55	35,96	4,86	1,48	1,86	0,21	0,00	0,00	
10	0,00	0,01	0,23	0,55	114,98	27,04	17,50	1,30	1,66	0,19	0,00	0,00	
11	0,00	0,01	0,23	0,45	15,51	50,64	9,73	1,10	1,39	0,19	0,00	0,00	
12	0,00	0,01	0,18	0,55	5,23	43,93	22,67	1,03	1,23	0,16	0,00	0,00	
13	0,00	0,03	0,10	0,77	53,51	32,67	15,39	1,23	1,10	0,13	0,00	0,00	
14	0,00	0,03	0,09	1,55	38,99	15,03	7,19	1,57	0,96	0,11	0,00	0,00	
15	0,02	0,03	0,09	1,41	8,01	18,03	22,39	1,16	0,90	0,11	0,00	0,00	
16	0,10	0,02	0,07	1,01	12,12	55,50	49,56	1,03	0,85	0,06	0,00	0,00	
17	0,52	0,03	0,07	0,65	8,89	17,10	19,57	0,96	0,74	0,06	0,00	0,00	
18	0,33	0,03	0,09	0,50	6,69	9,60	10,78	0,90	0,59	0,06	0,00	0,00	
19	0,23	0,03	0,09	0,45	5,42	27,99	7,97	0,90	0,54	0,06	0,00	0,00	
20	0,09	0,03	0,09	0,40	2,78	8,33	6,07	1,03	0,50	0,04	0,00	0,00	
21	0,03	0,03	0,09	0,37	1,86	5,58	5,26	0,90	0,41	0,04	0,00	0,00	
22	0,02	0,03	0,07	0,33	1,57	35,72	6,34	0,79	0,38	0,03	0,00	0,00	
23	0,02	0,04	0,10	0,30	1,30	9,14	15,54	0,68	0,34	0,03	0,00	0,00	
24	0,02	0,04	0,20	0,33	1,23	6,19	8,80	0,59	0,34	0,03	0,00	0,00	
25	0,02	0,04	0,30	0,78	3,74	4,30	5,42	0,54	0,31	0,01	0,00	0,00	
26	0,01	0,03	0,26	0,50	3,34	3,63	6,13	0,45	0,27	0,01	0,00	0,00	
27	0,01	0,03	0,33	0,40	6,65	3,09	10,46	0,45	0,24	0,01	0,00	0,00	
28	0,01	0,03	0,30	0,33	15,75	2,69	5,31	0,68	0,24	0,01	0,00	0,00	
29	0,01	0,03	0,33	0,30	3,87		3,90	2,54	0,21	0,00	0,00	0,00	
30	0,01	0,03	0,33	0,26	2,62		3,09	49,66	0,19	0,00	0,00	0,00	
31		0,03		0,26	1,75		2,82		0,19		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,94	0,04	1,39	31,91	215,96	95,25	117,00	88,50	94,50	0,38	0,00	0,00	215,96
Q min m³/s	0,00	0,01	0,03	0,18	0,18	0,85	1,23	0,45	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,05	0,02	0,15	0,74	12,25	15,87	9,51	2,85	3,64	0,13	0,00	0,00	3,77
Apport hm³	0,13	0,06	0,38	1,98	32,80	38,39	25,47	7,39	9,76	0,33	0,00	0,00	116,70

1986 - 1987	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	23,75	3,81	4,30	10,68	41,20	15,66	120,99	2,08	2,69	0,19	0,00	
2	0,00	1,63	1,30	3,49	8,74	10,85	12,14	53,36	2,08	1,86	0,19	0,00	
3	0,00	0,74	9,67	3,09	13,09	5,68	10,16	22,59	1,86	1,66	0,16	0,00	
4	0,00	0,54	32,63	2,69	62,19	3,49	8,93	15,44	1,86	1,30	0,13	0,00	
5	0,00	0,54	16,60	2,30	26,03	22,07	6,75	10,76	1,86	1,03	0,13	0,00	
6	0,00	0,50	5,06	2,08	13,79	49,01	6,07	8,17	1,97	0,90	0,11	0,00	
7	0,00	0,54	2,56	1,97	10,80	45,94	5,26	6,92	2,43	0,85	0,11	0,00	
8	0,00	0,50	1,66	1,75	34,46	26,65	4,62	5,90	2,82	0,74	0,08	0,00	
9	0,00	0,45	1,39	1,66	16,11	9,73	14,21	5,42	1,97	0,59	0,08	0,00	
10	0,00	0,45	1,10	1,57	10,65	6,92	64,39	5,58	1,75	0,54	0,08	0,00	
11	0,00	0,50	1,03	1,75	59,69	5,74	19,98	6,07	1,57	0,50	0,08	0,00	
12	0,00	0,38	0,90	4,55	54,10	4,78	10,97	5,10	1,30	0,54	0,06	0,00	
13	0,00	0,74	0,79	24,89	16,08	245,24	8,74	16,06	1,10	0,50	0,04	0,00	
14	0,00	0,34	0,74	6,25	11,64	172,77	7,60	191,27	1,03	0,45	0,03	0,00	
15	0,00	0,31	0,79	49,20	8,74	48,29	6,41	111,43	3,94	0,41	0,03	0,00	
16	0,00	0,45	0,68	34,85	7,60	54,53	5,58	27,54	1,99	0,41	0,03	0,00	
17	0,00	0,38	0,59	12,74	28,69	29,29	4,78	16,11	1,23	0,38	0,01	0,00	
18	0,00	0,19	0,54	26,41	250,16	46,42	4,30	11,39	1,03	0,34	0,01	0,00	
19	0,00	0,16	1,41	8,93	288,36	26,54	4,03	8,55	0,96	0,34	0,01	0,00	
20	0,00	0,17	2,02	11,24	75,35	113,33	3,76	7,26	0,96	0,34	0,01	0,00	
21	0,00	0,16	3,44	6,24	27,79	20,89	3,63	6,07	0,90	0,31	0,01	0,00	
22	0,00	0,08	1,30	62,16	16,30	31,49	13,33	5,26	0,96	0,31	0,01	0,00	
23	0,00	0,06	1,03	35,87	11,36	176,39	10,27	4,62	1,03	0,31	0,01	0,00	
24	0,00	0,23	30,09	39,80	8,59	55,87	6,14	4,17	0,90	0,27	0,00	0,00	
25	0,00	0,27	52,75	116,33	7,26	23,21	4,30	4,03	0,85	0,27	0,00	0,00	
26	0,00	0,58	94,63	219,49	6,07	154,66	3,63	3,76	1,10	0,27	0,00	0,00	
27	0,00	9,82	49,99	165,98	5,10	45,88	3,36	3,49	0,96	0,24	0,00	0,00	
28	0,00	12,00	12,49	50,36	4,17	22,38	3,09	2,95	8,70	0,24	0,00	0,00	
29	0,38	13,01	7,75	38,90	3,49		3,33	2,56	8,12	0,21	0,00	0,00	
30	11,02	3,42	5,74	18,50	3,09		63,61	2,30	9,24	0,19	0,00	0,00	
31		5,05		13,68	4,63		224,85		5,25		0,00	0,00	
Q max m³/s	118,20	114,20	250,40	366,50	381,80	455,40	389,00	351,36	23,09	2,69	0,19	0,00	455,40
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	0,85	0,19	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,38	2,51	11,48	31,39	35,64	53,54	18,19	23,17	2,38	0,63	0,05	0,00	14,95
Apport hm³	0,99	6,73	29,76	84,07	95,45	129,53	48,72	60,06	6,37	1,64	0,14	0,00	463,47

1987 - 1988	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,01	0,00	0,00	1,03	0,41	3,22	16,37	1,30	0,33	0,13	0,04	0,00	
2	0,01	0,00	0,00	0,85	0,41	2,19	14,37	1,30	0,30	0,13	0,03	0,00	
3	0,01	0,00	0,00	0,74	0,41	1,86	7,82	1,23	0,26	0,13	0,03	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,59	6,65	1,57	5,68	1,23	0,26	0,13	0,02	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,54	2,11	1,39	4,30	1,16	0,23	0,10	0,01	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	0,54	1,03	1,39	125,29	1,16	0,23	0,10	0,01	0,00	
7	0,01	0,00	0,00	0,54	0,90	1,16	209,22	1,16	0,23	0,10	0,01	0,00	
8	0,01	0,00	0,00	0,50	12,58	17,67	65,72	1,08	0,23	0,10	0,01	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	0,50	23,76	5,46	23,61	1,01	0,20	0,20	0,01	0,00	
10	0,00	0,00	0,00	0,50	5,85	2,95	23,46	1,01	0,20	0,23	0,01	0,00	
11	0,00	0,00	0,86	2,78	2,95	2,82	45,17	0,94	0,20	0,20	0,01	0,00	
12	0,00	0,00	5,08	3,20	1,97	2,42	33,31	0,94	0,20	0,20	0,01	0,00	
13	0,00	0,00	0,54	1,10	1,75	8,75	14,03	0,88	0,20	0,18	0,00	0,00	
14	0,00	0,00	0,34	0,85	1,39	2,95	8,68	0,77	0,23	0,18	0,00	0,00	
15	0,00	0,00	7,22	0,77	1,23	2,08	6,30	0,71	0,26	0,15	0,00	0,00	
16	0,00	0,00	25,15	0,79	1,03	1,75	8,60	0,60	0,26	0,15	0,00	0,00	
17	0,00	0,00	2,98	0,74	0,96	1,66	5,44	0,50	0,23	0,13	0,00	0,00	
18	0,00	0,01	1,75	0,59	0,90	1,39	3,94	0,40	0,20	0,13	0,00	0,00	
19	0,00	0,01	1,03	0,54	0,90	1,66	3,16	0,40	0,20	0,13	0,00	0,00	
20	0,00	0,01	0,85	0,45	0,85	1,30	2,78	0,37	0,20	0,10	0,00	0,00	
21	0,00	0,01	0,68	0,45	0,90	1,10	2,40	0,37	0,20	0,10	0,00	0,00	
22	0,00	0,01	3,32	0,45	12,59	1,03	2,18	0,33	0,18	0,10	0,00	0,00	
23	0,00	0,00	3,48	0,45	15,67	0,96	1,97	0,33	0,18	0,10	0,00	0,00	
24	0,00	0,00	1,48	0,45	9,93	1,03	1,86	0,33	0,18	0,09	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	0,96	0,45	4,37	3,49	1,76	0,30	0,18	0,09	0,00	0,00	
26	0,00	0,00	0,79	0,45	2,95	33,34	1,86	0,30	0,18	0,07	0,00	0,00	
27	0,00	0,00	0,68	0,41	2,19	31,61	1,67	0,30	0,18	0,07	0,00	0,00	
28	0,00	0,00	0,54	0,41	1,75	14,72	1,76	0,33	0,18	0,06	0,00	0,00	
29	0,00	0,00	3,26	0,41	1,48	9,07	1,58	0,33	0,15	0,06	0,00	0,00	
30	0,00	0,00	1,75	0,41	3,05		1,48	0,33	0,15	0,04	0,00	0,00	
31		0,00		0,41	12,74		1,39		0,13		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,01	0,01	69,00	9,50	55,00	41,60	434,66	1,30	0,33	0,23	0,04	0,00	434,66
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,96	0,96	0,30	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,00	2,09	0,74	4,38	5,59	20,88	0,71	0,21	0,12	0,01	0,00	2,89
Apport hm³	0,01	0,01	5,42	1,98	11,72	14,00	55,92	1,85	0,57	0,32	0,02	0,00	91,80

1988 - 1989	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,01	0,01	0,15	0,26	0,55	1,86	0,23	18,29	0,20	0,01	0,00	
2	0,00	0,01	0,01	0,13	0,26	0,40	1,48	0,23	9,58	0,15	0,01	0,00	
3	0,00	0,01	0,00	0,13	0,26	0,30	1,01	0,20	9,40	0,13	0,01	0,00	
4	0,00	0,01	0,00	0,13	0,23	0,26	0,82	0,20	4,50	0,13	0,01	0,00	
5	0,00	0,01	0,00	0,10	0,23	0,23	0,65	0,23	3,94	0,13	0,01	0,00	
6	0,00	0,01	0,00	0,13	0,23	0,23	0,45	0,23	2,90	0,26	0,00	0,00	
7	0,00	0,01	0,00	0,10	0,30	0,23	0,26	0,20	2,28	0,23	0,00	0,00	
8	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26	0,20	0,23	0,20	1,76	0,20	0,00	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	3,86	0,23	0,20	0,49	0,20	1,67	0,20	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	0,00	0,50	0,23	0,20	51,75	0,18	1,58	0,18	0,00	0,00	
11	0,00	0,00	0,00	0,26	0,23	0,20	14,10	0,18	1,39	0,15	0,00	0,00	
12	0,00	0,01	0,00	0,20	0,20	0,20	5,13	0,33	1,16	0,13	0,00	0,00	
13	0,00	0,00	0,00	0,45	0,20	0,18	3,34	4,44	0,94	0,10	0,00	0,00	
14	0,00	0,00	0,00	0,30	0,18	0,18	2,53	2,46	0,77	0,09	0,00	0,00	
15	1,51	0,00	0,00	0,41	0,18	14,51	1,86	1,86	0,60	0,06	0,00	0,00	
16	0,70	0,00	0,00	22,23	0,18	16,61	1,76	1,08	0,45	0,03	0,00	0,00	
17	0,95	0,00	0,00	3,72	0,15	3,63	1,58	0,77	0,37	0,02	0,00	0,00	
18	1,20	0,00	0,00	2,05	0,15	2,07	1,39	0,45	0,26	0,01	0,00	0,00	
19	0,26	0,00	0,00	6,78	0,15	1,39	1,01	0,30	0,23	0,01	0,00	0,00	
20	0,46	0,00	0,18	4,13	0,15	1,01	0,94	0,23	0,23	0,01	0,00	0,00	
21	0,18	0,00	0,20	49,31	0,13	0,77	1,98	0,26	0,23	0,92	0,00	0,00	
22	0,06	0,00	0,20	7,55	0,13	0,60	7,60	0,33	0,20	0,23	0,00	0,00	
23	0,03	0,00	0,26	3,26	7,16	0,45	6,73	0,26	0,18	0,18	0,00	0,00	
24	0,03	0,00	0,67	1,92	6,30	0,33	2,90	0,23	0,13	0,10	0,00	0,00	
25	0,03	0,00	4,29	1,01	5,84	0,23	2,18	0,20	0,15	0,06	0,00	0,00	
26	0,03	0,00	0,62	0,94	2,35	0,23	1,86	0,18	0,15	0,03	0,00	0,00	
27	0,02	0,00	0,23	0,77	1,30	11,17	1,48	0,37	0,18	0,02	0,00	0,00	
28	0,02	0,00	0,20	0,60	1,23	4,25	1,30	1,42	0,15	0,02	0,00	0,00	
29	0,02	0,00	0,18	0,40	1,16		0,82	41,08	0,15	0,01	0,00	0,00	
30	0,01	0,00	0,18	0,30	0,94		0,40	47,11	0,13	0,01	0,00	0,00	
31		0,00		0,23	0,71		0,26		0,13		0,00	0,00	
Q max m³/s	2,90	0,01	9,30	98,13	22,80	33,74	83,25	89,50	40,90	2,40	0,01	0,00	98,13
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,10	0,13	0,18	0,18	0,18	0,13	0,01	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,18	0,00	0,24	3,62	1,02	2,17	3,88	3,52	2,07	0,13	0,00	0,00	1,40
Apport hm³	0,48	0,01	0,63	9,70	2,72	5,26	10,38	9,13	5,54	0,35	0,01	0,00	44,20

1989 - 1990	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,06	0,23	0,45	1,48	0,23	0,01	0,23	0,37	0,01	0,00	
2	0,00	0,00	0,04	9,96	1,05	1,30	0,23	0,18	0,20	0,20	0,01	0,00	
3	0,00	0,00	0,04	3,96	0,60	1,39	0,20	0,26	0,20	0,10	0,01	0,00	
4	0,00	0,00	0,06	1,93	0,71	1,01	0,01	0,72	0,18	0,15	0,01	0,00	
5	0,00	0,00	0,06	1,23	0,65	0,94	0,10	0,33	0,15	0,10	0,01	0,00	
6	0,00	0,00	0,13	0,94	2,53	0,82	0,03	0,30	0,06	0,09	0,01	0,00	
7	0,00	0,00	3,39	0,77	2,04	0,77	1,49	0,23	0,03	0,09	0,01	0,00	
8	0,00	0,01	1,04	0,50	1,02	0,65	0,43	0,20	0,03	0,07	0,01	0,00	
9	0,00	7,62	0,82	0,40	0,60	0,65	0,20	0,23	0,20	0,07	0,01	0,00	
10	0,00	14,00	0,50	3,54	0,50	0,60	0,18	0,26	0,03	0,01	0,01	0,00	
11	0,00	4,02	0,40	4,01	0,45	0,55	0,15	0,26	0,18	0,01	0,01	0,00	
12	0,00	1,35	0,30	1,76	0,40	1,67	0,15	0,33	1,43	0,01	0,01	0,00	
13	0,00	0,67	0,23	1,39	2,86	1,01	0,15	0,75	21,60	0,01	0,01	0,00	
14	0,00	0,45	0,23	1,08	12,43	0,71	0,15	0,82	7,79	0,01	0,01	0,00	
15	0,00	0,40	0,23	0,88	5,03	0,55	0,13	0,60	3,43	0,01	0,01	0,00	
16	0,00	0,37	0,20	0,65	2,34	0,50	0,13	3,11	1,66	0,01	0,01	0,00	
17	0,00	0,30	0,20	0,60	1,67	0,40	0,20	1,57	0,06	0,01	0,00	0,00	
18	0,00	0,65	0,20	0,45	1,39	0,37	0,18	0,88	0,94	0,01	0,00	0,00	
19	0,00	0,20	9,67	0,50	1,16	0,37	0,18	0,77	0,88	0,01	0,00	0,00	
20	0,00	0,18	2,58	0,40	2,27	0,33	0,46	1,51	0,06	0,01	0,00	0,00	
21	0,00	0,18	1,02	1,67	1,58	0,30	1,98	1,30	0,06	0,01	0,00	0,00	
22	0,00	0,15	0,65	1,58	1,23	0,30	0,69	0,82	0,65	0,01	0,00	0,00	
23	0,00	0,13	0,40	1,58	20,57	0,33	0,33	0,65	0,55	0,01	0,00	0,00	
24	0,00	0,13	0,26	1,48	16,15	0,33	0,26	0,60	0,45	0,01	0,00	0,00	
25	0,00	0,15	0,23	0,97	6,36	0,30	0,23	0,50	0,30	0,01	0,00	0,00	
26	0,00	0,30	0,23	0,40	3,50	0,26	2,01	0,50	0,23	0,01	0,00	0,00	
27	0,00	0,20	0,23	0,37	2,53	0,26	6,75	0,45	0,20	0,01	0,00	0,00	
28	0,00	0,18	0,33	0,30	1,97	0,23	1,60	0,40	0,10	0,01	0,00	0,00	
29	0,00	0,15	0,37	0,26	1,76		0,45	0,33	0,10	0,01	0,00	0,00	
30	0,00	0,13	0,30	0,23	1,58		0,13	0,23	0,10	0,01	0,00	0,00	
31		0,10		0,23	1,86		0,16		0,40		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	42,49	36,79	24,96	37,40	1,67	11,95	4,65	37,40	0,37	0,01	0,00	42,49
Q min m³/s	0,00	0,00	0,04	0,23	0,40	0,23	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	1,03	0,81	1,43	3,20	0,66	0,63	0,64	1,37	0,05	0,01	0,00	0,82
Apport hm³	0,00	2,77	2,11	3,82	8,57	1,59	1,69	1,65	3,67	0,13	0,01	0,00	26,02

1990 - 1991	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,01	6,38	10,70	51,68	16,28	11,95	1,67	0,94	0,03	0,00	
2	0,00	0,00	0,01	78,01	9,30	25,78	8,70	8,56	1,58	0,82	0,02	0,00	
3	0,00	0,00	0,01	49,71	8,39	16,27	49,58	6,75	1,48	0,82	0,02	0,00	
4	0,00	0,00	0,01	36,16	6,90	13,47	17,21	11,32	1,39	0,77	0,02	0,00	
5	0,00	0,00	0,01	13,27	6,45	23,65	9,95	8,47	1,30	0,65	0,01	0,00	
6	0,00	0,00	0,01	7,28	6,15	17,29	7,47	29,30	1,23	0,60	0,01	0,00	
7	0,00	0,00	0,01	7,16	5,70	16,71	6,60	117,98	1,30	0,50	0,01	0,00	
8	0,00	0,01	0,01	4,79	4,65	12,81	5,70	71,96	1,23	0,40	0,01	0,00	
9	0,00	0,01	0,01	2,90	4,20	10,70	5,40	16,87	1,16	0,33	0,01	0,00	
10	0,01	0,00	0,01	3,55	3,94	8,90	4,80	10,50	0,94	0,23	0,01	0,00	
11	0,01	0,00	0,01	3,55	3,68	7,54	6,86	8,73	0,94	0,20	0,01	0,00	
12	0,01	0,00	0,01	3,46	3,42	14,82	6,41	7,54	0,88	0,18	0,01	0,00	
13	0,01	0,00	12,07	69,83	2,90	10,13	4,35	6,45	0,88	0,15	0,01	0,00	
14	0,01	0,00	7,30	118,58	47,80	68,31	3,94	5,70	0,88	0,10	0,01	0,00	
15	0,00	0,00	2,18	82,51	67,23	121,30	44,82	5,25	4,07	0,09	0,01	0,00	
16	0,01	0,00	82,32	23,93	31,27	119,60	117,01	4,07	1,85	0,07	0,01	0,00	
17	0,01	0,00	128,42	10,84	13,84	59,52	64,45	3,42	1,23	0,09	0,01	0,00	
18	0,01	0,01	88,76	8,05	50,82	22,75	40,44	3,94	1,01	0,07	0,01	0,00	
19	0,01	0,00	18,21	6,90	29,52	19,26	154,04	3,55	0,94	0,07	0,01	0,00	
20	0,01	0,00	7,38	6,15	12,65	15,30	135,80	3,03	0,88	0,07	0,02	0,00	
21	0,00	0,00	4,59	5,10	9,77	33,93	83,77	2,90	0,88	0,06	0,01	0,00	
22	0,00	0,00	2,26	6,27	8,22	62,16	25,14	2,78	0,82	0,04	0,01	0,00	
23	0,00	0,01	0,20	57,14	7,20	28,98	15,23	3,03	0,82	0,04	0,01	0,00	
24	0,01	0,01	1,97	162,17	6,45	15,92	10,45	2,28	0,77	0,03	0,01	0,00	
25	0,01	0,01	1,76	180,91	5,85	10,89	23,45	2,07	0,71	0,03	0,01	0,00	
26	0,01	0,01	1,58	173,70	5,53	9,70	11,60	4,95	0,65	0,03	0,01	0,00	
27	0,01	0,01	1,08	132,80	112,37	8,90	8,60	3,29	0,60	0,03	0,01	0,00	
28	0,01	0,01	0,94	82,23	181,79	8,56	7,20	2,53	0,55	0,03	0,01	0,00	
29	0,01	0,01	0,94	35,70	154,55		6,75	2,07	0,40	0,03	0,01	0,00	
30	0,00	0,01	0,94	16,98	106,26		6,15	1,86	0,37	0,03	0,01	0,00	
31		0,01		12,72	33,93		8,70		0,37		0,01	0,00	
Q max m³/s	0,01	0,01	133,80	190,76	186,28	135,60	161,00	134,70	5,70	0,94	0,03	0,00	190,76
Q min m³/s	0,00	0,00	0,01	0,01	2,90	2,90	2,90	1,86	0,37	0,03	0,01	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,01	0,00	12,10	45,44	31,01	29,82	29,58	12,44	1,09	0,25	0,01	0,00	13,48
Apport hm³	0,01	0,01	31,36	121,72	83,07	72,13	79,22	32,24	2,92	0,65	0,03	0,00	423,35

1991 - 1992	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,03	2,28	1,48	2,07	3,02	4,20	3,29	4,95	2,65	0,23	0,00	
2	0,00	0,03	2,18	1,39	1,67	29,42	2,90	2,90	58,01	2,28	0,34	0,00	
3	0,00	0,03	1,00	1,23	1,48	8,25	2,40	2,28	17,29	1,97	1,27	0,00	
4	0,00	0,02	0,94	1,39	1,39	4,17	1,97	1,76	7,28	1,67	0,88	0,00	
5	0,00	0,01	0,82	1,08	1,16	2,90	1,76	1,76	6,45	1,67	0,37	0,00	
6	0,00	0,01	3,65	0,94	0,94	4,98	1,67	1,67	10,75	1,67	0,30	0,00	
7	0,04	0,03	28,11	0,94	0,88	3,03	2,18	2,07	6,50	1,58	0,30	0,00	
8	1,72	0,68	18,00	0,88	0,94	1,97	2,60	2,40	3,94	1,39	0,26	0,00	
9	0,82	0,26	4,79	0,77	0,94	1,76	13,46	4,60	3,16	1,30	0,23	0,00	
10	0,77	0,20	2,53	0,71	0,94	1,67	7,75	105,49	2,78	1,08	0,23	0,00	
11	0,65	0,15	3,82	0,71	0,94	1,58	33,95	199,79	2,53	0,94	0,23	0,00	
12	0,37	3,44	1,76	0,65	0,82	1,39	25,21	180,20	2,53	0,88	0,20	0,00	
13	0,10	1,23	1,58	0,65	0,82	1,23	14,04	143,16	2,18	0,94	0,20	0,00	
14	0,37	0,82	1,23	0,65	0,77	2,42	7,50	72,32	1,76	0,94	0,20	0,00	
15	0,40	3,23	1,08	0,60	0,71	2,41	5,22	12,95	1,67	0,88	0,18	0,00	
16	0,20	30,91	0,94	0,55	0,71	1,48	3,68	6,90	1,76	0,88	0,15	0,00	
17	0,10	25,86	1,23	0,55	0,65	1,08	3,03	20,25	1,67	0,82	0,13	0,00	
18	0,09	1,76	1,30	0,50	0,94	1,01	2,65	72,94	1,48	0,88	0,10	0,00	
19	0,07	0,94	0,88	0,50	2,21	1,99	2,18	32,41	1,48	1,01	0,10	0,00	
20	0,06	9,13	0,71	0,65	1,17	2,20	1,97	11,49	1,39	1,01	0,09	0,00	
21	0,04	21,60	0,77	17,38	0,88	12,55	1,86	8,42	1,23	0,88	0,07	0,00	
22	0,03	6,01	0,71	14,65	0,77	52,34	1,67	6,15	1,01	0,60	0,04	0,00	
23	0,04	2,07	3,71	16,14	0,71	8,65	1,67	5,10	0,88	0,26	0,03	0,00	
24	0,03	1,39	75,56	9,50	0,65	4,74	1,67	4,35	0,94	0,26	0,03	0,00	
25	0,03	0,94	18,27	4,20	5,53	3,29	1,58	3,55	85,14	0,23	0,02	0,00	
26	0,02	0,82	3,68	4,20	1,46	2,65	23,68	2,90	131,42	0,10	0,02	0,00	
27	0,02	0,60	2,90	2,74	1,01	3,29	13,23	2,78	80,44	0,23	0,01	0,00	
28	0,02	5,32	2,18	1,76	9,85	10,56	10,21	2,53	9,30	0,10	0,01	0,00	
29	0,03	3,29	1,76	9,17	6,01	8,71	33,91	2,28	5,90	0,09	0,00	0,00	
30	0,02	15,18	1,58	3,55	2,40		8,15	2,90	3,94	0,33	0,00	0,00	
31		4,07		2,90	1,67		4,87		3,03		0,00	0,00	
Q max m³/s	2,53	78,70	98,13	32,22	23,07	124,40	63,50	207,80	136,05	2,65	1,58	0,00	207,80
Q min m³/s	0,00	0,00	0,01	0,50	0,65	0,65	1,58	1,67	0,82	0,09	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,20	4,52	6,33	3,32	1,71	6,37	7,83	30,72	14,93	0,98	0,20	0,00	6,43
Apport hm³	0,52	12,10	16,41	8,90	4,59	15,96	20,98	79,63	39,98	2,55	0,54	0,00	202,16

1992 - 1993	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,09	0,65	119,22	1,16	10,13	2,53	0,65	0,01	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,23	0,65	133,41	1,08	4,74	2,40	0,60	0,01	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,55	0,60	130,84	1,08	2,90	2,65	0,60	0,01	0,00	0,00	
4	0,00	0,00	73,54	0,55	140,72	1,01	2,78	2,07	0,55	0,01	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	11,55	0,50	122,94	1,01	2,53	1,58	0,50	0,01	0,00	0,00	
6	0,00	0,00	1,76	0,77	105,76	1,01	4,20	1,48	0,88	0,01	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	1,16	0,94	58,72	0,94	5,29	1,39	2,28	0,01	0,00	0,00	
8	0,00	0,00	0,88	1,41	18,85	0,94	3,03	1,30	2,53	0,00	0,00	0,00	
9	0,00	0,00	0,65	7,05	15,62	1,01	3,55	1,16	1,16	0,00	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	0,55	87,62	9,30	0,94	11,90	1,08	0,88	0,00	0,00	0,00	
11	0,00	0,00	0,50	85,19	7,71	0,94	8,12	0,94	0,82	0,00	0,00	0,00	
12	0,00	0,00	0,40	20,71	6,45	0,88	4,07	0,88	0,82	0,00	0,00	0,00	
13	0,00	0,49	0,40	3,55	5,55	0,82	3,16	0,82	0,82	0,00	0,00	0,00	
14	0,00	19,99	0,65	3,42	4,95	0,82	2,53	0,82	1,67	0,00	0,00	0,00	
15	0,00	1,49	0,40	2,40	4,07	0,77	2,18	0,77	1,16	0,00	0,00	0,00	
16	0,00	0,65	0,37	1,76	3,55	0,90	1,76	0,82	0,88	0,00	0,00	0,00	
17	0,00	0,37	0,33	1,58	3,16	2,28	1,58	1,30	0,71	0,00	0,00	0,00	
18	0,00	0,23	18,36	64,22	2,78	1,86	1,48	2,07	0,55	0,00	0,00	0,00	
19	0,00	0,20	68,60	48,21	2,65	1,30	1,39	1,30	0,45	0,00	0,00	0,00	
20	0,00	0,20	33,47	9,49	2,53	1,16	1,30	1,08	0,37	0,00	0,00	0,00	
21	0,00	0,20	9,55	5,55	2,28	1,01	1,23	0,88	0,33	0,00	0,00	0,00	
22	0,00	0,18	2,65	4,20	1,97	1,08	1,01	0,82	0,26	0,00	0,00	0,00	
23	0,00	0,20	2,07	3,16	1,97	1,48	1,01	0,77	0,23	0,00	0,00	0,00	
24	0,00	0,23	1,48	2,53	1,97	8,35	0,94	0,71	0,23	0,00	0,00	0,00	
25	0,00	0,23	1,30	2,07	1,86	18,49	0,88	0,65	0,15	0,00	0,00	0,00	
26	0,00	0,20	1,08	1,76	1,67	11,36	0,77	0,77	0,09	0,00	0,00	0,00	
27	0,00	0,20	0,94	1,76	1,48	6,00	32,24	0,71	0,02	0,00	0,00	0,00	
28	0,00	0,15	0,82	2,07	1,30	4,95	26,64	0,65	0,02	0,00	0,00	0,00	
29	0,00	0,10	0,77	59,34	1,39		8,90	0,88	0,01	0,00	0,00	0,00	
30	0,00	0,09	0,65	77,21	1,30		6,07	0,77	0,01	0,00	0,00	0,00	
31		0,09		30,39	1,23		3,29		0,01		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	47,59	114,00	123,20	146,40	25,50	47,59	2,65	2,53	0,01	0,00	0,00	146,40
Q min m³/s	0,00	0,00	0,09	0,50	0,50	0,55	0,55	0,65	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,82	7,86	17,14	29,59	2,67	5,21	1,20	0,65	0,00	0,00	0,00	5,43
Apport hm³	0,00	2,20	20,37	45,90	79,25	6,45	13,96	3,12	1,75	0,01	0,00	0,00	173,01

1993 - 1994	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,33	1,16	2,28	0,26	1,76	0,01	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,30	1,01	1,86	0,26	0,94	0,01	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	1,48	0,33	0,94	1,76	0,23	0,40	0,01	0,00	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	2,18	0,26	0,88	1,58	0,02	0,40	0,01	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,40	0,23	0,82	1,48	2,51	0,37	0,01	0,00	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	0,23	0,20	8,55	1,30	5,74	0,33	0,01	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	0,10	0,09	91,16	1,16	1,76	0,30	0,01	0,00	0,00	
8	0,00	0,00	0,00	0,09	1,39	28,88	1,08	1,01	0,23	0,01	0,00	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	0,02	94,62	81,35	0,94	0,88	0,23	0,01	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	0,00	0,01	17,36	158,89	0,88	0,50	0,23	0,01	0,00	0,00	
11	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	144,18	0,88	0,65	0,33	0,01	0,00	0,00	
12	0,00	0,00	0,00	0,00	29,65	98,00	0,88	3,70	0,30	0,01	0,00	0,00	
13	0,00	0,00	0,00	0,00	8,98	31,13	0,82	2,53	0,20	0,01	0,00	0,00	
14	0,00	0,00	0,00	0,03	2,78	64,55	0,77	1,48	0,10	0,00	0,00	0,00	
15	0,00	0,00	0,00	0,03	1,67	19,00	0,77	0,94	0,10	0,00	0,00	0,00	
16	0,00	0,00	0,00	0,03	1,39	9,46	0,65	0,82	0,10	0,00	0,00	0,00	
17	0,00	0,00	0,00	0,03	1,01	7,34	0,55	0,82	0,23	0,00	0,00	0,00	
18	0,00	0,00	0,00	0,03	0,88	46,95	0,55	0,71	0,23	0,00	0,00	0,00	
19	0,00	0,00	0,00	0,03	0,82	62,32	0,45	0,50	0,23	0,00	0,00	0,00	
20	0,00	0,00	0,00	0,03	0,65	94,01	0,45	0,50	0,23	0,00	0,00	0,00	
21	0,00	0,00	0,00	0,03	12,29	27,80	0,45	2,56	0,23	0,00	0,00	0,00	
22	0,00	0,00	0,00	0,10	2,78	12,40	0,45	0,94	0,23	0,00	0,00	0,00	
23	0,00	0,00	0,00	0,09	1,67	8,01	0,40	0,71	0,23	0,00	0,00	0,00	
24	0,00	0,00	0,00	0,09	1,39	7,97	0,40	0,50	0,23	0,00	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	0,00	0,04	11,88	4,35	0,37	0,40	0,23	0,00	0,00	0,00	
26	0,00	0,00	0,00	0,23	21,21	3,81	0,37	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	
27	0,00	0,00	0,00	2,38	6,09	2,90	0,37	0,82	0,09	0,00	0,00	0,00	
28	0,00	0,00	0,00	0,77	2,65	2,53	0,33	2,40	0,09	0,00	0,00	0,00	
29	0,00	0,00	0,00	0,40	1,97		0,33	0,94	0,09	0,00	0,00	0,00	
30	0,00	0,00	0,00	0,40	1,48		0,33	0,77	0,04	0,00	0,00	0,00	
31		0,00		0,40	1,39		0,30		0,04		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,00	0,00	0,00	4,50	116,00	176,00	2,28	8,73	1,76	0,01	0,00	0,00	176,00
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,82	0,30	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,00	0,00	0,31	7,43	36,44	0,81	1,21	0,28	0,01	0,00	0,00	3,87
Apport hm³	0,00	0,00	0,00	0,83	19,90	88,16	2,18	3,14	0,76	0,01	0,00	0,00	114,98

1994 - 1995	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,02	0,01	0,01	0,88	1,55	0,72	0,79	0,79	0,02	0,00	0,00	
2	0,00	0,26	0,01	0,01	0,88	1,49	0,72	0,79	0,58	0,02	0,00	0,00	
3	0,00	2,46	0,01	0,01	12,47	1,43	3,32	0,69	0,53	0,02	0,00	0,00	
4	0,00	0,37	0,01	0,01	19,03	1,36	0,72	0,69	0,53	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,23	0,01	0,01	53,23	1,30	1,98	0,69	0,53	0,00	0,00	0,00	
6	0,00	0,02	0,01	0,01	45,70	1,30	7,02	0,53	0,41	0,00	0,00	0,00	
7	0,00	0,02	0,01	0,01	24,32	1,24	20,37	0,53	0,41	0,00	0,00	0,00	
8	0,00	0,02	0,01	0,01	85,98	1,18	3,92	0,53	0,41	0,00	0,00	0,00	
9	0,00	0,02	0,01	0,01	94,36	1,05	2,30	0,53	0,08	0,00	0,00	0,00	
10	0,00	0,02	0,01	0,01	23,74	1,05	1,69	0,53	0,08	0,00	0,00	0,00	
11	0,00	0,02	0,01	0,01	84,34	1,05	1,55	0,53	0,08	0,42	0,00	0,00	
12	0,00	0,01	0,98	0,01	67,41	0,92	1,43	0,53	0,08	0,41	0,00	0,00	
13	0,00	0,01	0,33	0,01	98,12	0,92	27,91	0,53	0,06	0,69	0,00	0,00	
14	0,00	0,01	0,10	0,01	63,94	0,92	46,41	0,53	0,05	0,58	0,00	0,00	
15	0,00	0,01	0,03	0,01	28,87	0,88	14,51	0,53	0,05	0,53	0,00	0,00	
16	0,00	0,01	0,02	0,01	14,56	0,88	6,70	0,53	0,05	0,49	0,00	0,00	
17	0,00	0,01	0,02	0,01	8,07	0,88	4,93	0,69	0,05	0,45	0,00	0,00	
18	0,00	0,01	0,02	0,01	5,97	0,84	3,30	0,69	0,05	0,41	0,00	0,00	
19	0,00	0,01	0,02	0,02	4,40	0,84	2,65	0,69	0,02	0,33	0,00	0,00	
20	0,00	0,01	0,58	0,57	6,45	0,84	2,53	0,69	0,02	0,33	0,00	0,00	
21	0,00	0,02	0,37	19,67	4,16	0,84	1,57	0,58	0,02	0,33	0,00	0,00	
22	0,00	3,23	0,23	11,32	3,60	0,84	1,57	0,53	0,02	0,33	0,00	0,00	
23	0,00	3,37	0,02	4,71	3,20	0,84	1,57	0,53	0,02	0,33	0,00	0,00	
24	0,00	0,45	0,02	7,54	2,40	0,80	1,48	0,69	0,02	0,30	0,00	0,00	
25	0,00	0,40	0,02	1,69	2,30	0,76	0,79	1,21	0,02	0,30	0,00	0,00	
26	0,00	0,26	0,01	2,14	2,22	0,72	0,79	0,79	0,02	0,27	0,00	0,00	
27	0,00	0,06	0,01	3,37	2,22	0,72	0,79	0,69	0,02	0,24	0,00	0,00	
28	0,36	0,01	0,01	2,22	1,76	0,72	0,79	0,69	0,02	0,24	0,00	0,00	
29	0,40	0,01	0,01	1,05	1,69		0,79	0,69	0,02	0,24	0,00	0,00	
30	0,10	0,01	0,01	0,88	1,55		0,79	0,92	0,02	0,19	0,00	0,00	
31		0,01		0,88	1,55		0,79		0,02		0,00	0,00	
Q max m³/s	0,94	8,05	1,76	26,95	106,00	1,55	59,30	1,21	0,79	0,74	0,00	0,00	106,00
Q min m³/s	0,00	0,01	0,01	0,01	0,76	0,72	0,72	0,53	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,03	0,37	0,10	1,82	24,82	1,01	5,37	0,65	0,16	0,25	0,00	0,00	2,88
Apport hm³	0,07	0,98	0,25	4,86	66,47	2,43	14,38	1,69	0,43	0,65	0,00	0,00	92,23

1995 - 1996	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,45	0,30	0,69	2,01	10,33	136,83	2,65	215,53	1,39	0,00	0,00	
2	0,00	0,45	0,30	0,99	0,79	2,65	46,92	2,30	191,70	1,39	0,00	0,00	
3	0,00	0,41	31,79	0,69	0,69	0,79	13,24	2,19	152,68	1,39	0,00	0,00	
4	0,00	0,41	6,35	2,46	0,63	2,53	14,27	4,18	52,50	1,39	0,00	0,00	
5	0,00	0,41	5,25	5,63	0,63	14,39	29,18	2,65	18,23	1,39	0,00	0,00	
6	0,00	0,41	2,38	2,42	0,63	23,24	9,54	2,19	10,73	1,39	0,00	0,00	
7	0,00	0,41	0,80	2,53	0,63	116,33	8,63	1,77	7,60	1,39	0,00	0,00	
8	0,00	0,41	0,05	0,92	4,95	166,66	8,57	1,77	13,11	1,39	0,00	0,00	
9	0,00	0,37	0,00	0,74	0,92	152,36	5,28	2,53	7,24	1,39	0,00	0,00	
10	0,00	2,53	0,00	0,74	0,74	97,69	4,06	26,18	5,80	1,39	0,00	0,00	
11	0,00	1,89	0,22	0,69	2,60	23,62	76,24	12,18	56,99	1,39	0,00	0,00	
12	0,00	0,53	0,41	0,74	9,05	39,27	76,72	4,06	52,38	1,39	0,00	0,00	
13	0,00	0,49	0,41	2,85	9,79	28,92	16,70	2,50	34,26	1,39	0,00	0,00	
14	0,00	0,49	0,41	2,65	4,64	15,15	48,08	2,42	20,19	1,39	0,00	0,00	
15	0,00	0,49	0,69	1,39	1,57	27,85	162,44	1,87	4,06	1,39	0,00	0,00	
16	0,00	3,27	0,53	0,74	2,53	13,00	153,51	17,96	4,06	1,39	0,00	0,00	
17	0,00	2,16	0,45	1,57	1,12	32,84	97,12	4,49	4,06	1,39	0,00	0,00	
18	0,00	0,74	0,45	2,65	0,92	23,81	18,45	83,62	3,76	1,39	0,00	0,00	
19	0,00	0,53	2,63	1,39	0,86	10,30	14,60	64,65	3,30	1,39	0,00	0,00	
20	0,00	0,53	2,51	0,79	0,74	8,01	9,24	13,93	3,04	1,39	0,00	0,00	
21	0,00	0,49	0,92	0,74	0,74	6,16	8,33	7,95	2,65	1,39	0,00	0,00	
22	0,00	0,49	0,79	0,63	0,74	4,41	5,80	4,93	2,42	1,39	0,00	0,00	
23	2,82	0,49	0,79	0,63	0,63	28,65	4,93	3,45	2,19	1,39	0,00	0,00	
24	1,25	0,45	0,79	0,63	0,58	16,23	4,06	3,60	1,97	1,39	0,00	0,00	
25	3,67	0,41	1,54	0,63	0,58	10,87	3,45	3,60	1,77	1,39	0,00	0,00	
26	0,74	0,41	0,69	0,63	0,58	5,63	3,04	2,65	1,57	1,39	0,00	0,00	
27	5,74	0,41	0,53	0,63	0,58	16,73	2,65	29,58	1,48	1,39	0,00	0,00	
28	3,17	0,33	0,41	0,63	0,58	154,22	2,53	22,44	1,39	1,39	0,00	0,00	
29	0,69	0,30	0,41	0,79	0,58	173,98	2,53	94,08	1,39	1,39	0,00	0,00	
30	0,45	0,30	0,41	0,79	7,84		2,30	232,71	1,39	1,39	0,00	0,00	
31		0,30		1,57	72,87		3,60		1,39		0,00	0,00	
Q max m³/s	16,20	5,80	69,60	7,60	93,20	181,16	170,00	243,20	227,60	1,39	0,00	0,00	243,20
Q min m³/s	0,00	0,30	0,00	0,63	0,58	0,58	0,58	0,79	0,79	1,39	0,00	0,00	0,00
Q mens. m³/s	0,62	0,70	2,11	1,34	4,28	42,30	32,03	22,04	28,41	1,39	0,00	0,00	11,27
Apport hm³	1,60	1,88	5,46	3,59	11,47	105,98	85,78	57,12	76,10	3,60	0,01	0,01	352,60

1996 - 1997	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	1,57	0,79	0,79	2,69	0,06	0,06	0,03	
2	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	1,97	0,79	0,33	5,80	0,06	0,06	0,03	
3	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	2,19	0,79	0,33	7,42	0,06	0,06	0,03	
4	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	2,19	0,53	0,33	4,05	0,06	0,06	0,03	
5	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	2,19	0,53	0,33	1,84	0,06	0,06	0,03	
6	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	2,95	0,53	0,33	1,57	0,06	0,06	0,03	
7	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	122,04	0,53	0,33	1,57	0,06	0,06	0,03	
8	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	75,49	0,53	0,33	1,57	0,06	0,06	0,03	
9	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	33,41	0,53	0,33	1,12	0,06	0,06	0,03	
10	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	15,65	0,53	0,33	1,12	0,06	0,06	0,03	
11	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	9,32	0,53	0,33	1,12	0,06	0,06	0,03	
12	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	5,10	0,53	0,33	1,12	0,06	0,06	0,03	
13	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	5,80	0,53	0,19	1,12	0,06	0,06	0,03	
14	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	5,80	0,53	0,19	1,12	0,06	0,03	0,03	
15	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	4,06	0,53	0,19	1,12	0,06	0,03	0,03	
16	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	14,46	1,39	0,19	1,12	0,06	0,03	0,03	
17	0,00	0,02	0,02	0,02	0,07	22,78	1,57	0,19	1,12	0,06	0,03	0,02	
18	0,00	0,02	0,02	0,02	4,03	22,78	1,12	0,19	0,53	0,06	0,03	0,02	
19	0,00	0,02	0,02	0,02	4,93	5,08	1,12	0,19	0,53	0,06	0,03	0,02	
20	0,00	0,02	0,02	0,02	3,49	1,48	0,79	0,19	0,53	0,06	0,03	0,02	
21	0,00	0,02	0,02	0,02	0,79	1,48	0,79	0,96	0,08	0,06	0,03	0,02	
22	0,00	0,02	0,02	0,02	0,79	1,12	0,79	4,21	0,08	0,06	0,03	0,02	
23	0,00	0,02	0,02	0,02	0,79	1,12	0,79	2,86	0,08	0,06	0,03	0,02	
24	0,00	0,02	0,02	0,02	0,53	1,12	0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
25	0,00	0,02	0,02	0,02	0,53	1,12	0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
26	0,00	0,02	0,02	0,02	1,08	0,79	0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
27	0,00	0,02	0,02	0,02	1,57	0,79	0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
28	0,00	0,02	0,02	0,02	1,57	0,79	0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
29	0,00	0,02	0,02	0,02	1,57		0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
30	0,00	0,02	0,02	0,02	1,57		0,79	1,57	0,08	0,06	0,03	0,02	
31		0,02		0,02	1,57		0,79		0,08		0,03	0,02	
Q max m³/s	0,00	0,02	0,02	0,02	4,93	156,56	1,57	5,80	7,42	0,06	0,06	0,03	156,56
Q min m³/s	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,79	0,53	0,19	0,08	0,06	0,03	0,02	0,00
Q mens. m³/s	0,00	0,01	0,02	0,02	0,81	13,02	0,76	0,83	1,26	0,06	0,04	0,02	1,41
Apport hm³	0,01	0,03	0,04	0,05	2,17	31,50	2,02	2,15	3,37	0,16	0,12	0,06	41,70

1997 - 1998	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,00	0,16	9,77	121,50	13,00	6,52	29,86	1,57	2,65	0,53	0,53	0,33	
2	0,00	0,05	9,65	120,41	8,90	6,16	10,46	1,57	2,65	0,53	0,33	0,33	
3	0,00	0,05	6,24	53,76	23,08	4,93	6,06	1,57	1,91	0,53	0,33	0,33	
4	0,00	0,05	4,23	32,01	29,60	10,45	4,06	1,57	3,19	0,53	0,33	0,33	
5	0,00	0,05	7,38	17,04	16,68	9,94	4,06	1,57	9,65	0,53	0,33	0,33	
6	0,00	0,05	4,76	12,70	9,24	12,93	3,04	1,57	11,46	0,53	0,33	0,33	
7	0,00	0,05	4,06	52,22	5,60	10,15	2,65	1,57	6,06	0,53	0,33	0,33	
8	0,00	0,05	2,91	37,19	5,63	5,80	2,65	1,57	2,65	0,53	0,33	0,33	
9	0,00	0,05	2,65	17,25	4,06	5,45	2,42	1,57	2,65	0,53	0,33	0,33	
10	0,00	0,05	1,57	30,91	4,06	4,41	4,94	1,57	2,65	0,53	0,33	0,33	
11	0,00	0,05	1,57	56,08	4,06	4,06	12,03	1,57	2,65	0,53	0,33	0,33	
12	0,00	0,05	1,57	41,94	3,76	2,65	7,66	1,12	2,65	0,53	0,33	0,33	
13	0,00	0,05	7,52	33,11	3,76	2,65	5,80	1,12	2,28	0,53	0,33	0,33	
14	0,00	0,05	10,08	39,10	3,76	2,65	6,63	1,12	1,57	0,53	0,33	0,33	
15	0,00	0,05	7,81	37,75	3,76	2,65	12,50	1,12	1,57	0,53	0,33	0,33	
16	0,00	0,05	7,60	18,46	14,77	2,65	17,90	1,12	1,57	0,53	0,33	0,33	
17	0,00	0,05	7,60	9,24	21,90	2,65	9,93	1,12	1,57	0,53	0,33	0,33	
18	0,00	0,05	5,80	10,55	19,10	1,57	5,80	1,12	1,57	0,53	0,33	0,33	
19	0,00	0,05	8,75	8,03	19,10	1,57	4,93	1,12	1,12	0,53	0,33	0,33	
20	0,00	0,05	7,42	12,61	14,68	1,57	3,76	1,12	1,12	0,53	0,33	0,33	
21	0,00	0,05	7,06	14,20	51,00	1,57	2,91	1,12	1,12	0,53	0,33	0,33	
22	0,00	0,05	4,93	14,20	243,76	1,57	2,91	1,12	1,12	0,53	0,33	0,33	
23	0,19	0,05	15,97	6,88	172,27	1,39	2,91	4,35	1,12	0,53	0,33	0,33	
24	0,33	0,05	4,93	16,99	97,08	1,39	2,65	16,05	1,12	0,53	0,33	0,33	
25	0,33	0,05	17,28	24,84	51,31	4,23	2,65	11,80	1,12	0,53	0,33	0,33	
26	0,33	0,05	9,49	23,54	28,48	8,77	3,30	8,23	1,12	0,53	0,33	0,33	
27	0,33	0,05	5,80	53,44	19,31	71,32	2,65	4,06	1,12	0,53	0,33	0,33	
28	0,33	0,05	4,93	177,03	11,15	53,33	2,65	8,05	0,80	0,53	0,33	0,33	
29	0,33	0,05	4,93	108,31	7,60		2,65	6,88	0,53	0,53	0,33	0,33	
30	0,33	6,97	26,82	45,75	5,80		2,65	2,65	0,53	0,53	0,33	0,33	
31		6,70		21,68	5,80		1,87		0,53		0,33	0,33	
Q max m³/s	0,33	10,08	80,40	208,00	296,00	120,00	50,40	19,10	11,80	0,53	0,53	0,33	296,00
Q min m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	1,39	1,39	1,05	0,53	0,53	0,33	0,33	0,00
Q mens. m³/s	0,09	0,49	7,37	40,93	29,74	8,75	6,03	3,06	2,37	0,53	0,34	0,33	8,33
Apport hm³	0,22	1,30	19,10	109,62	79,66	21,17	16,15	7,92	6,34	1,37	0,90	0,88	264,65

1998 - 1999	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,33	0,33	0,79	25,54	4,70	43,68	3,35	5,17	2,00	0,79	0,79	0,79	
2	0,33	0,33	0,79	12,13	8,08	38,54	3,35	4,73	2,00	0,79	0,79	0,79	
3	0,33	0,33	0,49	7,60	193,49	31,14	3,35	3,35	4,15	0,79	0,79	0,79	
4	0,33	0,33	0,49	6,23	91,52	25,82	3,35	3,35	4,70	0,79	0,79	0,79	
5	0,33	0,33	0,49	4,70	41,37	21,40	3,35	3,35	3,93	0,79	0,79	0,79	
6	0,33	0,33	0,49	4,70	30,50	19,63	3,35	3,35	3,35	0,79	0,79	0,79	
7	0,33	0,33	0,49	11,07	27,89	38,67	3,35	3,35	1,15	0,79	0,79	0,79	
8	0,33	0,33	0,49	22,77	25,46	30,98	3,35	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
9	0,33	0,33	0,49	11,87	23,70	26,80	2,68	2,20	0,79	0,79	0,79	0,79	
10	0,33	0,33	0,49	7,75	23,46	22,60	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
11	0,33	0,33	0,49	6,15	6,15	44,09	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
12	0,33	0,33	0,49	6,15	4,80	78,85	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
13	0,33	0,33	0,49	4,70	3,35	87,01	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
14	0,33	0,33	0,49	4,70	3,35	51,99	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
15	0,33	0,33	0,49	4,70	3,35	35,28	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
16	0,33	0,33	0,49	4,70	3,35	27,81	2,68	2,98	0,79	0,79	0,79	0,79	
17	0,33	0,33	0,49	3,69	3,35	23,70	2,68	4,70	0,79	0,79	0,79	0,79	
18	0,33	0,33	0,49	3,35	3,35	32,31	2,68	4,70	0,79	0,79	0,79	0,79	
19	0,33	0,33	0,49	3,35	4,70	43,15	2,68	3,98	0,79	0,79	0,79	0,79	
20	0,33	0,33	0,66	3,35	6,08	48,05	2,68	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
21	0,33	0,33	13,91	4,38	7,60	36,61	2,68	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
22	0,33	0,33	22,47	134,98	8,84	24,76	2,68	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
23	0,33	0,33	16,20	100,03	6,15	14,90	2,68	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
24	0,33	0,33	12,15	34,25	6,15	10,38	2,68	4,48	0,79	0,79	0,79	0,79	
25	0,33	0,66	5,80	25,02	6,15	6,43	2,68	3,65	0,79	0,79	0,79	0,79	
26	0,33	0,79	7,13	25,90	3,72	6,01	3,83	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
27	0,33	0,79	60,67	25,90	3,35	4,70	5,92	3,35	0,79	0,79	0,79	0,79	
28	0,33	0,79	190,88	22,86	11,00	4,70	9,44	3,31	0,79	0,79	0,79	0,79	
29	0,33	0,79	137,13	16,70	33,41		8,62	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
30	0,33	0,79	61,46	7,17	29,96		11,01	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	
31		0,79		4,70	61,78		7,60		0,79		0,79	0,79	
Q max m³/s	0,33	0,79	239,60	181,00	262,00	109,27	12,35	5,86	4,70	0,79	0,79	0,79	262,00
Q min m³/s	0,33	0,33	0,49	0,49	3,35	3,35	2,68	2,00	0,79	0,79	0,79	0,79	0,33
Q mens. m³/s	0,33	0,43	17,95	18,10	22,26	31,43	3,83	3,20	1,30	0,79	0,79	0,79	8,43
Apport hm³	0,86	1,15	46,51	48,48	59,63	76,03	10,25	8,30	3,47	2,04	2,11	2,11	260,94

1999 - 2000	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,79	0,79	0,41	3,22	13,39	1,86	1,58	1,72	0,79	1,72	0,79	0,71	
2	0,79	0,79	0,79	2,64	14,63	1,86	1,58	1,44	0,79	1,72	0,79	0,71	
3	0,79	0,41	0,79	1,86	8,73	1,86	1,58	1,30	0,79	1,72	0,79	0,71	
4	0,79	0,41	0,79	1,30	5,99	1,86	1,30	1,30	0,79	1,72	0,79	0,71	
5	0,79	0,41	0,79	1,09	4,60	1,72	1,30	1,30	0,79	1,72	0,79	0,71	
6	0,79	0,41	0,79	4,85	3,43	1,72	1,20	1,30	0,79	1,72	0,79	0,71	
7	0,79	0,41	0,79	6,55	2,68	2,27	1,20	1,30	0,79	1,30	0,79	0,71	
8	0,79	0,41	7,15	4,81	2,68	2,27	1,20	1,20	0,79	1,30	0,79	0,71	
9	0,79	0,41	71,17	3,51	2,68	2,27	1,20	1,09	0,79	1,30	0,71	0,71	
10	0,79	0,41	69,59	2,68	2,68	2,00	1,09	1,09	0,79	1,30	0,71	0,71	
11	0,79	0,41	20,29	4,08	1,86	2,00	1,09	1,09	0,79	1,30	0,71	0,71	
12	0,79	0,41	7,43	6,15	1,72	2,00	1,09	1,09	0,79	1,30	0,71	0,71	
13	0,79	0,41	4,86	4,68	1,72	2,00	1,09	1,09	0,99	1,30	0,71	0,71	
14	0,79	0,41	3,35	3,62	1,30	2,00	1,09	0,99	0,99	0,99	0,71	0,71	
15	0,79	0,41	3,35	3,35	1,30	2,65	1,09	0,99	0,99	0,99	0,71	0,71	
16	0,79	0,41	2,24	2,68	0,99	3,22	0,99	0,99	0,99	0,99	0,71	0,71	
17	0,79	0,41	1,30	3,08	0,99	3,36	0,99	0,99	0,99	0,99	0,71	0,71	
18	0,79	0,41	1,30	2,81	2,93	5,37	0,99	0,99	0,99	0,99	0,71	0,71	
19	0,79	0,41	1,30	3,35	3,35	4,63	0,99	0,79	0,99	0,99	0,71	0,71	
20	0,79	0,41	1,30	124,30	4,24	3,76	1,30	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
21	0,79	0,41	0,79	100,74	3,89	3,08	1,30	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
22	0,79	0,41	1,30	29,68	3,35	2,41	1,30	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
23	0,79	0,41	5,26	12,91	2,95	2,41	1,09	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
24	0,79	0,41	4,80	7,00	3,35	2,00	1,09	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
25	0,79	0,41	3,35	4,78	6,40	2,27	1,09	0,79	0,99	0,79	0,71	0,71	
26	0,79	0,41	3,08	3,54	5,64	2,14	1,09	0,79	4,16	0,79	0,71	0,71	
27	0,79	0,41	2,00	3,22	4,57	2,00	1,09	0,89	35,65	0,79	0,71	0,71	
28	0,79	0,41	2,00	2,68	3,35	2,00	1,09	0,89	23,75	0,79	0,71	0,71	
29	0,79	0,41	4,31	2,68	3,08	1,58	1,58	0,89	10,96	0,79	0,71	0,71	
30	0,79	0,41	3,35	3,08	2,68		1,72	0,79	5,95	0,79	0,71	0,71	
31		0,41		4,28	2,00		2,00		3,55		0,71	0,71	
Q max m³/s	0,79	0,79	86,53	249,20	18,97	6,15	2,00	1,72	43,15	1,72	0,79	0,71	249,20
Q min m³/s	0,79	0,41	0,41	0,00	0,00	1,58	0,99	0,79	0,79	0,79	0,71	0,71	0,00
Q mens. m³/s	0,79	0,43	7,67	11,78	3,97	2,43	1,24	1,03	3,43	1,13	0,73	0,71	2,95
Apport hm³	2,04	1,16	19,87	31,55	10,64	6,09	3,32	2,68	9,19	2,94	1,96	1,91	93,35

2000 - 2001	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,71	0,56	0,99	0,71	24,00	71,29	3,89	3,35	3,35	0,79	0,49	0,32	
2	0,71	0,56	0,99	0,71	10,72	50,43	2,95	3,08	3,08	0,79	0,49	0,32	
3	0,71	0,49	0,99	0,71	5,59	36,40	2,27	2,27	3,08	0,71	0,49	0,32	
4	0,71	0,56	0,99	0,71	3,35	17,88	2,27	2,27	3,08	0,71	0,49	0,32	
5	0,71	0,89	0,99	0,71	2,27	9,83	2,27	1,86	2,27	0,71	0,49	0,32	
6	0,71	0,99	0,99	0,71	2,27	6,31	1,86	1,58	3,35	0,71	0,41	0,32	
7	0,71	0,99	0,99	0,71	1,86	4,72	1,86	1,30	2,43	0,71	0,41	0,32	
8	0,71	1,58	0,99	0,71	1,72	3,35	1,72	1,20	2,27	0,71	0,41	0,32	
9	0,71	1,44	0,99	0,71	1,72	3,35	1,72	1,20	2,00	0,64	0,41	0,32	
10	0,71	1,30	0,99	0,71	3,84	15,59	1,58	1,09	2,00	0,64	0,41	0,32	
11	0,71	1,30	0,99	0,71	3,62	50,64	1,58	1,09	4,97	0,64	0,41	0,32	
12	0,71	1,30	0,89	0,64	3,37	48,49	1,58	1,09	16,51	0,64	0,41	0,32	
13	0,71	1,30	0,89	0,64	2,00	20,48	1,44	5,05	10,23	0,64	0,41	0,32	
14	0,71	1,30	0,89	0,64	9,53	12,68	1,20	4,74	6,10	0,64	0,41	0,32	
15	0,71	1,30	0,89	0,64	22,53	10,19	1,20	3,35	4,40	0,64	0,37	0,32	
16	0,56	1,30	0,89	0,64	11,27	6,48	1,09	2,81	3,44	0,56	0,37	0,32	
17	0,56	1,30	0,89	0,64	6,17	28,59	1,09	2,00	2,00	0,56	0,37	0,32	
18	0,56	1,30	0,89	0,64	4,67	48,52	1,09	1,86	2,00	0,56	0,37	0,32	
19	0,56	1,30	0,89	0,64	3,35	65,19	1,09	1,86	1,86	0,56	0,37	0,32	
20	0,56	1,44	0,89	0,64	3,35	39,03	0,99	1,30	1,58	0,56	0,37	0,32	
21	0,56	1,44	0,89	0,64	151,42	18,06	0,99	1,30	1,44	0,56	0,37	0,32	
22	0,56	1,44	0,89	0,64	80,83	9,45	0,99	1,86	1,30	0,56	0,37	0,32	
23	0,56	1,44	0,89	0,64	22,52	6,05	0,79	2,27	1,30	0,56	0,37	0,32	
24	0,56	1,44	0,89	0,64	10,01	4,70	0,79	2,27	1,30	0,49	0,37	0,32	
25	0,56	1,44	0,89	0,64	6,05	4,03	0,79	2,14	1,30	0,49	0,37	0,32	
26	0,56	1,44	0,89	0,64	4,57	4,57	0,71	1,86	1,30	0,49	0,37	0,32	
27	0,56	1,58	0,89	0,64	7,16	4,57	0,71	1,44	1,30	0,49	0,37	0,32	
28	0,56	1,58	0,89	0,64	5,57	4,57	0,71	2,80	1,09	0,49	0,32	0,32	
29	0,56	1,58	0,89	0,64	4,70		0,71	6,44	1,09	0,49	0,32	0,32	
30	0,56	1,58	0,89	6,65	56,60		0,71	4,90	1,09	0,49	0,32	0,32	
31		0,99		25,43	60,65		0,71		1,09		0,32	0,32	
Q max m³/s	0,71	1,58	0,99	28,66	196,40	85,44	3,89	7,17	19,55	0,79	0,49	0,32	196,40
Q min m³/s	0,56	0,49	0,89	0,64	0,64	0,00	0,71	1,09	1,09	0,49	0,32	0,32	0,00
Q mens. m³/s	0,64	1,24	0,93	1,66	17,33	21,62	1,40	2,39	3,02	0,61	0,39	0,32	4,30
Apport hm³	1,65	3,32	2,40	4,44	46,42	52,31	3,75	6,19	8,09	1,57	1,05	0,86	132,05

2001 - 2002	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,32	0,11	0,37	0,02	0,07	0,07	2,00	2,00	0,32	0,32	0,32	0,32	
2	0,32	0,11	0,37	0,02	0,04	0,07	1,58	1,86	0,32	0,32	0,32	0,32	
3	0,32	0,11	0,37	0,02	0,04	0,07	1,58	2,00	0,32	0,32	0,32	0,32	
4	0,32	0,07	0,37	0,04	0,04	0,07	1,58	4,14	0,32	0,32	0,32	0,32	
5	0,28	0,07	0,37	0,07	0,04	0,07	1,14	5,72	0,32	0,32	0,32	0,32	
6	0,28	0,07	0,37	0,07	0,04	0,07	0,41	6,36	0,32	0,32	0,32	0,32	
7	0,28	0,07	0,79	0,07	0,04	0,07	0,41	4,70	0,32	0,32	0,32	0,32	
8	0,28	0,07	0,79	0,07	0,14	0,07	0,41	3,70	0,32	0,32	0,32	0,32	
9	0,28	0,07	0,79	0,07	0,14	0,04	0,41	2,00	0,32	0,32	0,32	0,32	
10	0,28	0,04	0,79	0,02	0,14	0,04	0,64	1,58	0,64	0,32	0,32	0,32	
11	0,28	0,04	0,41	0,01	0,14	0,04	0,64	1,30	0,64	0,32	0,32	0,32	
12	0,28	0,04	0,41	0,01	0,14	0,04	0,64	0,79	0,64	0,32	0,32	0,32	
13	0,17	0,04	0,41	0,01	0,14	0,04	0,64	0,64	0,64	0,32	0,32	0,32	
14	0,17	0,04	0,49	0,01	0,14	0,04	0,64	0,64	0,64	0,32	0,32	0,32	
15	0,17	0,04	0,49	0,01	0,14	0,04	0,64	0,64	0,64	0,37	0,68	0,32	
16	0,17	0,04	0,49	0,14	0,11	0,04	0,64	0,64	0,64	0,37	0,99	0,32	
17	0,17	0,04	0,49	0,14	0,07	0,04	0,37	0,64	0,64	0,37	0,74	0,32	
18	0,17	0,04	0,37	0,14	0,07	0,04	1,62	0,64	0,41	0,37	0,32	0,32	
19	0,14	0,04	0,37	0,14	0,07	0,04	2,00	0,32	0,37	0,37	0,32	0,32	
20	0,14	0,04	0,37	0,14	0,07	0,04	2,00	0,32	0,37	0,37	0,32	0,32	
21	0,14	0,04	0,37	0,14	0,07	0,04	1,30	0,32	0,37	0,37	0,32	0,32	
22	0,14	0,04	0,37	0,14	0,01	0,17	1,30	0,32	0,37	0,37	0,32	0,32	
23	0,14	0,02	0,37	0,07	0,01	2,60	1,30	1,42	0,37	0,37	0,32	0,32	
24	0,14	0,02	0,37	0,07	0,01	4,16	1,30	2,00	0,37	0,37	0,32	0,32	
25	0,14	0,02	0,37	0,07	0,01	3,31	1,30	1,72	0,37	0,32	0,32	0,32	
26	0,11	0,02	0,37	0,07	0,01	3,08	1,30	1,72	0,37	0,32	0,32	0,32	
27	0,11	0,02	0,37	0,07	0,01	2,10	1,06	1,30	0,37	0,32	0,37	0,32	
28	0,11	0,02	0,37	0,11	0,01	2,00	0,64	1,30	0,37	0,32	0,37	0,32	
29	0,11	0,02	0,37	0,11	0,07		0,64	0,79	0,32	0,32	0,37	0,32	
30	0,11	0,02	0,37	0,11	0,07		0,64	0,41	0,32	0,32	0,37	0,32	
31		0,02		0,11	0,07		1,36		0,32		0,37	0,32	
Q max m³/s	0,32	0,11	0,79	0,14	0,14	4,16	2,00	7,17	0,64	0,37	0,99	0,32	7,17
Q min m³/s	0,11	0,02	0,37	0,01	0,01	0,04	0,37	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,01
Q mens. m³/s	0,20	0,05	0,44	0,07	0,07	0,66	1,04	1,73	0,42	0,34	0,38	0,32	0,48
Apport hm³	0,52	0,12	1,15	0,20	0,19	1,59	2,77	4,48	1,13	0,87	1,01	0,86	14,89

2002 - 2003	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0,32	0,00	0,04	34,36	6,15	20,98	134,13	3,22	1,81	0,64	0,14	0,04	
2	0,32	0,00	0,04	105,72	5,31	160,70	44,22	4,59	1,09	0,64	0,14	0,04	
3	0,32	0,00	0,04	119,74	3,60	117,88	21,50	6,30	0,64	0,64	0,14	0,04	
4	0,32	0,00	0,14	163,38	4,55	48,20	12,73	197,92	0,64	0,64	0,14	0,04	
5	0,32	0,00	0,14	223,88	3,35	108,09	8,31	369,40	0,56	0,56	0,14	0,04	
6	0,32	0,00	0,14	120,81	3,35	104,16	6,38	207,06	0,64	0,56	0,14	0,07	
7	0,32	0,00	0,14	171,95	3,08	58,85	4,70	64,69	0,64	0,56	0,14	0,07	
8	0,32	0,00	2,80	217,18	3,08	22,82	4,57	26,91	0,64	0,56	0,11	0,07	
9	0,32	0,00	24,84	73,35	3,08	4,83	4,57	15,13	0,64	0,49	0,11	0,07	
10	0,32	0,00	15,23	23,62	3,08	5,74	4,57	24,88	0,64	0,49	0,11	0,07	
11	0,32	0,00	6,27	11,50	186,05	42,69	4,57	28,47	0,64	0,49	0,11	0,07	
12	0,32	0,00	4,19	4,70	333,96	45,63	4,57	14,87	0,56	0,28	0,11	0,07	
13	0,32	0,00	2,00	4,57	143,56	45,63	3,89	8,37	0,49	0,28	0,11	0,07	
14	0,32	0,00	1,86	4,57	60,96	45,63	3,62	6,27	0,49	0,23	0,11	0,04	
15	0,37	0,00	1,72	4,57	15,10	41,55	3,35	4,70	0,49	0,19	0,07	0,04	
16	0,37	0,00	1,30	3,19	107,02	40,40	3,35	3,62	0,49	0,17	0,07	0,04	
17	0,37	0,00	1,09	3,35	313,86	30,57	6,56	3,35	0,49	0,17	0,07	0,04	
18	0,37	0,00	1,30	2,51	346,12	3,35	7,60	4,03	0,49	0,17	0,04	0,02	
19	0,37	0,00	1,44	2,00	231,22	3,19	6,20	4,70	0,49	0,17	0,04	0,02	
20	0,37	0,00	1,44	2,00	156,72	1,20	4,70	3,89	0,49	0,17	0,04	0,02	
21	0,37	0,00	1,44	2,00	282,06	2,00	4,70	3,35	0,49	0,19	0,04	0,02	
22	0,37	0,00	2,00	3,48	114,04	2,27	4,70	3,35	0,56	0,19	0,04	0,02	
23	0,37	0,00	1,72	4,70	40,40	2,00	4,16	3,08	0,56	0,19	0,04	0,04	
24	0,37	0,00	1,72	2,78	40,40	3,99	4,03	12,79	0,56	0,19	0,04	0,04	
25	0,37	0,00	1,44	2,00	217,97	4,57	3,35	10,99	0,56	0,19	0,04	0,02	
26	0,37	0,00	50,20	2,00	212,32	4,70	3,35	8,48	0,64	0,19	0,04	0,04	
27	0,37	0,02	322,83	1,86	158,32	5,29	3,35	5,03	0,71	0,17	0,04	0,02	
28	0,37	0,04	177,04	1,72	93,82	117,55	3,35	4,16	1,09	0,17	0,04	0,01	
29	0,37	0,04	38,87	6,01	38,91		3,08	3,35	0,79	0,17	0,04	0,01	
30	0,37	0,04	20,48	8,31	21,50		3,08	3,35	0,71	0,14	0,04	0,01	
31		0,04		6,15	21,50		3,08		0,71		0,04	0,01	
Q max m³/s	0,37	0,04	398,20	265,20	410,00	198,50	174,00	391,00	2,54	0,64	0,14	0,07	410,00
Q min m³/s	0,32	0,00	0,04	0,04	3,08	1,20	1,20	3,08	0,49	0,14	0,04	0,01	0,00
Q mens. m³/s	0,35	0,01	22,80	43,16	102,40	39,09	10,78	35,34	0,66	0,33	0,08	0,04	21,25
Apport hm³	0,90	0,02	59,09	115,60	274,27	94,56	28,88	91,61	1,76	0,85	0,21	0,10	667,85

Annexe.2. Localisation et coordonnées géographiques des sources (Source PNEK d'El Kala 2010).

N°	Commune	Source	Longitude	Latitude
1	BOUGOUS	Oued ben mohgen	8.40278	36.6525
2	BOUGOUS	Ain ben hareth	8.40056	36.6525
3	BOUGOUS	Ain remel guama	8.40666	36.6586
4	BOUGOUS	Ain Souda	8.40306	36.6569
5	BOUGOUS	Ain Djenane	8.41194	36.6528
6	BOUGOUS	Ain Alleg	8.41861	36.66
7	BOUGOUS	Ain Cherchara	8.40889	36.6594
8	BOUGOUS	Ain kebir	8.425	36.66
9	BOUGOUS	Ain Rekha	8.41889	36.6736
10	BOUGOUS	Ain Rihana	8.38694	36.6506
11	BOUGOUS	Ain Tercha	8.45917	36.6661
12	BOUGOUS	Ain Kentila	8.46472	36.6725
13	BOUGOUS	Ain Fedden	8.465	36.6781
14	BOUGOUS	Ain Sabaa Rouss	8.4675	36.6783
15	BOUGOUS	Ain Oum Settara	8.485	36.6878
16	BOUGOUS	Ain Oum settara	8.48389	36.6819
17	BOUGOUS	Ain Rihana	8.46639	36.6731
18	BOUGOUS	Ain el assa	8.46944	36.6739
19	BOUGOUS	Ain Djenane nec	8.44333	36.6714
20	BOUGOUS	Ain el guelaa	8.46139	36.7033
21	BOUGOUS	Ain el souinett	8.47444	36.7108
22	BOUGOUS	Ain el tassa	8.47444	36.6969
23	BOUGOUS	Ain kef ezitoun	8.47194	36.6944
24	BOUGOUS	Ain Maaza	8.47722	36.6883
25	BOUGOUS	Ain Hamra	8.36889	36.6469
26	BOUGOUS	Ain Mejdoud	8.38111	36.6308
27	BOUGOUS	Ain Chaara	8.39611	36.6306
28	BOUGOUS	Ain Smara	8.39167	36.6383
29	BOUGOUS	Ain Ghassel	8.4325	36.6222
30	BOUGOUS	Ain el karma	8.44361	36.6211
31	BOUGOUS	Ain hidbana	8.44528	36.6217
32	BOUGOUS	Ain Aouinet	8.44139	36.62
33	BOUGOUS	Ain Fernana	8.43944	36.6208
34	BOUGOUS	Ain Nechmaya	8.43194	36.6214
35	BOUGOUS	Ain Djenane	8.43306	36.6222
36	BOUGOUS	Ain Djenane nou	8.435	36.6206
37	BOUGOUS	Ain Frache Solt	8.42972	36.6233
38	BOUGOUS	Ain Tarcha	8.42667	36.6242
39	BOUGOUS	Ain Zana	8.41444	36.6281
40	BOUGOUS	Ain Ouniss	8.40778	36.6261
41	BOUGOUS	Ain Gueghbaya	8.4175	36.6203
42	BOUGOUS	Ain Errand	8.41167	36.6186
43	BOUGOUS	Ain Dar Mradi	8.39194	36.6033
44	BOUGOUS	Ain Feid el hiz	8.38917	36.6017
45	BOUGOUS	Ain Od louaar	8.38417	36.6108

N°	Commune	Source	Longitude	Latitude
46	BOUGOUS	Ain Guitna	8.38333	36.6136
47	BOUGOUS	Ain Sedara	8.39139	36.6178
48	BOUGOUS	Ain Djenane ama	8.38056	36.6092
49	BOUGOUS	Ain Djenane el	8.39556	36.6153
50	BOUGOUS	Ain el erg	8.37583	36.6214
51	BOUGOUS	Ain oum necham	8.36833	36.6233
52	BOUGOUS	Cap roza	8.39111	36.6197
53	BOUGOUS	s1	8.32917	36.805
54	EL TARF	s2	8.33833	36.7669
55	EL TARF	s3	8.29639	36.7486
56	OUM TEBOUL	Ain Melloul	8.55278	36.8972
57	OUM TEBOUL	Ain Ben Aouda	8.54611	36.895
58	OUM TEBOUL	Source kleiffia	8.53528	36.8958
59	OUM TEBOUL	Ain emgat ehdid	8.53056	36.8997
60	OUM TEBOUL	Ain Draoua	8.53528	36.8997
61	OUM TEBOUL	Ain Zitouna	8.54222	36.8978
62	OUM TEBOUL	Ain Sather	8.53833	36.9011
63	OUM TEBOUL	Merzoughi milou	8.56139	36.8756
64	EL KALA	A.Aouinet	8.51917	36.8981
65	OUM TEBOUL	A.El Guemel	8.53528	36.9025
66	OUM TEBOUL	Ain Boutrebicha	8.57083	36.9144
67	OUM TEBOUL	Ain Treichia	8.58722	36.8856
68	OUM TEBOUL	Ain El Hammam	8.60722	36.9108
69	OUM TEBOUL	Ain El Arch	8.59333	36.8778
70	BOUGOUS	Ain khechba	8.41306	36.6542
71	BOUTELDJA	Source Bouglez	8.21889	36.8264
72	BOUTELDJA	Source Bourdim	8.2675	36.8158
73	BERRIHANE	Source O Bhaim	8.18889	36.8447
74	OUM TEBOUL	Ain Bergougia	8.59806	36.8514
75	EL AIOUNE	Aioune el hamma	8.61222	36.8303
76	EL AIOUNE	Ain Smain	8.59306	36.7986
77	AIN EL ASSEL	Ain Djenane	8.47694	36.7925
78	RAMEL SOUK	Aioune Ksir	8.52556	36.82
79	RAMEL SOUK	Ain Ganouria	8.50583	36.8172
80	EL AIOUNE	Ain Cherchara	8.6125	36.8311

Annexe.3. Coordonnées géographiques des sources thermales.

Commune	Désignation	Longitude	Latitude
Zitouna	H. Sidi Trad	8.3166	36.5905
Bougous	H. Mexna	8.4001	36.6884
Beni salah	H. Beni Salah	7.9817	36.5433
Lac des oiseaux	H. Sidi Djaballah	8.1531	36.7490
Bouhadjar	H. Zatout	8.1534	36.4764
	H. Sidi Zid	8.1098	36.5516

Annexe.4. Localisation, coordonnées géographiques et débit des forages d'AEP de la wilaya d'El Tarf (DHW, 2016).

N°	Commune	Forage	Nappe	X (m)	Y (m)	Z (m)	Débit (l/s)
1	EL KALA	BAB1	DUNAIRE	991 250	408 300	45	40
2	EL KALA	BAB2	DUNAIRE	992 000	408 500	50	45
3	EL KALA	BAB3	DUNAIRE	993 100	408 300	65	17
4	EL KALA	BAB4	DUNAIRE	992 850	408 700	60	17
5	EL KALA	F1 BOUMALEK	DUNAIRE	1 002 900	414 600	25	10
6	EL KALA	F1 bis SOUK R'GHIBET	DUNAIRE	998 250	414 400		15
7	SOUAREKH	F1 BIS SOUAREKH	DUNAIRE	1 021 600	414 200	10	16
8	SOUAREKH	OH1	DUNAIRE	1 021 400	413 700	7	20
9	RAMEL SOUK	F1	ALLUVION	1 017 000	402 700	82	11
10	EL TARF	AK1 (Ain khiar)	DUNAIRE	1 001 100	404 150	39	15
11	EL TARF	AK3 (Ain khiar)	DUNAIRE	1 001 250	404 650	40	22
12	EL TARF	AK4 (Ain khiar)	DUNAIRE	1 000 800	404 700	40	20
13	EL TARF	F2	ALLUVION	1 000 750	400 000	26	20
14	EL TARF	F2 BIS	ALLUVION	1 000 700	401 000	26	20
15	EL TARF	MB1 (mendel boulares)	ALLUVION	1 005 200	400 250	30	3
16	AIN ASSEL	F2 bis Khanguet Aoun	ALLUVION	1 016 400	403 950	79	10
17	BOUGOUS	F1	ALLUVION	1 007 000	388 650	190	8
18	BOUGOUS	Mexa	ALLUVION	1 005 000	400 300	30	5
19	BESBES	B1 (Belahmer)	ALLUVION	955 500	396 600	10	40
20	BESBES	B2 bis (Belahmer)	ALLUVION	955 500	396 300	9	40
21	BESBES	NB (Nedjoua Bakhouche)	ALLUVION	954 500	393 500	10	15
22	BESBES	P19 BIS	ALLUVION	960 700	392 750	7	15
23	ASFOUR	F MB1 (maiz bachir)	ALLUVION	970 900	390 000	20	8
24	ASFOUR	F2 bis AB (bordg gayed)	ALLUVION	970 800	390 000	20	15
25	ASFOUR	F3 Centre Asfour	ALLUVION	970 850	399 650		15
26	ZERIZER	MRADI	ALLUVION	973 300	394 250	11	35
27	BOUTELDJA	U1	DUNAIRE	994 650	405 800	58	12
28	BOUTELDJA	U2 bis	DUNAIRE	996 450	405 800	68	15
29	BOUTELDJA	U3	DUNAIRE	994 750	406 000	59	8
30	BOUTELDJA	U4BIS	DUNAIRE	996 750	406 000	59	25
31	BOUTELDJA	U5	DUNAIRE	995 650	406 100	57	20
32	LAC DES OISEAUX	FETZARA	ALLUVION	986 800	402 800	20	15
33	CHEFFIA	F1 cheffia	ALLUVION	986 100	406 250	9	30
34	CHEFFIA	F2 cheffia	ALLUVION	986 000	404 300	9	30
35	BERRIHANE	F2 BIS BOUZITOUNE	DUNAIRE	978 850	406 950	60	10
36	BERRIHANE	F1RIGHIA	DUNAIRE	988 400	405 800	9	12
37	BERRIHANE	B12 RIGHIA	DUNAIRE	988 600	406 600	12	8
38	BERRIHANE	GREAT	DUNAIRE	989 900	407 100	28	50
39	BEN M'HIDI	OB2	DUNAIRE	968 300	393 000	12	10
40	ECHATT	BEN AMMAR	ALLUVION	955 800	399 600	12	15
41	DREAN	D7BIS	ALLUVION	953 900	931 000	23	40

Annexe.5. Localisation, coordonnées géographiques et débit des forages d'irrigation de la wilaya d'El Tarf (DHW, 2016).

N°	Commune	X (m)	Y (m)	Z (M)	Débit (l/s)
1	BESBES	957 500	387 400	90	10
2	BESBES	960 000	400 250	100	10
3	ECHATT	958 400	402 800	100	10
4	BESBES	956 100	391 000	80	10
5	BESBES	960 500	392 000	90	10
6	ECHATT	965 850	404 400	100	10
7	BEN M'HIDI	969 000	397 200	100	10
8	ECHATT	955 800	386 800	100	10
9	BEN M'HIDI	966 300	406 250	100	10
10	BERRIHANE	982 500	408 500	90	10
11	LAC DES OISEAUX	987 000	402 300	80	10
12	ECHATT	959 800	401 851	100	10
13	ASFOUR	969 300	389 800	80	10
14	BESBES	957 500	397 400	100	10
15	BERRIHANE	981 300	403 700	100	10
16	BERRIHANE	980 100	407 150	80	10
17	BERRIHANE	976 500	406 300	100	10
18	BERRIHANE	980 500	402 600	80	10
19	BEN M'HIDI	970 650	399 000	80	10
20	BEN M'HIDI	964 850	396 250	90	10
21	BEN M'HIDI	966 800	398 700	80	10
22	BEN M'HIDI	963 500	399 300	90	10
23	LAC DES OISEAUX	987 300	402 250	80	10
24	BOUTELDJA	988 400	402 300	90	10
25	BOUTELDJA	992 750	401 000	80	10
26	BESBES	953 500	392 600	80	10
27	ECHATT	963 250	400 000	110	10
28	ECHATT	960 800	402 400	90	10
29	ECHATT	956 900	401 900	80	10
30	ECHATT	956 600	398 500	80	10
31	ECHATT	955 850	401 300	90	10
32	ECHATT	956 250	398 800	80	10
33	ECHATT	957 900	397 900	80	10
34	BEN M'HIDI	957 850	396 700	80	10
35	LAC DES OISEAUX	980 200	401 400	120	10
36	BEN M'HIDI	962 700	398 800	100	10
37	ASFOUR	971 850	390 600	100	10
38	BERRIHANE	980 800	406 350	90	10
39	BEN M'HIDI	964 900	397 850	80	10
40	BESBES	959 500	395 000	90	10
41	BERRIHANE	980 400	408 500	100	10
42	BERRIHANE	994 850	407 900	100	10
43	BEN M'HIDI	962 500	402 300	100	10
44	BEN M'HIDI	962 000	399 100	95	10
45	ECHATT	958 200	401 200	80	10
46	ECHATT	955 300	389 900	80	10
47	BERRIHANE	973 600	405 300	100	8
48	BEN M'HIDI	977 700	395 400	120	10
49	BERRIHANE	981 750	408 500	70	8
50	BEN M'HIDI	968 100	397 300	80	8
51	BEN M'HIDI	967 600	394 400	80	8
52	BERRIHANE	986 900	403 550	90	8
53	ECHATT	959 800	402 700	110	8
54	BESBES	953 500	392 600	100	8
55	BESBES	961 250	395 300	100	8
56	ECHATT	955 500	397 500	120	8
57	BEN M'HIDI	966 500	395 600	90	8
58	BOUTELDJA	993 800	395 400	100	8
59	ECHATT	961 250	400 750	80	8
60	ECHATT	958 100	403 800	100	8

N°	Commune	X (m)	Y (m)	Z (M)	Débit (l/s)
61	AIN ASSEL	1004 900	401 300	80	8
62	BERRIHANE	982 600	407 500	90	8
63	ECHATT	957 200	398 300	100	8
64	BEN M'HIDI	971 500	397 250	100	8
65	BESBES	956 100	393 250	100	8
66	BESBES	957 650	395 800	100	8
67	ECHATT	955 800	398 250	100	8
68	ECHATT	955 500	398 350	100	8
69	BEN M'HIDI	963 200	395 150	80	8
70	ECHATT	955 800	398 300	120	8
71	BERRIHANE	987 000	403 800	110	8
72	EL TARF	1001 750	401 800	70	8
73	BOUTELDJA	961 100	404 000	100	8
74	LAC DES OISEAUX	981 000	402 800	120	8
75	BERRIHANE	981 300	407 200	100	8
76	EL KALA	1011 500	414 000	80	8
77	ECHATT	955 800	398 300	120	8
78	BERRIHANE	987 000	403 800	110	8
79	BESBES	961 250	395 300	100	8
80	ECHATT	958 500	401 500	100	8
81	BESBES	956 200	392 500	100	8
82	BESBES	957 650	395 800	100	8
83	BESBES	957 600	395 300	100	8
84	BESBES	957 600	390 400	100	8
85	EL TARF	1000 750	400 500	80	8
86	EL TARF	998 700	398 700	80	8
					782

Annexe. 6. Normes d'OMS des eaux de surface.

Caractéristiques	**Normes**	**Unités**
pH	6,5-8,5	
Température	<30	°C
Turbidité	5NTU	NTU
Conductivité	1000	(µS/cm)
Oxygène dissous	5	mg/l
DBO_5	<30	mg/l
MES	<20	mg/l
NH^+_4	<0,5	mg/l
NO_2	1	mg/l

Annexe. 7. Les normes de qualité des eaux piscicoles au Maroc.

Valeurs limites		
Paramètres	Eaux froides	Eaux tièdes
Température (°C)	1 5< T< 20	8< T< 30
PH	5 à 9	5 à 9
Oxygène dissous (mg O2/l)	5	3
Matière en suspension	<25	<50
DBO5 (mgO2/l)	<3 <6	
Conductivité (µs/cm)	<350	<3000
Ammonium (mg/l NH_4^+)	<0,50	<1
Nitrite (mg/l NO_2^-)	<0,5	<0,5

Annexe.8. 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 (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

Annexe.9. Critères de qualité pour les sulfates à différentes concentrations de chlorures et différentes duretés.

Chlorure (mg/l)	**Dureté (mg/l $CaCO_3$)**										
	< 100	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**	**500**	**< 500**
< 5	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
5	500	515	703	891	1080	1268	1456	1644	1832	2020	2000
10	500	691	879	1067	1256	1444	1632	1820	2008	2196	2000
15	500	867	1055	1243	1432	1620	1808	1996	2184	2372	2000
20	500	1043	1231	1419	1608	1796	1984	2172	2360	2549	2000
25	500	1164	1343	1522	1701	1880	2059	2238	2417	2596	2000
50	500	1141	1320	1499	1678	1857	2036	2215	2394	2573	2000
100	500	1093	1272	1451	1630	1809	1988	2167	2346	2525	2000
150	500	1046	1225	1404	1583	1762	1941	2120	2299	2478	2000
200	500	998	1177	1356	1535	1715	1894	2073	2252	2431	2000
250	500	951	1130	1309	1488	1667	1846	2025	2204	2383	2000
300	500	904	1083	1262	1441	1620	1799	1978	2157	2336	2000
350	500	856	1035	1214	1393	1572	1751	1930	2109	2288	2000
400	500	809	988	1167	1346	1525	1704	1883	2062	2241	2000
450	500	762	941	1120	1299	1478	1657	1836	2015	2194	2000
500	500	714	893	1072	1251	1430	1609	1788	1967	2146	2000